

MANGLARES DE MÉXICO

ACTUALIZACIÓN Y EXPLORACIÓN DE
LOS DATOS DEL SISTEMA DE MONITOREO
1970/1980-2015



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

MANGLARES DE MÉXICO

ACTUALIZACIÓN Y EXPLORACIÓN
DE LOS DATOS DEL SISTEMA DE MONITOREO
1970/1980-2015

Luis Humberto Valderrama Landeros

María Teresa Rodríguez Zúñiga

Carlos Troche Souza

Samuel Velázquez Salazar

Edgar Villeda Chávez

José Alberto Alcántara Maya

Berenice Vázquez Balderas

María Isabel Cruz López

Rainer Ressler



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Primera edición, febrero del 2017

D.R. © 2017, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal
Delegación Tlalpan, Ciudad de México, 14010
www.gob.mx/conabio www.biodiversidad.gob.mx/

Revisión editorial y de estilo: Luis Humberto Valderrama Landeros
Coordinación de producción editorial: Bernardo Terroba Arechavala
Diseño y diagramación: Rafael Ríos Rodríguez
Elaboración de mapas: José Alberto Alcántara Maya, Edgar Villeda Chávez y Samuel Velázquez Salazar
Diseño de mapas: Rafael Ríos Rodríguez
Fotografía de portada: Manglares en Laguna de Términos, Campeche. Autor: Edgar Villeda Chávez
Traducción al inglés del resumen: René Colditz y Rainer Ressler
Ilustraciones de inicio de capítulos: Aldo Domínguez de la Torre

Forma de Citar: Valderrama-Landeros L. H., Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López M. I., Ressler R., 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp.

Esta obra se encuentra protegida por la Ley Federal del Derecho de Autor y los tratados internacionales de la materia. Queda expresamente prohibida toda forma de reproducción, publicación o edición por cualquier medio, y en general todo aquello previsto en el artículo 27 de la citada ley, sin la autorización expresa y por escrito de los tenedores de los derechos patrimoniales.

ISBN: 978-607-8328-78-9 (digital)

Editado en México

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	4
Executive Summary	6
Abreviaciones	8
1. ANTECEDENTES	11
1.1 Sistema de Monitoreo de los Manglares de México	11
1.2 Colaboración interinstitucional	13
1.3 Presentación de la obra	14
2. ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LOS MANGLARES DE MÉXICO (SMMM)	19
2.1 Métodos en la elaboración de la cartografía 2015	19
2.2 Validación de la cartografía 2015	22
2.3 Actualización de la distribución de los manglares en México 2015	23
2.4 Resultados a nivel nacional	24
2.5 Índice de mapas	28
2.6 Región Pacífico Norte	30
Baja California	30
Baja California Sur	33
Sonora	36
Sinaloa	39
Nayarit	42
2.7 Región Pacífico Centro	45
Jalisco	45
Colima	48
Michoacán	51
2.8 Región Pacífico Sur	54
Guerrero	54
Oaxaca	57
Chiapas	60
2.9 Región Golfo de México	63
Tamaulipas	63
Veracruz	66
Tabasco	69
2.10 Región Península de Yucatán	72
Campeche	72
Yucatán	75
Quintana Roo	78
3. EXPLORACIÓN DE RESULTADOS Y LÍNEAS DE TRABAJO DESARROLLADAS EN EL MARCO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE MANGLARES	83
3.1 Caracterización de las áreas de cambio de <i>manglar</i> a <i>manglar perturbado</i>	83
3.2 Extensión del manglar en la línea de costa y su dinámica de cambios	88
3.3 Identificación de <i>Rhizophora mangle</i> en el noreste de la laguna Agua Brava en Nayarit, región Pacífico Norte	94
3.4 Actividad antrópica y dinámica de cambio de manglar	98
3.5 Política pública de los manglares en México	107
Conclusiones	115
Referencias	119
Créditos y agradecimientos	123

RESUMEN EJECUTIVO

- El Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), cuyo desarrollo inició en 2005, continúa generando información sobre la distribución espacial de estos ecosistemas. Al día de hoy se han realizado observaciones para cuatro fechas (1970/1980, 2005, 2010 y 2015) que permiten identificar su dinámica espacial, así como sus principales agentes de cambio.
- México se encuentra entre los cinco países del mundo con mayor extensión de manglares distribuidos en los 17 estados costeros del país. Para el año 2015 se han registrado 775 555 ha de manglares, que representan aproximadamente el 5% de la cobertura total mundial.
- En las cuatro fechas de análisis se han identificado pérdidas y ganancias en la extensión del manglar. Desde 1970/1980 hasta 2010 predominaron las pérdidas, mientras que entre 2010 y 2015 prevalecieron las ganancias, resultado de la recuperación de manglar y la colonización de nuevas áreas.
- La actualización y mejora de la cartografía del año 2015 se debe principalmente a la experiencia adquirida en la identificación del manglar con diferentes fuentes de percepción remota, así como al reconocimiento del territorio a través de los vuelos realizados con la Secretaría de Marina (SEMAR), trabajo en campo y retroalimentación con los especialistas del ecosistema.
- El monitoreo sistemático de los manglares en México permite identificar procesos que inciden en el ecosistema, como el cambio de la línea de costa, donde se ha identificado el predominio de fenómenos erosivos sobre los de acumulación o depósito. El sitio Punta La Disciplina localizado en el estado de Campeche, es el de mayor afectación por erosión, con un desplazamiento de la línea de costa de hasta 1 013 m entre 1970/80 y 2015.

- Otro de los procesos identificados que inciden en el ecosistema es la perturbación del manglar. Su seguimiento es fundamental en las prácticas de conservación, debido a que es una etapa de transición entre la recuperación o la pérdida del manglar.
- Como resultado de un proyecto piloto se logró identificar a las comunidades de *Rhizophora mangle* de otras especies de manglar con datos de observación de la tierra, como imágenes de satélite y fotografía aérea.
- Los principales agentes de cambio que afectan al manglar y conducen a su transformación son las actividades agrícolas-pecuarias y el desarrollo de infraestructura por su intensidad de cambio. Dentro de éstos destacan las granjas acuícolas y estanques artificiales, zonas en construcción y zonas turísticas. El grado de afectación de los agentes de cambio es diferente espacial y temporalmente en las regiones observadas en el SMMM.
- El análisis de la política pública que incide en la conservación de los manglares en México es fundamental para reorientar las actividades productivas en las diferentes regiones y realizar acciones sinérgicas entre los diferentes actores.

EXECUTIVE SUMMARY

- The Mexican Mangrove Monitoring System (SMMM), initiated in 2005, continues generating information on the spatial distribution of this ecosystem. Maps and information have been generated for four observation periods (1970/1980, 2005, 2010, 2015), which permit identifying ecosystem dynamics as well as analyzing major drivers of change.
- Mexico is among the top five countries with major mangrove extensions in its 17 coastal states, covering 775 555 ha in 2015 or 5% of the global mangrove area.
- Gains and losses in mangrove area were found over the four dates of analysis. Net losses were detected from 1970/1980 to 2010 while mangrove gained in area in 2015 which indicates recuperation of some previously lost areas and colonization of new sites.
- Cartography was improved using the knowledge gained by interpreting different remote sensing data, through information obtained by in-situ field work and local specialist feedback as well as by flight campaigns in collaboration with the Mexican Marine Ministry (SEMAR).
- The systematic monitoring of Mexico's mangroves also enabled the detection of coastline changes which directly and indirectly affect mangrove communities. Overall, a net loss was found for all coastlines analyzed in this study. The site Punta La Disciplina in the state of Campeche showed the highest loss due to erosion with a coastline shift of 1 013m between 1970/1980 and 2015.

- The correct quantification of the class “disturbed mangrove” is fundamental for ecosystem conservation efforts as it shows either a transitional stage towards recuperation or expected loss of mangrove.
- The pilot study of “Marismas Nacionales” in the state of Nayarit allowed for identifying communities of *Rhizophora mangle* at species level using satellite images and aerial photography.
- Major change drivers that affect mangrove communities and contribute to their transformation are agriculture and urban land take. Most notable are aquaculture installations and fishponds, large construction zones and tourist developments. Their impact varies spatially and temporally among all regions.
- The analysis of public policy and related impacts towards the conservation of Mexican mangroves is essential to align land use activities among different public sectors and stakeholders.

ABREVIACIONES

ANP: Área Natural Protegida.

B1, B2, B3, B4, B5: Banda 1, Banda 2, Banda 3, Banda 4, y Banda 5 de imágenes de satélite.

CBD: Convenio sobre Diversidad Biológica.

CCA: Comisión para la Cooperación Ambiental.

CINVESTAV: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONAPESCA: Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

DSAS: Digital Shoreline Analysis System (Sistema Digital de Análisis de Costas).

ECOSUR: El Colegio de la Frontera Sur.

EPOMEX: Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México.

ERMEX NG: Estación de Recepción México Nueva Generación.

EVI: Enhanced Vegetation Index (Índice de Vegetación Mejorado).

FMCN: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

INE: Instituto Nacional de Ecología.

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECOL: Instituto de Ecología A.C.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LAI: Leaf Area Index (Índice de Área Foliar).

LFD: Ley Federal de Derechos.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).

NIR: Near Infrared (Infrarrojo cercano).

NM: nanómetro.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

RE: Red-Edge (Borde del rojo).

RGB: Red, Green, Blue (Rojo, Verde, Azul).

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SEDUE: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

SEMAR: Secretaría de Marina.

SEMARNAP: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SMA: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

SMMM: Sistema de Monitoreo de los Manglares de México.

SPOT: Satellite pour l'observation de la Terre (Satélite para la observación de la Tierra).

SPR: Subcoordinación de Percepción Remota de la CONABIO.

SSA: Secretaría de Salubridad y Asistencia.

SWIR: Short Wave Infrared (Infrarrojo de onda corta o Infrarrojo medio).

TER: Tercero.

UAM-I: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

UMA: Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

Capítulo 1

ANTECEDENTES



Mangle salado
Avicennia bicolor

Mangle caballero o amarillo
Rhizophora harrisonii

Mangle botoncillo
Conocarpus erectus
var. *sericeus*

Avicennia bicolor y *Rhizophora harrisonii* son especies de distribución restringida en el país, sólo han sido registradas en algunos sitios en Chiapas y Oaxaca, y no están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. *Conocarpus erectus* var. *sericeus*, es una variedad también con distribución restringida.

Las otras especies de mangle: *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, mantienen poblaciones que se distribuyen a lo largo de todo el litoral mexicano.

Los manglares son un tipo de vegetación característica de las zonas costeras de los trópicos y subtrópicos de todo el mundo, en México se encuentran presentes en ambos litorales (Atlántico y Pacífico), cubriendo al menos 60% de la línea costera nacional. Se cuenta con seis especies en el país, cuatro de ellas son comunes: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* y *Conocarpus erectus* var. *sericeus*). Dos de ellas (*Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*) en cambio tienen una distribución muy restringida, con presencia de sólo algunas poblaciones aisladas en los estados de Chiapas y Oaxaca (López-Portillo y Ezcurra 2002, Agraz-Hernandez *et al.* 2006, Nettel *et al.* 2008).

Este ecosistema es especialmente importante, ya que provee beneficios ambientales ampliamente conocidos, como el control de inundaciones, protección contra huracanes, fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como arrecifes de coral y captura de gases de efecto invernadero, entre muchos otros (FAO 2007).

A lo largo de las últimas dos décadas la importancia de la conservación y protección de los manglares se incrementó de manera sustancial a nivel mundial y nacional. En nuestro país, las acciones más importantes a su favor han sido la inclusión de cuatro de las seis especies de man-

gle en una Norma Oficial Mexicana (la NOM-059-ECOL-1994 que las colocaba en la categoría de “Protección Especial”, actualmente estas mismas se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 donde se les cataloga como amenazadas) y un artículo en la Ley General de la Vida Silvestre en 2007 (60 TER), el cual prohíbe cualquier cambio que afecte la integralidad del ecosistema.

Siguiendo esta línea, en 2005 la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en estrecha colaboración con diversas instituciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y especialistas en el tema de manglares, inició la integración, recopilación y generación de nueva información sobre este ecosistema, para desarrollar lo que años más tarde se denominaría el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM).

1.1 Sistema de Monitoreo de los Manglares de México

De manera general, los sistemas de monitoreo de ecosistemas, tienen dentro de sus metas generar información confiable para sus usuarios, a partir de la observación sistemática y metodológica de variables que midan condiciones consideradas clave para describir su estado. El SMMM tiene como objetivo generar información sobre los cambios

del ecosistema de manglar a través de la evaluación de su distribución espacial y condición a través del tiempo. A partir de esta información, se busca también la identificación de amenazas existentes, latentes y tendencias de cambios (pérdida, deterioro o recuperación), de tal forma que sirva de apoyo para su conservación, entendimiento y manejo. En el SMMM se generan periódicamente una serie de insumos, que son analizados dentro de tres componentes del sistema para generar resultados a diferentes escalas (FIGURA 1.1).

El componente de análisis *espacial* es el más desarrollado hasta el momento, y se basa en parámetros e indicadores obtenidos a través de técnicas de percepción remota, haciendo uso principalmente de imágenes de satélite y datos obtenidos en trabajos de campo. Esto permite evaluar la extensión del manglar cada cinco años, identificando las áreas de cambio y caracterizándolas mediante la estimación de índices para describir patrones espaciales como fragmentación, conectividad y relaciones de borde con otras coberturas naturales y antrópicas.

En el componente *experimental* se generan indicadores locales que están permitiendo, entre otros

aspectos, establecer la salud del ecosistema, que posteriormente podrían ser aplicados a nivel regional y nacional por medio de modelos confiables. En este contexto la CONABIO financia a investigadores de diversas instituciones, expertos en el ecosistema, para la implementación de parcelas de monitoreo.

Finalmente, el componente *social* se enfoca a proponer e instrumentar indicadores que permitan monitorear el efecto de acciones y políticas públicas sobre el ecosistema de manglar, lo cual dará soporte a la toma de decisiones en torno a la conservación y manejo de este ecosistema. Este componente también considera las interacciones entre la sociedad y el ecosistema de manglar y sus efectos. Los resultados a diferentes escalas son utilizados para retroalimentar los componentes de análisis, adaptando el sistema cuando es necesario.

En el caso particular del componente *espacial*, la Subcoordinación de Percepción Remota (SPR) de la CONABIO ha concentrado desde un inicio gran parte de sus esfuerzos en generar los productos correspondientes de forma oportuna, evaluando la confiabilidad de los datos. Conforme se han gene-

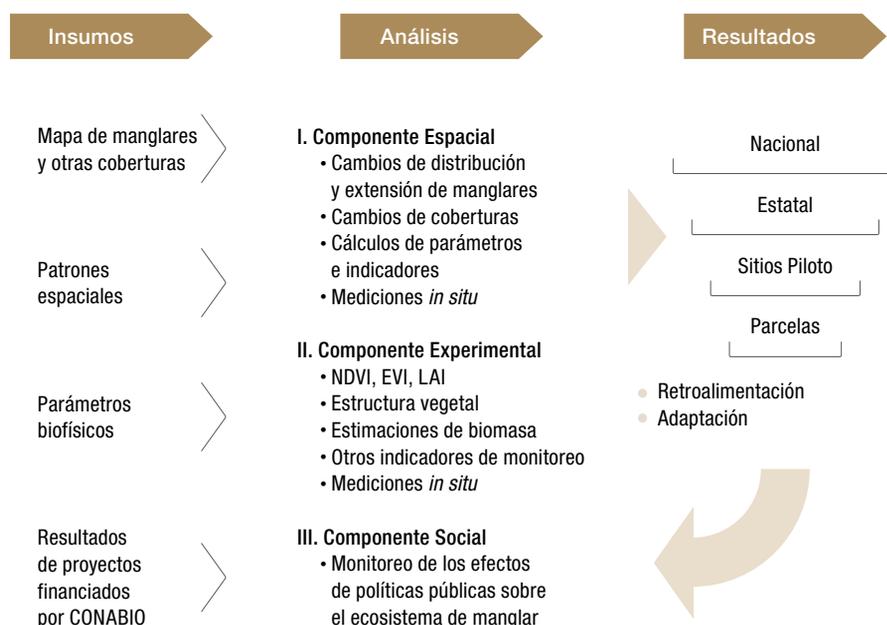


FIGURA 1.1 Esquema conceptual del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM).

rado resultados en el SMMM, se agregaron nuevos temas que han definido nuevas líneas de trabajo, enriqueciendo cada uno de sus componentes y por ende el conocimiento del funcionamiento y dinámica de este ecosistema.

La información que se genera en el SMMM es cada vez de mayor utilidad para los encargados de la toma de decisiones y gestores del ecosistema, esto se refleja en el número de solicitudes de información que recibe constantemente la CONABIO. Como parte de la filosofía de compartir, difundir y divulgar la información generada en el SMMM, en esta última década la generación de información ha estado acompañada de diferentes publicaciones (dos libros, dos informes, dos folletos, un artículo científico y un artículo de divulgación¹), que muestran los avances en este tema.

1.2 Colaboración interinstitucional

La visión integral y a largo plazo de un monitoreo de los manglares, ha permitido la integración y convergencia de otras iniciativas a diferentes niveles para llegar a la conservación de este ecosistema. En el caso del SMMM, ha representado diversas sinergias con distintos actores relacionados con éste, que han aportado experiencia y conocimiento extenso de sus zonas de trabajo en acciones de investigación, monitoreo y rehabilitación del manglar.

Dentro de las actividades que se han realizado, existen colaboraciones interinstitucionales como las intensas campañas de sobrevuelos en las zonas de manglares mediante el apoyo de la Secretaría de Marina (SEMAR), con el fin de obtener datos para la validación de la cartografía generada en el SMMM. Otra colaboración de gran relevancia ha sido el apoyo de las instituciones que han estado a cargo de la Estación de Recepción México (ERMEX, ahora ERMEX NG), con el suministro de las imágenes del satélite SPOT empleadas para realizar uno

de los productos más importantes del SMMM, que es la cartografía de la distribución de los manglares y del uso de suelo y vegetación de las zonas aledañas. Esto debido a que uno de los principales mecanismos para la generación de la información para el SMMM está enfocado principalmente en la utilización de técnicas de percepción remota para la obtención de información espacial y temporal del ecosistema (extensión y distribución), así como parámetros biofísicos (verdor, biomasa aérea y especie).

No menos importante han sido las participaciones de los investigadores especialistas en el tema de manglares, a través de talleres y reuniones en las que ellos, basados en su experiencia, ayudan a determinar áreas de relevancia en conservación de manglares, áreas de interés en restauración y rehabilitación ambiental y también como participantes en proyectos financiados por CONABIO. En estos proyectos, investigadores de diversas instituciones aportan datos de estructura y de parámetros ambientales dentro de unidades de muestreo, con la finalidad de fortalecer el sistema de monitoreo. Algunas de las instituciones participantes en este tema son el Instituto de Ecología A.C. (INECOL), el Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Autónoma de Sinaloa y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, además de organizaciones no gubernamentales como Pronatura Veracruz, Pronatura Sur y la fundación Pedro y Elena.

Recientemente la CONABIO participa coordinando la iniciativa de la elaboración de una guía para la caracterización de los manglares mexicanos, la experiencia de los especialistas en manglar de varias instituciones ha sido fundamental en su desarrollo. Con esto se pretende homologar metodologías y unidades de medición con miras a la facilitación de la integración, análisis y comparación de la información de manglares en diferentes niveles de trabajo.

1 <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/publicaciones.html>



FIGURA 1.2 Personal de CONABIO y de la SEMAR durante un vuelo de reconocimiento sobre áreas de manglar.

FOTO: A.S.C. CONABIO-SEMAR.

1.3 Presentación de la obra

En esta obra se busca dar continuidad a la difusión de los nuevos resultados asociados al sistema de monitoreo de manglares. Primero se presenta una descripción breve de los métodos utilizados para generar la cartografía y posteriormente, se proporciona la parte estadística de los resultados obtenidos relacionados con la cobertura de manglar y sus zonas de influencia actualizadas al año 2015 de cada uno de los estados de la República Mexicana, así como sus respectivos mapas. En cada actualización, la experiencia adquirida en más de 10 años de trabajo, el uso de diversos insumos de percepción remota, los sobrevuelos que se realizan con el apoyo de la SEMAR, así como la continua interacción con especialistas, permitió obtener una cartografía de mayor precisión en zonas que presentan alta incertidumbre debido a sus características ambientales particulares.

Posteriormente, se presentan cinco temas con los avances más relevantes de algunas de las líneas de investigación que se desarrollan en la SPR como parte del SMMM, las cuales pueden ser de utilidad para abordar temas similares por otros grupos de trabajo.

Dentro de este apartado, el primer tema que se aborda es uno de los aspectos que, a través del SMMM, se ha observado con mayor frecuencia en los manglares mexicanos; se refiere al deterioro o perturbación de éstos por distintos factores asociados principalmente con fenómenos meteorológicos o actividades antrópicas (FIGURA 1.3) y que son procesos que pueden ser monitoreados y evaluados mediante técnicas de percepción remota.

El segundo tema aporta información derivada de manera conjunta a la actualización de la cartografía y se refiere a la detección de los sitios con procesos notables de dinámicas de cambio de la línea de costa en las áreas con presencia de manglar.

El tercer tema presenta los principales resultados sobre la evaluación del uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial en un sitio piloto de Marismas Nacionales, Nayarit. Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por la Fundación Packard a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y tuvo como objetivo principal diferenciar *Rhizophora mangle* de otras especies de manglar y elaborar cartografía que permita el seguimiento espacial de esta especie en el marco del monitoreo del manglar en la Región Pacífico Norte.

FIGURA 1.3 Área de manglar perturbado identificado en la laguna de Chautengo, Guerrero, noviembre 2015.

FOTO: A.S.C. CONABIO-SEMAR.



En el cuarto tema se presenta el análisis sobre la identificación de los principales agentes que provocan la transformación de los manglares mexicanos y se muestran las estadísticas de los agentes antrópicos (FIGURA 1.4) para cada una de las cinco regiones de estudio.

Finalmente, en el último tema se explora un aspecto donde existe relativamente poca información. Se trata de un análisis de cómo la ejecución de políticas públicas llevadas a cabo por numerosas instituciones en los tres órdenes de gobierno, pueden tener consecuencias para la conservación



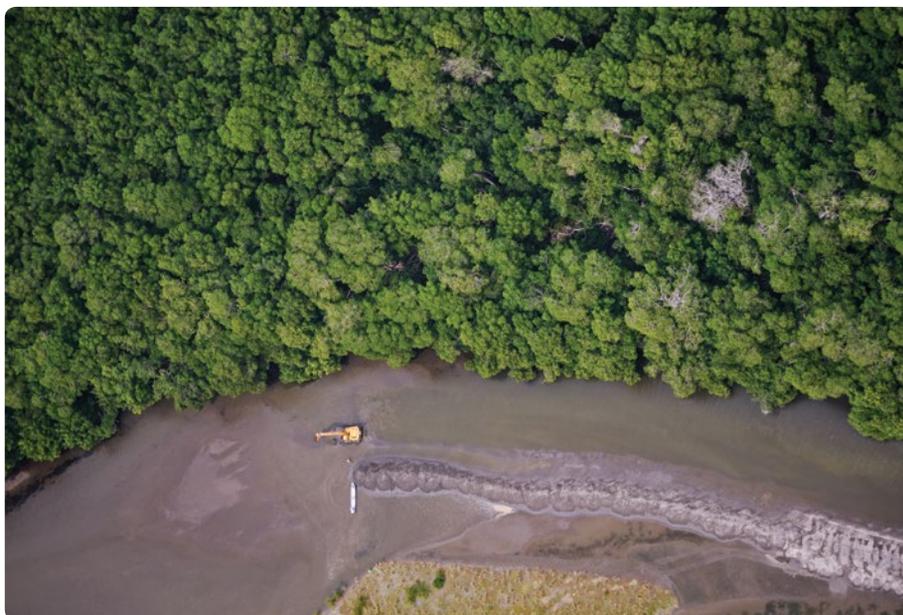
FIGURA 1.4 Manglar y desarrollo turístico en Playa Maroma, Quintana Roo, enero 2016.

FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.

de los manglares. Estos son los resultados de un proyecto financiado por la CONABIO y que fue llevado a cabo por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa en los sitios de La Palma/Mecoacán, Tabasco; La Encrucijada, Chiapas (FIGURA 1.5); Punta Maroma/Chacmucuc, Quintana Roo y Agua Dulce/El Ermitaño, Jalisco. ■

FIGURA 1.5 Remoción de sedimentos para apertura de un canal en Sólo Dios, Chiapas.

FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.





Manglares en Cabo Catoche, Quintana Roo
FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR



Capítulo 2

ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LOS MANGLARES DE MÉXICO (SMMM)



Mangle rojo
Rhizophora mangle

2.1 Métodos en la elaboración de la cartografía 2015

Los mapas de distribución de manglar en México, sus áreas circundantes y los índices derivados, se generan con una periodicidad de cinco años, y actualmente corresponden a las fechas 1970/1980, 2005, 2010 y 2015. Para su elaboración se emplearon técnicas de percepción remota, generándose

en primer lugar, un mapa base del año 2005, a partir de este se realizó un análisis retrospectivo para obtener el de 1970/1980 y posteriormente una actualización a 2010, ambos procesos mediante el método interdependiente (FAO 1996).

Con el objetivo de tener una cartografía equiparable, se aplicó este mismo proceso para el año 2015. Para la identificación de cambios en esta fecha se emplearon (FIGURA 2.1) 198 imágenes de

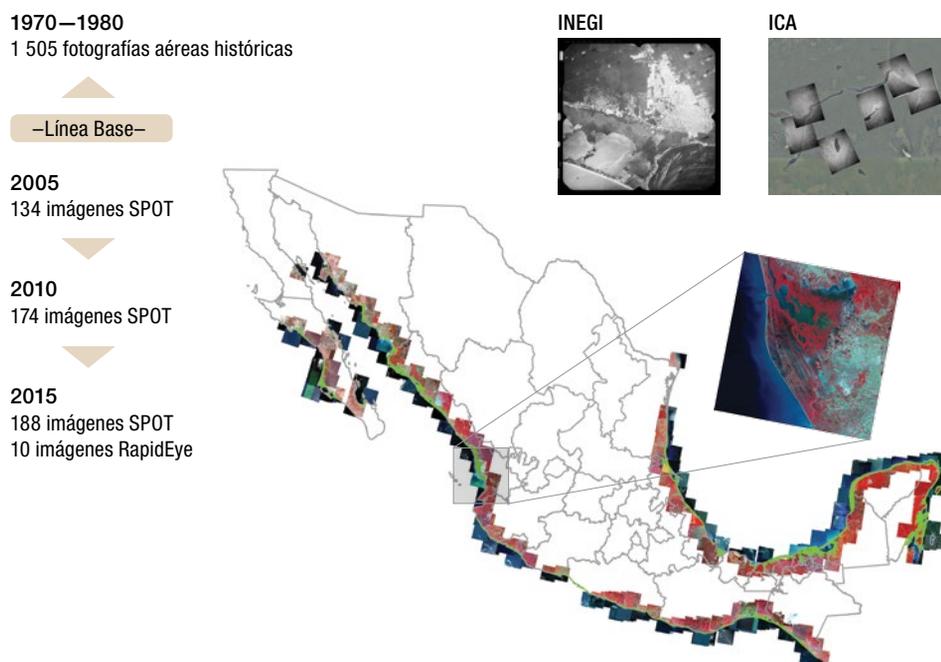


FIGURA 2.1 Número de fotografías aéreas e imágenes de satélite que se utilizaron en la elaboración de la cartografía del SMMM en los años 1970/1980, 2005, 2010 y 2015.

satélite, de las cuales 182 son del sensor SPOT 5, cuatro del SPOT 6, dos del SPOT 7 y diez imágenes RapidEye. Las imágenes SPOT 6, SPOT 7 y RapidEye fueron empleadas cuando las imágenes SPOT 5 no estuvieron disponibles o sus características no eran adecuadas por situaciones tales como nubes o errores en las imágenes.

La elaboración de la cartografía 2015 coincidió con la interrupción de su principal insumo (imágenes SPOT-5) a partir del 27 de marzo de 2015 (Kramer 2015). Por ello se incorporaron, aunque en menor porcentaje (sólo 7% de la superficie del área de estudio), los otros tipos de imágenes mencionados. Estas modificaciones en los insumos permitieron explorar otras opciones de interpretación, que podrán ser opciones para la estimación e identificación del manglar en el futuro, haciendo del SMMM un sistema adaptable.

Los insumos complementarios a SPOT 5 tienen diferencias en su resolución espacial² y espectral³

2 La resolución espacial es la dimensión del área vista por el detector en un tiempo determinado (Star y Estes 1990) y describe la precisión de los detalles observados.

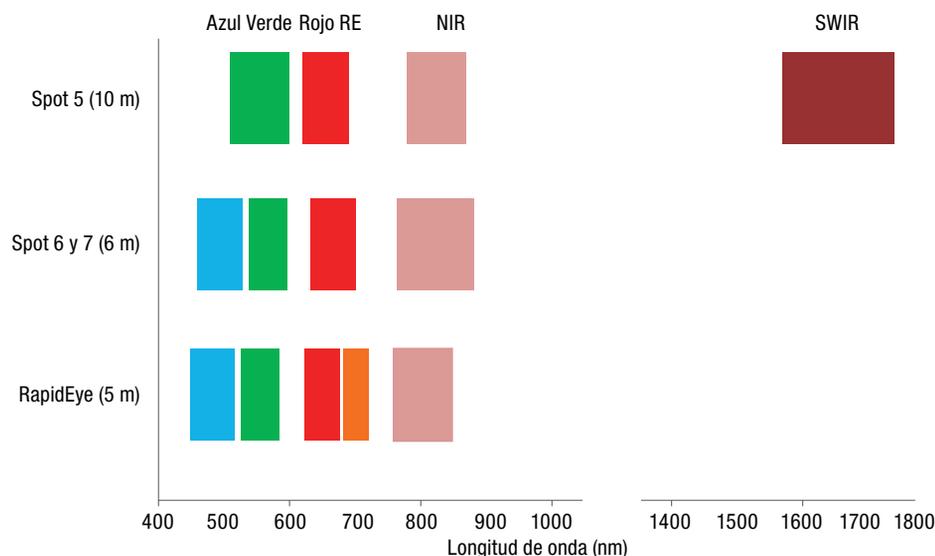
3 La resolución espectral define el número de bandas espectrales (selección de longitudes de onda con comportamientos electromagnéticos similares) en una imagen de satélite (Chuvieco 2008).

(FIGURA 2.2), a causa de esto se ajustaron diversos procedimientos para su manejo e interpretación. En el caso de los productos SPOT 6 y 7 se homologó la resolución espacial de 6 a 10 metros, con la finalidad de que coincidieran con el tamaño de pixel de los mapas generados para fechas previas.

El uso de estos nuevos productos permitió obtener una mejora en la definición de los rasgos, sus límites y la diferenciación de los usos de suelo y coberturas. Otra diferencia entre estos insumos consiste en la ausencia de la banda del Infrarrojo de onda corta (SWIR por sus siglas en inglés), que sí está presente en las imágenes SPOT 5, además de la inclusión de la banda azul. La banda SWIR permite observar de mejor forma el contenido de humedad, tanto en el suelo como en la vegetación (Schmidt 2013), esto es particularmente útil en la separación de manglar de otra vegetación, ya que se observa en colores más intensos y tonos más saturados, distintos a la vegetación circundante.

La ausencia de la banda SWIR disminuyó la capacidad de interpretar visualmente al manglar e hizo el proceso de detección más especializado, ya que se requiere una mayor experiencia del analista para hacer uso del color, tono y textura. También se requiere conocimiento experto para la localización de los parches, los cuales deben tener una

FIGURA 2.2 Gráfica comparativa de las bandas y la longitud de onda que registran los sensores SPOT 5, 6 y 7 y RapidEye. La banda NIR (por sus siglas en inglés) corresponde al infrarrojo cercano, RE al borde del rojo y SWIR (también por sus siglas en inglés) a la región del espectro denominada infrarrojo de onda corta.



congruencia de distribución ecológica, para asegurar con certeza que se trata de comunidades de manglar y no de otros tipos de vegetación.

Por otra parte, las imágenes RapidEye se utilizaron cuando no hubo cubrimiento disponible de imágenes SPOT. De forma general, este tipo de productos se diferencia de las imágenes SPOT 5 también por carecer de la banda SWIR y contener una banda Red-Edge (RE), la cual auxilia en la identificación de los manglares. Los ajustes para su uso son similares a las implementadas para las imágenes SPOT 6 y 7.

El resultado del proceso de actualización de la cartografía de la extensión y distribución de los manglares, es un mapa temático conformado por nueve clases. Ocho clases agrupan y describen el tipo de cobertura vegetal y/o de uso de suelo presente en las zonas aledañas al manglar y la última o novena clase que se refiere a ausencia de información por la presencia de nubes y sus sombras. La descripción de cada clase se muestra en el CUADRO 2.1. La superficie de análisis estuvo basada en el mapa de uso del suelo y vegetación

CUADRO 2.1 Clases y su descripción para el mapa de cobertura vegetal y/o uso de suelo presente en las áreas adyacentes al manglar.

ID	Clase	Simbología	Descripción
1	Desarrollo antrópico		Incluye poblados, estanques acuícolas, granjas camaroneras, salineras, caminos y carreteras, así como obras de infraestructura hidráulica que incluye canales.
2	Agrícola-Pecuaría		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 inundables, diferentes tipos de vegetación secundaria arbórea y arbustiva y la vegetación secundaria herbácea.
4	Sin vegetación		Incluye las áreas sin vegetación aparente y con erosión, dunas costeras de arena y playas.
5	Manglar		Incluye humedales arbustivos y arbóreos conformados por la asociación vegetal de una o más especies de mangle: mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), <i>Rhizophora harrisonii</i> , mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), <i>Avicennia bicolor</i> y mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i> y <i>Conocarpus erectus</i> var. <i>sericeus</i>).
6	Manglar perturbado		Incluye humedales conformados por parches de árboles y/o arbustos de manglar muerto o en regeneración. Esta categoría se refiere a la cubierta forestal perturbada por huracanes, tormentas, ciclones y por la construcción de infraestructura hidráulica, carreteras y caminos.
7	Otros humedales		Incluye la vegetación hidrófita de popal-tular-carrizal, además de pastizales inundables, vegetación hidrófita o halófila con individuos de mangle dispersos o en pequeños islotes y los terrenos salinos costeros con poca cubierta vegetal.
8	Cuerpos de agua		Incluye océanos, bahías, esteros, lagunas, ríos, presas, cenotes, aguadas.
9	Otros ⁴		Se refiere a la cobertura de nubes y la sombra derivada de las mismas.

⁴ La clase 9 está presente en la cartografía de 1970/1980, 2005, 2010, sin embargo no se registró para el mapa 2015.

de la zona costera asociada a los manglares, generado por la CONABIO en año 2005.

2.2 Validación de la cartografía 2015

Los mapas de extensión y distribución del manglar de 2005, 2010 y 2015 se sometieron a un proceso de validación para cada una de las regiones. Para la fecha más reciente (2015), se realizaron vuelos en helicóptero con el apoyo de la SEMAR, para obtener evidencia fotográfica de las zonas de manglar y revisar su correspondencia con el mapa (FIGURA 2.3), esto ocurrió entre abril de 2015 y marzo de 2016. Las rutas de vuelo se establecieron con base en el mapa de manglares 2010, el mapa de manglares 2015 cuando se contó con una versión preliminar de éste para el estado con zonas de interés o incertidumbre y la disponibilidad de aeronaves para realizar el vuelo.

Se capturaron aproximadamente 62 000 fotografías aéreas verticales con coordenadas geográficas de referencia aproximadas al punto central.

Se revisaron 7 662 fotografías de las cuales 3 300 correspondieron a la clase manglar. El proceso de validación consistió en interpretar la cobertura de vegetación y uso de suelo presente en la coordenada central de la fotografía aérea vertical y compararlo con la clase representada en el mismo punto en el mapa de extensión y distribución de manglares y otras coberturas 2015.

Con dicha información se aplicó un protocolo de análisis estadístico para calcular la exactitud para el usuario y para el productor (Congalton y Green 2009; CONABIO 2012) de la clase manglar en el mapa. La exactitud del usuario se refiere a la probabilidad de que un pixel de una clase representada en el mapa corresponda a lo que se observa en la realidad, esta exactitud se estimó en 93%⁵. Por otro lado, la exactitud del productor se refiere a probabilidad de que las clases presentes en las

5 Significa que 7 de cada 100 pixeles que se identifican como manglar en el mapa, en realidad corresponden a otra clase, a esto se le denomina error de comisión.

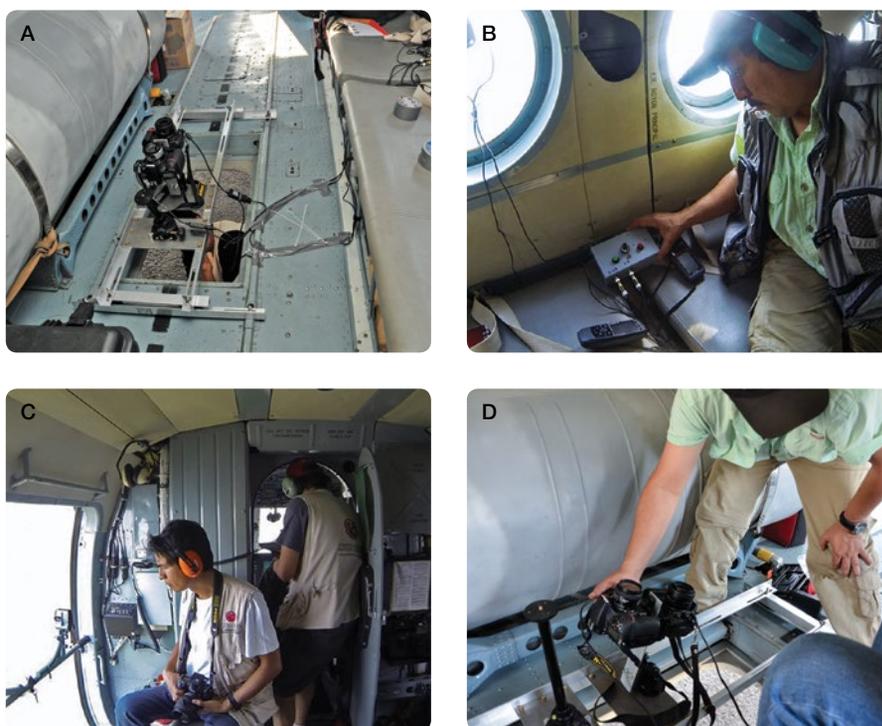


FIGURA 2.3 Tomas de fotografía aérea realizada con el apoyo de la SEMAR. (A) Estructura para montaje de equipo fotográfico en escotilla de la aeronave, (B) Equipo de GPS, (C) Personal obteniendo fotografías panorámicas y dirigiendo la ruta, (D) Cámaras de alta resolución. FOTOS: A.S.C. Y S.V.S. CONABIO-SEMAR.

imágenes de satélite sean correctamente mapeadas y se estimó en 90%⁶.

2.3 Actualización de la distribución de los manglares en México 2015.

La comparación de los datos de coberturas y usos de suelo estimados en 2010 y en esta actualización en 2015, permitieron observar los cambios en la cobertura de manglares y sus coberturas asociadas durante dicho periodo. En general, a nivel nacional se identificó un predominio de ganancias sobre pérdidas. De 764 774 ha estimadas en 2010, se pasó a 775 555 ha en 2015, esto es un aumento de 10 781 ha que representa un 1.4%. Este incremento se debe principalmente a la dinámica entre el manglar, manglar perturbado y otros humedales. Por otro lado, la experiencia acumulada por el equipo de analistas y la retroalimentación con especialistas en manglar de diferentes regiones del país, han permitido mejorar la cartografía de este ecosistema, reduciendo la incertidumbre en su identificación.

A nivel de estados dos de ellos mostraron pérdidas netas de áreas de manglar en el periodo de análisis 2010—2015. Estos fueron Guerrero con 1 448 ha (17.8%) y Baja California Sur con 117 ha (0.4%). Los estados con mayor ganancia neta de superficie de manglar fueron en primer lugar Sinaloa, con 4 296 ha (5.6%) seguido por Quintana Roo y Yucatán con 1 854 ha (1.4%) y 1 823 ha (2.0%) respectivamente (CUADRO 2.2).

Respecto a la cobertura de manglar perturbado, el estado que presenta la mayor cantidad de esta clase es Nayarit con 6 016 ha, en segundo lugar se encuentra Campeche con 2 067 ha, en tercer lugar Sinaloa con 1 851 ha y Veracruz en cuarto con 1 740 ha (CUADRO 2.2). El aumento de superficie en la cobertura de manglar perturbado resultó ser uno de los cambios de mayor relevancia en esta actualización. Es importante mencionar que

el único estado en el que no hay presencia de este tipo de cobertura es Baja California durante ninguno de los periodos de análisis.

Al igual que en los análisis de periodos previos, en esta actualización la región Península de Yucatán posee la mayor superficie de manglares con 421 926 ha (54.4%) seguido de la Región Pacífico Norte con 187 383 ha (24.2%). A nivel estatal, Campeche encabeza la lista con mayor superficie de manglares con 198 853 ha (25.6%), seguido de Quintana Roo con 129 902 ha (16.7%) y Yucatán con 93 171 ha (12.0%) (FIGURA 2.4).

En las siguientes páginas se presentan los mapas, datos y estadísticas, para cada estado, correspondientes a la actualización del mapa de manglares 2015. En primer lugar se observan los datos de superficie estatal de manglar, manglar perturbado, tasas de cambio y porcentaje de línea de costa con presencia de manglar de 1970/1980 hasta el año 2015 y una gráfica de superficie de manglar a nivel estatal. El manglar perturbado identificado en las imágenes de satélite se refiere a parches de árboles y/o arbustos de manglar muerto o en regeneración, generados por procesos naturales o por actividades antrópicas; son áreas de especial atención para el monitoreo de su recuperación. Para cada entidad se presentan gráficas con los porcentajes de cobertura de las clases presentes para los años 2010—2015, así como la superficie de pérdidas y ganancias según la clase de cobertura o uso de suelo. Se muestran también gráficas de superficie de manglar expresado en hectáreas para las fechas 1970/1980, 2005, 2010 y 2015, los datos de la extensión de manglar dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP) de orden federal, ANP estatales y de los sitios con denominación Ramsar. La suma total no necesariamente equivale a la adición de los valores de las áreas naturales protegidas debido a que puede existir sobreposición. Por último, para cada estado se muestran los mapas de cobertura y distribución del manglar y otras coberturas circundantes para el año 2015. ■

6 Significa que 10 de cada 100 píxeles clasificados en coberturas diferentes a la clase manglar, corresponden en realidad a esta clase. A esto se le denomina error de omisión.

2.4 Resultados a nivel nacional

CUADRO 2.2 Superficie estatal de *manglar*, *manglar perturbado*, tasas de cambio y porcentaje de línea de costa de 1970/1980 hasta el año 2015.

Región	Estados	SUPERFICIE 1970-1980 (ha)		SUPERFICIE 2005 (ha)		SUPERFICIE 2010 (ha)		SUPERFICIE 2015 (ha)		Año inicial*
		Manglar	Manglar perturbado	Manglar	Manglar perturbado	Manglar	Manglar perturbado	Manglar	Manglar perturbado	
Pacífico Norte	Baja California	36	0	36	0	36	0	39	0	1982
	Baja California Sur	26 724	0	26 519	0	26 696	0	26 579	59	1978
	Sonora	10 940	0	11 098	0	11 342	0	12 111	1	1973
	Sinaloa	82 171	760	79 109	954	77 262	2 257	81 558	1 851	1985
	Nayarit	78 024	0	69 784	4 862	66 932	6 309	67 096	6 016	1970
Total P.N.		197 895	760	186 546	5 816	182 268	8 566	187 383	7 926	
Pacífico Centro	Jalisco	8 098	399	2 150	0	2 200	22	2 271	33	1971
	Colima	6 589	0	3 294	0	3 241	5	3 302	73	1971
	Michoacán	1 788	0	1 543	0	1 420	18	1 438	2	1974
Total P.C.		16 475	399	6 987	0	6 861	46	7 011	107	
Pacífico Sur	Guerrero	16 348	0	8 434	82	8 141	305	6 693	1 583	1979
	Oaxaca	28 501	0	18 522	6	18 611	41	18 690	634	1979
	Chiapas	53 901	0	44 598	135	46 342	343	46 804	585	1972
Total P.S.		98 750	0	71 554	223	73 094	689	72 187	2 802	
Golfo de México	Tamaulipas	2 831	0	3 281	0	3 099	1	3 327	54	1976
	Veracruz	44 820	4	39 211	92	37 842	339	38 311	1 740	1976
	Tabasco	41 999	0	44 982	36	44 591	101	45 410	425	1972
Total G.M.		89 650	4	87 474	128	85 532	441	87 048	2 219	
Península de Yucatán	Campeche	216 969	17	199 662	208	197 623	1 256	198 853	2 067	1981
	Yucatán	98 756	12	91 701	2 067	91 348	1 789	93 171	1 493	1979
	Quintana Roo	137 910	0	130 210	464	128 048	2 037	129 902	1 717	1981
Total P.Y.		453 635	29	421 573	2 739	417 019	5 082	421 926	5 277	
TOTALES		856 405	1 192	774 134	8 906.00	764 774	14 823	775 555	18 332	

*El año inicial corresponde al de mayor proporción de superficie por estado en las fotografías aéreas o imágenes Landsat empleadas.

1970/1980—2005		2005—2010		2010—2015		LÍNEA DE COSTA			
SUPERFICIE DE CAMBIO de manglar (ha)	TASA de cambio** (%)	SUPERFICIE DE CAMBIO de manglar (ha)	TASA de cambio** (%)	SUPERFICIE DE CAMBIO de manglar (ha)	TASA de cambio** (%)	Ocupada por manglar 1970—1980 (%)	Ocupada por manglar 2005 (%)	Ocupada por manglar 2010 (%)	Ocupada por manglar 2015 (%)
0	0.00	0	0.00	3	1.71	0.3	0.3	0.3	0.3
-205	-0.03	177	0.13	-117	-0.09	11	11	11	11
158	0.05	244	0.43	769	1.31	19	19	19	19
-3 062	-0.15	-1 847	-0.47	4 296	1.08	65	65	65	66
-8 240	-0.30	-2 852	-0.83	164	0.05	57	55	54	54
-11 349	-0.09	-4 278	-0.15	5 115	0.81	18	18	18	18
-5 948	-3.94	50	0.47	71	0.63	36	20	21	21
-3 295	-2.08	-53	-0.35	61	0.37	55	49	49	49
-245	-0.35	-123	-1.66	18	0.26	16	14	14	14
-9 488	-2.12	-126	-0.51	150	0.42	34	24	25	25
-7 914	-2.55	-293	-0.71	-1 448	-3.92	51	44	44	43
-9 979	-1.65	89	0.10	79	0.09	53	51	52	50
-9 303	-0.54	1 744	0.77	462	0.20	98	95	95	95
-27 196	-1.58	1 540	0.05	-907	-1.21	61	57	57	56
450	0.60	-182	-1.14	228	1.42	22	25	24	24
-5 609	-0.35	-1 369	-0.71	469	0.25	34	34	34	34
2 983	0.22	-391	-0.17	819	0.36	70	66	66	66
-2 176	0.16	-1 942	-0.67	1 516	0.68	36	36	35	35
-17 307	-0.28	-2 039	-0.21	1 230	0.12	81	77	77	79
-7 055	-0.29	-353	-0.08	1 823	0.40	93	91	91	92
-7 700	-0.24	-2 162	-0.33	1 854	0.29	76	74	73	75
-32 062	-0.27	-4 554	-0.21	4 907	0.27	80	78	77	78
-82 271	-0.42	-9 360	-0.24	10 781	0.28	39	37	37	37

**Fórmula tasa de cambio (Puyravaud 2003).

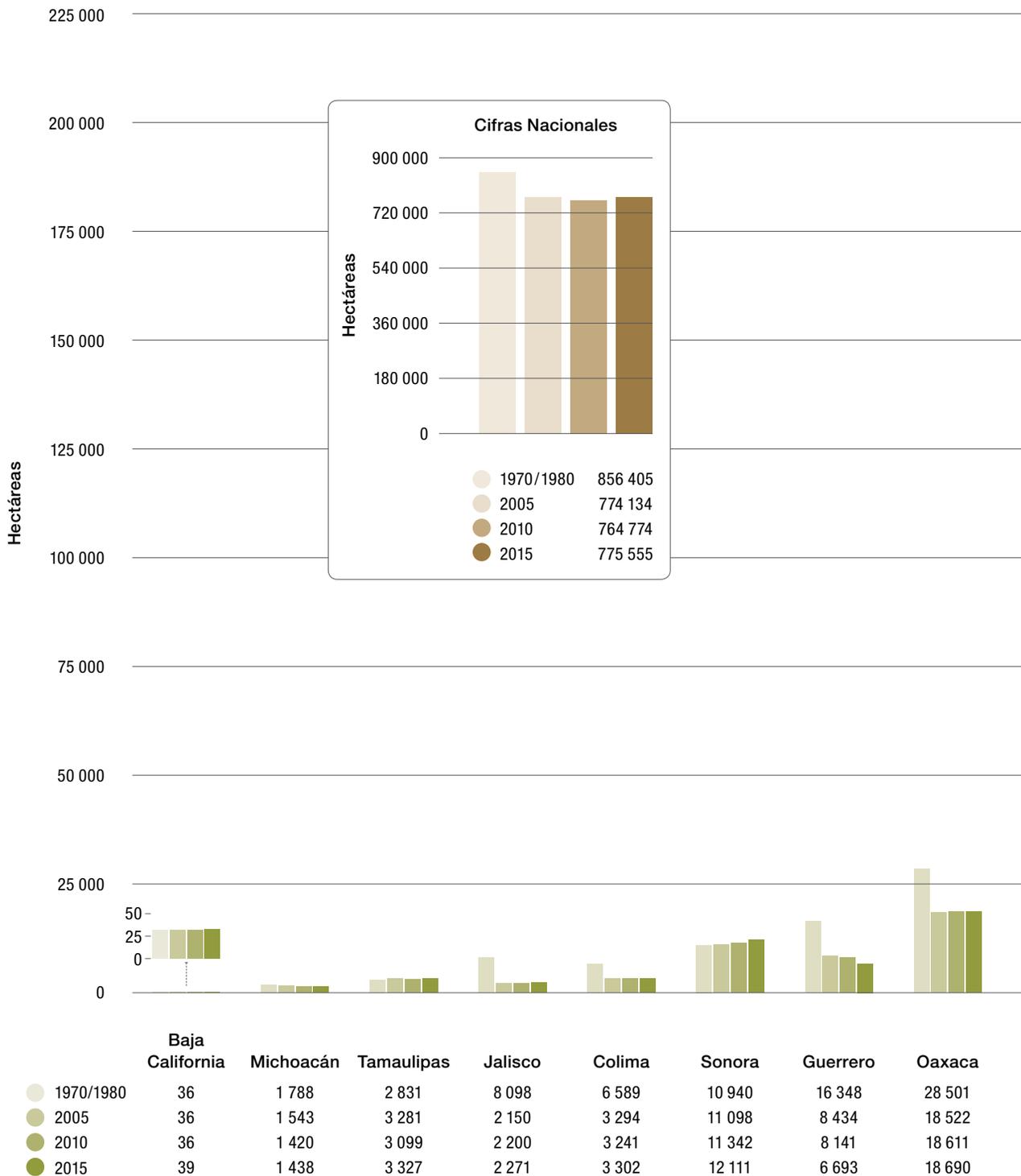
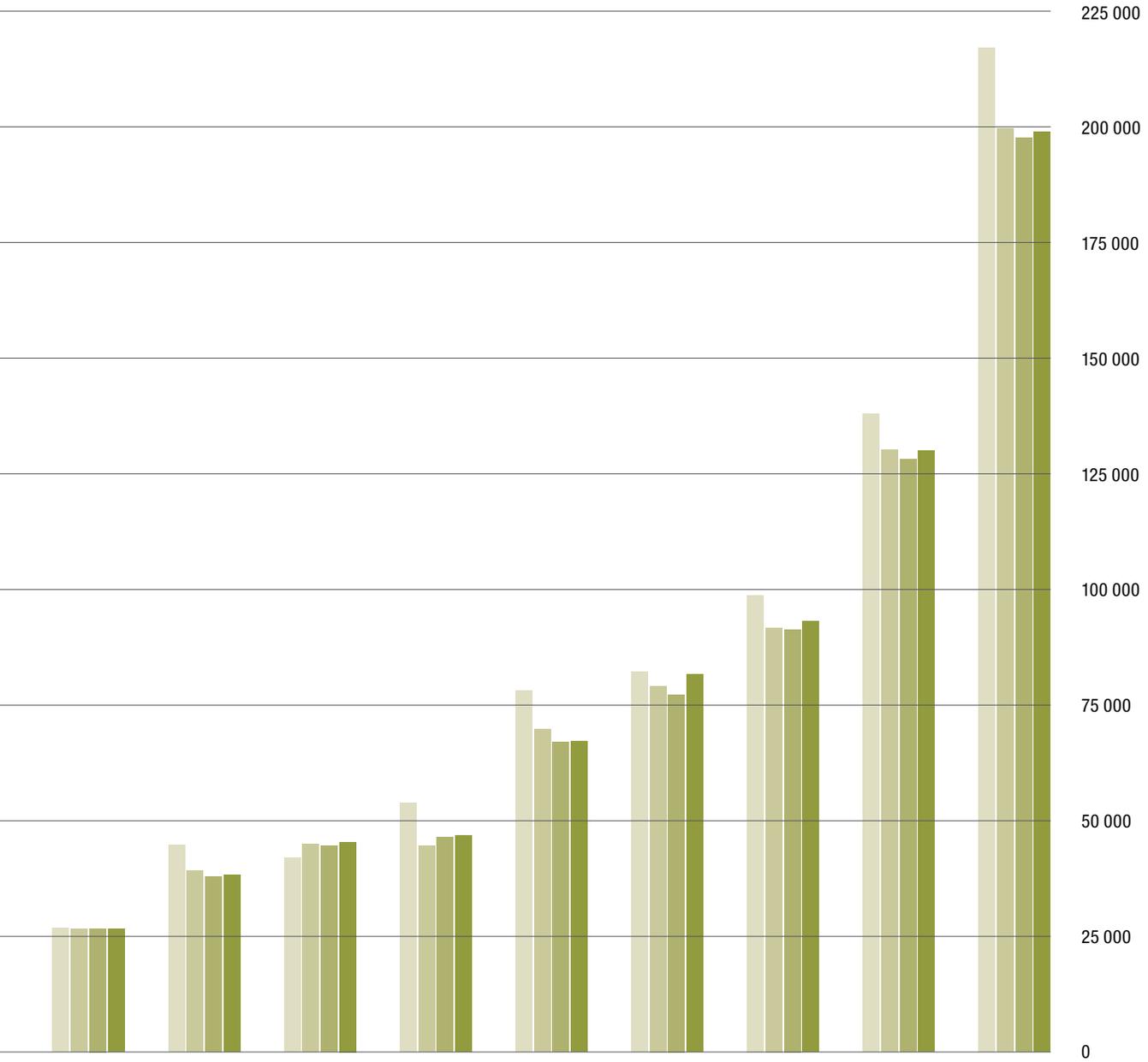


FIGURA 2.4 Superficie de manglar por estado y fecha evaluada.



Baja California Sur	Veracruz	Tabasco	Chiapas	Nayarit	Sinaloa	Yucatán	Quintana Roo	Campeche
26 724	44 820	41 999	53 901	78 024	82 171	98 756	137 910	216 969
26 519	39 211	44 982	44 598	69 784	79 109	91 701	130 210	199 662
26 696	37 842	44 591	46 342	66 932	77 262	91 348	128 048	197 623
26 579	38 311	45 410	46 804	67 096	81 558	93 171	129 902	198 853



2.5 Índice de mapas

FIGURA 2.5 Los números corresponden al número de página de los mapas presentados.

- Región Pacífico Norte
- Región Pacífico Centro
- Región Pacífico Sur
- Región Golfo de México
- Región Península de Yucatán

OCÉANO PACÍFICO

100°0'W

90°0'W

Estados Unidos de América

GOLFO DE MÉXICO

30°0'N

25°0'N

20°0'N

15°0'N

CO

65

68

71

71

74

77

77

80

56

56

59

59

62

62

Belice

Guatemala

Honduras

El Salvador

100°0'W

90°0'W

2.6 Región Pacífico Norte

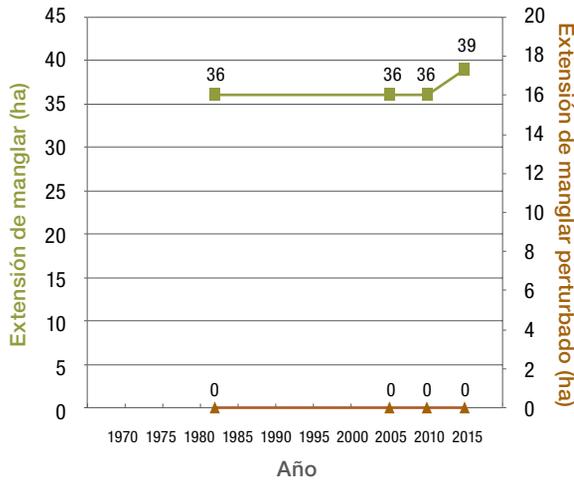


Manglar en Bahía de Las Ánimas, Baja California. FOTO: N.V.

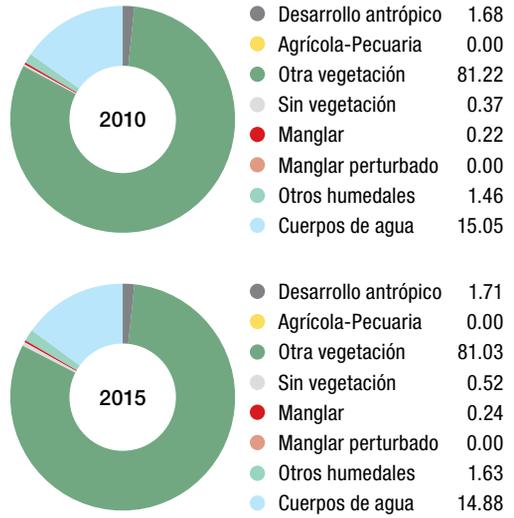
Baja California

	Superficie (ha)			
	1982	2005	2010	2015
Extensión del manglar	36	36	36	39
Extensión del manglar perturbado	0	0	0	0
Extensión de la línea de costa (km)	1 474	1 474	1 474	1 474
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	36	36	36	39
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	34	34	33
Total de manglar bajo protección	36	36	36	39
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	1	1	1
Sitios Ramsar con manglar	0	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	1	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	0.3	0.3	0.3	0.3
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	100	100	100	100

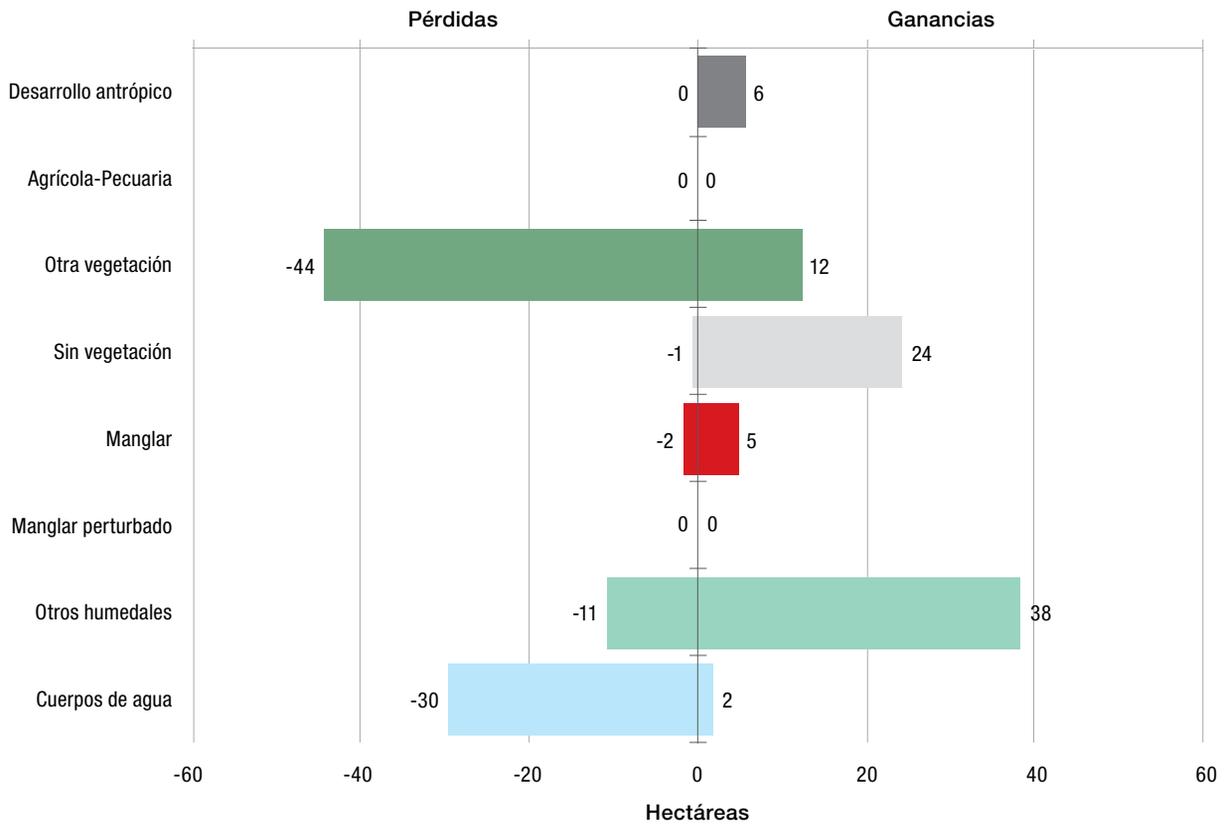
Baja California



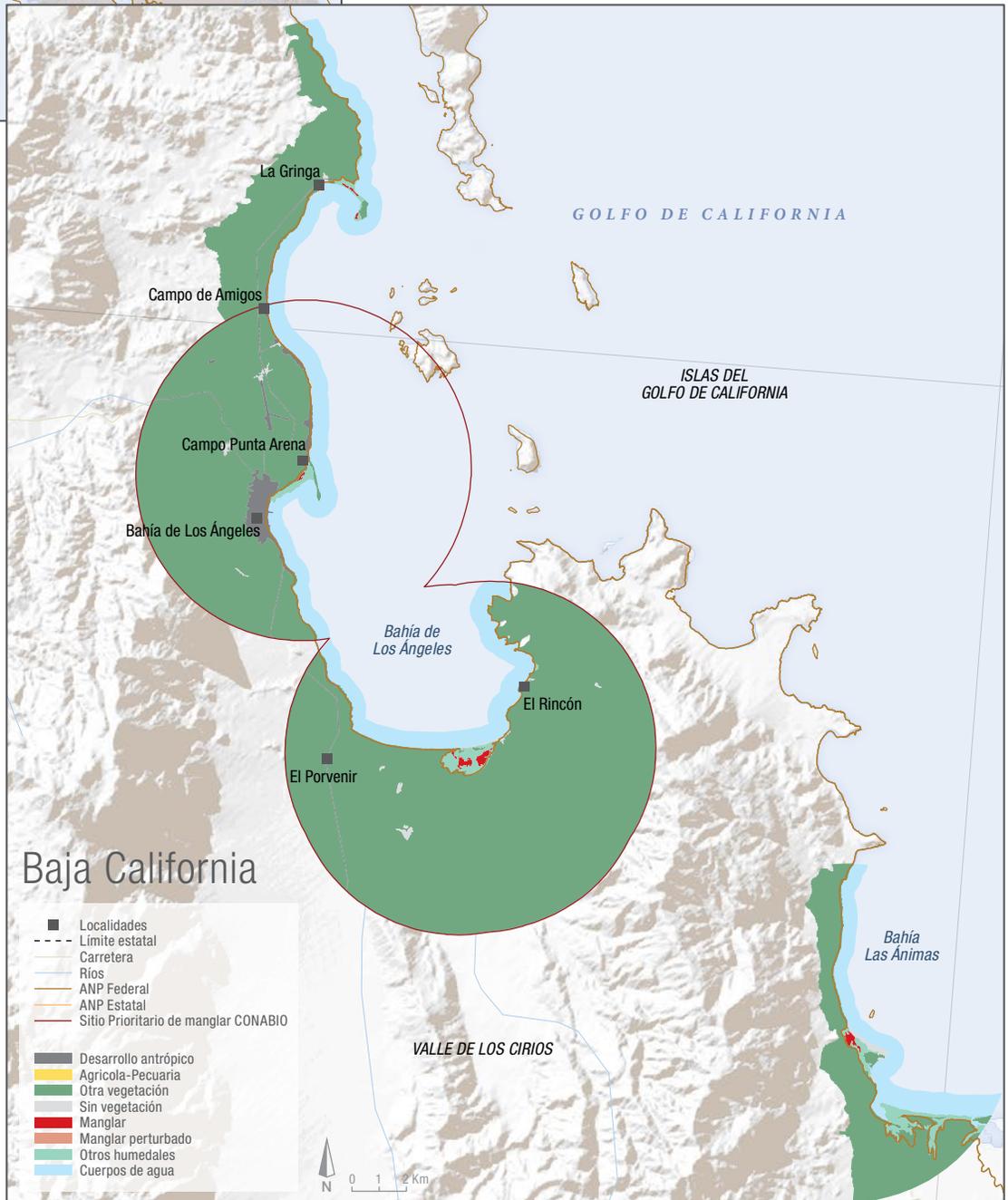
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Baja California.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Baja California en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Baja California.



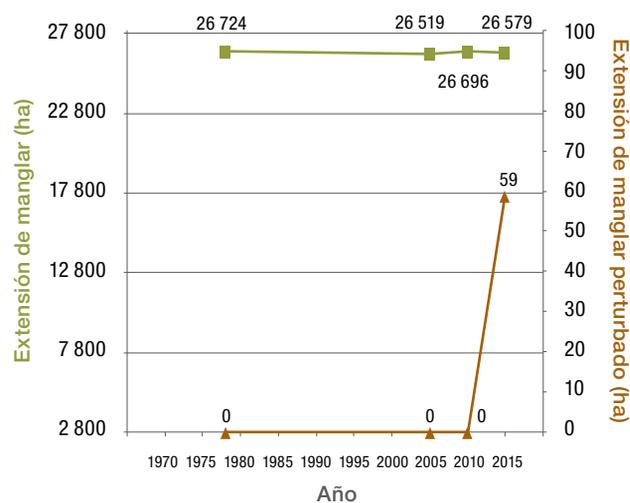


Manglar en la isla de Espíritu Santo, Baja California Sur. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

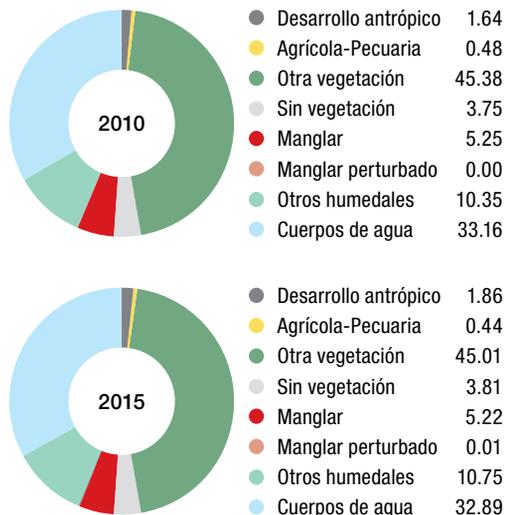
Baja California Sur

	Superficie (ha)			
	1978	2005	2010	2015
Extensión del manglar	26 724	26 519	26 696	26 579
Extensión del manglar perturbado	0	0	0	59
Extensión de la línea de costa (km)	2 087	2 087	2 087	2 087
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	150	3 080	3 231	3 998
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	2 044	2 342	2 863
Total de manglar bajo protección	150	3 081	3 424	4 200
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	3	3	3
Sitios Ramsar con manglar	0	1	3	3
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	1	2	3	4
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	11	11	11	11
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	1	12	13	16

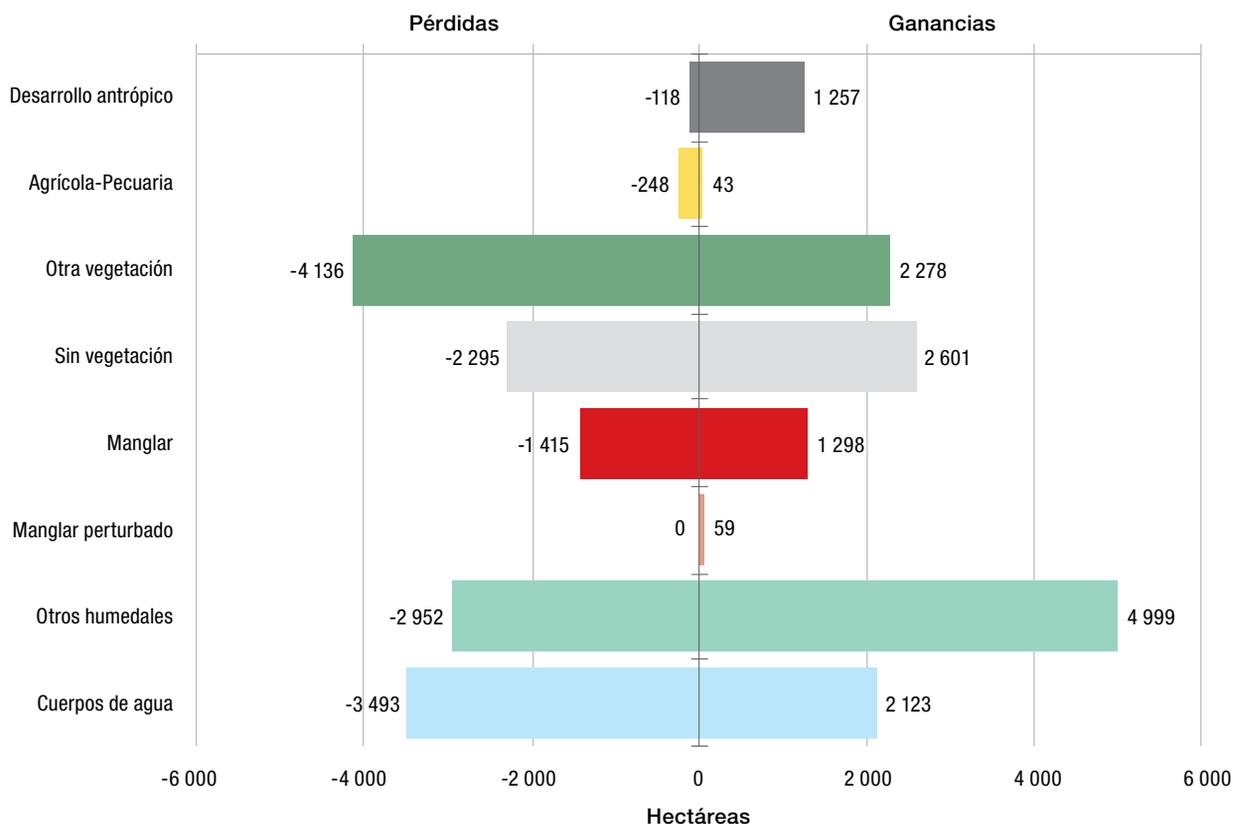
Baja California Sur



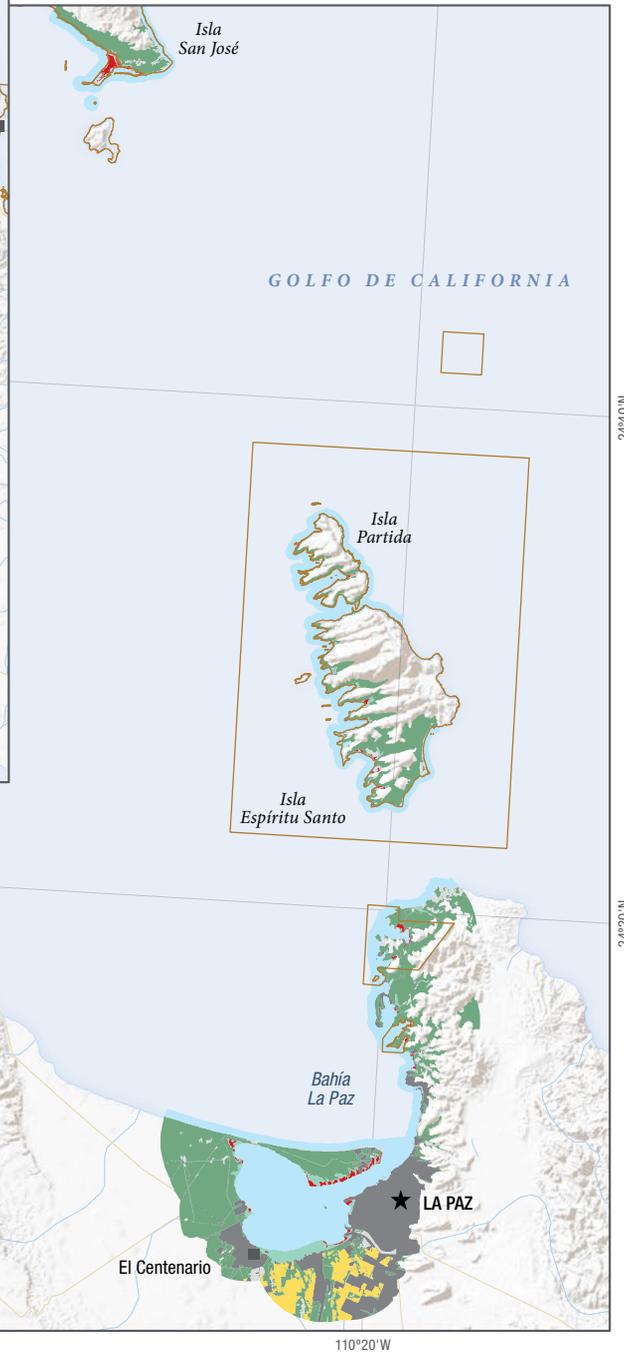
Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Baja California Sur.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Baja California Sur en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Baja California Sur.



110°40'W

110°20'W

24°40'N

24°20'N

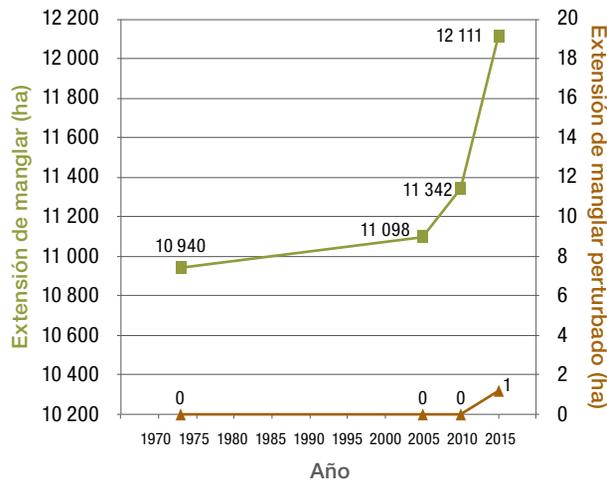


Manglar y otra vegetación en Sonora. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

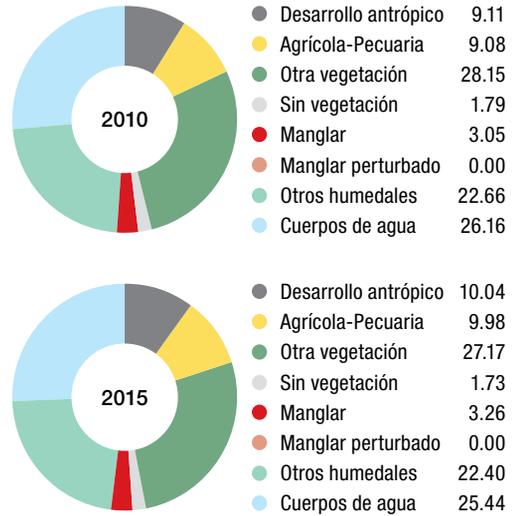
Sonora

	Superficie (ha)			
	1973	2005	2010	2015
Extensión del manglar	10 940	11 098	11 342	12 111
Extensión del manglar perturbado	0	0	0	1
Extensión de la línea de costa (km)	1 186	1 186	1 186	1 186
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	1 023	1 008	1 424
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	22	36
Manglares en sitios Ramsar	0	0	7 063	9 033
Total de manglar bajo protección	0	1 023	7 269	9 283
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	2	2	2
Sitios Ramsar con manglar	0	0	5	6
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	1	1
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	19	19	19	19
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	9	64	77

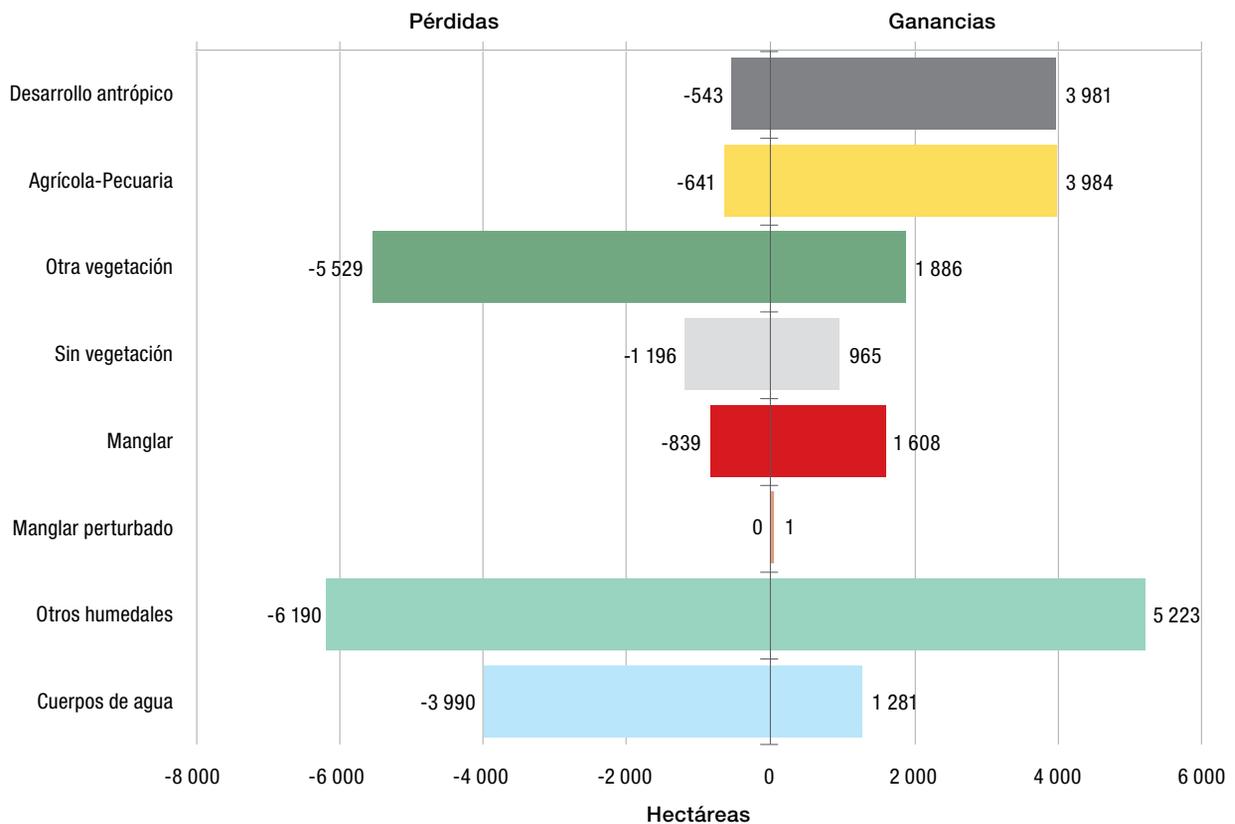
Sonora



Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Sonora.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Sonora en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Sonora.



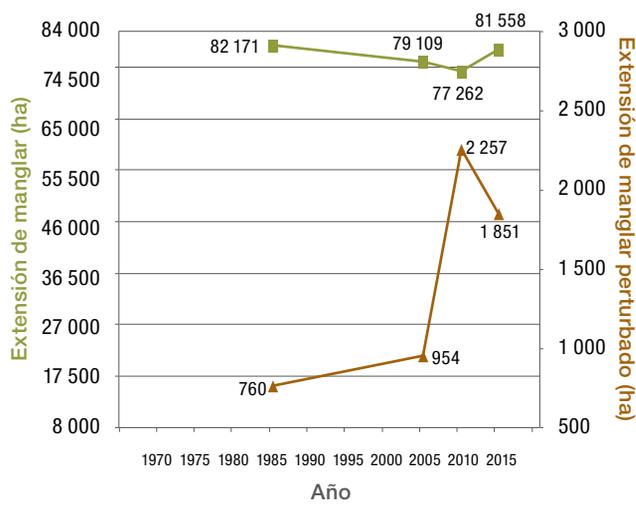


Manglar en Punta Colorada, Sinaloa, al fondo granjas acuícolas. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

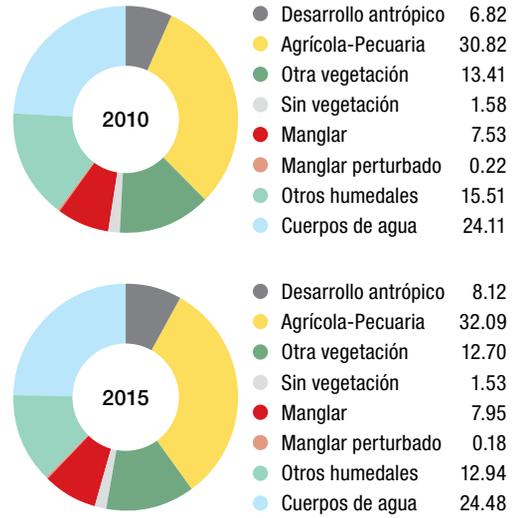
Sinaloa

	Superficie (ha)			
	1985	2005	2010	2015
Extensión del manglar	82 171	79 109	77 262	81 558
Extensión del manglar perturbado	760	954	2 257	1 851
Extensión de la línea de costa (km)	634	634	634	634
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	7 724	7 815	7 742	9 116
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	356	351	414
Manglares en sitios Ramsar	0	28 648	53 001	59 037
Total de manglar bajo protección	7 724	26 805	53 913	60 268
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	4	4	4
Sitios Ramsar con manglar	0	3	9	9
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	1	2	2	3
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	1	1	1
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	65	65	65	66
Manglar protegido por estado (en ANP federal estatal y/o Ramsar)	9	34	70	74

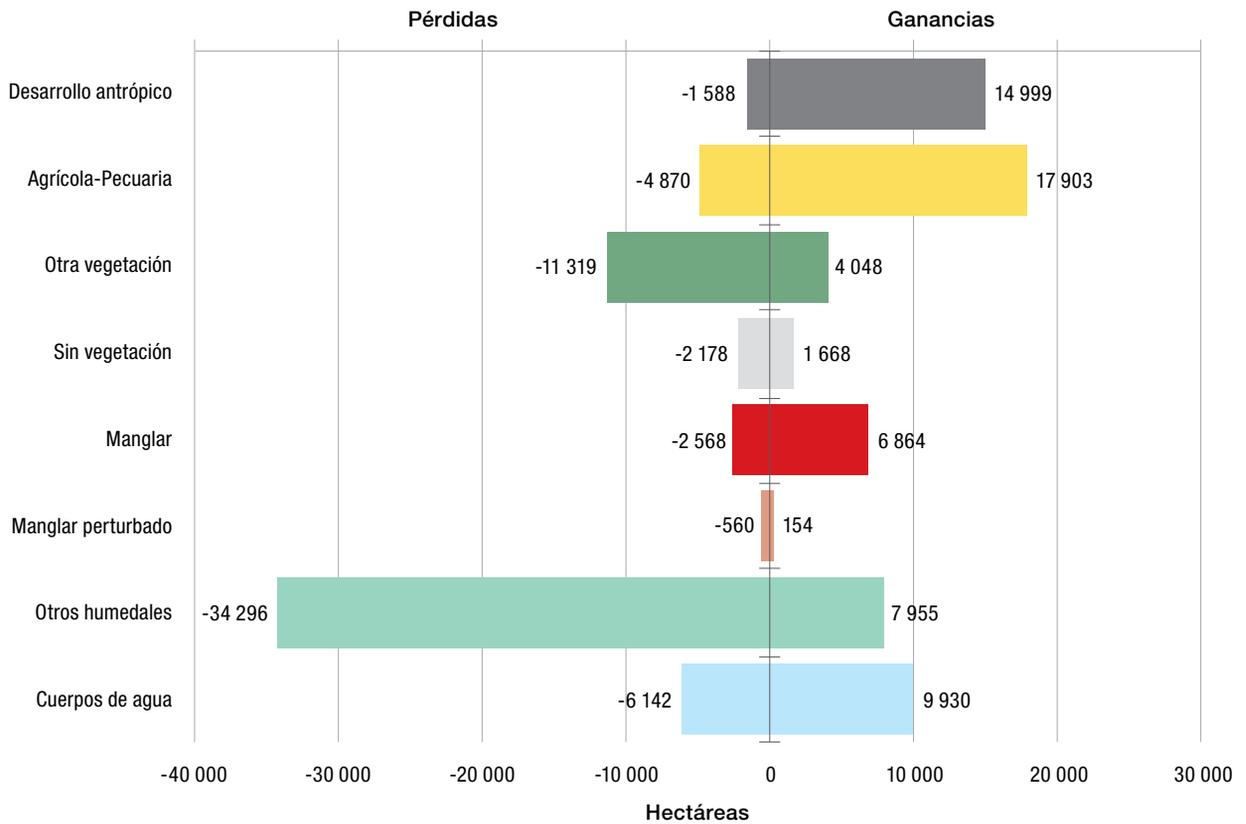
Sinaloa



Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Sinaloa.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Sinaloa en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Sinaloa.



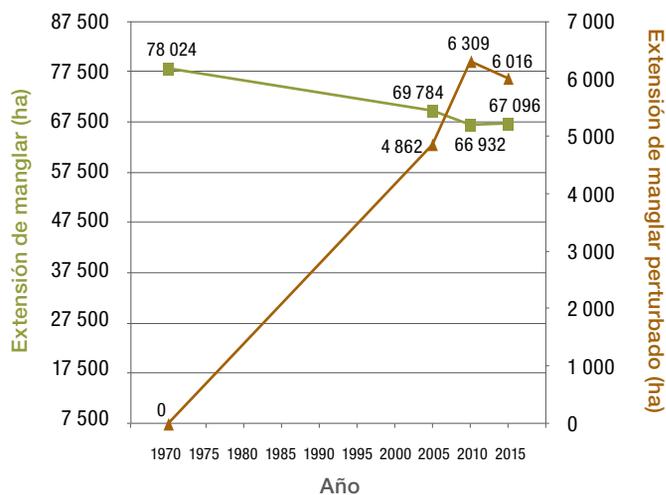


Manglares y aves acuáticas en Marismas Nacionales, Nayarit. FOTO: C.T.S. CONABIO.

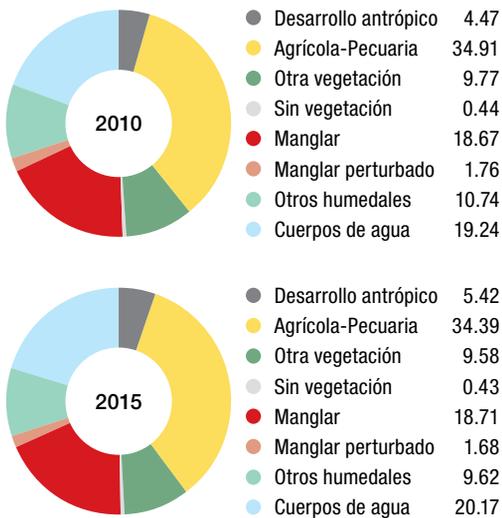
Nayarit

	Superficie (ha)			
	1970	2005	2010	2015
Extensión del manglar	78 024	69 784	66 932	67 096
Extensión del manglar perturbado	0	4 862	6 309	6 016
Extensión de la línea de costa (km)	299	299	299	299
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	0	55 255	55 962
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	67 316	66 887	65 745
Total de manglar bajo protección	0	67 316	66 887	65 985
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	1	1	1
Sitios Ramsar con manglar	0	1	2	2
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	0	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	57	55	54	54
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	96	100	98

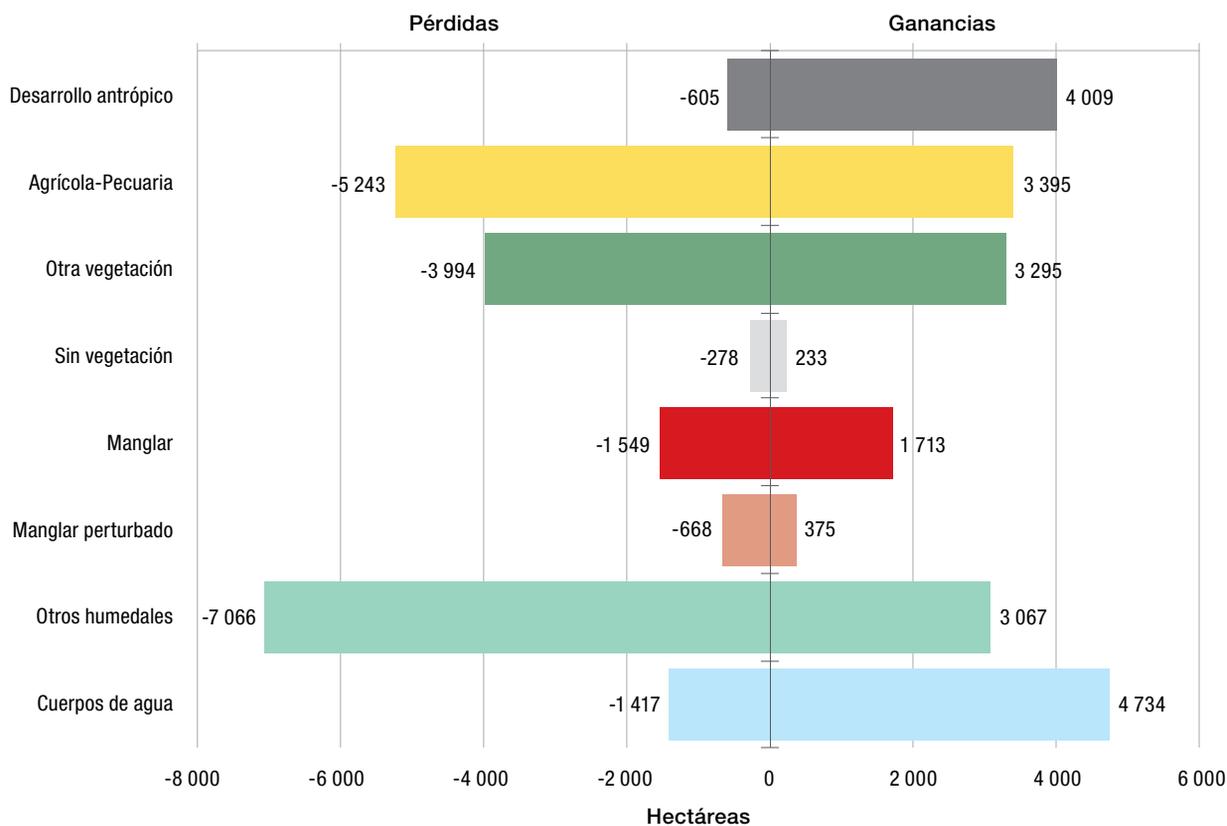
Nayarit



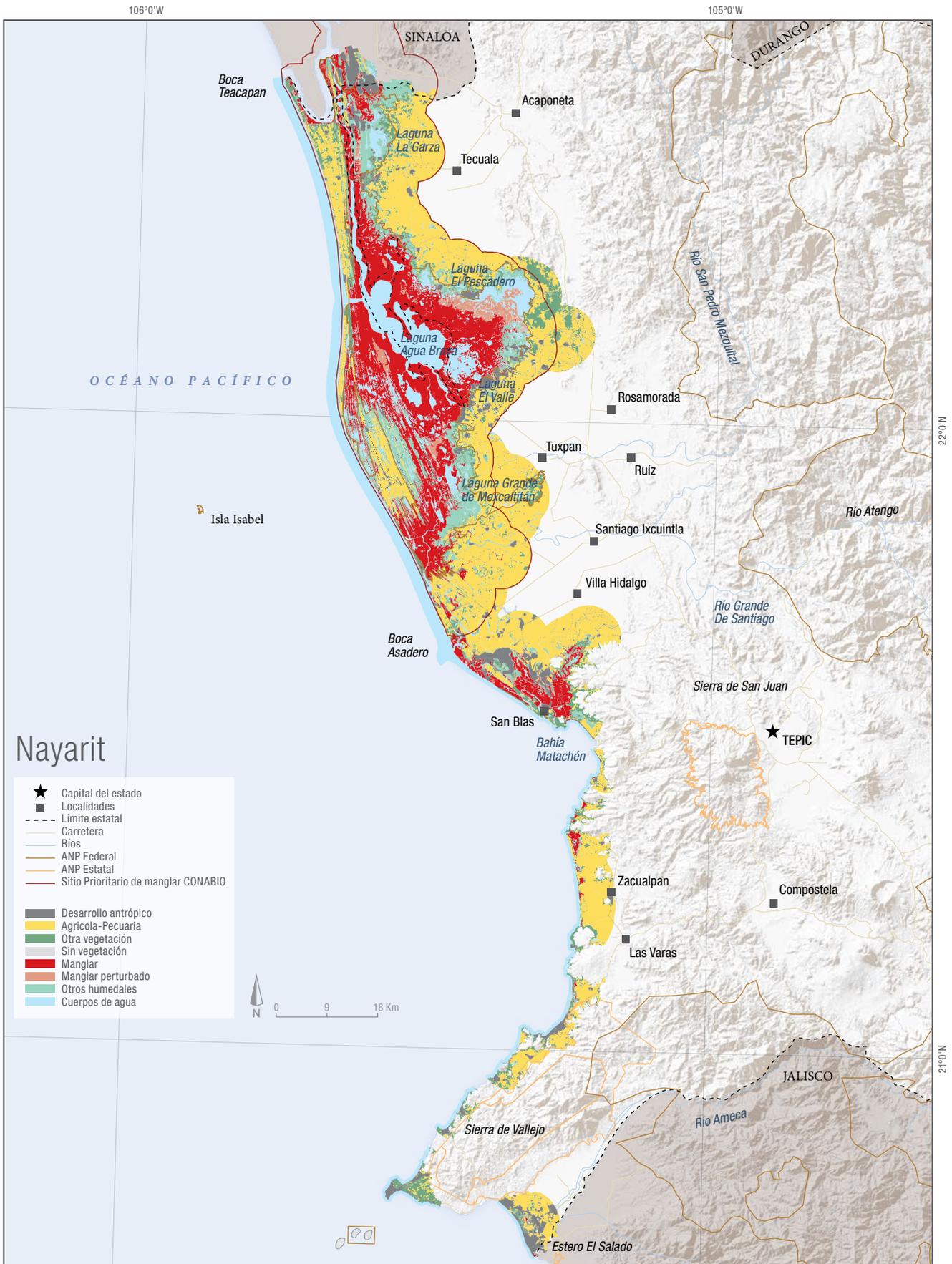
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Nayarit.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Nayarit en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Nayarit.



2.6 Región Pacífico Centro

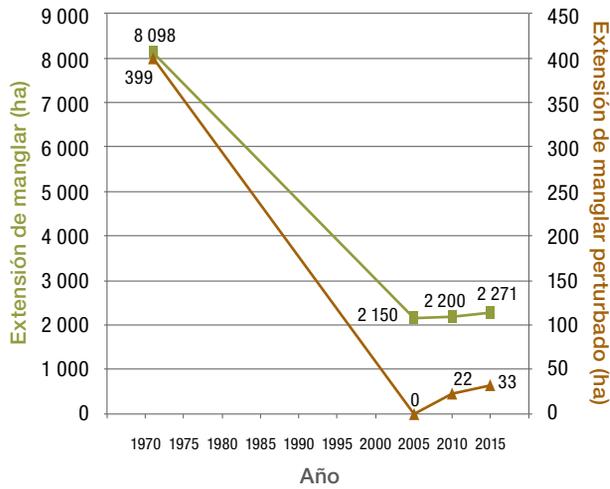


Manglar en Agua Dulce, Jalisco. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

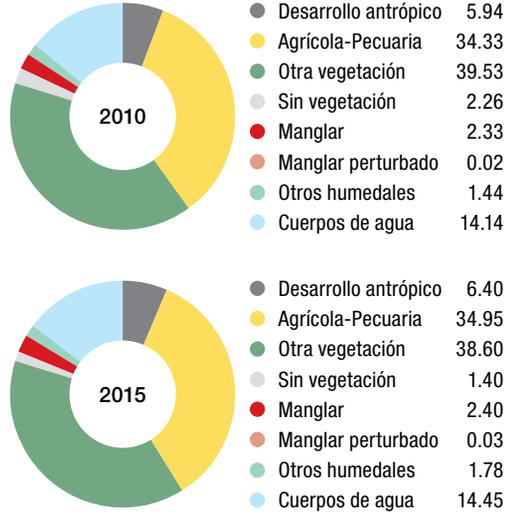
Jalisco

	Superficie (ha)			
	1971	2005	2010	2015
Extensión del manglar	8 098	2 150	2 200	2 271
Extensión del manglar perturbado	399	0	22	33
Extensión de la línea de costa (km)	346	346	346	346
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	153	132	123
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	46	45	101
Manglares en sitios Ramsar	0	150	1 474	1 580
Total de manglar bajo protección	0	199	1 522	1 685
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	4	4	4
Sitios Ramsar con manglar	0	1	7	8
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	2	2	3
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	1	1	1
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	36	20	21	21
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	9	69	74

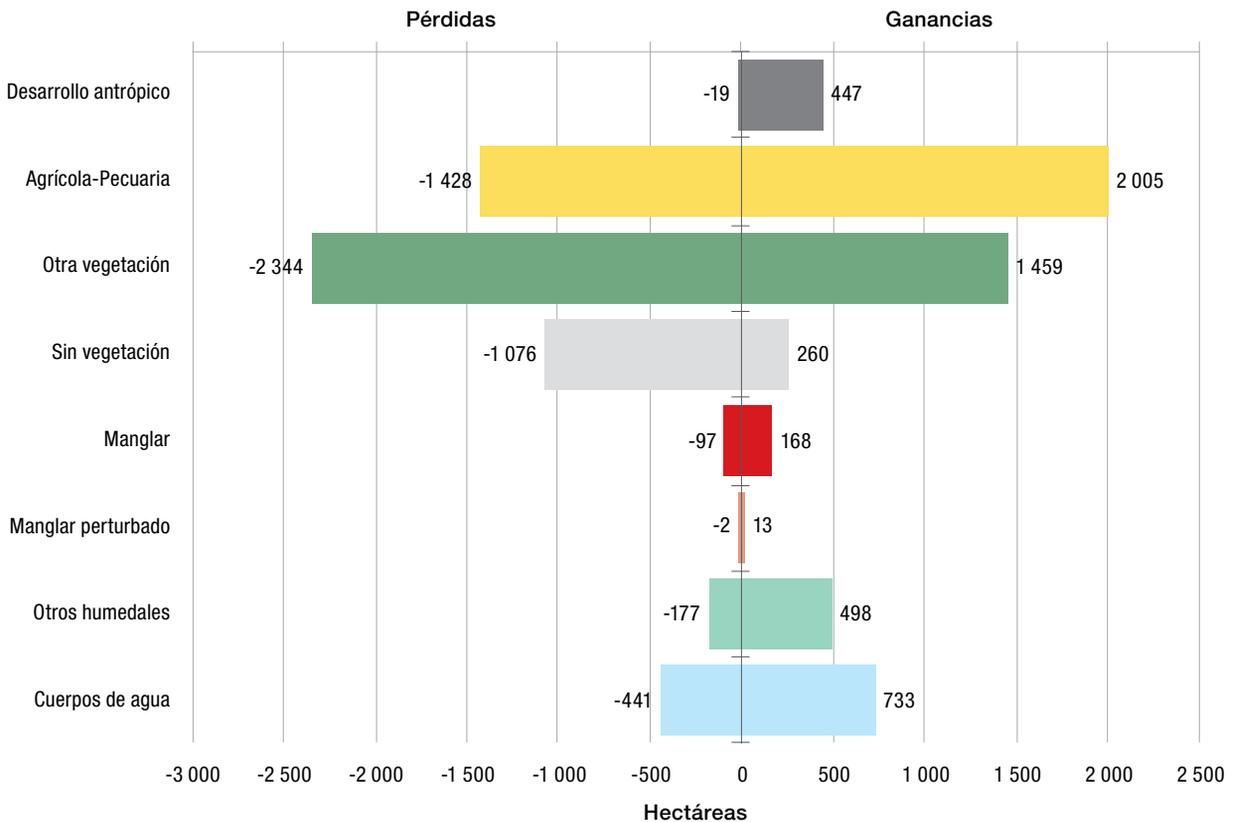
Jalisco



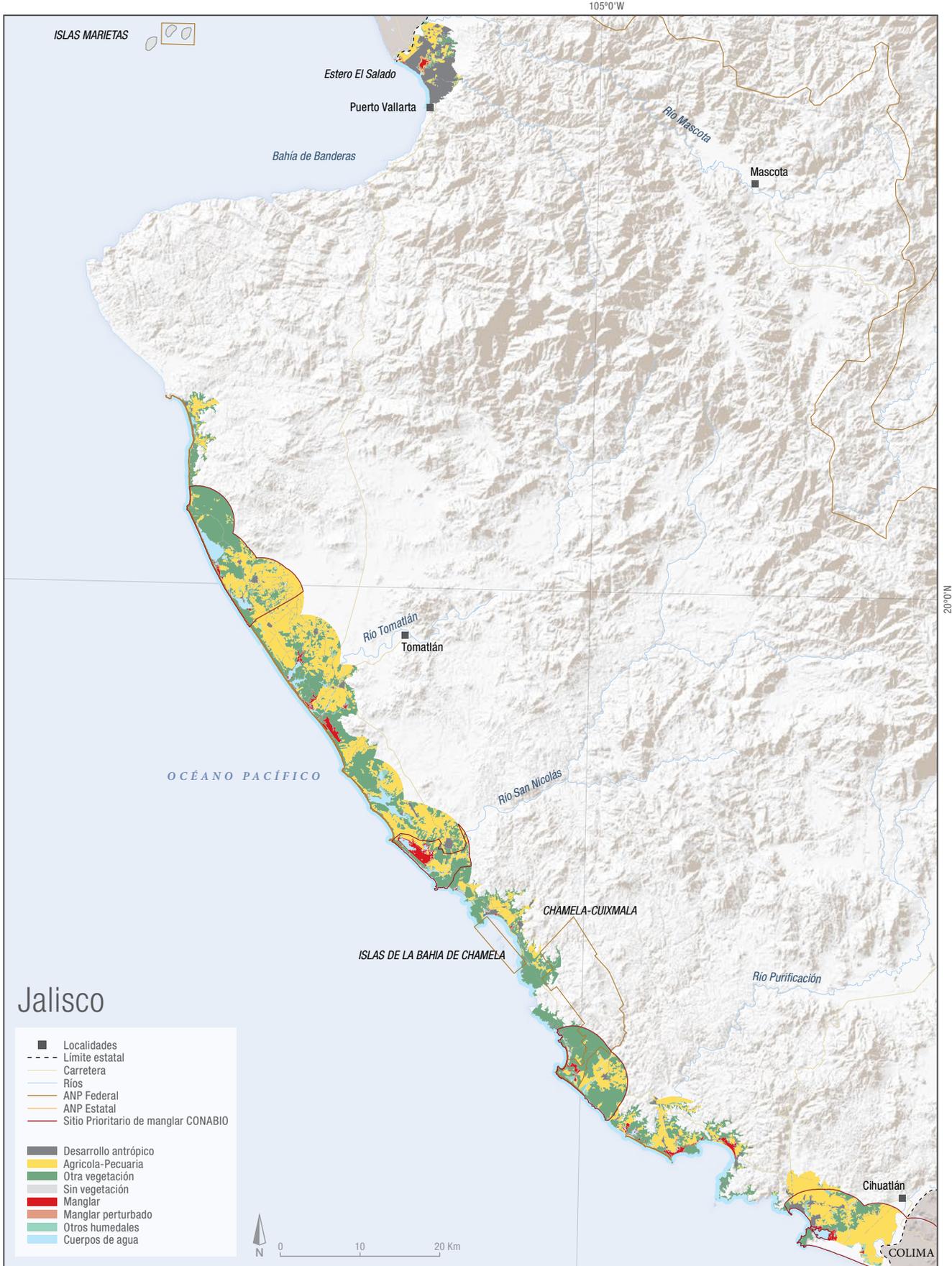
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Jalisco.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Jalisco en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Jalisco.



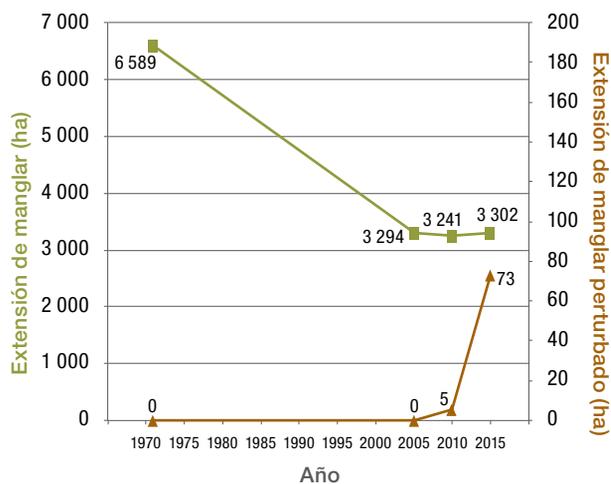


Manglar y actividades humanas en Manzanillo, Colima. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

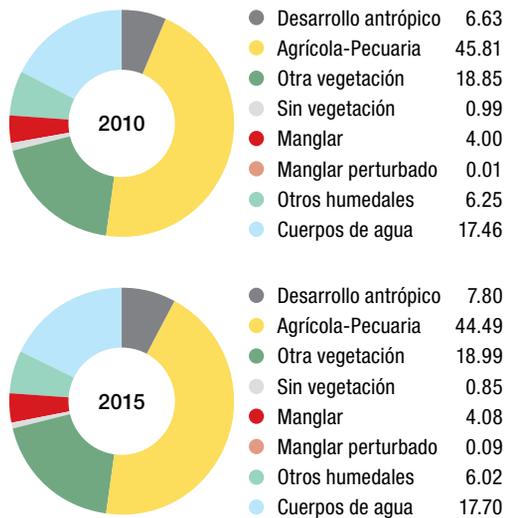
Colima

	Superficie (ha)			
	1971	2005	2010	2015
Extensión del manglar	6 589	3 294	3 241	3 302
Extensión del manglar perturbado	0	0	5	73
Extensión de la línea de costa (km)	159	159	159	159
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	0	0	0
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	0	252	1 210
Total de manglar bajo protección	0	0	0	1 210
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	2	2	2
Sitios Ramsar con manglar	0	0	1	3
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	0	0	0
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	55	49	49	49
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	0	8	37

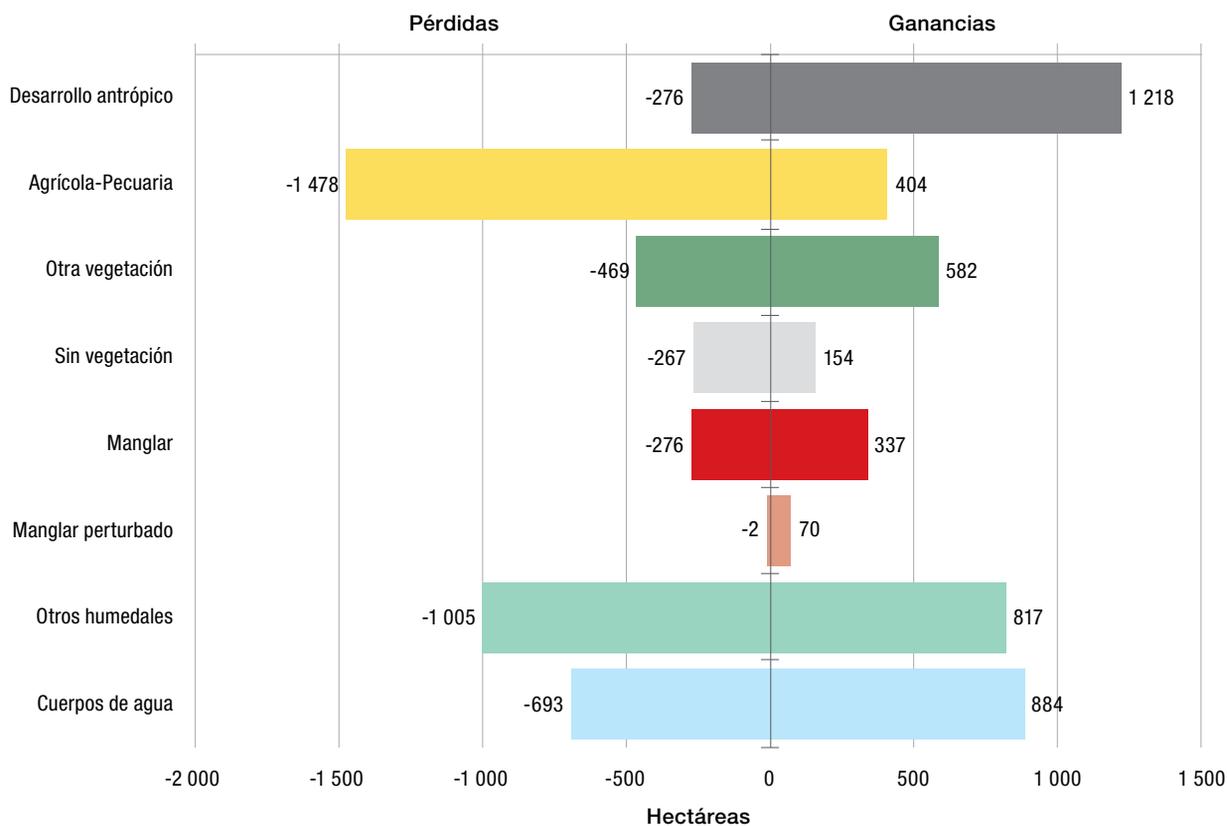
Colima



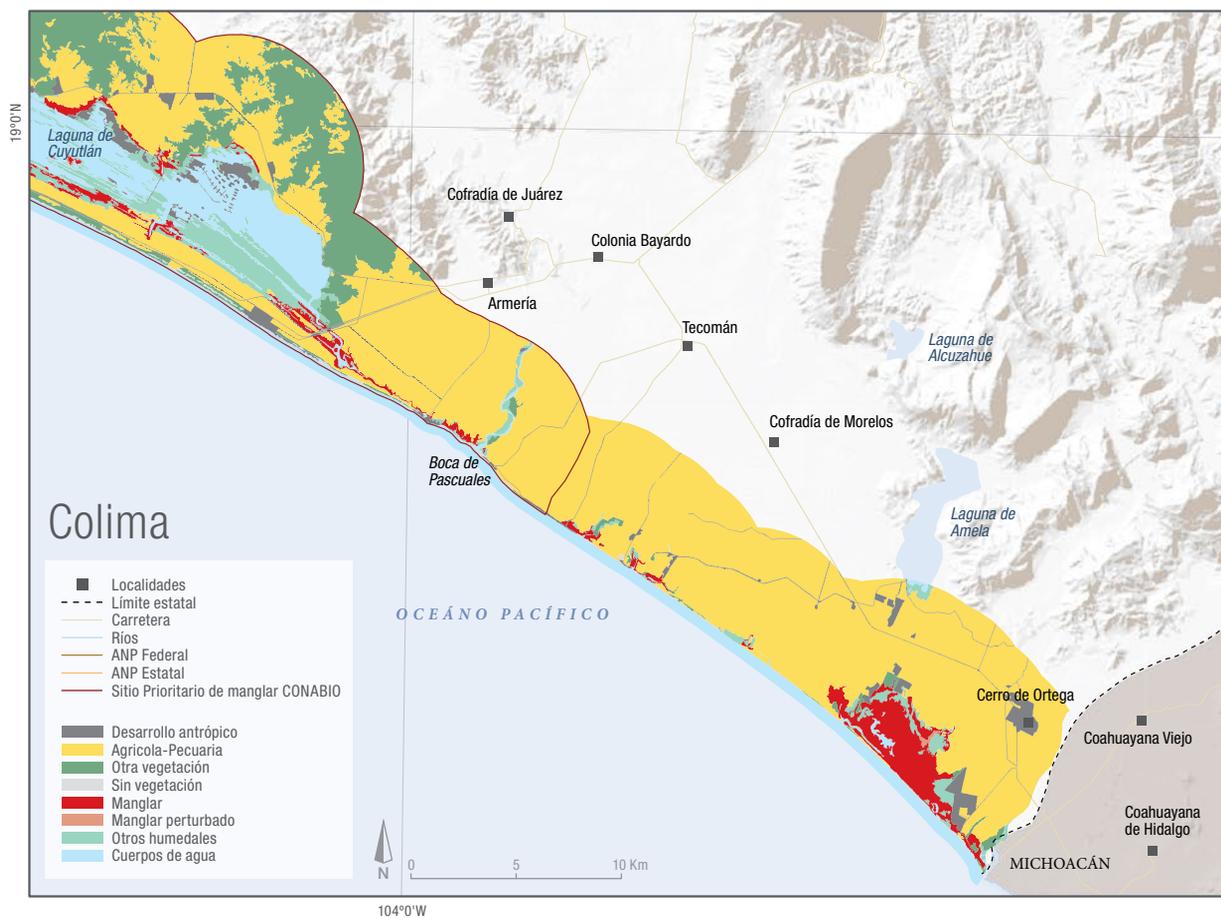
Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Colima.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en **Colima** en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Colima.



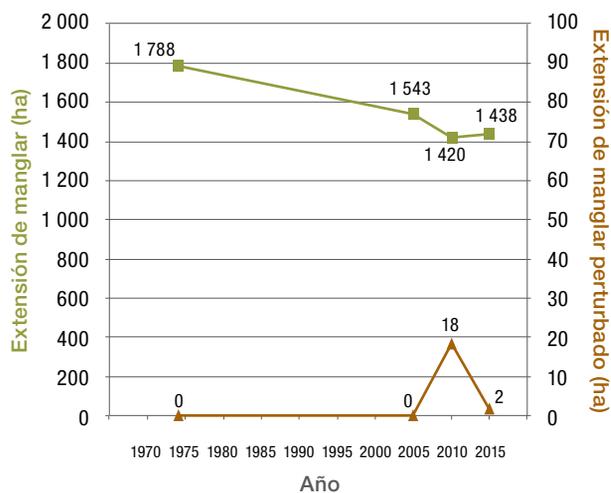


Manglar y cultivos de palma en Lázaro Cárdenas, Michoacán. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

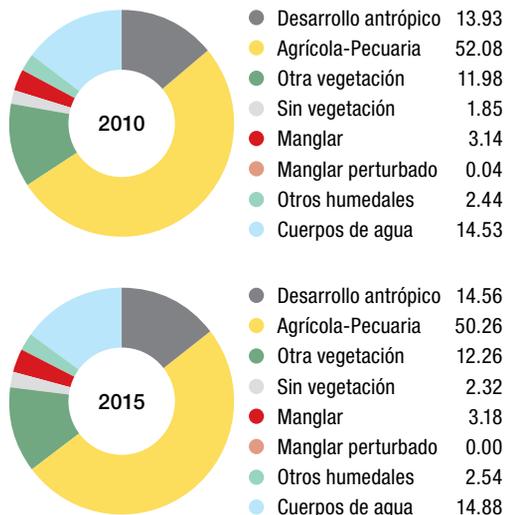
Michoacán

	Superficie (ha)			
	1974	2005	2010	2015
Extensión del manglar	1 788	1 543	1 420	1 438
Extensión del manglar perturbado	0	0	18	2
Extensión de la línea de costa (km)	243	243	243	243
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	0	0	0
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	404	321	333
Manglares en sitios Ramsar	0	724	715	741
Total de manglar bajo protección	0	1 128	1 036	1 074
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	1	1	1
Sitios Ramsar con manglar	0	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	0	0	0
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	1	1	1
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	16	14	14	14
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	73	73	75

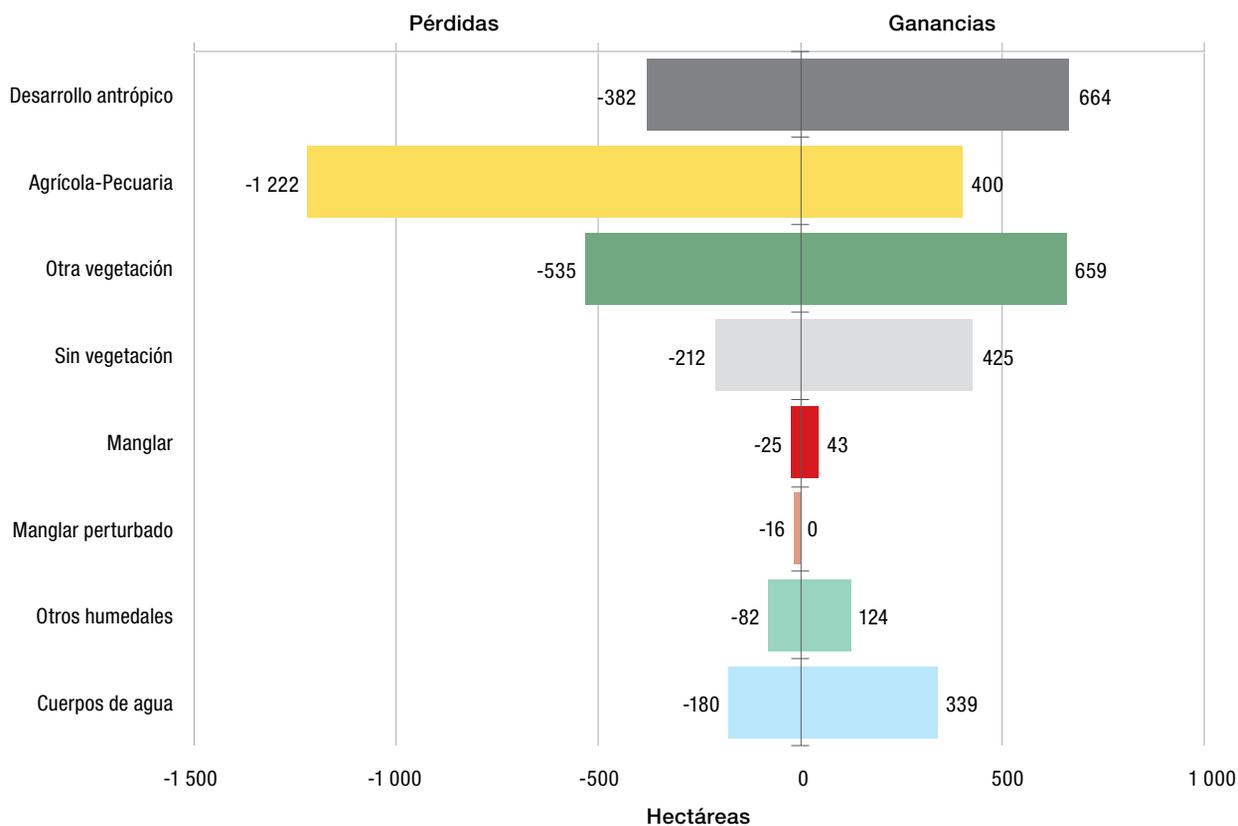
Michoacán



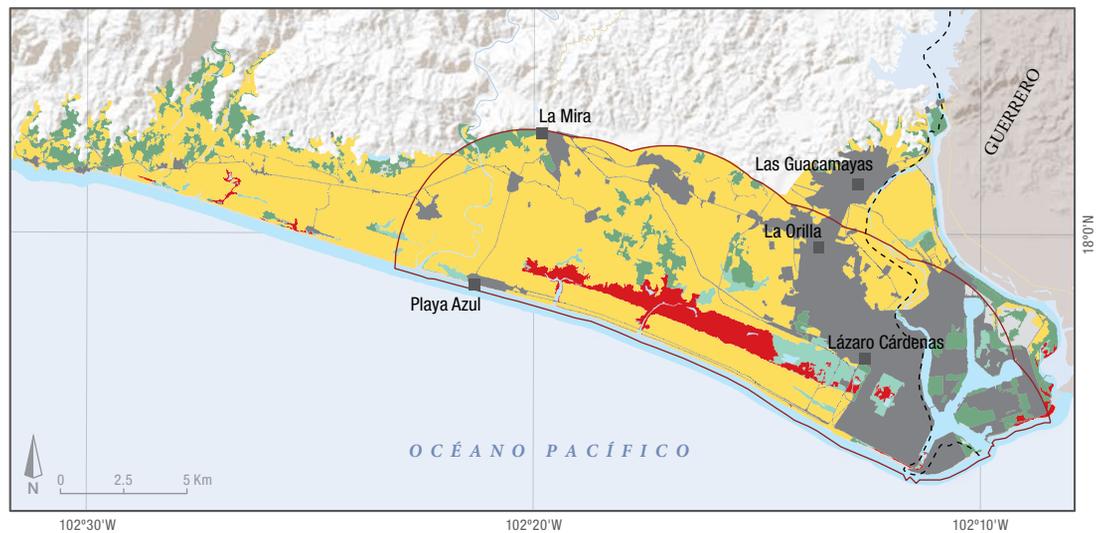
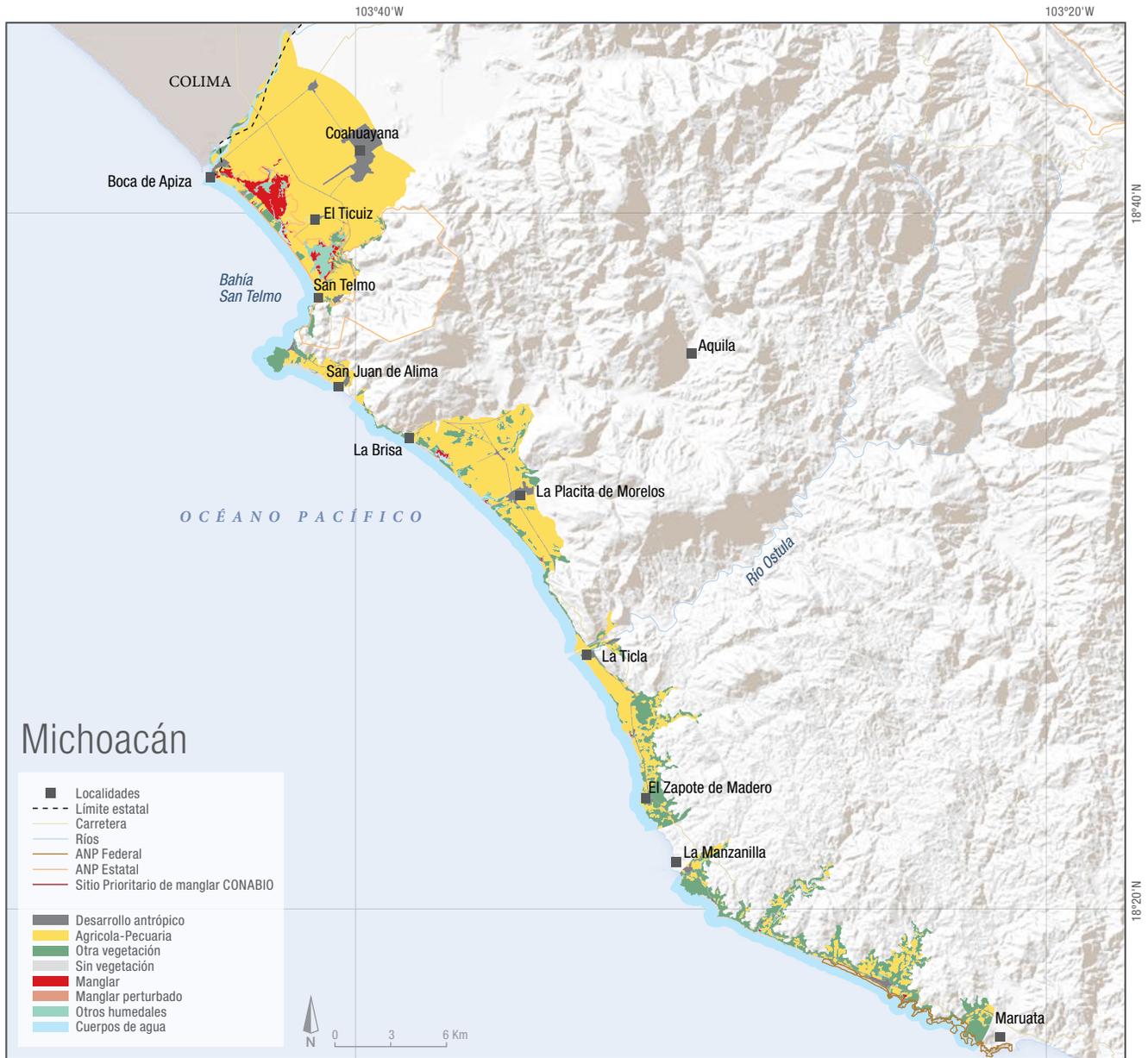
Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Michoacán.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en **Michoacán** en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Michoacán.



2.6 Región Pacífico Sur

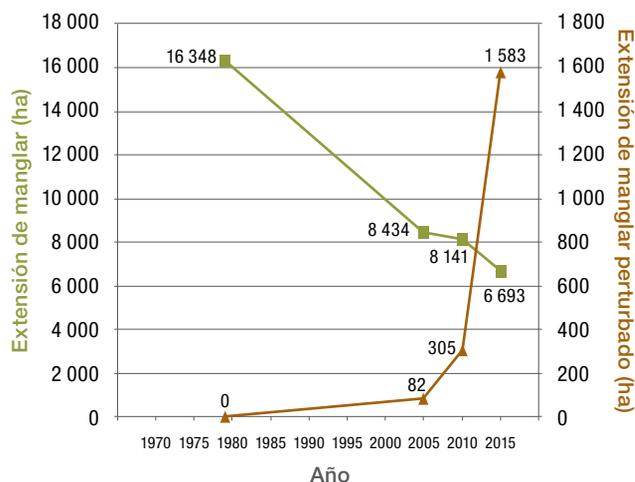


Manglar en Barra Vieja, Guerrero. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

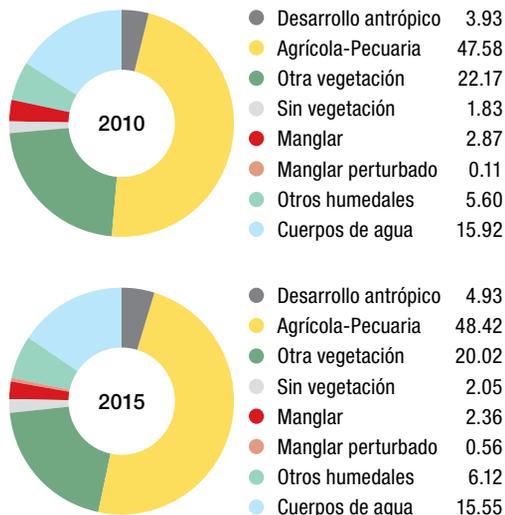
Guerrero

	Superficie (ha)			
	1979	2005	2010	2015
Extensión del manglar	16 348	8 434	8 141	6 693
Extensión del manglar perturbado	0	82	305	1 583
Extensión de la línea de costa (km)	524	524	524	524
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	0	0	0
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	0	0	0
Total de manglar bajo protección	0	0	0	0
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	7	7	7
Sitios Ramsar con manglar	0	0	0	0
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	0	0	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	51	44	44	43
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	0	0	0

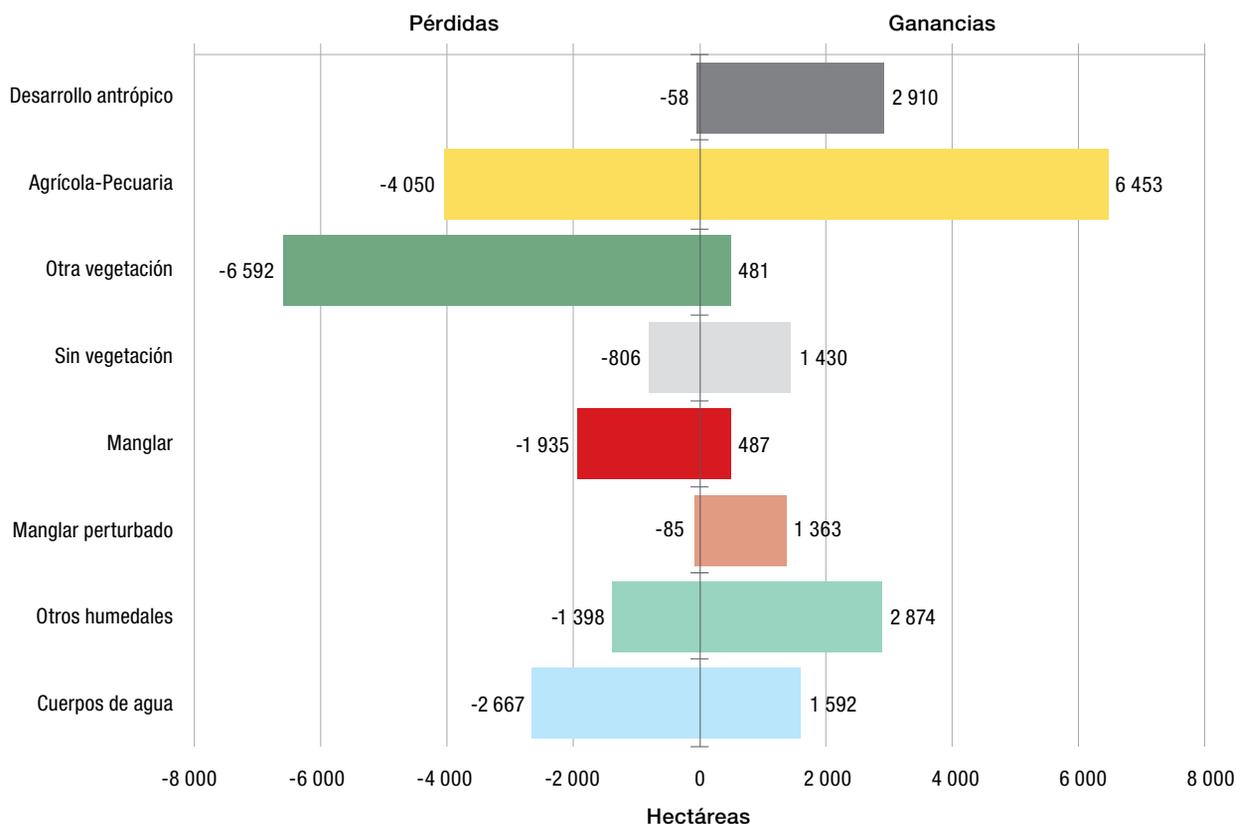
Guerrero



Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Guerrero.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en **Guerrero** en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Guerrero.



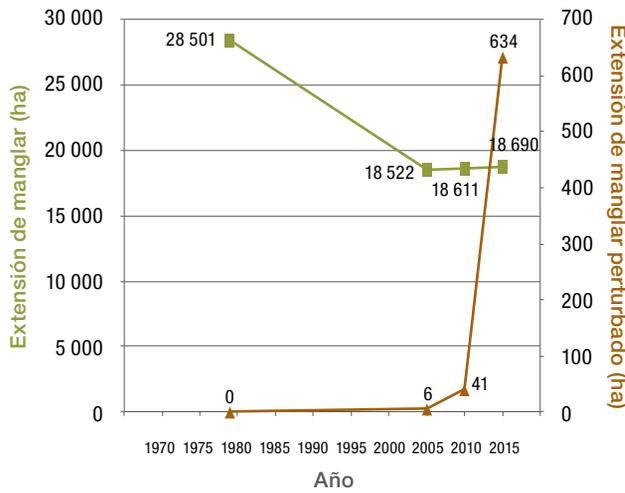


Manglar en las Lagunas de Chacahua, Oaxaca. FOTO: E.V.C. CONABIO-SEMAR.

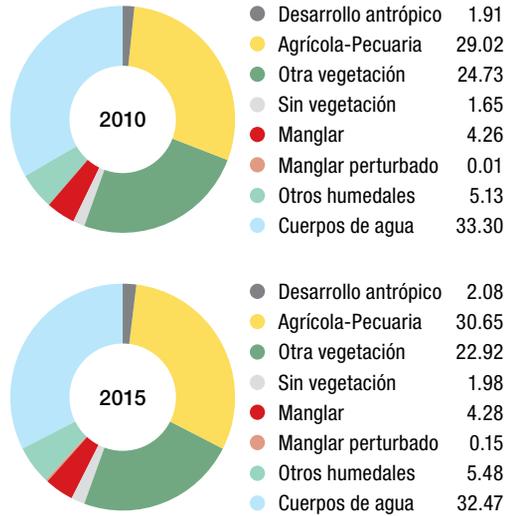
Oaxaca

	Superficie (ha)			
	1979	2005	2010	2015
Extensión del manglar	28 501	18 522	18 611	18 690
Extensión del manglar perturbado	0	6	41	634
Extensión de la línea de costa (km)	588	588	588	588
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	1 761	1 331	1 413	2 044
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	55	1 553	2 115
Total de manglar bajo protección	1 761	1 386	1 553	2 115
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	2	2	2
Sitios Ramsar con manglar	0	1	3	3
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	1	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	53	51	52	50
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	6	7	8	11

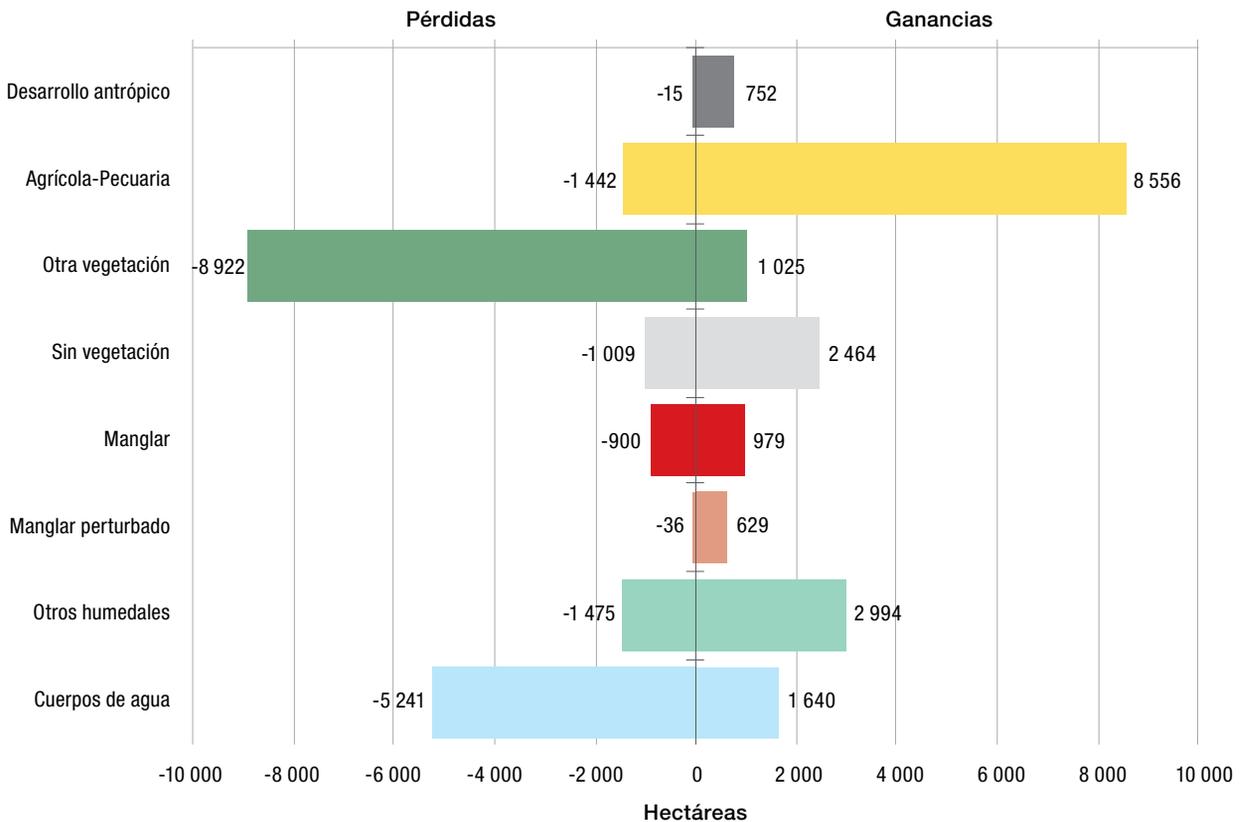
Oaxaca



Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Oaxaca.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Oaxaca en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Oaxaca.



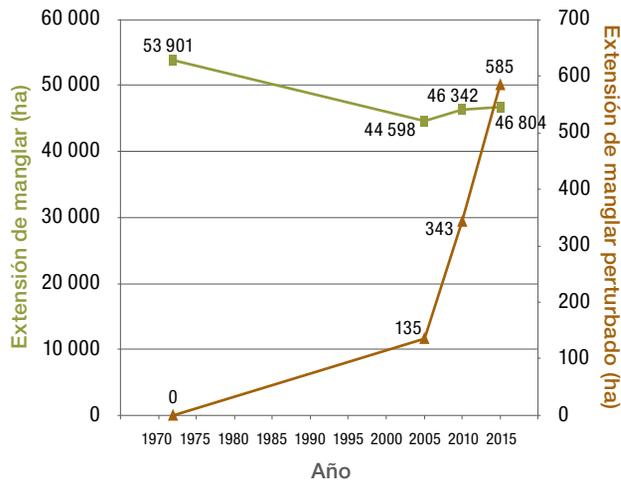


Manglar y actividades antrópicas en Sólo Dios, Chiapas. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

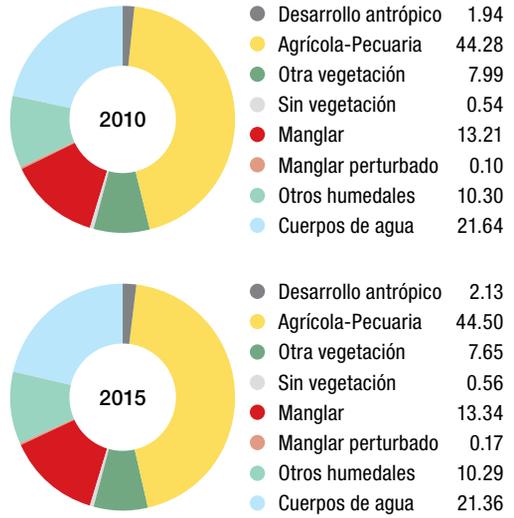
Chiapas

	Superficie (ha)			
	1972	2005	2010	2015
Extensión del manglar	53 901	44 598	46 342	46 804
Extensión del manglar perturbado	0	135	343	585
Extensión de la línea de costa (km)	256	256	256	256
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	28 135	28 476	29 522
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	30 304	30 822	2 455
Manglares en sitios Ramsar	0	28 135	38 952	40 715
Total de manglar bajo protección	0	30 325	38 990	40 753
		Número		
Sitios prioritarios de manglar	-	5	5	5
Sitios Ramsar con manglar	0	1	5	5
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	3	3	2
		Porcentajes		
Línea de costa ocupada por manglar	98	95	95	95
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	68	74	87

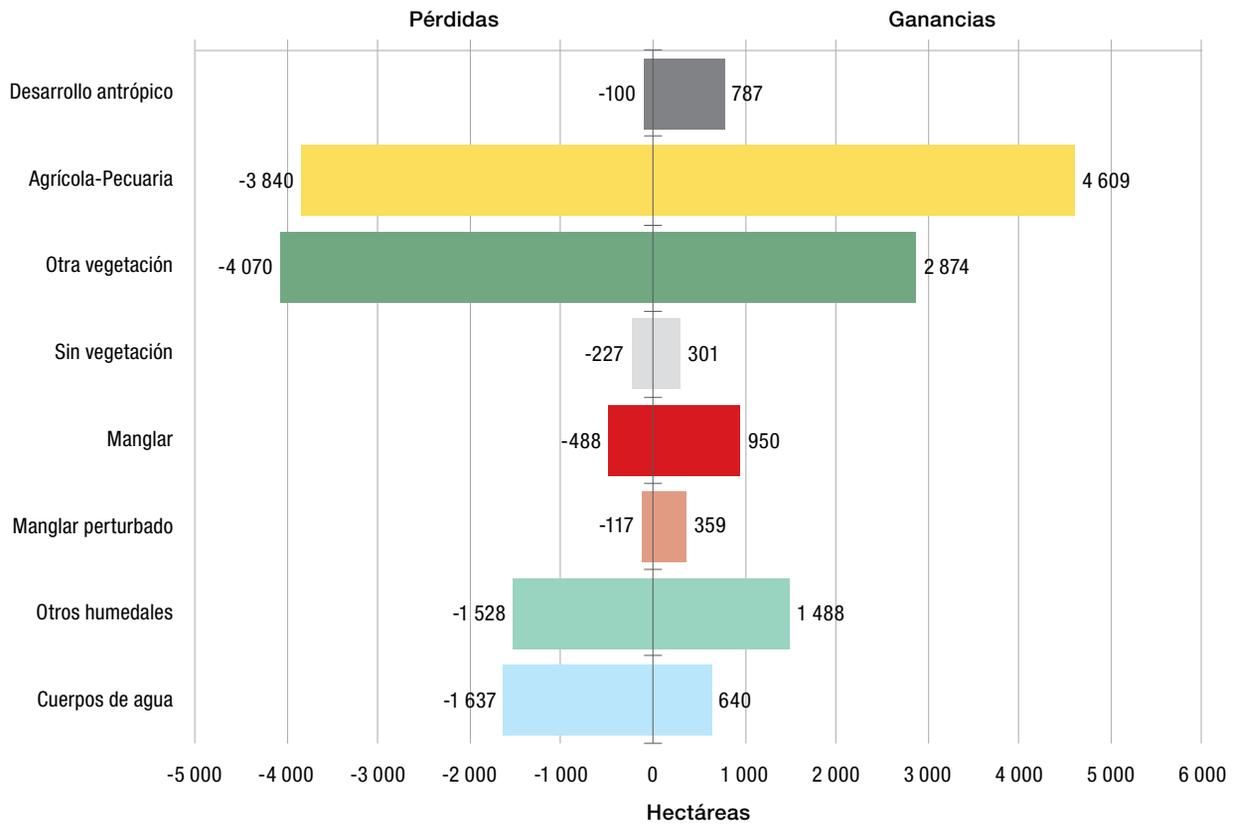
Chiapas



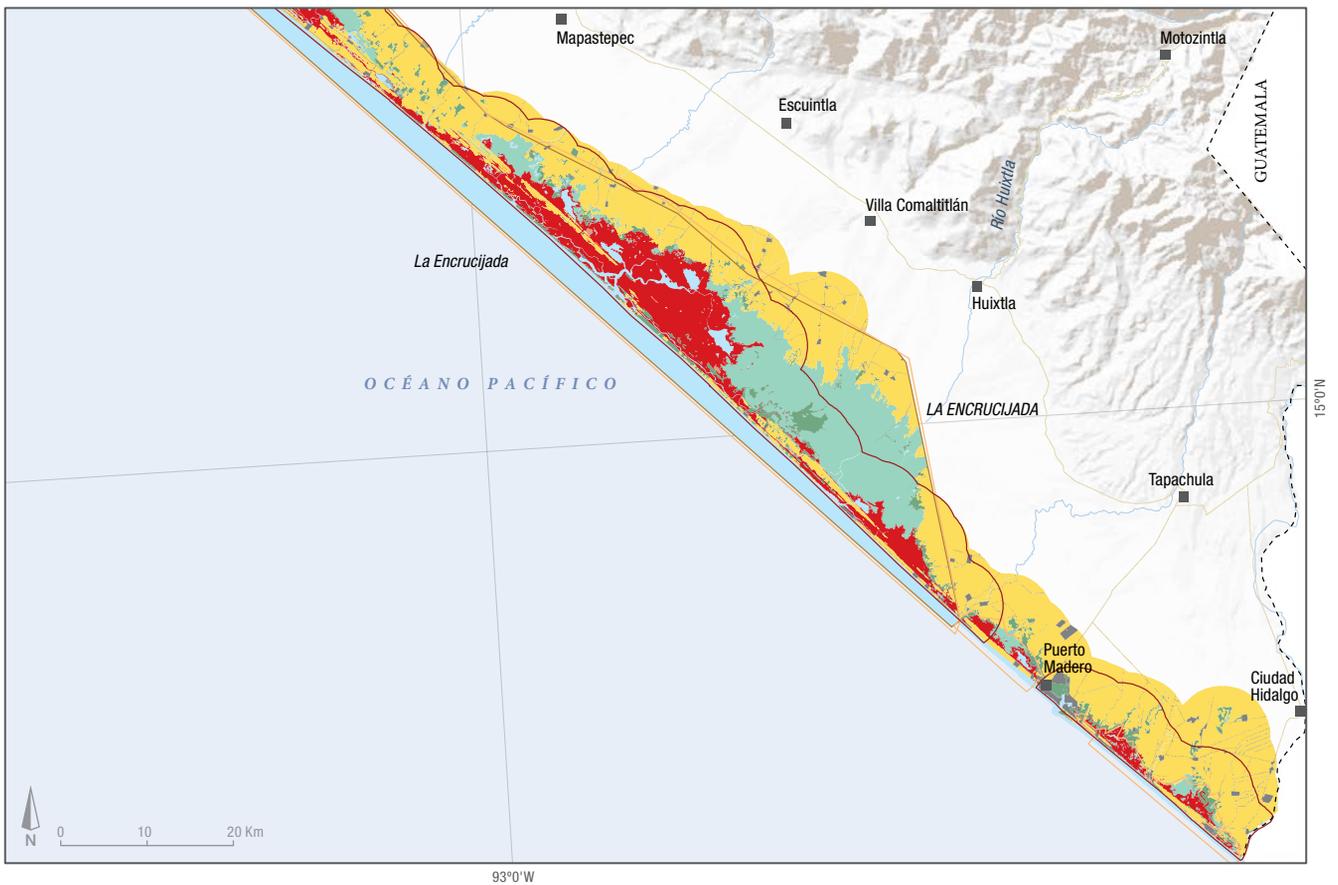
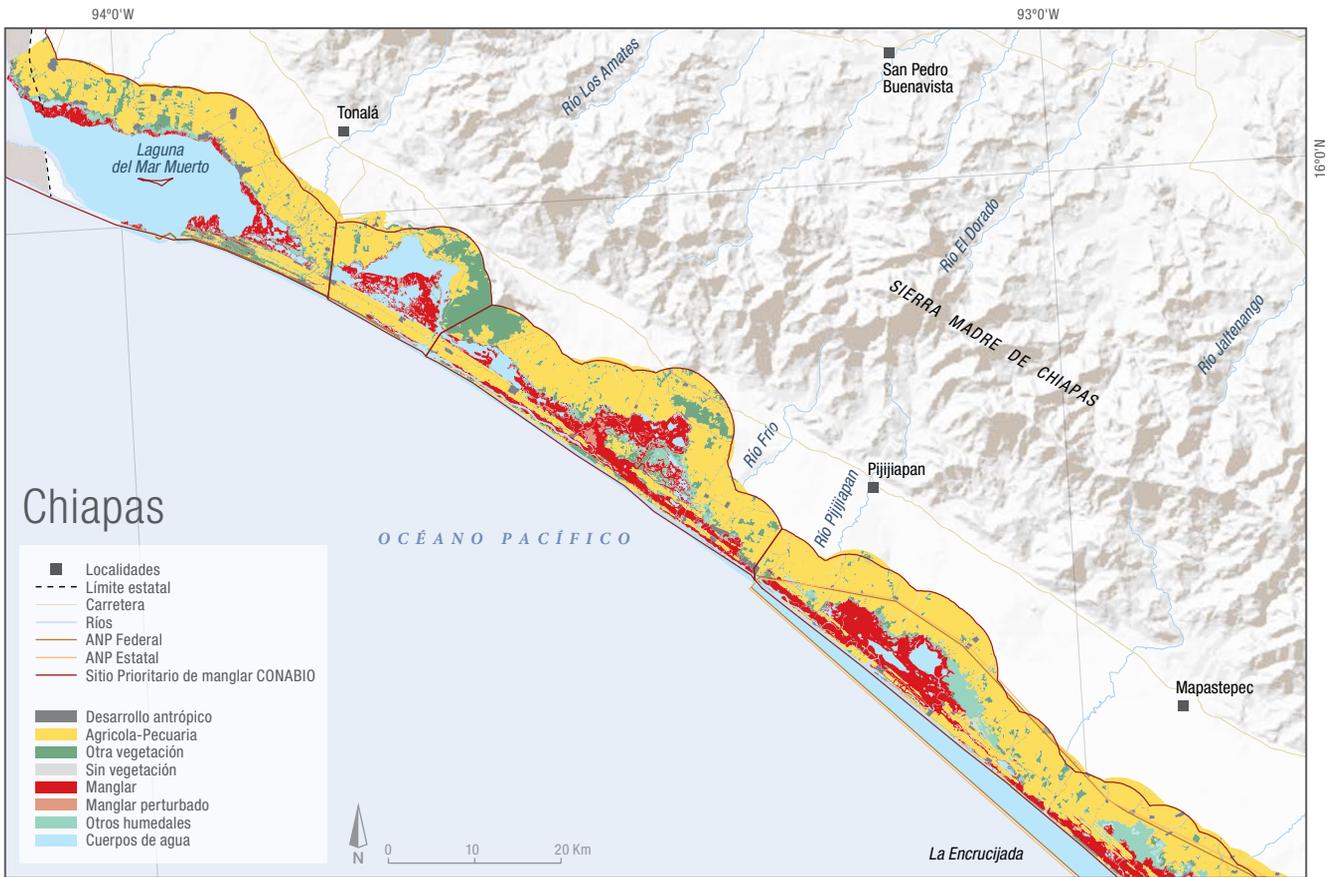
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Chiapas.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Chiapas en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Chiapas.



2.6 Región Golfo de México

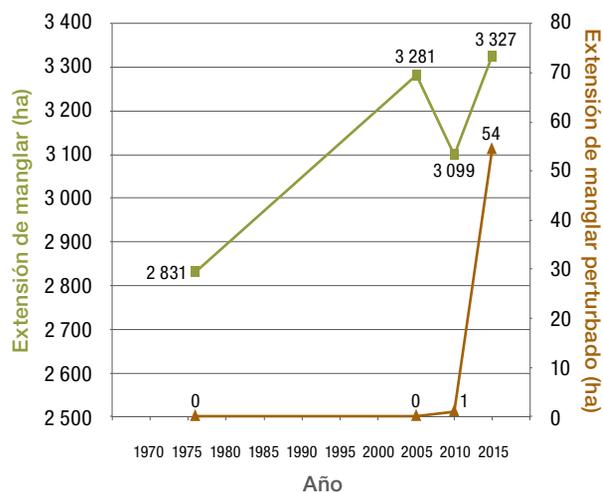


Manglar en Playa Bagdad, Tamaulipas. FOTO: A.S.C. CONABIO-SEMAR.

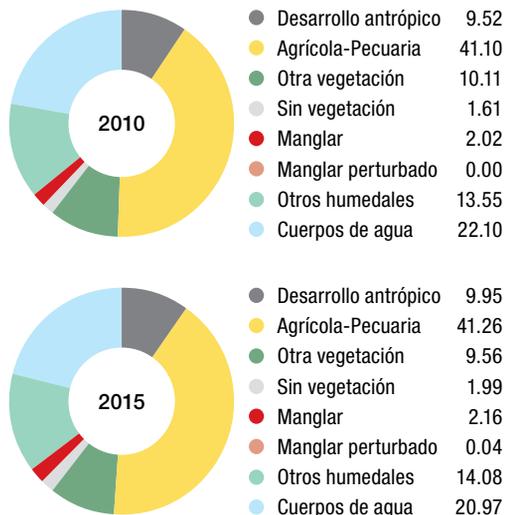
Tamaulipas

	Superficie (ha)			
	1976	2005	2010	2015
Extensión del manglar	2 831	3 281	3 099	3 327
Extensión del manglar perturbado	0	0	1	54
Extensión de la línea de costa (km)	428	428	428	428
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	348	344	404
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	446
Manglares en sitios Ramsar	0	0	0	0
Total de manglar bajo protección	0	348	344	850
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	9	9	9
Sitios Ramsar con manglar	0	0	0	0
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	1	1	2
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	1
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	22	25	24	24
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	11	11	26

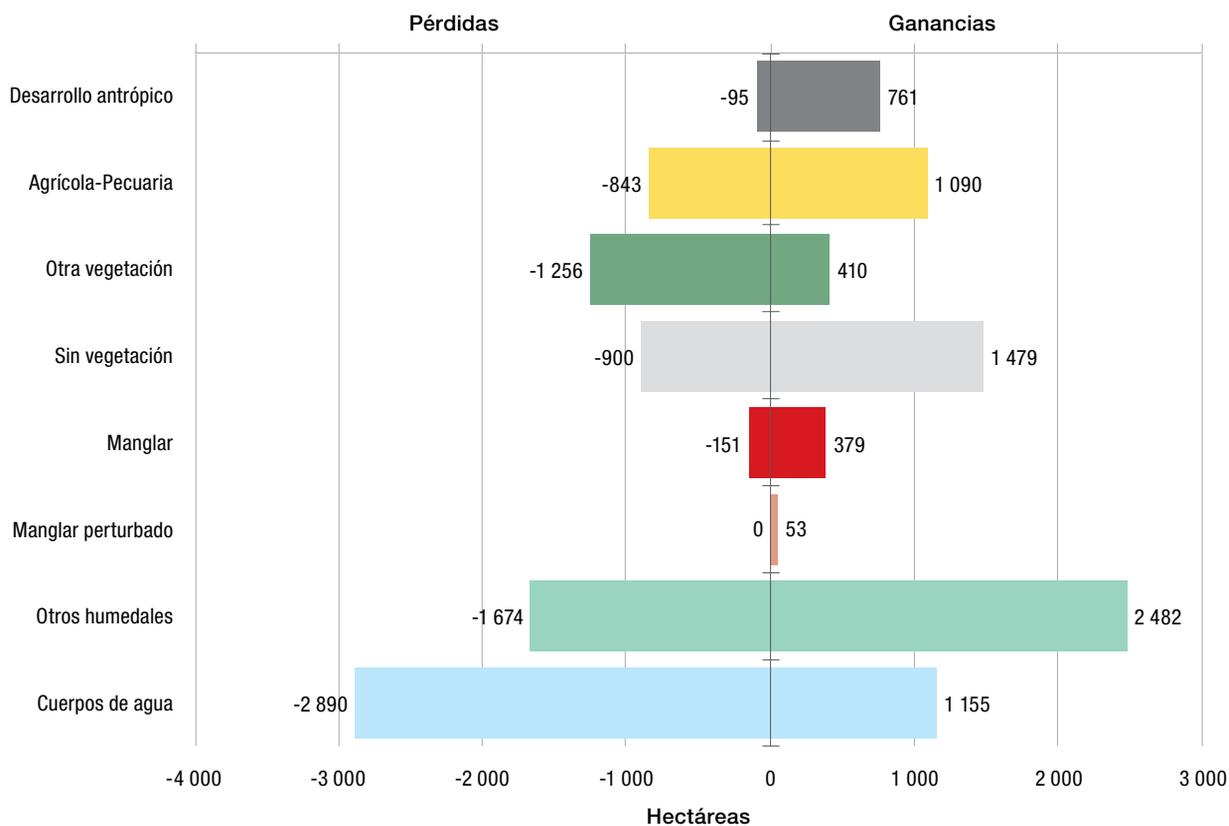
Tamaulipas



Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Tamaulipas.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Tamaulipas en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Tamaulipas.



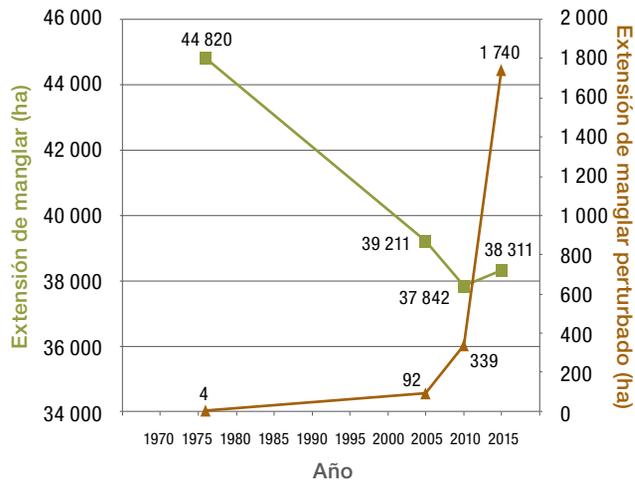


Cabaña de pescador en los manglares de la laguna de Tamiahua, Veracruz. FOTO: A.S.C. CONABIO-SEMAR.

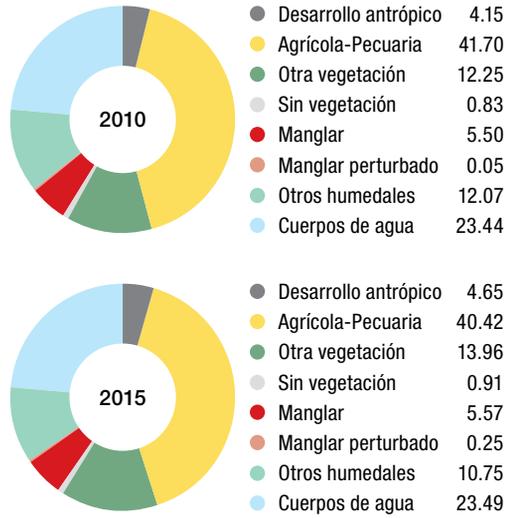
Veracruz

	Superficie (ha)			
	1976	2005	2010	2015
Extensión del manglar	44 820	39 211	37 842	38 311
Extensión del manglar perturbado	4	92	339	1 740
Extensión de la línea de costa (km)	751	751	751	751
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	699	681	777
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	1 398	1 355	1 363
Manglares en sitios Ramsar	0	20 176	23 681	24 027
Total de manglar bajo protección	0	21 583	25 047	24 404
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	15	15	15
Sitios Ramsar con manglar	0	4	5	5
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	1	1	1
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	1	2	2
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	34	34	34	34
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	55	66	66

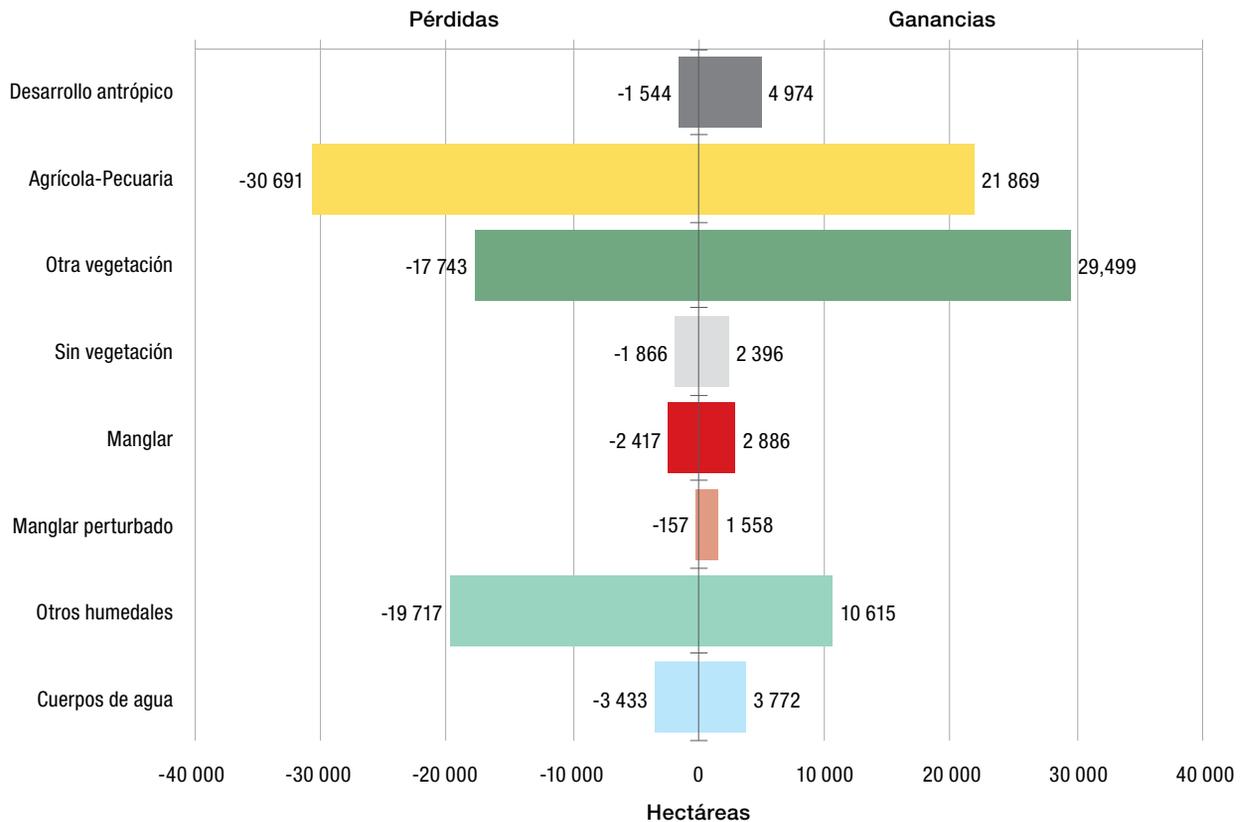
Veracruz



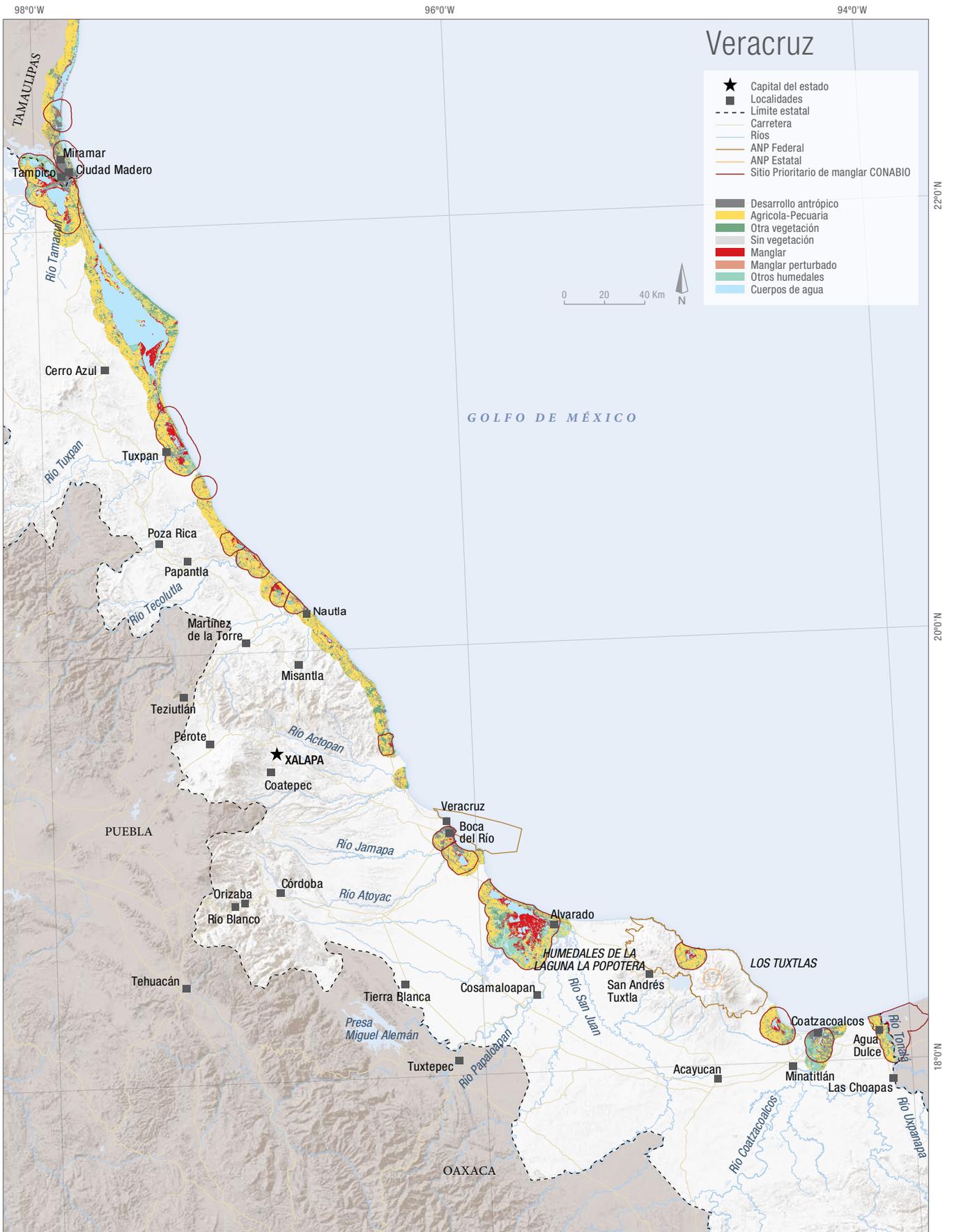
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Veracruz.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Veracruz en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Veracruz.



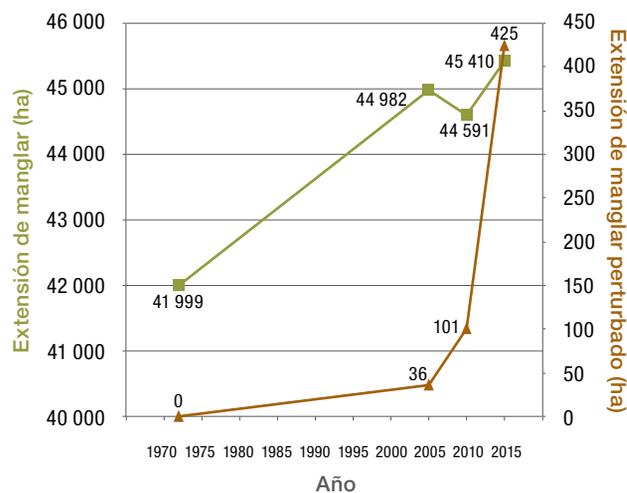


Área deforestada en manglares en la laguna de Mecoaacán, Tabasco. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

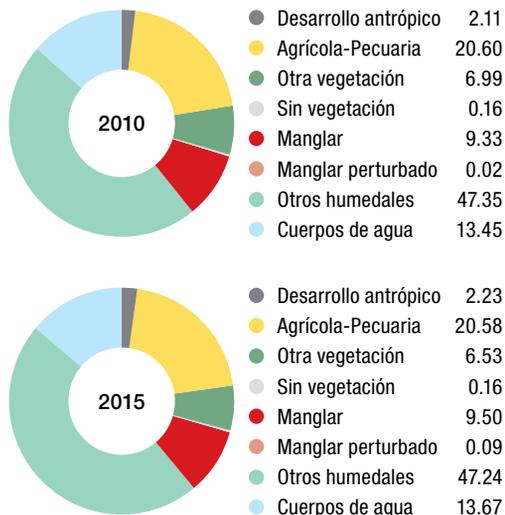
Tabasco

	Superficie (ha)			
	1972	2005	2010	2015
Extensión del manglar	41 999	44 982	44 591	45 410
Extensión del manglar perturbado	0	36	101	425
Extensión de la línea de costa (km)	201	201	201	201
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	10 064	9 835	9 858
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	0	0	0
Manglares en sitios Ramsar	0	10 064	9 835	9 862
Total de manglar bajo protección	0	10 064	9 835	9 863
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	7	7	7
Sitios Ramsar con manglar	0	2	2	2
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	2	2	2
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	0	0	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	70	66	66	66
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	22	22	22

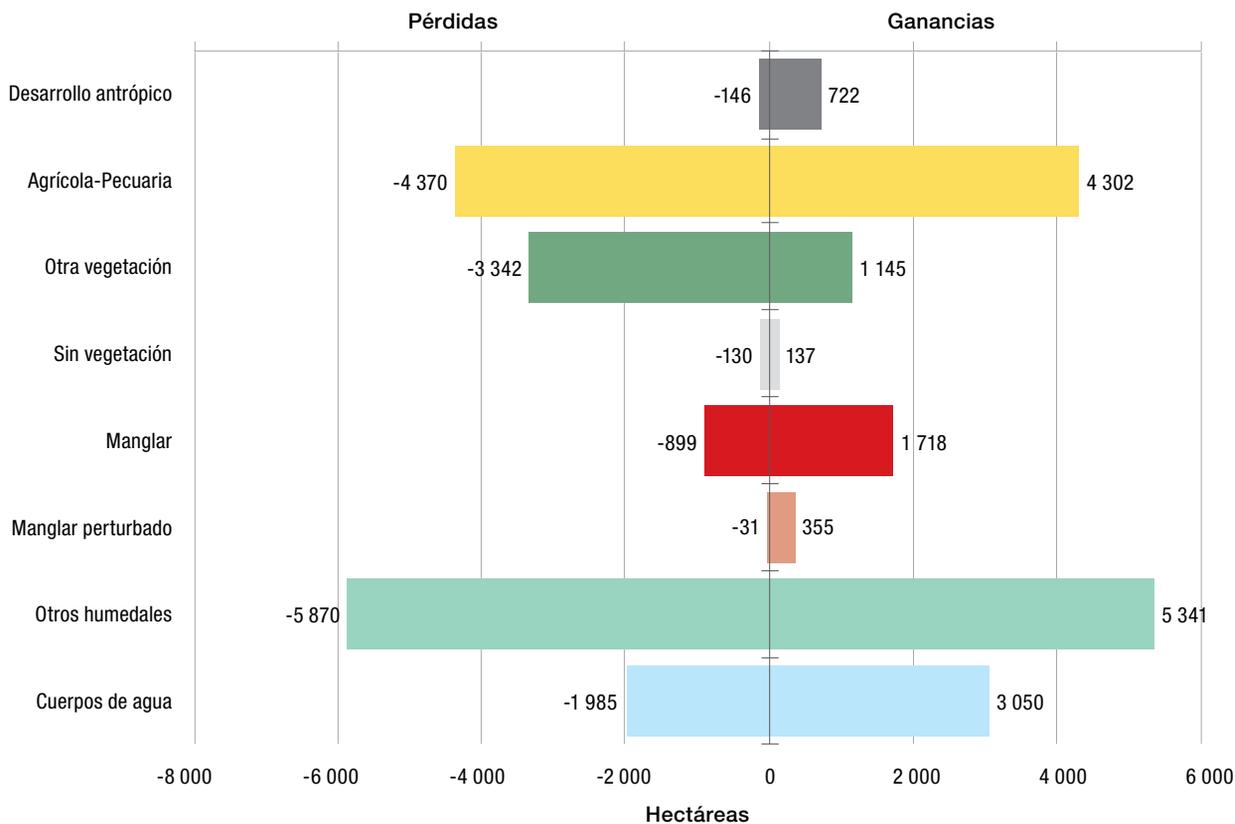
Tabasco



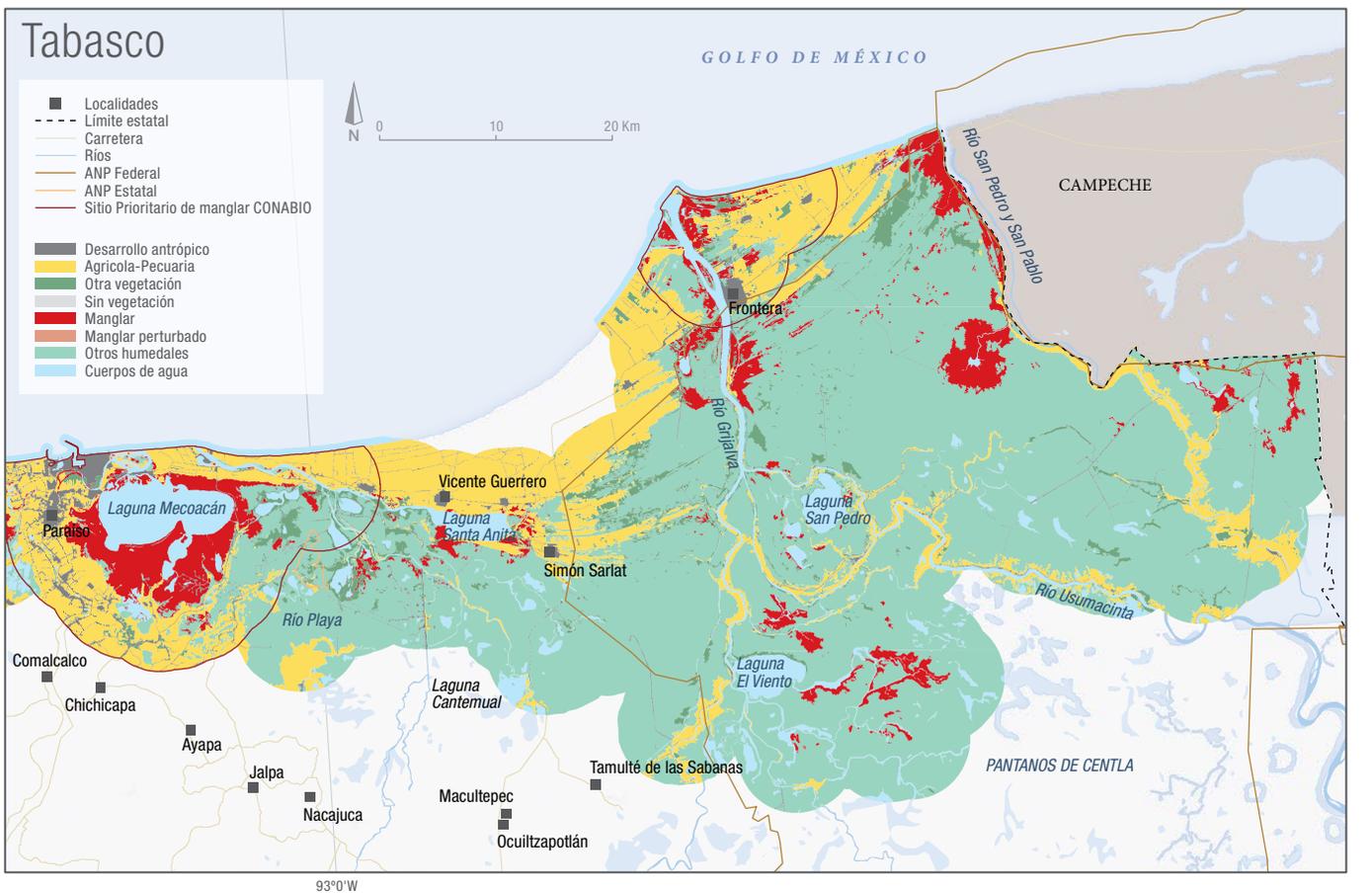
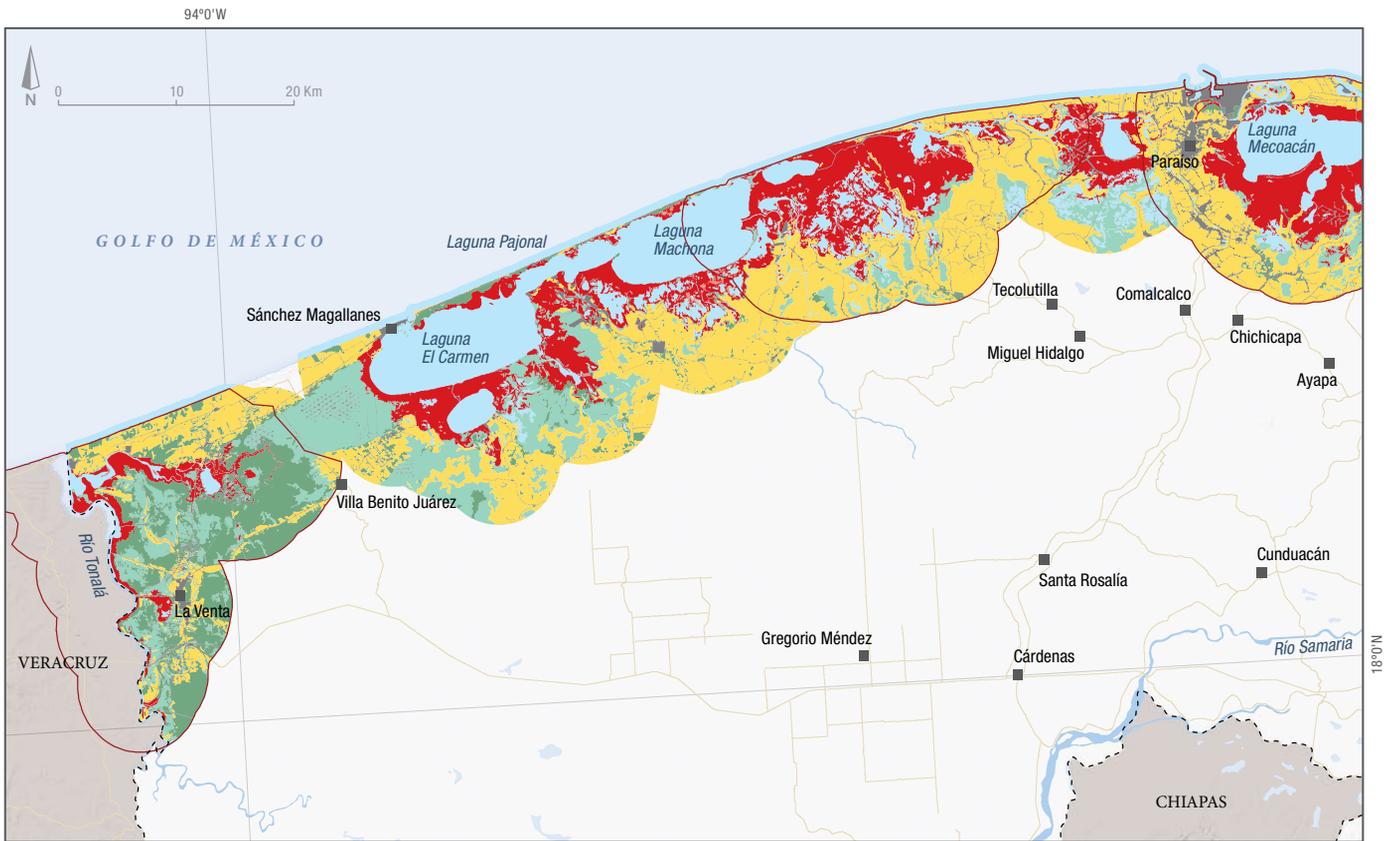
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Tabasco.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Tabasco en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Tabasco.



2.6 Región Península de Yucatán

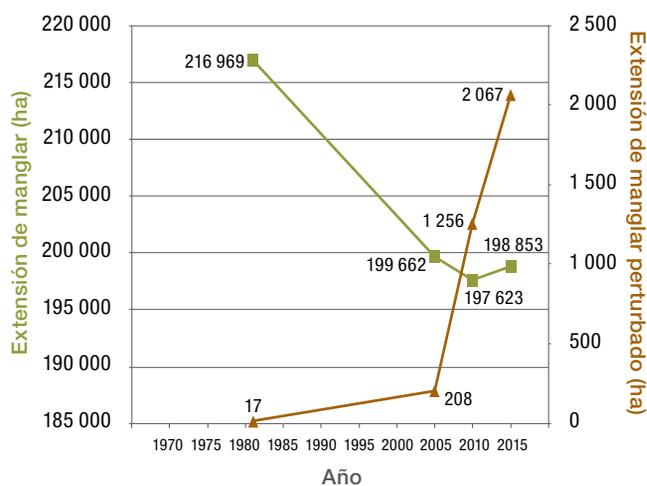


Manglar y manglar perturbado en Punta La Disciplina, Campeche. FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

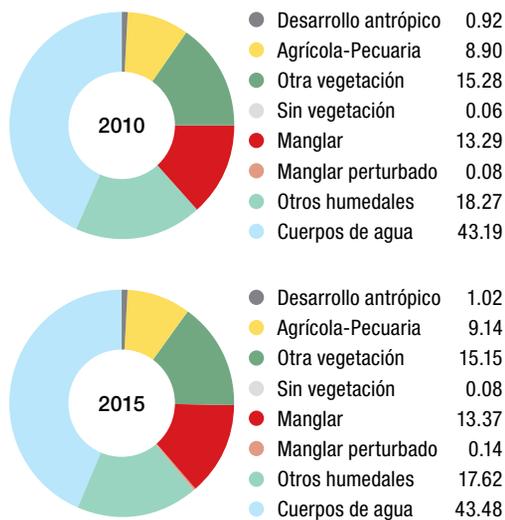
Campeche

	Superficie (ha)			
	1981	2005	2010	2015
Extensión del manglar	216 969	199 662	197 623	198 853
Extensión del manglar perturbado	17	208	1 256	2 067
Extensión de la línea de costa (km)	434	434	434	434
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	177 091	175 962	180 620
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	70 834	69 349	0
Manglares en sitios Ramsar	0	177 099	175 972	180 605
Total de manglar bajo protección	0	177 109	175 972	180 622
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	10	10	10
Sitios Ramsar con manglar	0	4	5	5
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	4	4	4
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	1	1	0
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	81	77	77	79
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	89	89	90

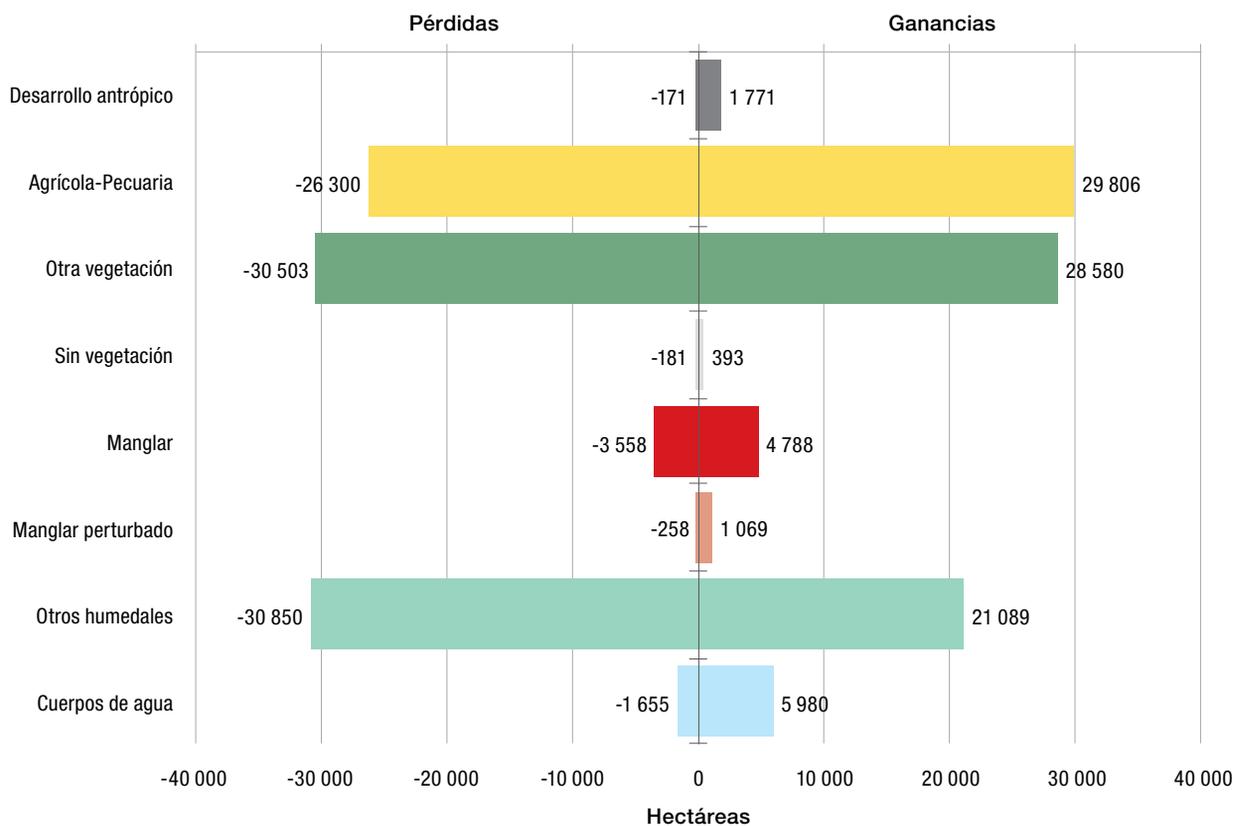
Campeche



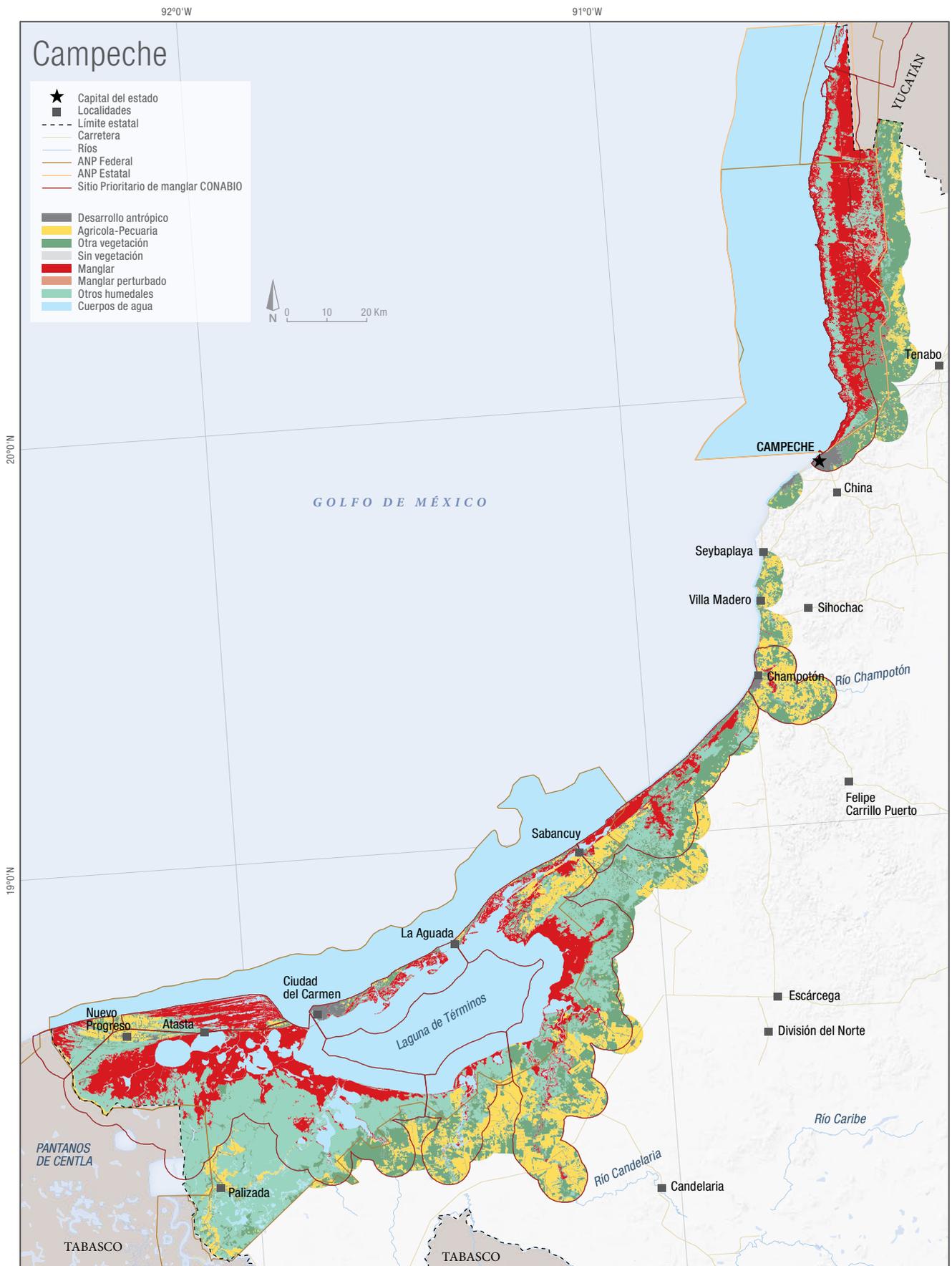
Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Campeche.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en **Campeche** en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Campeche.



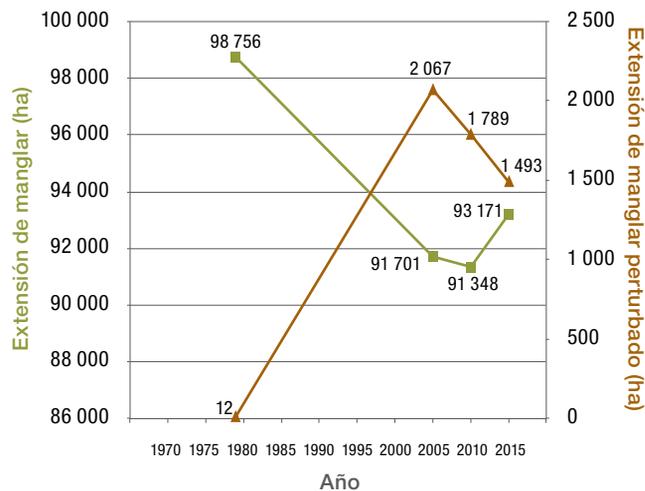


Manglares en Ría Lagartos, Yucatán. FOTO: M.T.R.Z. CONABIO-SEMAR.

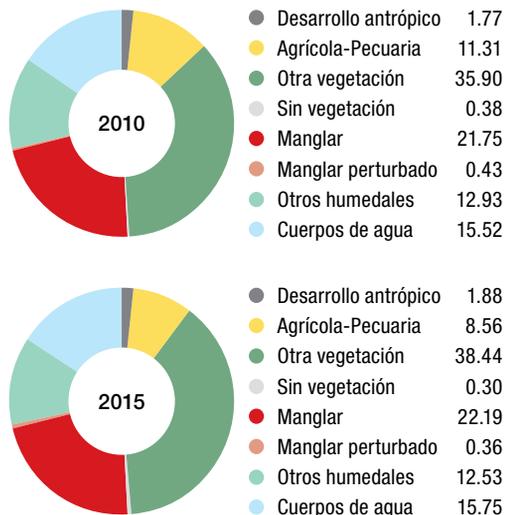
Yucatán

	Superficie (ha)			
	1979	2005	2010	2015
Extensión del manglar	98 756	91 701	91 348	93 171
Extensión del manglar perturbado	12	2 607	1 789	1 493
Extensión de la línea de costa (km)	370	370	370	370
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	31 336	31 364	31 120
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	20 937	43 361	55 048
Manglares en sitios Ramsar	0	71 938	71 833	72 330
Total de manglar bajo protección	0	71 997	71 846	86 195
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	10	10	10
Sitios Ramsar con manglar	0	4	4	4
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	2	3	3
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	2	3	3
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	93	91	91	92
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	79	79	93

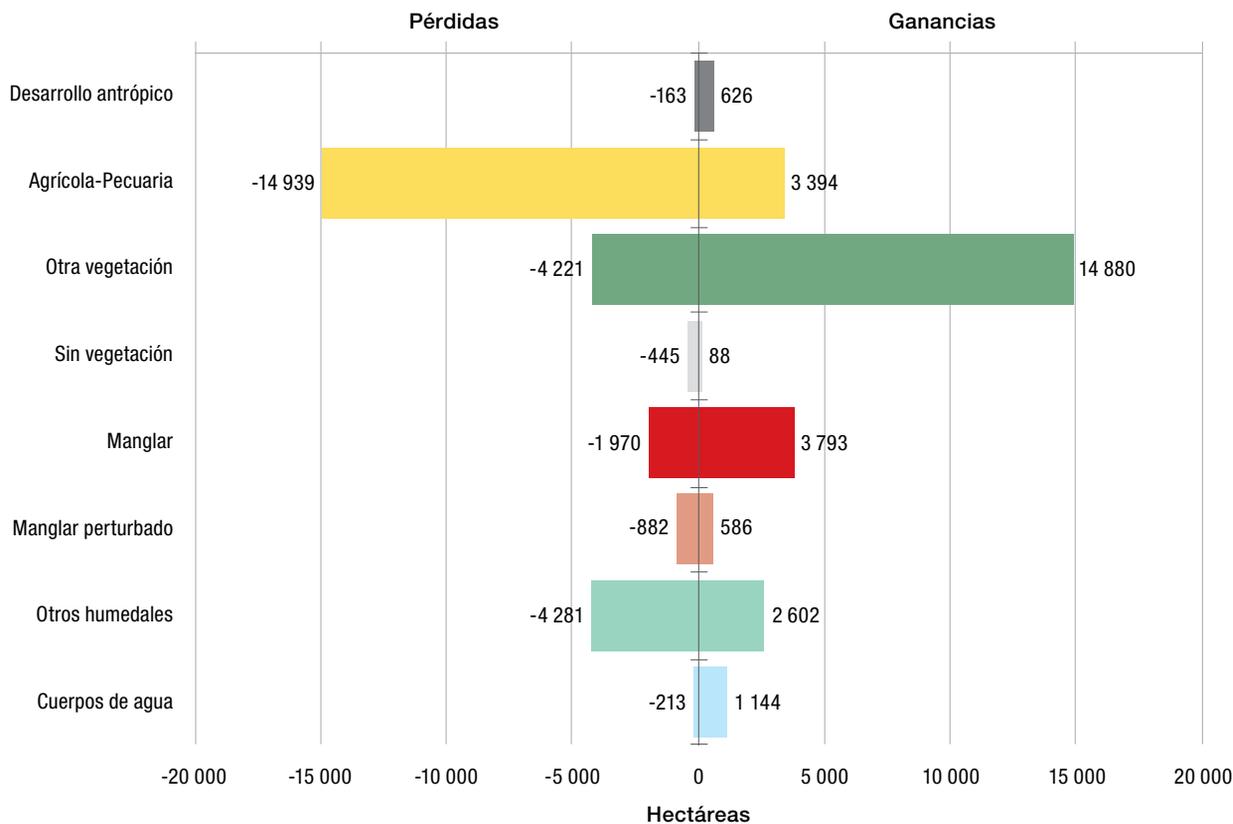
Yucatán



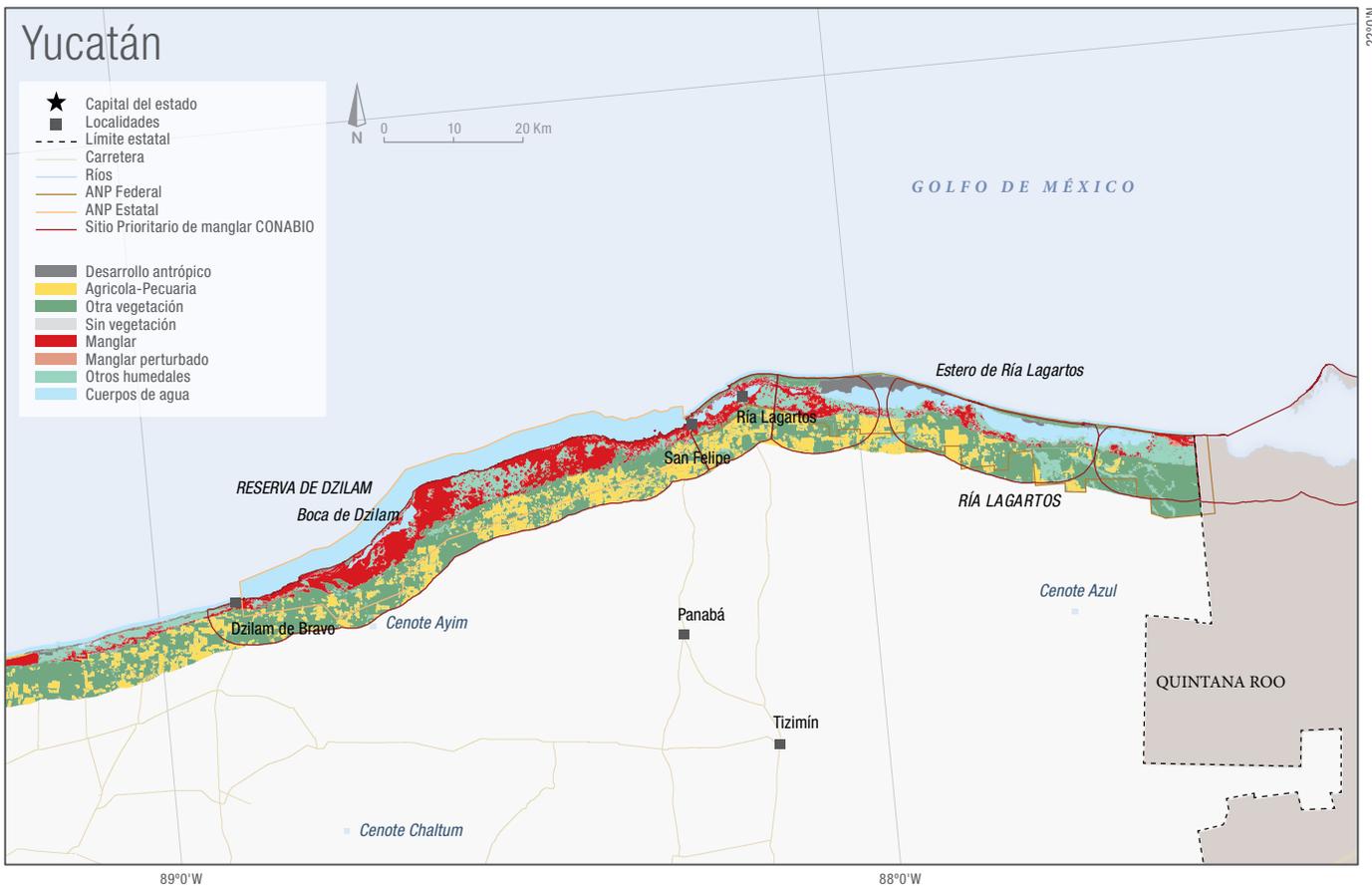
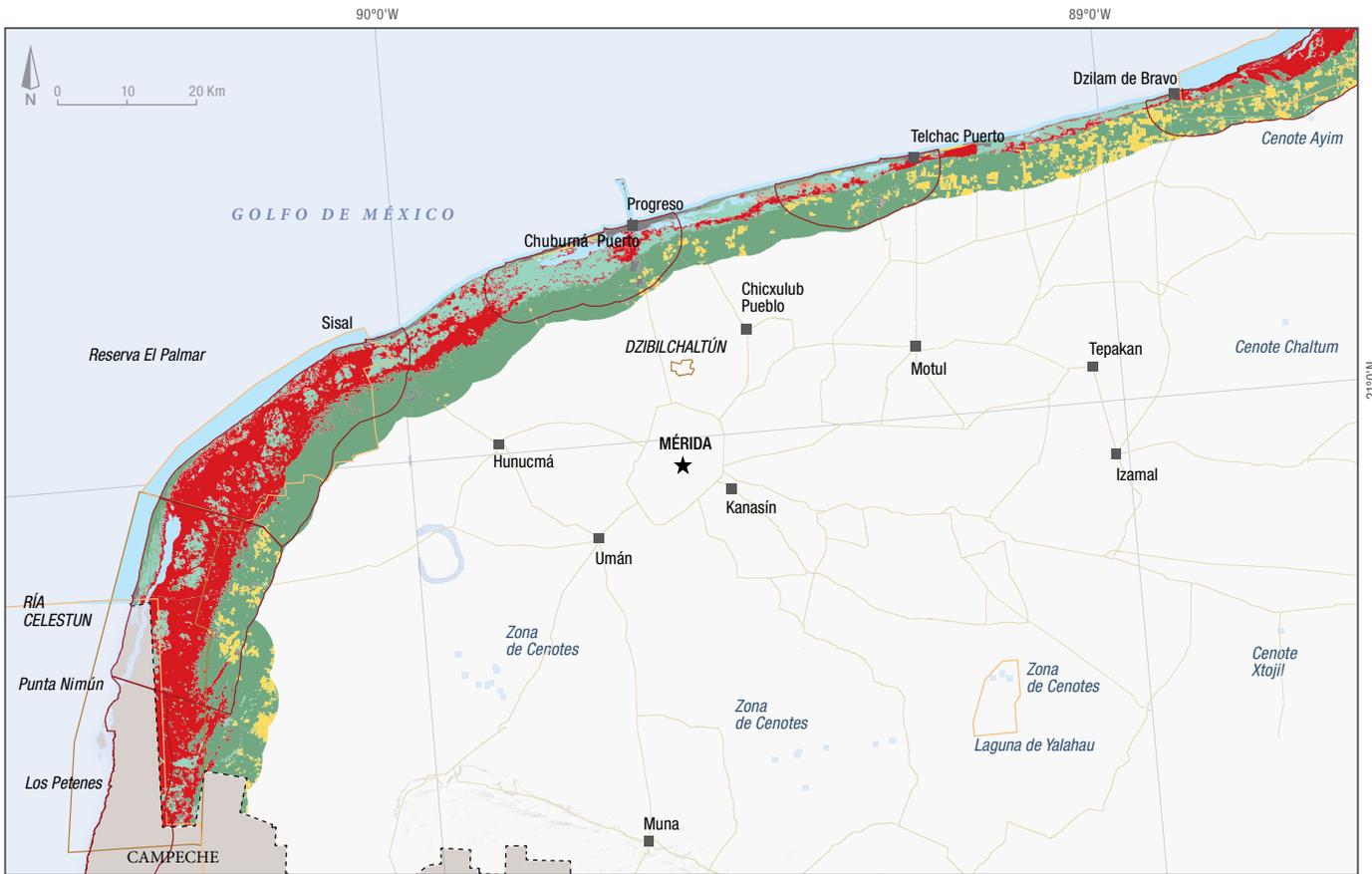
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Yucatán.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Yucatán en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Yucatán.



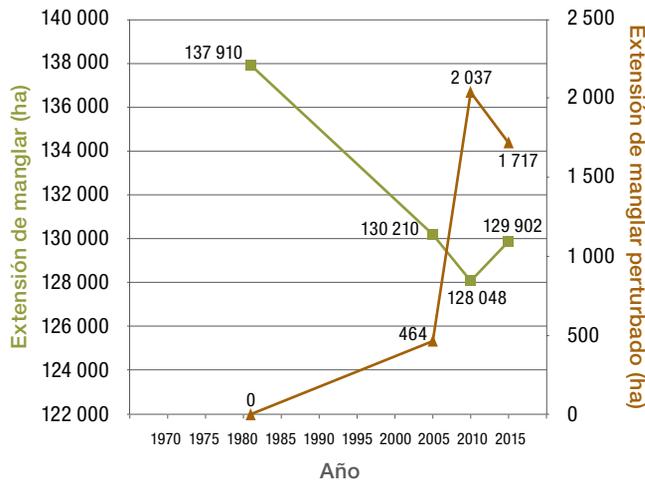


Manglares en la isla de Holbox, Quintana Roo. FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.

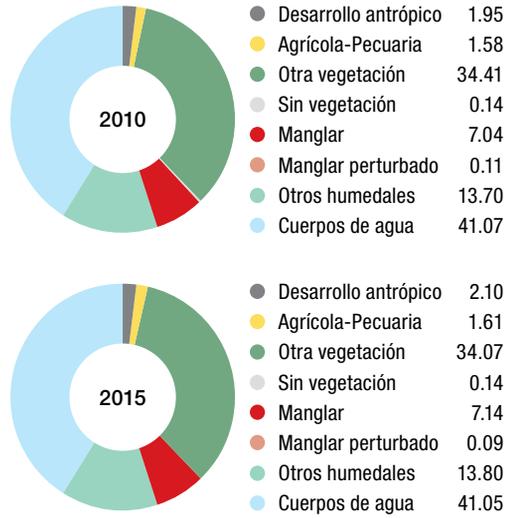
Quintana Roo

	Superficie (ha)			
	1981	2005	2010	2015
Extensión del manglar	137 910	130 210	128 048	129 902
Extensión del manglar perturbado	0	464	2 037	1 717
Extensión de la línea de costa (km)	1 398	1 398	1 398	1 398
Manglar en Áreas Naturales Protegidas federales	0	79 307	81 315	84 621
Manglar en Áreas Naturales Protegidas estatales	0	18 811	18 580	19 074
Manglares en sitios Ramsar	0	66 013	68 803	84 241
Total de manglar bajo protección	0	98 130	100 764	103 796
	Número			
Sitios prioritarios de manglar	-	7	7	8
Sitios Ramsar con manglar	0	6	9	10
Áreas Naturales Protegidas federales con manglar	0	11	11	14
Áreas Naturales Protegidas estatales con manglar	0	5	6	6
	Porcentajes			
Línea de costa ocupada por manglar	76	74	73	75
Manglar protegido por estado (en ANP federal, estatal y/o Ramsar)	0	75	79	80

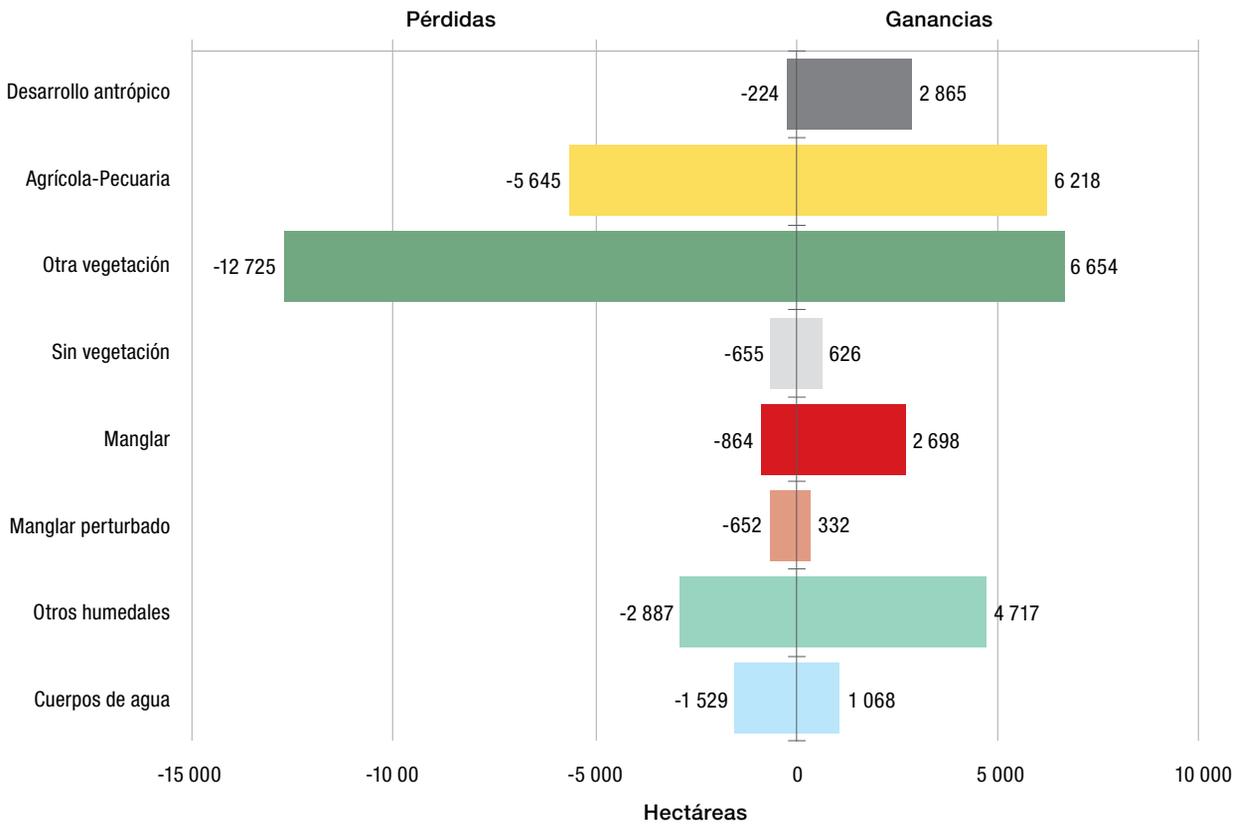
Quintana Roo



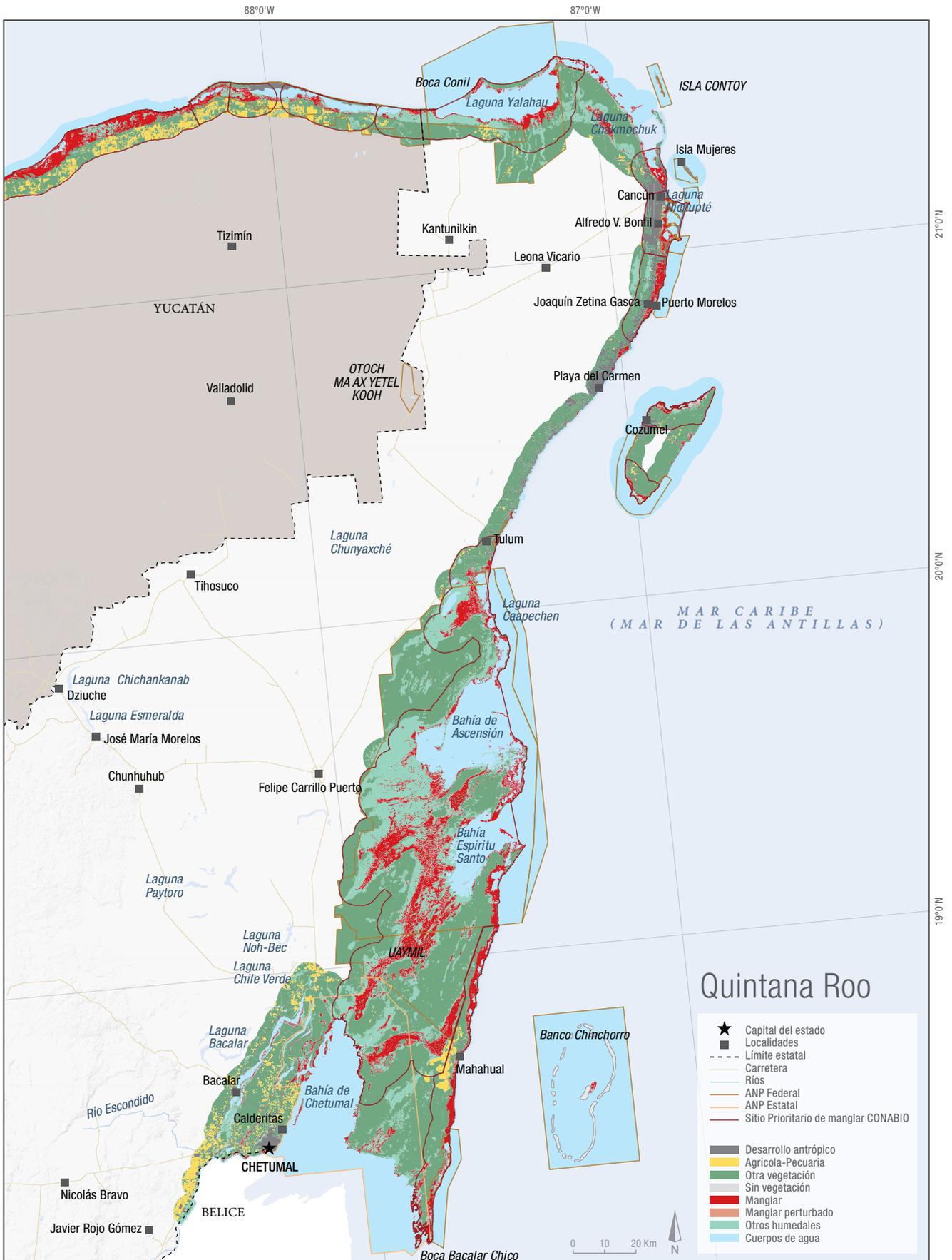
Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en las cuatro fechas de estudio en Quintana Roo.



Porcentaje de cobertura de clases presentes en Quintana Roo en el área de estudio del SMMM.



Hectáreas de pérdidas y ganancias según clase de cobertura o uso de suelo de 2010 a 2015 en Quintana Roo.





Manglares en la laguna de Tres Palos, Guerrero
FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR



Capítulo 3

EXPLORACIÓN DE RESULTADOS Y LÍNEAS DE TRABAJO DESARROLLADAS EN EL MARCO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE MANGLARES DE MÉXICO



Mangle negro
Avicennia germinans

3.1 Caracterización de las áreas de cambio de *manglar* a *manglar perturbado*.

Con el objetivo de caracterizar al manglar en función del estado de integridad del ecosistema, en el análisis de su distribución se identificaron dos tipos de condiciones para este tipo de vegetación: la clase *manglar* que incluye humedales de tipo arbustivo y de tipo arbóreo, conformados por la aso-

ciación de una o más especies de mangle y la clase *manglar perturbado*, que se conforma por zonas de manglares de tipo arbustivo o arbóreo muertos o en regeneración, alterados por huracanes, tormentas, ciclones y por la construcción de infraestructura hidráulica, carreteras y caminos.

La identificación de la clase *manglar perturbado* (FIGURA 3.1) es importante, ya que se trata de una categoría de transición, es decir, una vez alterado un ecosistema de manglar, en el mediano o largo



FIGURA 3.1 Manglar perturbado en La Encrucijada, Chiapas marzo 2016.
FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.

plazo sólo puede recuperarse o desaparecer de la categoría de *manglar* y pasar a ser cualquier otra clase, incluyendo aquellas de tipo antrópico (*agrícola-pecuaria* o *desarrollo antrópico*), en cuyo caso es más probable que permanezcan como tales a largo plazo (Valderrama *et al.* 2014). En general, son zonas que necesitan atención prioritaria para su monitoreo, ya que advierten que algo está pasando en el ecosistema y que se necesita una intervención o estudios a mayor profundidad para determinar su manejo.

En la información generada por el SMMM se ha encontrado una tendencia al incremento en la superficie de *manglar perturbado* a lo largo de las fechas evaluadas. En la FIGURA 3.2 se puede observar como de 1 191 ha identificadas en el mapa 1970/1980, se ha pasado a 18 332 en el mapa 2015. La misma figura muestra como entre el 60 y 77% de esta clase ha permanecido como tal más de un periodo. Por otra parte, el porcentaje de *manglar perturbado* que se recupera a *manglar* ha ido en aumento (8.8% en el periodo 1970/1980—2005,

14.2% entre 2005—2010 y 16.7% en 2010—2015), situación inversa a la superficie que termina convirtiéndose a otro tipo de cobertura, que en la más reciente evaluación (2010—2015) sólo contabilizó el 6.7%, mientras que en el primer periodo alcanzaba hasta el 31.6%, aunque cabe aclarar que este periodo es el más amplio (35—45 años).

Es probable que lo anterior sea un reflejo de las políticas de conservación en la última década, que le dan mayores oportunidades de recuperarse a *manglar* antes de operar un cambio de uso de suelo, pero es necesario realizar estudios específicos para comprobarlo. Lo alarmante es que exista una tendencia a la alta en la superficie identificada con algún tipo de perturbación en este ecosistema.

Las causas de perturbación del manglar por su origen pueden dividirse principalmente en dos tipos: *natural*, producto de huracanes o tormentas y *antrópico*, producto de cambios hidrológicos o en el aporte de sedimentos, generados por la construcción de infraestructura. Ambos, desde la perspectiva de los métodos de percepción remota empleados

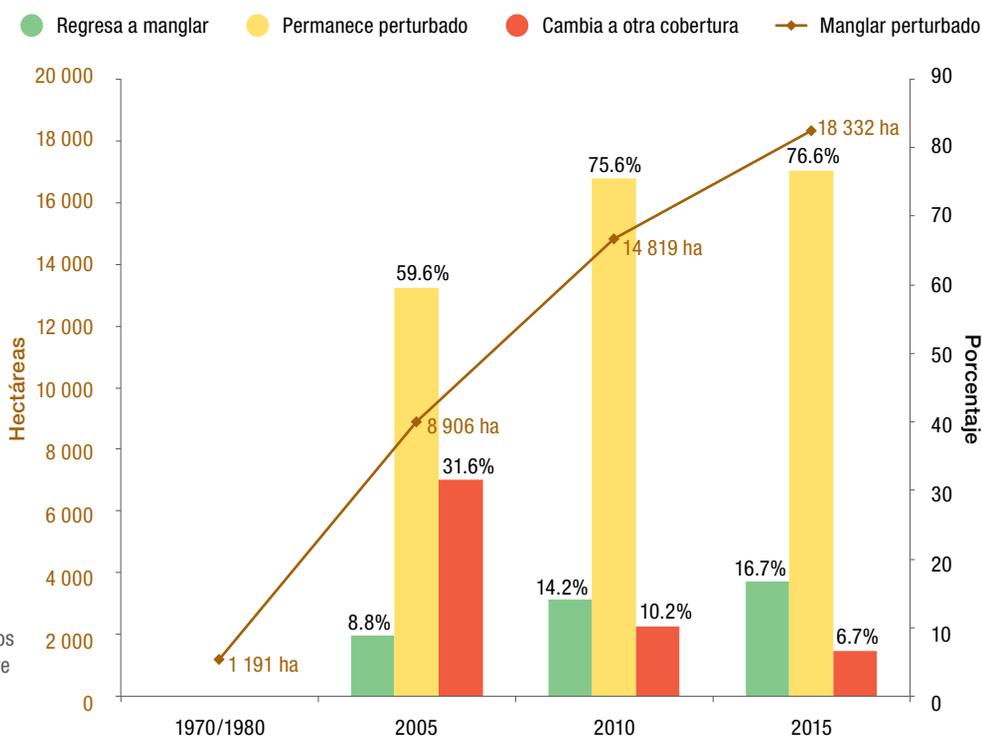


FIGURA 3.2 Cambios en la superficie de manglar perturbado identificado en las cuatro fechas del SMMM y composición de los cambios de esta clase entre los periodos de estudio.

por el SMMM para la elaboración de los mapas, se distinguen del manglar sano por su nivel de actividad fotosintética⁷ y densidad de individuos.

La forma de caracterizarlos es mediante la comparación de su respuesta espectral⁸, que a su vez puede expresarse en un índice del verdor de la vegetación, como lo es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), éste se calcula con la fórmula 1:

$$NDVI = \frac{(NIR - Rojo)}{(NIR + Rojo)} \quad 1$$

Dónde:

NIR = Banda 3 en el caso de las imágenes SPOT 5.

Rojo = Banda 2 en el caso de las imágenes SPOT 5.

Este índice puede adquirir valores entre -1 y 1, correspondiendo el 1 a vegetación más vigorosa y -1 a zonas sin actividad fotosintética detectada. Sin embargo, no es posible definir un umbral en general para establecer un punto de diferencia entre el manglar y el manglar perturbado para todo el país, ya que las mismas especies tienen diferentes expresiones fenotípicas⁹ dependiendo de la región y condiciones donde se desarrollen, además de diferentes expresiones fenológicas¹⁰ dependiendo de la época del año en que se realice

7 En la fotosíntesis las plantas emplean la clorofila, un pigmento verde, para captar energía solar, que se convierte en energía química, la cual a su vez es empleada para fabricar materia orgánica a partir del dióxido de carbono y agua, desprendiendo oxígeno. A mayor número de plantas verdes por unidad de área, mayor actividad fotosintética y viceversa.

8 Se define como la respuesta que tiene una superficie a la radiación electromagnética (en este caso la luz solar), esta información es recibida por un sensor que traduce la información en valores de píxel en una imagen de satélite.

9 Fenotipo se refiere a las características visibles que presenta un individuo como resultado de la interacción de sus genes con el medio.

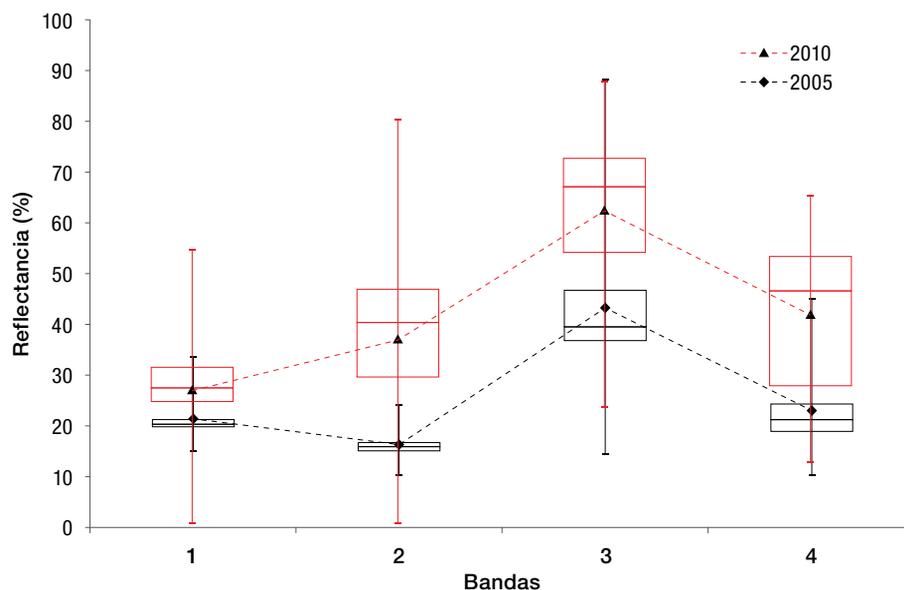
10 Por fenología se entienden los cambios estacionales que sufre la vegetación y que tienen relación con el curso anual del tiempo en un lugar en particular.

una medición. También hay que considerar que, dependiendo de la época del año, las condiciones atmosféricas pueden diferir en elementos tales como humedad y partículas suspendidas en la atmósfera, lo que también puede modificar la información recabada por un sensor remoto. Debido a esto, las condiciones de umbral con el NDVI sólo se pueden establecer y comparar de forma local, considerando las épocas del año en que fueron adquiridas las mediciones.

Al utilizar, en su mayoría, el mismo tipo de insumo para su elaboración (imágenes SPOT 5), los mapas de manglar del SMMM para los años 2005, 2010 y 2015, permitieron abordar algunos ejemplos como es el caso del estado de Campeche, en donde se identificaron zonas de *manglar* en 2005 que pasaron a *manglar perturbado* en 2010. Posteriormente mediante estadísticas de zona, se caracterizaron las diferencias en las respuestas espectrales banda por banda y en el NDVI. La FIGURA 3.3 muestra el perfil de las respuestas espectrales para las zonas de *manglar* en 2005 y su perfil en 2010 cuando dejaron de ser identificados en esta categoría y pasaron a ser *manglar perturbado*. La misma figura muestra también la distribución de los valores de reflectancia de cada una de las bandas en las imágenes SPOT 5. Las cajas representan el segundo y tercer cuartil de los datos; la línea que separa las cajas corresponde a la mediana; las líneas verticales sobre las cajas y bajo ellas son los valores máximo y mínimo; los puntos al interior representan la media. Finalmente, las líneas punteadas que unen las marcas de la media, forman el perfil de la respuesta espectral para la condición de *manglar* (2005) y *manglar perturbado* (2010).

En 2005, cuando las áreas de estudio fueron identificadas como *manglar*, muestran un perfil promedio similar al descrito por Acosta - Velázquez *et al.* (2007), esto es, el valor de reflectancia más bajo en la banda roja (B2: 610—680 nm), con un pico en la banda correspondiente al infrarrojo cercano (NIR) (B3: 780—890 nm), igual a la respuesta espectral teórica de la vegetación. Para el año 2010, cuando se presentó el cambio de *manglar*

FIGURA 3.3 Distribución de la reflectancia banda por banda en SPOT 5 en las zonas de *manglar* 2005 que son identificados como *manglar perturbado* en 2010 en Campeche.



a *manglar perturbado*, se aprecia un evidente incremento en los valores de reflectancia para todas las bandas, una mayor dispersión en la distribución de valores y un cambio en el orden del pico de mínimo, presentándose ahora los valores más bajos en la banda verde (B1: 500—590 nm).

La situación descrita sugiere una disminución de presencia de clorofila o vegetación verde (que

es la que absorbe la energía en las regiones del espectro correspondientes a la banda roja (B2)) y una menor cantidad de humedad en la vegetación y en el suelo (menor absorción en la banda SWIR (B4:1 580—1 750 nm)).

A partir de la respuesta espectral descrita anteriormente, la expresión del verdor de la vegetación mediante el NDVI nos muestra claramente como

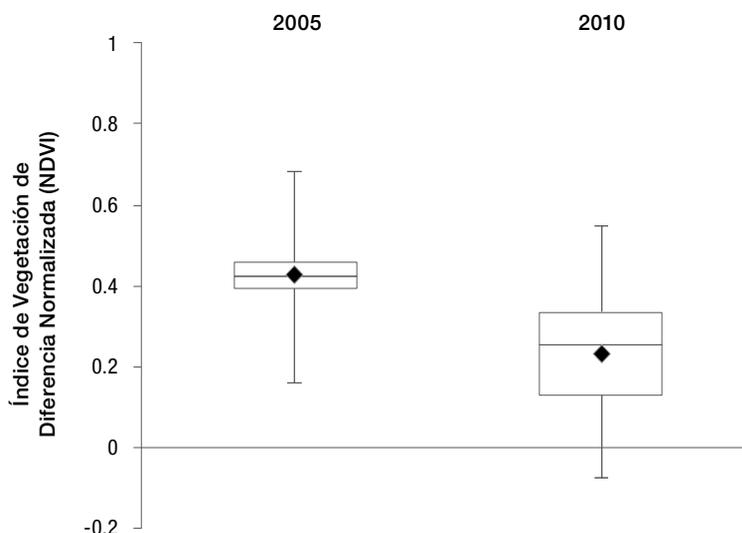


FIGURA 3.4 Distribución de los valores de NDVI en las zonas que cambiaron de *manglar* (2005) a *manglar perturbado* (2010) en Campeche.

caen los valores en las zonas de *manglar* al cambiar de categoría (FIGURA 3.4). En 2005, cuando fueron identificados como *manglar*, el 50% de los valores de NDVI se distribuían entre 0.39 a 0.46, con un promedio de 0.43. La forma muestra una distribución simétrica alrededor del promedio (normal). En cambio para 2010, cuando fueron catalogados como *manglar perturbado*, los valores se distribuían entre 0.13 y 0.34 con una media de 0.24 con un ligero sesgo hacia valores bajos. La distribución de los valores del índice para 2010 se amplía y se identifican valores máximos cercanos a 0.55, así como mínimos que se aproximan a -0.1. Entre las dos fechas se observa una disminución en el valor promedio del NDVI de 45%.

Un ejemplo del proceso de cambio de *manglar* a *manglar perturbado* se muestra en la FIGURA 3.5

donde podemos apreciar como una zona de 35 ha de *manglar* en Laguna de Términos en 2005, pasa a catalogarse como *manglar perturbado* en 2010 y como en 2015 deja de ser definitivamente *manglar* para adquirir la categoría de *otros humedales*.

En las inmediaciones de esta zona, otro parche más pequeño (4.5 ha) en condiciones similares, muestra signos de recuperación en 2015, por lo que al menos parcialmente regresa a la categoría de *manglar* (FIGURA 3.6). De aquí la importancia de la identificación de estas áreas en la conservación de este ecosistema, ya que bajo un esquema de protección, pueden recuperarse paulatinamente de forma natural o bien mediante la implementación de programas de conservación y rehabilitación.

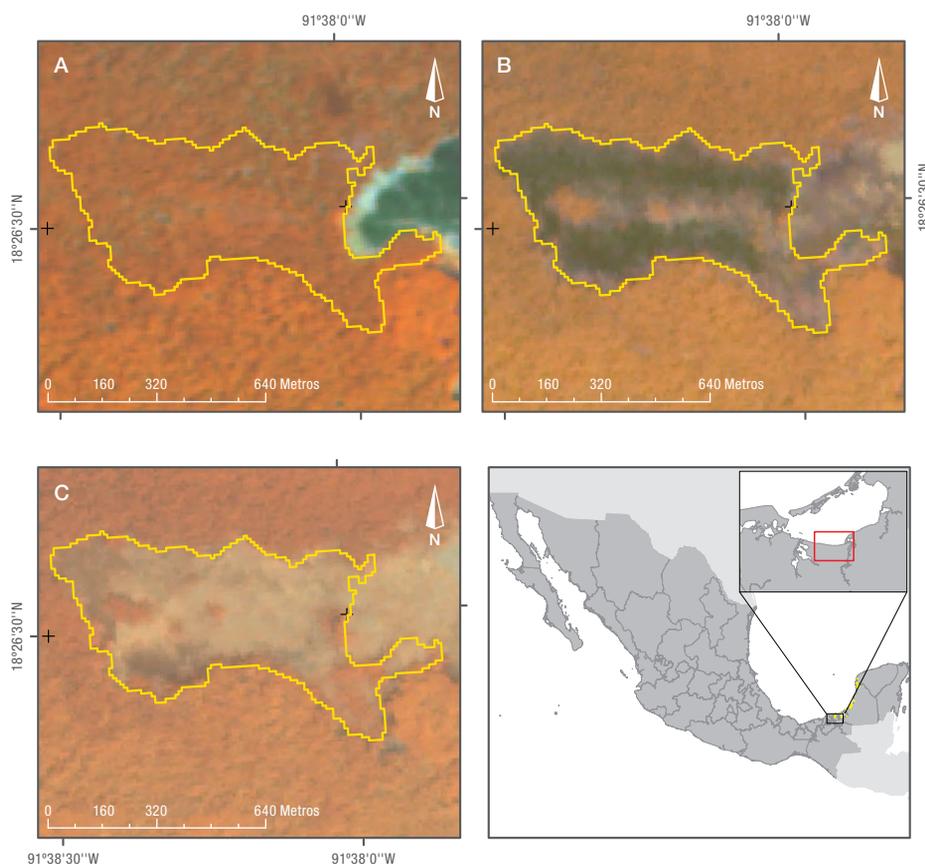


FIGURA 3.5 Ejemplo de zona clasificada como clase *manglar* en 2005 (A) que pasa a la categoría de *manglar perturbado* en 2010 (B) y cambia a la clase *Otros humedales* en 2015 (C). El polígono de contorno amarillo representa la ubicación del sitio caracterizado. IMÁGENES ©CNES 2005, 2010 Y 2015, PRODUCIDAS POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE "SPOT IMAGE".

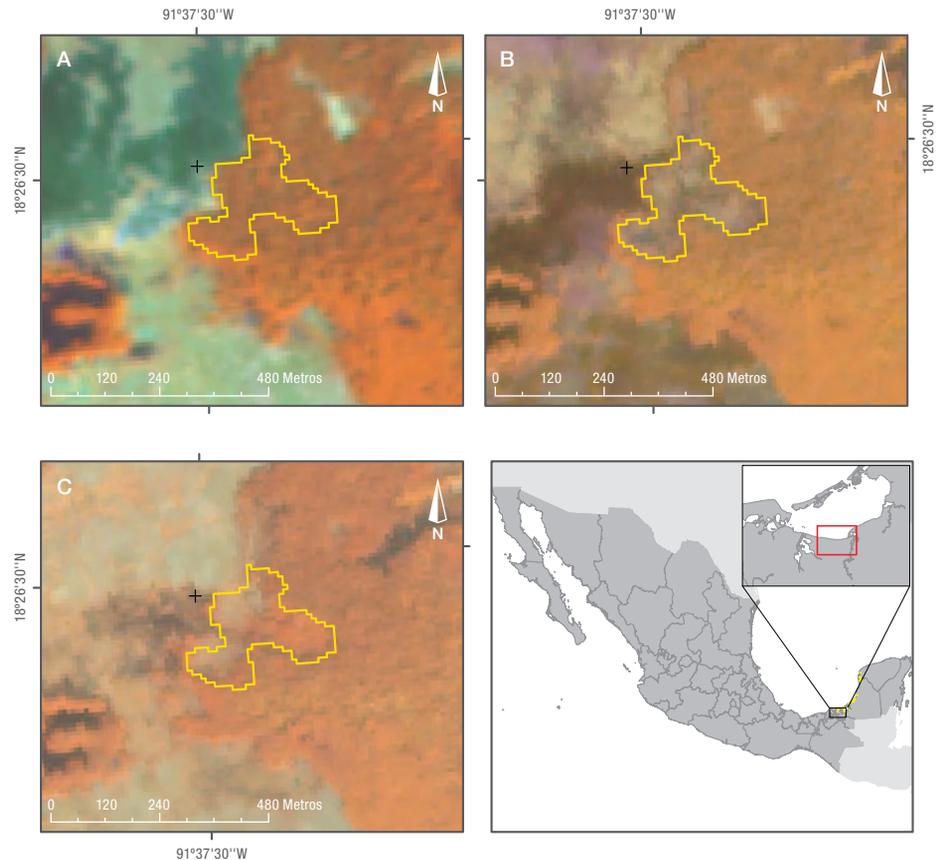


FIGURA 3.6 Ejemplo de parche clasificado como clase *manglar* en 2005 (A) que pasa a la categoría de *manglar perturbado en 2010* (B) y se recupera parcialmente a *manglar* en 2015 (C). IMÁGENES ©CNES 2005, 2010 Y 2015, PRODUCIDAS POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE "SPOT IMAGE".

3.2 Extensión del manglar en la línea de costa y su dinámica de cambios

Las regiones de litoral y sus ecosistemas están intrínsecamente sujetas a procesos que pueden generar cambios muy rápidos en el paisaje y en sus condiciones físicas (Burkett *et al.* 2008). Ejemplo de lo anterior son las ocurrencias de huracanes y la modificación del régimen de sedimentos aportados por los ríos, debido a sequías u obras de infraestructura en las partes altas de las cuencas, por citar algunos. Los manglares son ecosistemas adaptados a esta dinámica y prosperan gracias a su gran capacidad de adaptación y de colonización (Fro-mard *et al.* 2004).

En este tipo de entorno de cambios rápidos, uno de los más interesantes, por sus implicaciones ecológicas e incluso legales, son los movimientos de la línea de costa, entendiendo por esta a la transición

entre la tierra y el océano observada en el tiempo. La comparación de los mapas del SMMM hace posible observar cómo han cambiado sus posiciones en los últimos 40 años aproximadamente y hacer un seguimiento a los casos más extremos en las diferentes regiones de estudio. La delimitación de la línea de costa obtenida en este trabajo se considera instantánea (Boak *et al.* 2005) es decir, que es capturada en el momento de adquisición de la imagen de satélite a partir de la cual se construyó el mapa de cobertura y uso de suelo, sin considerar efectos temporales como el régimen de marea.

Para el seguimiento de los cambios en la línea de costa, se han desarrollado algunos indicadores. El primero de ellos es la extensión relativa del manglar sobre la línea de costa, que se estima calculando el porcentaje de transectos perpendiculares a la línea de costa definida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2006 para cada

estado, de forma equidistante a cada 50 m y con una longitud de 5 km, que intersecta con las áreas de manglar (FIGURA 3.7).

Este indicador muestra que la distribución de este ecosistema a lo largo de la línea de costa difiere de región en región (FIGURA 3.8) y que hay estados como Chiapas y Yucatán cuya línea de costa está ocupada por manglares en más de 90% y otros como Baja California, Baja California Sur, Michoacán y Sonora que no pasan del 20%. Esto debido a la presencia de costas escarpadas o a la posición latitudinal en el caso de Sonora y Baja California.

En general, la extensión relativa del manglar sobre la línea de costa cambia con el tiempo y su variación no necesariamente depende del aumento o disminución de la superficie de manglar, sino más bien a si crece en forma paralela o perpendicular respecto a la costa. Estados como Jalisco, Colima, Guerrero y Tabasco muestran los cambios más abruptos, particularmente comparados con la estimación del mapa 1970/1980. La presencia del manglar sobre la línea de costa es importante, ya que este ecosistema funciona como barrera

de protección ante eventos hidrometeorológicos (UNEP 2006).

Los otros indicadores se enfocan en caracterizar la dinámica de los movimientos de la línea de costa. Para ello se usó el método propuesto por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) en su aplicación de libre acceso Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Thieler *et al.* 2009), para describir los movimientos hacia tierra o hacia el mar sobre transectos perpendiculares espaciados de forma regular y sistemática a los cambios observados a cada 100 m. Mediante este método, sobre cada transecto se estimó el movimiento en metros entre la línea de costa más antigua y la más reciente (1970/1980—2015) y la tasa de cambio asociada a cada uno de ellos.

Adicionalmente, a partir de los mapas de cambio de cobertura elaborados como parte del SMMM, se estimaron las superficies de cambio (pérdida o ganancia de coberturas con respecto al océano) entre las líneas de costa de los años analizados y se identificaron los tipos de cobertura involucrados en los procesos.



FIGURA 3.7 Transectos equidistantes en su origen a cada 50 m y áreas de manglar en Boca del Cielo, Chiapas. IMAGEN ©CNES 2015, PRODUCIDA POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE "SPOT IMAGE".

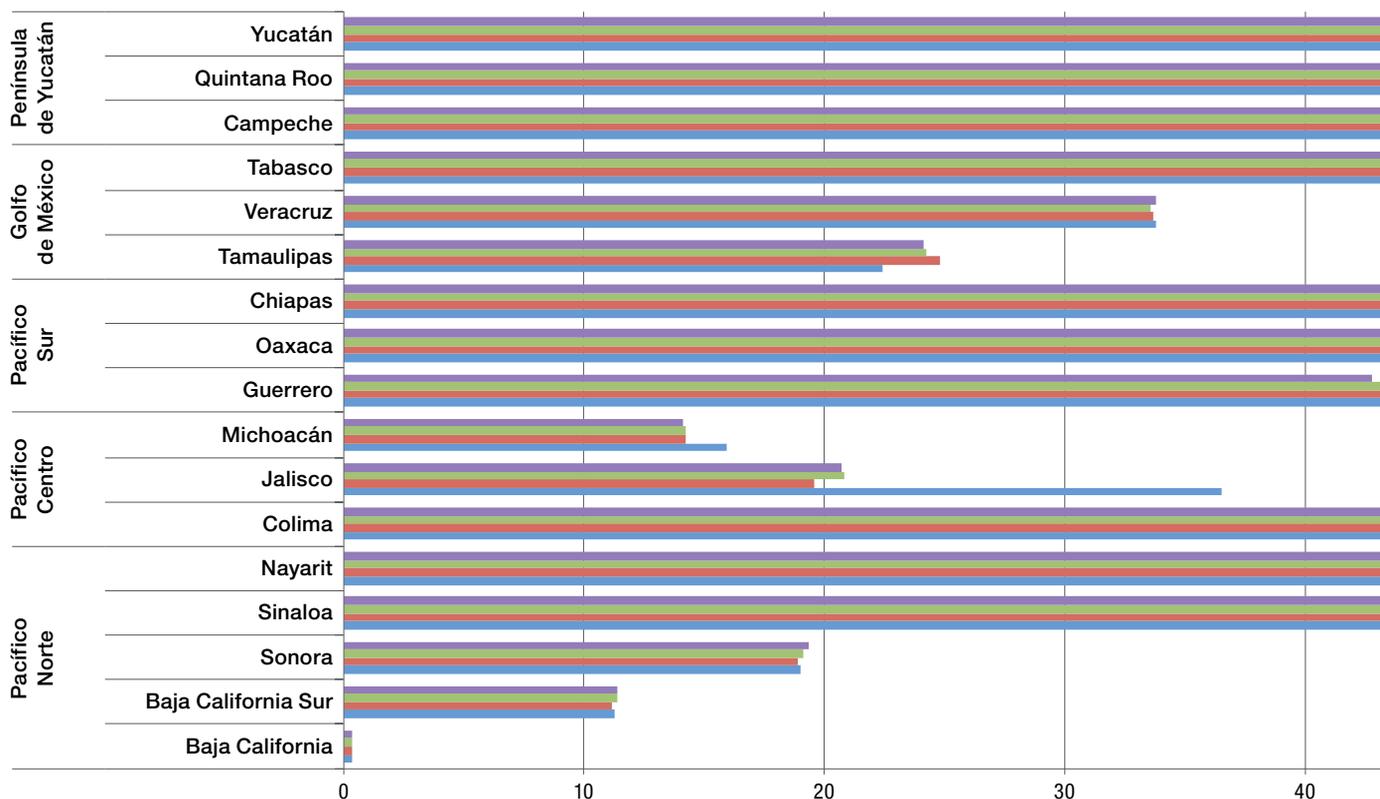


FIGURA 3.8 Porcentaje de línea de costa con presencia de manglar conforme a la cartografía del SMMM.

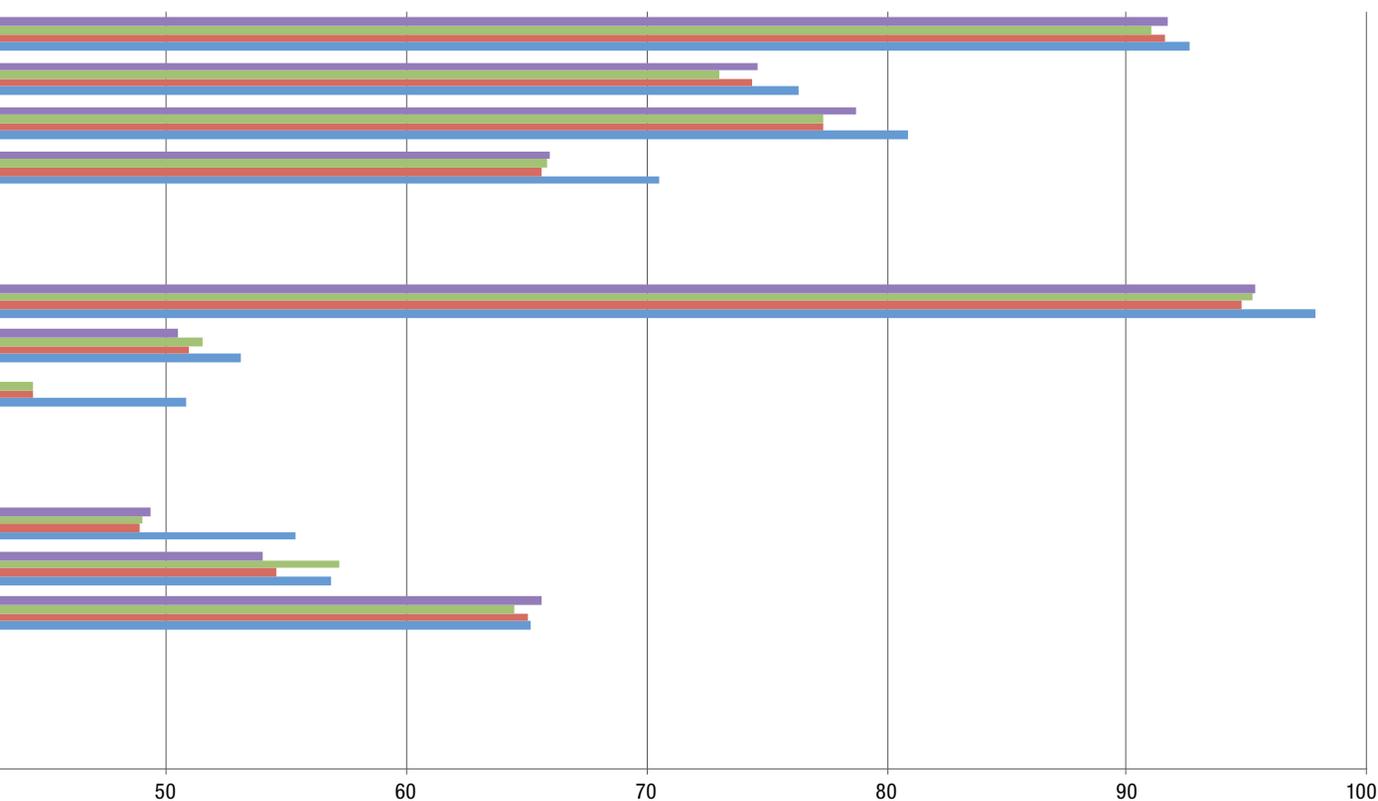
	Pacífico Norte					Pacífico Centro		
	Baja California	Baja California Sur	Sonora	Sinaloa	Nayarit	Colima	Jalisco	Michoacán
● 2015	0.30	11.29	19.29	65.60	54.00	49.31	20.69	14.09
● 2010	0.31	11.36	19.02	64.46	57.21	49.03	20.76	14.15
● 2005	0.31	11.14	18.81	65.01	54.52	48.90	19.53	14.23
● 1970/1980	0.31	11.19	18.91	65.12	56.83	55.33	36.44	15.94

Lo destacable es que se observa un predominio de los procesos de erosión o de pérdida en la línea de costa sobre los procesos de acreción (incremento en la superficie terrestre) a lo largo del área y el periodo de estudio que abarca el SMMM (1970/1980—2015) (FIGURA 3.9), aunque también hay casos notables de acreción. Los cambios más notables por su extensión y profundidad se encuentran en:

- Campeche (hasta 1 013 m de pérdida de línea

de costa en la región de Punta La Disciplina, FIGURA 3.9 A, y 660 m de ganancia al noroeste de la ciudad de Campeche).

- Nayarit (1 026 m de pérdida en la desembocadura del río Santiago, FIGURA 3.9 B y 583 m de ganancia frente al puerto de San Blas),
- Sinaloa (1 143 m de pérdida en la boca de la laguna de Altata en Punta Yameto, FIGURA 3.9 C y 587 m de ganancia al sur de Punta Colorada).



Pacífico Sur		Golfo de México				Península de Yucatán		
Guerrero	Oaxaca	Chiapas	Tamaulipas	Veracruz	Tabasco	Campeche	Quintana Roo	Yucatán
42.77	50.48	95.33	24.10	33.81	65.94	78.71	74.63	91.62
44.43	51.53	95.15	24.18	33.58	65.89	77.35	72.98	90.96
44.40	50.99	94.74	24.81	33.69	65.61	77.33	74.34	91.50
50.85	53.04	97.84	22.37	33.71	70.44	80.80	76.32	92.60

- Baja California Sur (1 012 m de pérdida de línea de costa en la parte sur de la Boca de la Soledad en Bahía Magdalena, FIGURA 3.9 D y 879 m de ganancia en la mismo sitio, pero en su parte norte). En la FIGURA 3.10 se muestran los casos anteriores con un mayor nivel de detalle. Tres de los casos: Campeche (A), Sinaloa (C) y Baja California Sur (D), se ubican cerca de bocananas de islas barrera (Isla del Carmen, Isla de Altamura e Isla

Magdalena, respectivamente)¹¹. El caso de Nayarit (B) en cambio, se ubica directamente en la desembocadura del río Santiago.

¹¹ Las islas barrera son formaciones costeras que consisten en un cordón estrecho y de poca altura paralelo a la costa continental. Normalmente se presentan en cadenas formadas por unas pocas islas hasta más de una docena. El espacio entre ellas se denomina bocas o bocananas (Davis Jr y Fitzgerald 2009).

FIGURA 3.9 Cambios estimados en la línea de costa en el área de estudio del SMMM de 1970/1980 al 2015. Las letras A, B, C y D, señalan los sitios más destacados por la magnitud y la extensión de los cambios en la línea de costa y que se ilustran en la Figura 3.10.

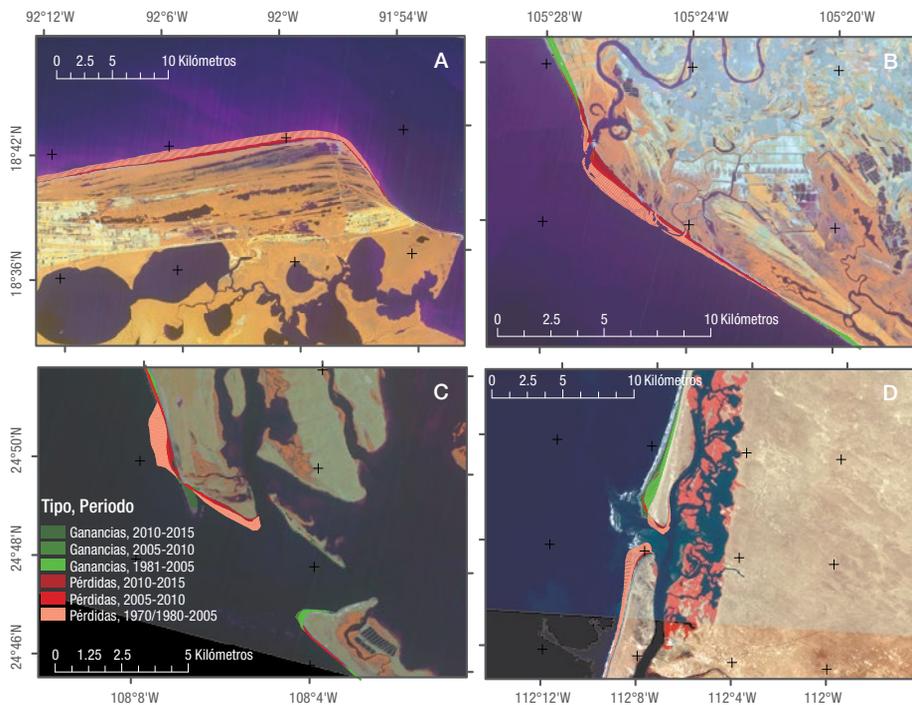
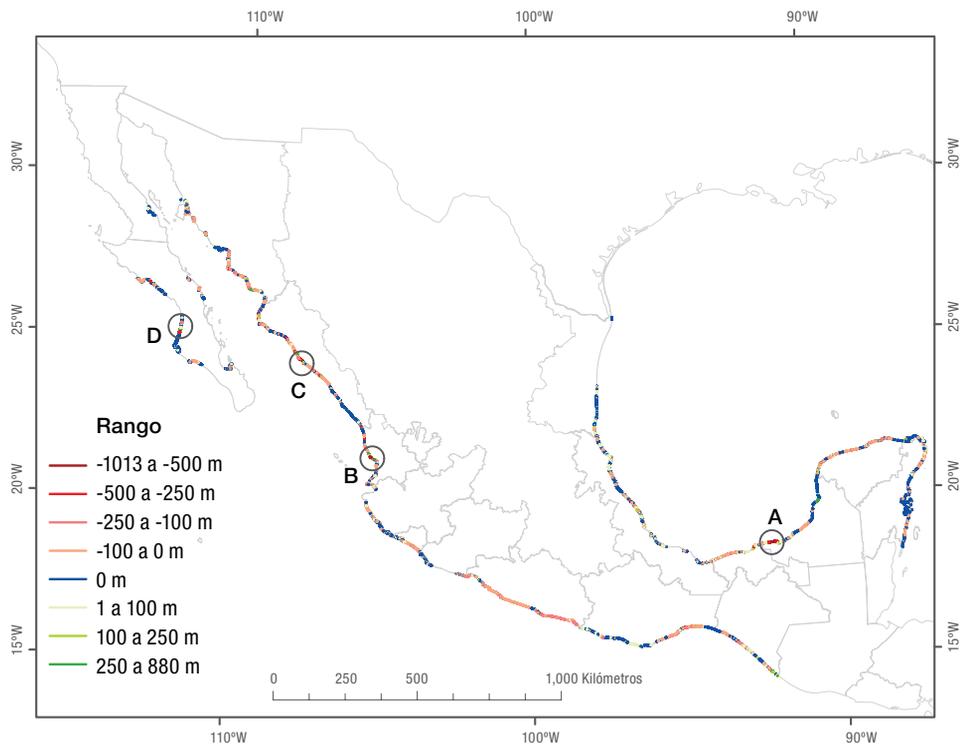


FIGURA 3.10 Vistas de las zonas más destacadas con procesos de cambio identificados en la línea de costa. A) Punta La Disciplina, Campeche; B) Desembocadura del río Santiago, Nayarit; C) Punta Yameto, Bahía Santa María, Sinaloa; D) Bahía Magdalena, Baja California Sur. IMÁGENES ©CNES 2015, PRODUCIDAS POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE "SPOT IMAGE".

Las áreas clasificadas *sin vegetación*, que corresponden principalmente a zonas de playas, son las que recurrentemente están implicadas en los movimientos de líneas de costa. Lo anterior se observa en la FIGURA 3.11, la cual muestra a la izquierda del eje principal las pérdidas y a la derecha las ganancias, observándose que la clase mencionada es la que predomina en casi todos los estados. La superficie total involucrada en procesos de erosión acumulada desde 1970/1980 a 2015 alcanza las 24 810 ha, mientras que la superficie que corresponde a procesos de acreción suma 12 002 ha. Por lo que en forma neta, se han perdido 12 807 ha de áreas de distintos tipos de cobertura sobre la línea de costa del área de estudio en los últimos 35—45 años.

Sólo en los casos de Veracruz y Chiapas, los procesos de acreción predominan sobre los procesos de erosión. Destaca el caso del estado de Campeche, donde la clase con mayores pérdidas corresponde a *manglar*, lo que en principio parece contradecir las afirmaciones de que el manglar protege la línea de

costa (FIGURA 3.12). Sin embargo, en este caso, algunas investigaciones (Márquez-García *et al.* 2006) apuntan a que múltiples factores han debilitado al ecosistema. Entre ellos destacan el incremento en la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extraordinarios y la modificación del régimen de sedimentos en la región por obras de infraestructura o por sequías, lo que les impide prosperar y consolidar amplias áreas de suelos pantanosos, que son cedidos rápidamente al mar. Algo similar se ha comenzado a observar en Nayarit, en donde los procesos de erosión han comenzado a afectar a zonas de manglar en la desembocadura del río Santiago.

La descripción de estos procesos expone claramente la intensa dinámica de cambios en las regiones del litoral y el impacto que pueden tener las actividades humanas. Hace evidente también la necesidad de profundizar en el estudio de los casos más destacados, ya que las implicaciones abarcan diferentes ámbitos, desde los biológicos hasta los económico-sociales.

■ Desarrollo antrópico ■ Agrícola pecuario ■ Otra vegetación ■ Sin vegetación ■ Manglar ■ Manglar perturbado ■ Otros humedales

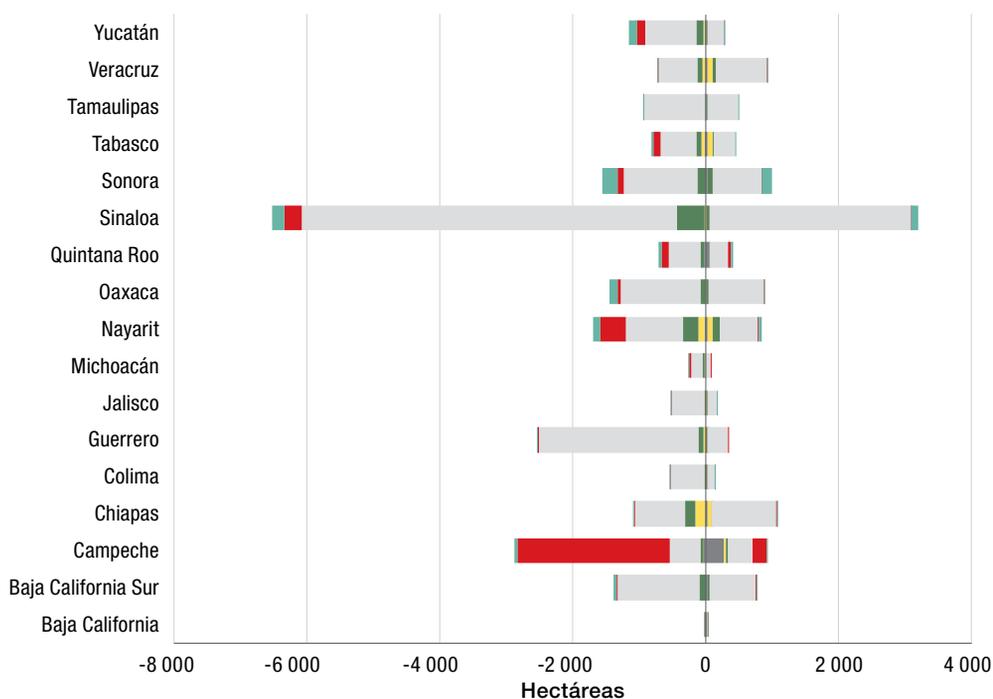


FIGURA 3.11 Composición de los procesos Pérdida – Ganancia en la línea de costa del área de estudio del SMMM para el periodo 1970/1980—2015.

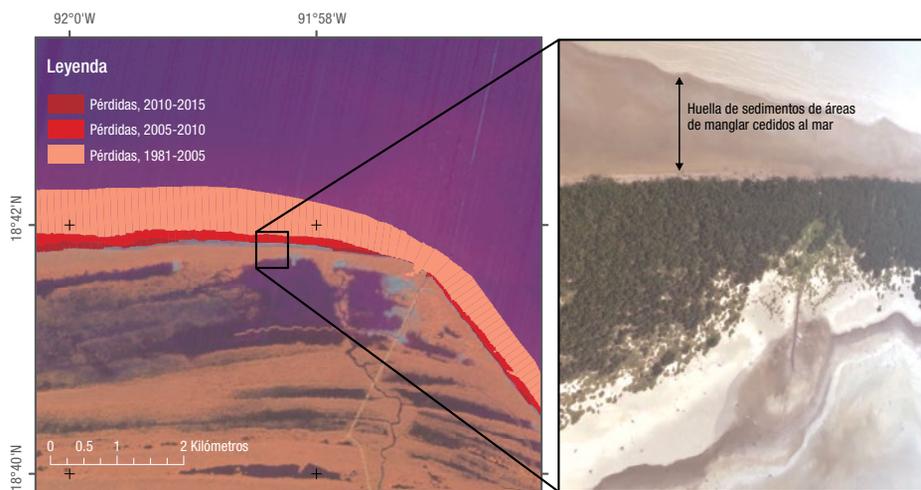


FIGURA 3.12 Dinámica de cambio en la línea de costa en Punta La Disciplina, Campeche, observada en un fotograma del video del vuelo realizado en mayo del 2015 y una imagen SPOT 5 del 10 de diciembre de 2014. FOTOGRAMA: A.S.C. CONABIO-SEMAR. IMAGEN ©CNES 2015, PRODUCIDA POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE "SPOT IMAGE".

3.3 Identificación de *Rhizophora mangle* en el noreste de la laguna Agua Brava en Nayarit, región Pacífico Norte.

La laguna de Agua Brava forma parte del sistema estuarino de Marismas Nacionales, el cual se encuentra bajo un esquema de protección a nivel federal como ANP en la categoría de Reserva de la Biosfera y a nivel internacional como sitio Ramsar. Además, es uno de los sitios de manglar identificados por la CONABIO y un grupo de especialistas en el tema, como sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Esta área tiene alta importancia en el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales de la región, y por otro lado, está sometido a fuertes presiones de cambio, principalmente aquellas relacionadas con la actividad acuícola, agrícola y las malas prácticas de pesca, que tienen efectos importantes en la dinámica hidrológica y sedimentaria (Berglanga-Robles y Ruiz-Luna 2007, Blanco 2011, Castillo com. pers. 2015).

Dada la importancia del sitio, la CONABIO realizó un proyecto piloto que fue solicitado y financiado por la Fundación Packard a través del FMCN, cuyo objetivo fue evaluar el uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial (World View-2 de 1.6 m de resolución) para diferenciar las espe-

cies de manglar, en específico *Rhizophora mangle*, y elaborar cartografía que permita el seguimiento espacial de esta especie en el marco del monitoreo del manglar en la región Pacífico Norte.

Como paso previo al empleo de las imágenes de alta resolución espacial y al levantamiento de información en campo, se realizó una caracterización de las áreas identificadas como manglar en el mapa del SMMM del 2010 para el área de estudio, empleando imágenes Landsat-8 (30 metros de resolución) de 12 fechas entre abril de 2013 y marzo de 2015. Se construyó con ellas un compuesto temporal de NDVI para observar los perfiles fenológicos, pues de acuerdo con trabajos previos (Flores-de-Santiago *et al.* 2012), cada especie de manglar tiene un comportamiento fenológico característico.

El resultado mostró claras diferencias entre los perfiles y un gradiente de tipos de vegetación con características fenológicas similares que va de las áreas colindantes con canales naturales, hacia tierra firme. En las zonas cercanas a los canales se encontraron los valores más altos de NDVI y los más estables en el tiempo, lo que sugiere una cobertura de manglar densa, presente en diferentes épocas del año y con poca variación en su follaje.

Debido a lo anterior se manejó la hipótesis de que estos sitios podrían ser *R. mangle* (FIGURA 3.13), ya que en su localización el flujo de agua por la marea

FIGURA 3.13 *Rhizophora mangle* (izquierda) y *Laguncularia racemosa* (derecha) separados por un canal en Marismas Nacionales, Nayarit. FOTO: J.A.A.M. CONABIO.



es continuo, dando lugar a poco estancamiento y menor evaporación del agua, propiciando condiciones de menor salinidad, y favoreciendo el desarrollo de esta especie (López-Portillo y Ezcurra 2002, Zhang *et al.* 2014).

En un primer trabajo de campo se corroboró esta hipótesis y se obtuvieron datos útiles para agrupar los resultados de una clasificación no supervisada¹² obtenida a partir de la imagen World View-2, registrando entre otros datos, la frecuencia de las diferentes especies de manglar en una serie de sitios. Adicionalmente, estos mismos datos se usaron para mejorar la clasificación derivada del compuesto de NDVI de imágenes Landsat-8.

Como resultado de ambas clasificaciones se obtuvieron dos mapas con ocho clases cada uno (FIGURA 3.14), uno derivado del compuesto de NDVI de Landsat-8 y el otro derivado de la imagen World View-2. Las clases corresponden a los tipos de cobertura terrestre encontradas en el área de estudio y dos condiciones de dominancia de alguna de las especies de manglar hallado. Una especie de man-

12 Una clasificación no supervisada es el proceso por el cual se crean agrupamientos de píxeles basados en sus propiedades espectrales. El analista debe intentar asociar una clase temática (tipo de cobertura terrestre, por ejemplo) a cada grupo basándose en su experiencia, en datos de campo u otras fuentes de información.

glar fue dominante en un sitio cuando más de la mitad de los individuos censados pertenecieron a ella.

Las diferencias encontradas entre ambos mapas se deben a la diferencia de resolución espacial y espectral, y a la gran fragmentación de los manchones de manglar en algunas zonas del área de estudio.

En el análisis de los perfiles fenológicos se observó que los sitios con dominancia de *R. mangle* o *L. racemosa* muestran una estacionalidad poco marcada y se mantienen con los valores más altos de NDVI (FIGURA 3.15 A). Al comparar entre los dos tipos de manglar, los valores de NDVI de *R. mangle* son mayores a los que presenta *L. racemosa*, exhibiendo esta última una estacionalidad ligeramente más marcada, lo que quizás es consecuencia de su mayor tolerancia a condiciones adversas.

Al analizar la respuesta espectral de todas las clases, se observó que la respuesta de *R. mangle* corresponde a un follaje vigoroso, con la mayor actividad fotosintética de entre todas las demás (FIGURA 3.15 B). Esto coincide con Zhang *et al.* (2014), quienes con datos de laboratorio señalan que esta respuesta espectral se debe al verde oscuro y al grosor de las hojas de la especie.

En una segunda visita al área de estudio se obtuvo la información necesaria para realizar la eva-

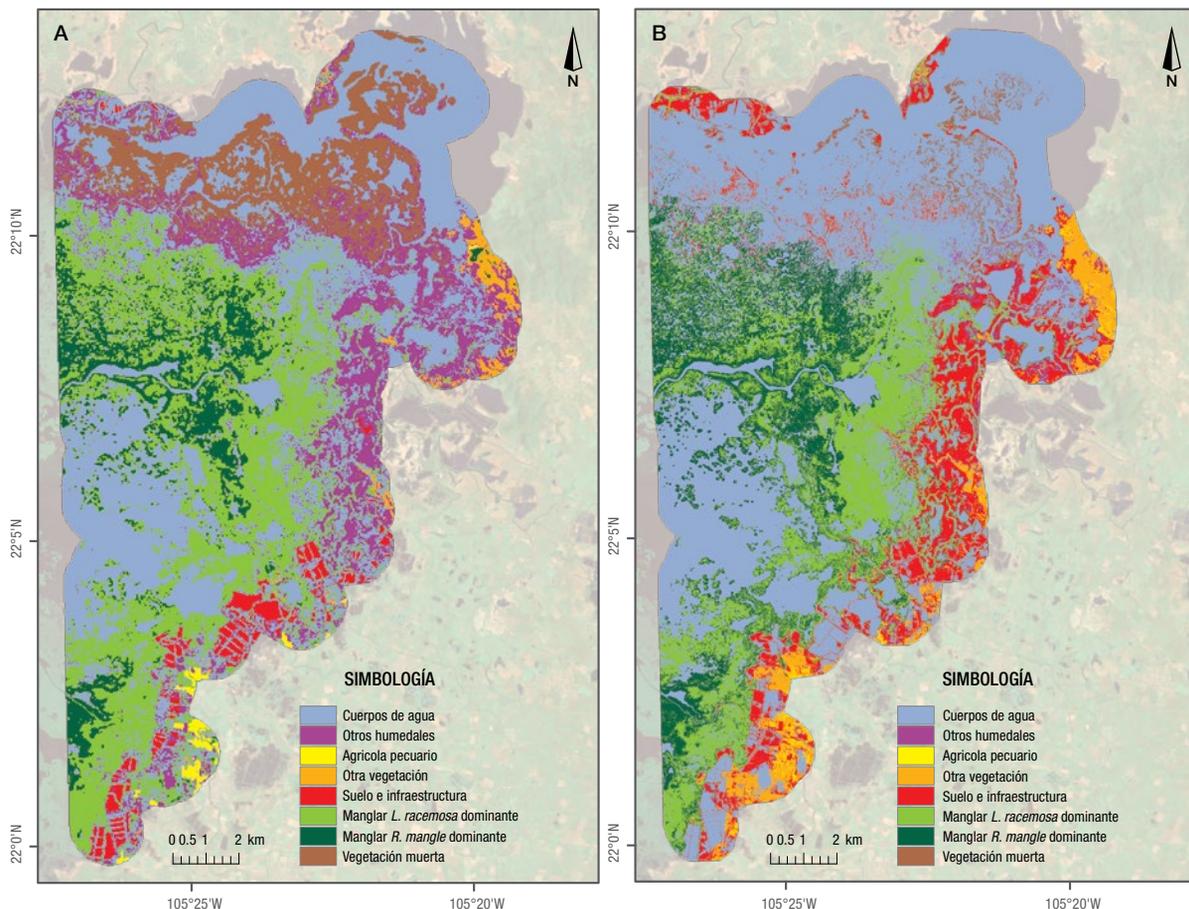


FIGURA 3.14 Mapas de cobertura terrestre obtenidos con el proceso de clasificación. A) Resolución de 30 m a partir del compuesto de NDVI de Landsat-8 y B) 1.6 m a partir de imagen WorldView-2, ambas del año 2015.

luación de la exactitud de los mapas. Se seleccionaron sitios con dominancia de alguna de las dos especies de manglar. La FIGURA 3.16 muestra uno de los sitios visitados. En la fotografía aérea (B) se observa la diferencia de tonalidades de verde entre los dos tipos de manglar, en tono claro *L. racemosa* y en oscuro *R. mangle*. Las clases que no corresponden a manglar fueron agrupadas como *Otras clases* y se construyó una matriz de confusión (Mas *et al.* 2003, Congalton y Green 2009).

El mapa derivado de la imagen WorldView-2 tiene una exactitud global del 94%. A nivel de especie es de 94% para *R. mangle* y 92% para *L. racemosa*.

Los errores de identificación correspondieron a sitios que se predijeron como manglar y resultaron ser otro tipo de vegetación en las partes más alejadas de la laguna. Mientras que el mapa derivado de datos Landsat-8 tiene una exactitud global de 42%, a nivel de especie es de 80% para *R. mangle* y 35% para *L. racemosa*, aunque no debe perderse de vista que la resolución espacial de esta fuente de datos es casi 19 veces menor que la fuente WorldView-2 (30 m de resolución contra 1.6 m), que el tamaño de los sitios visitados se eligió pensando en la resolución de las imágenes WorldView-2 y que la zona en donde se tomaron la mayor parte de los datos

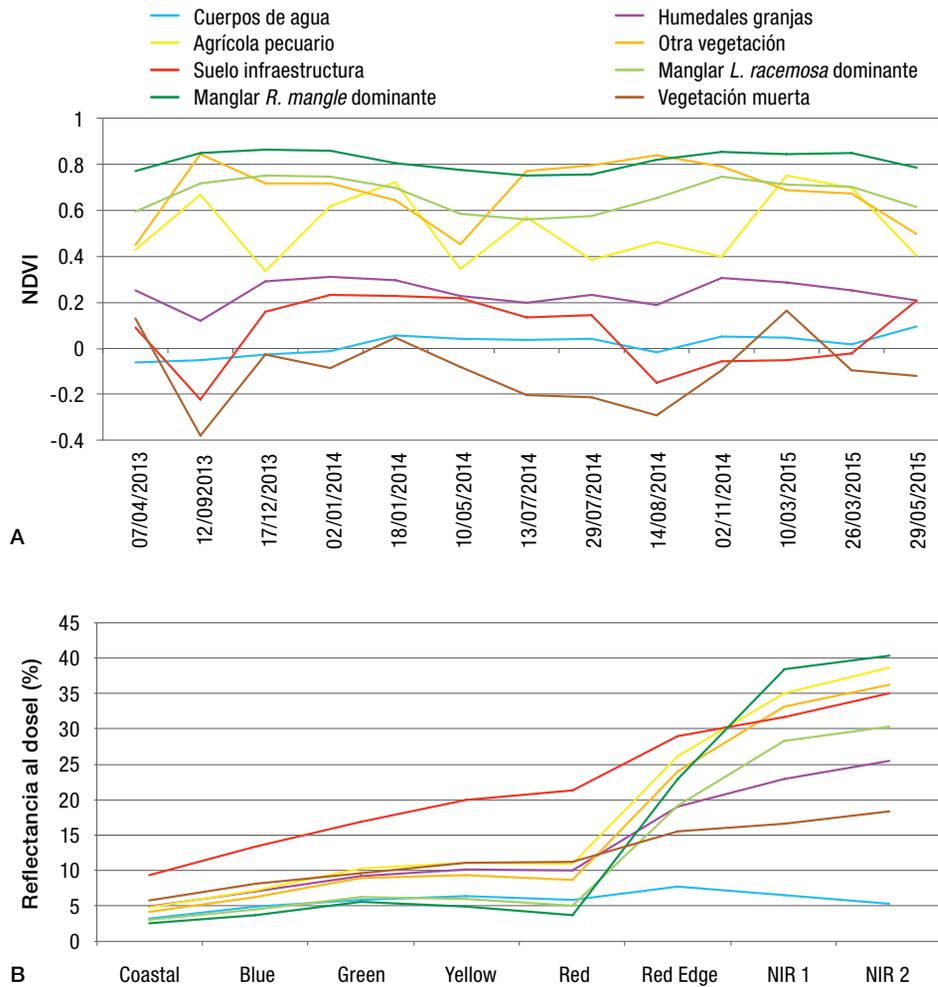


FIGURA 3.15 A) Perfiles fenológicos y B) perfiles espectrales de los diferentes tipos de cobertura de suelo identificados en el área de estudio.

para validar, es la más fragmentada y con mayor variación de dominancia de las especies.

Los resultados anteriores confirmaron lo sugerido por Lin *et al.* (2015), quienes afirman que la resolución espacial juega el papel más importante en la confiabilidad de una clasificación derivada de imágenes de satélite.

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que en esta región del país es posible identificar las áreas de dominancia de *R. mangle* con técnicas de percepción remota, dadas las características espectrales de la especie y las condiciones ambientales de la región. El uso de imáge-

nes de alta resolución como WorldView-2 mejora notablemente la capacidad de distinguir esta especie, sobre todo en lugares altamente fragmentados y con mucha variabilidad espacial. Sin embargo, el uso de este tipo de datos demanda mayores recursos debido a las necesidades de cómputo, el costo y disponibilidad de los insumos. En lo que respecta a las imágenes de mediana resolución como Landsat-8, éstas compensan su menor resolución espacial con su gratuidad y la posibilidad de construir series de tiempo, lo que brinda información valiosa para entender la dinámica fenológica y resiliencia de estos ecosistemas.

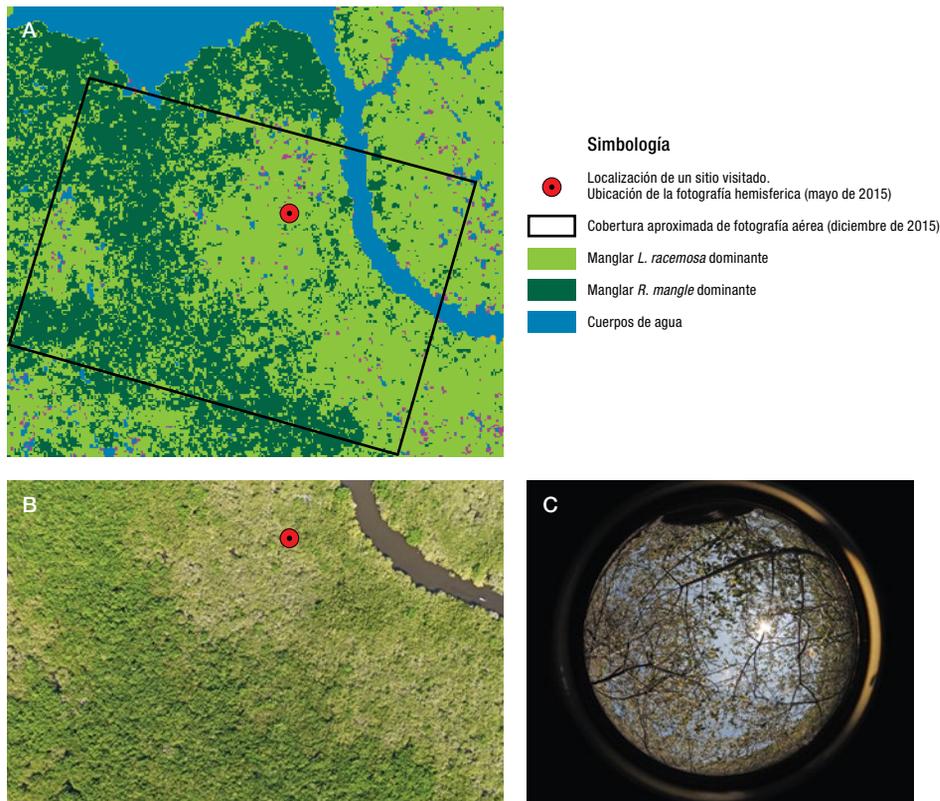


FIGURA 3.16 Sitio con dominancia de *L. racemosa*. A) Clasificación de imagen WorldView-2. B) Fotografía aérea. C) Fotografía hemisférica del sitio.

3.4 Actividad antrópica y dinámica de cambio de manglar.

Conocer sobre la dinámica de cambio en el ecosistema de manglar y zonas aledañas permite identificar los agentes que causan su transformación. En el paisaje costero existe una fuerte ocurrencia tanto de procesos naturales como de actividades humanas, que influyen en la pérdida de cobertura o en la perturbación del manglar y ecosistemas naturales en general. De las antes mencionadas, la de origen antrópico resalta en importancia, ya que normalmente implica incremento poblacional y con ello un aumento en la demanda de recursos asociados y mayor presión sobre los recursos naturales. Los procesos de origen natural, por ejemplo los meteorológicos, favorecen a la renovación del ecosistema, en cambio los artificiales, como el cambio de uso de suelo por intereses económicos,

los transforma de manera irreversible, por lo que la vigilancia de estos sitios es de suma importancia.

Dentro de los principales productos del componente espacial del SMMM, se encuentra la cartografía de uso de suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares en cada una de las cinco regiones de estudio que comprenden los 17 estados costeros del país. En esta cartografía se encuentran dos clases asociadas a los factores antrópicos: la *agrícola-pecuaria* (FIGURA 3.17) y el *desarrollo antrópico*. La primera de ellas está relacionada con el uso de suelo de las actividades económicas primarias, es decir agricultura (tanto de riego como de temporal), ganadería y silvicultura. La segunda clase engloba usos de suelo, como zonas rurales, zonas urbanas, zonas industriales, granjas acuícolas, puertos, infraestructura turística, etc.

A través del monitoreo de estas clases en las cuatro fechas de estudio (1970/1980, 2005, 2010

y 2015), se observó un incremento notable en su superficie. Como se muestra en la FIGURA 3.18, la superficie de la clase *agrícola-pecuaria* es mayor con respecto a *desarrollo antrópico*, no obstante ambas clases presentan un notorio incremento en su superficie de 1970/1980 a 2015 a nivel nacional (26.42% de incremento para *agrícola-pecuaria* y 232.19% para *desarrollo antrópico*).

Por otro lado, dentro del mismo componente espacial del SMM se deriva la cartografía de cambios en la extensión y distribución así como el tipo de cambio de la clase *manglar*. Esto ha permitido conocer las principales clases de cambio de vegetación y usos de suelo relacionados con este ecosistema.

Con los datos de análisis de cambio para los tres periodos de estudio (1970/1980—2005, 2005—2010

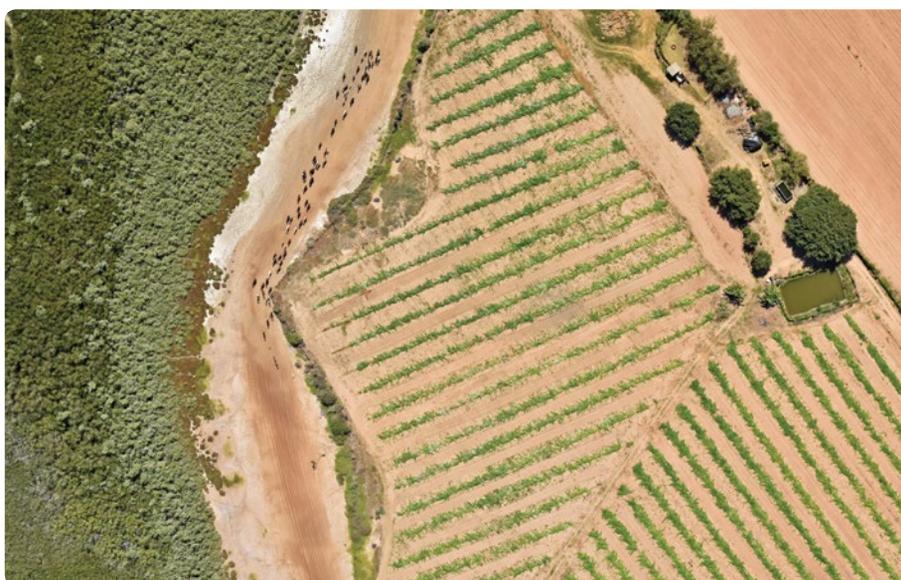


FIGURA 3.17 Actividad agrícola y ganadera en las inmediaciones del manglar en Sonora.

FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.

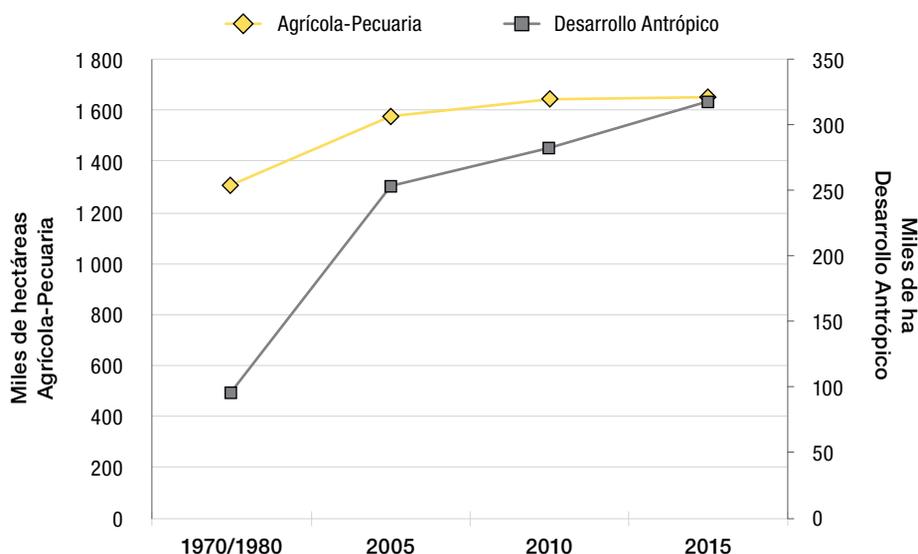


FIGURA 3.18 Superficie en hectáreas de las clases antrópicas en las cuatro fechas de estudio.

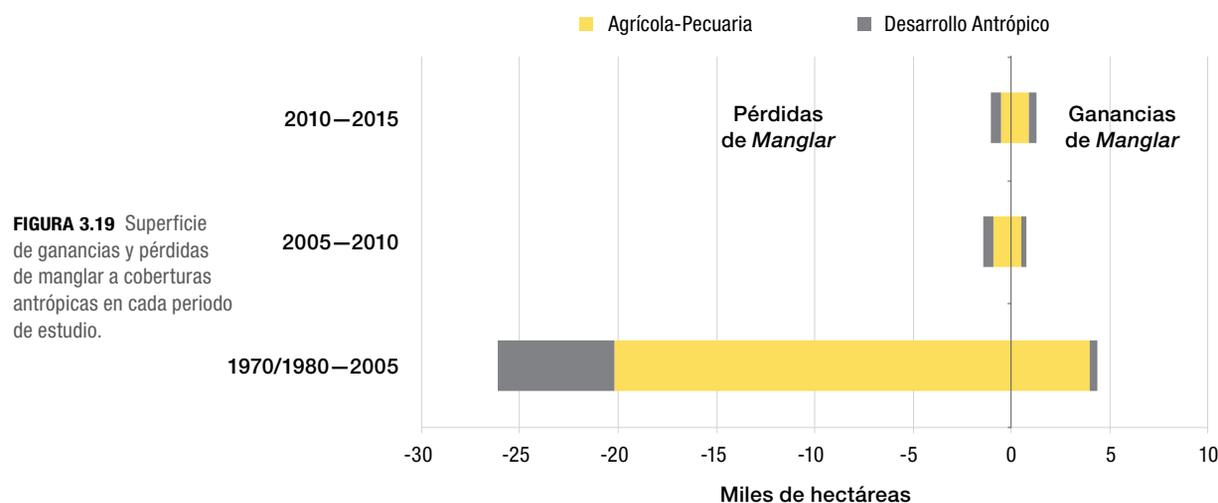
y 2010—2015), se identificó, a nivel nacional, que las clases que interactúan con el ecosistema de manglar generando una mayor dinámica de cambio son las coberturas naturales (*otros humedales, cuerpos de agua y otra vegetación principalmente*) y en menor proporción, las relacionadas con las actividades humanas (*agrícola-pecuaria y desarrollo antrópico*) (Valderrama *et al.* 2014). La mayor proporción de cambios se efectúa hacia las coberturas que no necesariamente tienen relación directa con actividades humanas. En estas clases existe un intercambio mutuo entre pérdidas y ganancias de la clase manglar, mientras que para el tipo de cambio relacionado con las clases antrópicas hay un grado de irreversibilidad. Esta situación se observa en la FIGURA 3.19, donde se muestran las superficies tanto de pérdidas como de ganancias de la cobertura de manglar hacia coberturas antrópicas. Se distingue claramente una superficie mayor hacia las pérdidas (-27 557 ha) que hacia las ganancias (5 091 ha) en el periodo 1970/1980—2005 y el mismo patrón entre 2005—2010 aunque con menor superficie. En el periodo 2010—2015 en cambio, la situación se invierte, aunque presentan superficies similares (-1 019 ha para las pérdidas y 1 296 ha para las ganancias).

Para entender la situación de cada región y conocer las amenazas al manglar con mayor detalle,

es necesario identificar las diferentes actividades humanas que se desarrollan en torno al ecosistema. En la cartografía del SMMM, ya de cuatro fechas, se tiene identificado el componente antrópico de forma general, sin embargo se ha trabajado en un producto más detallado (en cuanto a uso de suelo), que permite hacer una separación y ubicar con más precisión el tipo de actividad humana para identificar las que se encuentran en mayor medida relacionadas con la dinámica de cambio del ecosistema a lo largo de toda el área de estudio.

Para abordar este tema se planteó el objetivo de precisar el tipo de actividad humana a la que había cambiado la superficie de manglar en los dos primeros periodos de estudio (1970/1980—2005 y 2005—2010). Se propuso un sistema que se basa en nueve categorías, que representan el tipo de actividad sobre el manglar a nivel nacional (CUADRO 3.1) y se aplicó a los cambios de clase *manglar a desarrollo antrópico*, identificando el tipo de actividad humana con fuentes auxiliares de información provenientes principalmente del INEGI y de fotografías aéreas de CONABIO utilizadas en el mismo SMMM.

Para el primer periodo de 1970/1980—2005 como lo muestra la FIGURA 3.20, las principales categorías a nivel nacional a las que cambió la clase *manglar* fueron *granjas acuícolas y estanques*



CUADRO 3.1 Descripción de las categorías antrópicas.

Categoría	Descripción
Vías de comunicación	Se encuentran en esta categoría las carreteras, terracerías, caminos rurales y vías férreas.
Poblados	Se encuentran incluidos tanto urbanos (>2 500 habitantes) como rurales (<2 500 habitantes). Se tomaron de referencia los datos del INEGI (de los años 2005 y 2010) para su identificación.
Zonas industriales	Incluye la infraestructura dedicada a actividad industrial como pozos petroleros, refinerías, salineras, plantas hidroeléctricas, termoeléctricas, complejos petroquímicos.
Zona portuaria	Incluye a las zonas terrestres y algunas veces marítimas de los puertos destinados al flujo de cualquier tipo como personas, mercancías, información, etc. hacia o desde embarcaciones.
Aeropuertos	Esta categoría incluye los aeropuertos y pistas aéreas destinadas al despegue y aterrizaje de aeronaves.
Granjas acuícolas y estanques artificiales	En esta categoría se incluye toda aquella infraestructura dedicada a la producción y crianza de alguna especie acuícola como camarón, ostión, peces comestibles entre otras.
Zonas turísticas	Incluye la infraestructura hotelera, campos de golf, restaurantes, zonas de esparcimiento de playa, complejos residenciales turísticos, entre otros.
Infraestructura hidráulica	En esta categoría se encuentran las obras dedicadas al transporte y almacenamiento de agua como por ejemplo canales, embalses o represas.
Zonas en construcción	Son superficies en donde se observa algún tipo de construcción sin saber aún el tipo de actividad final.

artificiales (FIGURA 3.21), *zonas turísticas*, *vías de comunicación* y *zonas en construcción* (FIGURA 3.22). Es de particular interés esta última categoría, ya que se considera como una clase de transición, al ser superficies que, al momento del estudio, se encontraban en construcción y no fue posible saber en ese momento el tipo de actividad humana que se pretendía establecer, por lo que se considera importante su monitoreo en las posteriores fechas.

El análisis del primer periodo también permitió identificar a nivel región cuales fueron las principales categorías antrópicas a las cuales cambió el manglar, esto se muestra en el CUADRO 3.2.

Un ejemplo de estos cambios se muestra en la FIGURA 3.23, donde se ilustra un proceso de cambio de *manglar* a la categoría antrópica *zonas en construcción* entre 1970/1980—2005 en Quintana Roo. En el recuadro A se muestra una imagen Landsat de 1985, donde se observa la cubierta vegetal que corresponde a *manglar* y señaladas en líneas color rosa, las áreas que en el recuadro B (que

corresponde a una imagen SPOT 5 de 2008) corresponden al cambio a *zonas en construcción*.

Para el segundo periodo de análisis (2005—2010), las principales categorías antrópicas a las que cambió el manglar a nivel nacional fueron *granjas acuícolas* y *zonas en construcción*. De igual forma que en el periodo anterior, el análisis por regiones mostró diferentes categorías dominantes, como se muestra en el CUADRO 3.3.

Con la información de estos dos periodos también se observa que en algunas regiones, como en la Pacífico Norte, una sola categoría antrópica domina en cuanto a porcentaje de la superficie de cambio en ambos periodos (*granjas acuícolas* y *estanques artificiales*), mientras que en otras regiones, como Golfo de México, el mayor porcentaje se reparte en por lo menos dos categorías antrópicas.

A manera de ejemplo, la FIGURA 3.24 muestra una zona, también en Quintana Roo, donde se observó un cambio de *manglar* a *zonas en construcción*. En el cuadro A que corresponde a una imagen SPOT 5 de 2008, se muestra en lí-

CUADRO 3.2 Principales categorías antrópicas por región en el periodo 1970/1980—2005.

Región	Principales categorías antrópicas a las que cambia el manglar en el periodo 1970/1980—2005	Porcentaje de la Clase Desarrollo antrópico (%)
Pacífico Norte	<i>Granjas acuícolas y estanques artificiales</i>	60
Pacífico Centro	<i>Zonas turísticas</i>	40
	<i>Zonas industriales</i>	18
Pacífico Sur	<i>Granjas acuícolas y estanques artificiales</i>	39
	<i>Vías de comunicación</i>	28
Golfo de México	<i>Poblados</i>	23
	<i>Zonas industriales</i>	20
Península de Yucatán	<i>Zonas turísticas</i>	32
	<i>Zonas en construcción</i>	32

CUADRO 3.3 Principales categorías antrópicas por región en el periodo 2005—2010.

Región	Principales categorías antrópicas a las que cambia el manglar en el periodo 2005—2010	Porcentaje de la Clase Desarrollo antrópico (%)
Pacífico Norte	<i>Granjas acuícolas y estanques artificiales</i>	74
Pacífico Centro	<i>Zonas en construcción</i>	96
Pacífico Sur	<i>Infraestructura hidráulica</i>	39
	<i>Zonas industriales</i>	34
Golfo de México	<i>Granjas acuícolas y estanques artificiales</i>	42
	<i>Vías de comunicación</i>	30
Península de Yucatán	<i>Zonas en construcción</i>	61
	<i>Zonas turísticas</i>	17

neas rosas el área de los polígonos que en 2010 (recuadro B), se identificaron como *zonas en construcción*. Posteriormente en 2015 (recuadro C), se observa que parte de este polígono se ha convertido en un hotel, por lo que la nueva categoría antrópica corresponde a *zonas turísticas*. También se identifica una nueva área de *zonas en*

construcción (cuadro amarillo en el recuadro C). La imagen 2010 es una del tipo World View 2, cortesía de ECOSUR mientras que la 2015 corresponde a una imagen SPOT 5.

Con las fotografías aéreas tomadas durante las dos campañas de vuelos con SEMAR (2008 y 2015/2016), se ilustran algunas categorías antró-

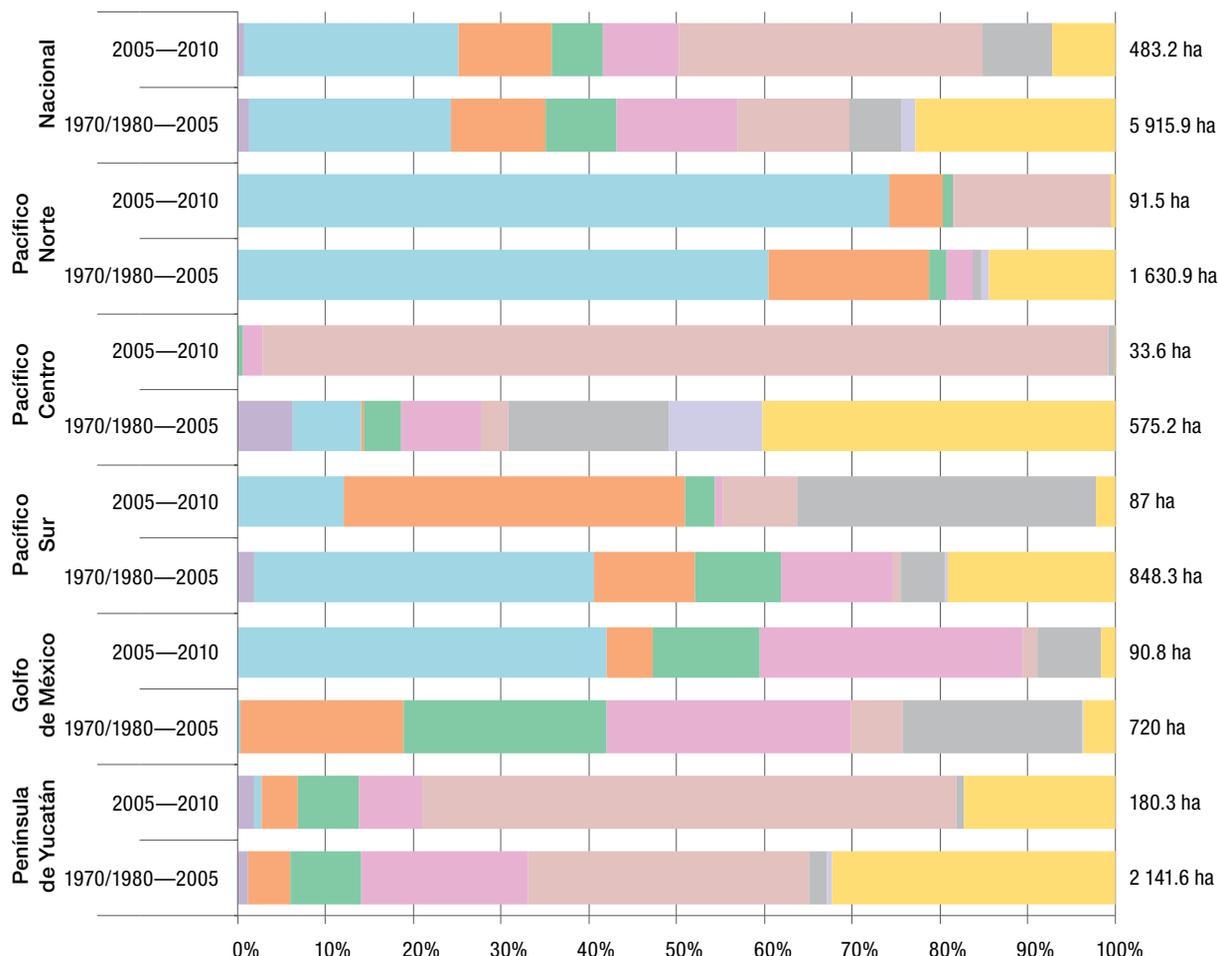


FIGURA 3.20 Porcentaje de superficie de cambio de manglar a categorías antrópicas en dos periodos (1970/1980—2005 y 2005—2010) a nivel nacional y regional.

Aeropuertos y pistas
 Infraestructura hidráulica
 Vías de comunicación
 Zonas industriales
 Zonas turísticas
 Granjas acuícolas y estanques artificiales
 Poblados
 Zonas de construcción
 Zonas portuarias

picas representativas de algunas regiones. En la FIGURA 3.25 (A) se muestra una zona en proceso de relleno y construcción en Quintana Roo, con algunas vías de comunicación ya establecidas. Este tipo de cambios en áreas de manglar, como anteriormente se mencionó, son muy comunes en la región Península de Yucatán y muchas veces terminan como complejos turísticos como el que se ilustra en la misma figura (B).

En la FIGURA 3.26 se muestra una salinera dentro de una laguna costera con presencia de manglar, en Oaxaca. Este tipo de actividad se considera dentro de la categoría antrópica *zonas industriales*, que junto con *infraestructura hidráulica* son las más comunes en la región Pacífico Sur.

En la región Golfo de México una de las categorías más frecuentes son las *zonas industriales*, principalmente las relacionadas con el ámbito pe-

tolero. En la FIGURA 3.27 se observa un pozo petrolero en una zona de manglar en Tabasco.

Los resultados obtenidos del análisis anterior brindan información específica sobre la dinámica de cambio de vegetación y uso de suelo en los manglares, por lo que una vez establecido el método y los productos obtenidos, esta línea de trabajo se inserta de manera permanente en el componente espacial y de análisis del SMMM. Por esta razón, los

siguientes pasos a seguir son la actualización de la información sobre el tipo de categoría antrópica a la que cambió el manglar en 2015, ya que esta etapa brindaría un panorama de tres periodos en donde se podrían distinguir tendencias de cambio y categorías antrópicas recurrentes por región. También será deseable profundizar en el análisis de esta información de cambios con datos derivados de proyectos sobre la política pública y sus efectos en el manglar.



FIGURA 3.21 Granjas acuícolas en zonas de manglar en Sinaloa.

FOTO: S.V.S. CONABIO-SEMAR.



FIGURA 3.22 Infraestructura turística en zonas de manglar en Quintana Roo.

FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.

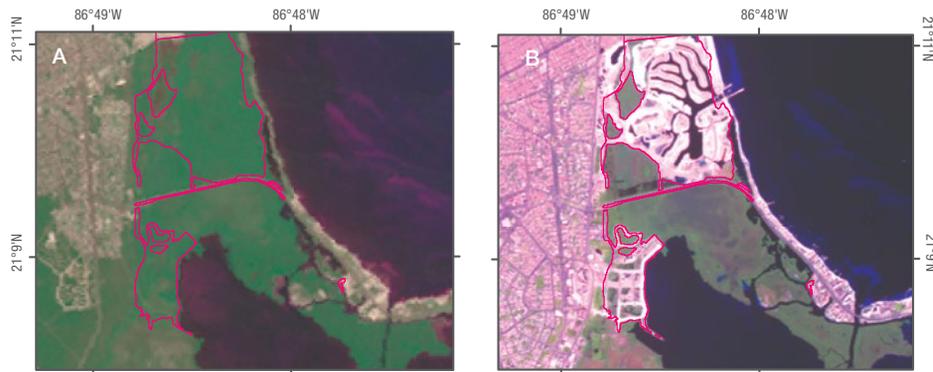


FIGURA 3.23 Cambio de manglar a categoría antrópica *zonas en construcción* de 1970/1980—2005. IMAGEN ©CNES 2008, PRODUCIDA POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE “SPOT IMAGE”.

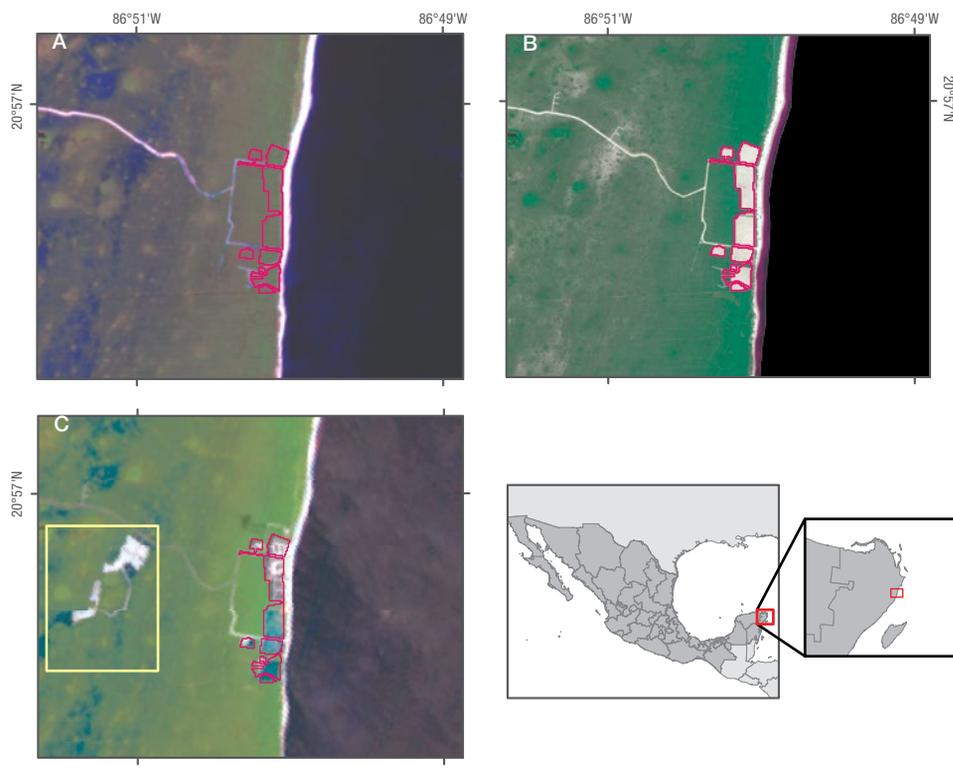


FIGURA 3.24 Cambio de manglar a *zonas en construcción* en el periodo 2005—2010. IMAGEN ©CNES 2015, PRODUCIDA POR EL SIAP BAJO LICENCIA DE “SPOT IMAGE”.



FIGURA 3.25 Zonas en proceso de relleno (A) y construcción (B) en los manglares de Quintana Roo. FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.



FIGURA 3.26 Salinera en laguna costera con presencia de manglar en Oaxaca.
FOTO: A.S.C. CONABIO-SEMAR.



FIGURA 3.27 Pozo petrolero en zonas de manglar en Tabasco.
FOTO: J.A.V. CONABIO-SEMAR.

3.5 Política pública de los manglares en México

Como muchos otros países del mundo, sobre todo los países megadiversos, México enfrenta el problema de la protección de sus recursos naturales por un lado y el uso y aprovechamiento de los mismos en forma sustentable por otro. Los manglares no son una excepción.

Para enfrentar este reto, en el transcurso de las últimas décadas, México ha desarrollado e implementado una multitud de políticas públicas, reflejadas en instrumentos y marcos regulatorios nacionales, al igual que firmas de convenios y protocolos internacionales.

Hasta los años setenta, el medio ambiente no tenía gran relevancia política en México y las políticas públicas estaban enfocadas primordialmente a aspectos sanitarios, interpretándolos como problemas ambientales, sobre todo como problemas de contaminación (Godau 1985).

Los órganos políticos nacionales que tenían relevancia en el desarrollo de las políticas ambientales en general y para los manglares en particular se describen a continuación.

En 1972 se creó la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA) como parte de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) (Lezama y Graizbord 2010), pero todavía con poco impacto en cuestiones ambientales. Con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) se creó también la Subsecretaría de Ecología en el año 1983 y se desarrolló el primer programa de ecología del país. En 1988 se expidió la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y se crean el Instituto Nacional de Ecología (INE, hoy el INECC) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la última como la primera dependencia responsable para la procuración de justicia ambiental. Durante el periodo de 1994—2000 se elevó la importancia del medio ambiente por primera vez al nivel de un ministerio, creando la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), hoy SEMARNAT, separando el ramo pesquero. En esta Secretaría se aglutinan ór-

ganos como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), todos con un impacto directo o indirecto en la formulación e implementación de políticas públicas para los manglares hasta el día de hoy (Guevara 2005).

En este marco se desarrollaron leyes, ordenamientos territoriales, normas oficiales y reglamentos con el fin de proteger a los manglares. La Ley federal de responsabilidad ambiental, la Ley general de vida silvestre (artículo 60 TER), la Ley general del equilibrio y protección al ambiente y la Ley general de cambio climático por nombrar algunas de las más relevantes. La última estipula en su artículo 26: “*En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los manglares [...]*”. También las normas oficiales como la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la NOM-022-SEMARNAT-2003. La primera se refiere a la protección ambiental de las especies nativas de flora y fauna silvestres de México y sus categorías de riesgo, identificando a cuatro de las seis especies de manglar que se distribuyen en el país en la categoría de *Amenazadas*. La segunda establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

Al nivel internacional México firmó convenios y protocolos como los de Kyoto (1997), CBD (1992); Ramsar (1971) y Aichi (2010), entre muchos otros, con el fin de alinearse a esfuerzos internacionales para la protección de la biodiversidad en general y también con un impacto para la protección del ecosistema de los manglares.

Para la década de 1970/1980 solamente el 1% de los manglares estaban protegidos a través del establecimiento de alguna ANP de carácter federal o estatal (FIGURA 3.28). Todos esos instrumentos resultaron en que, al día de hoy, este número fuera aumentando hasta llegar a un 63% (Troche-Souza *et al*, 2016).

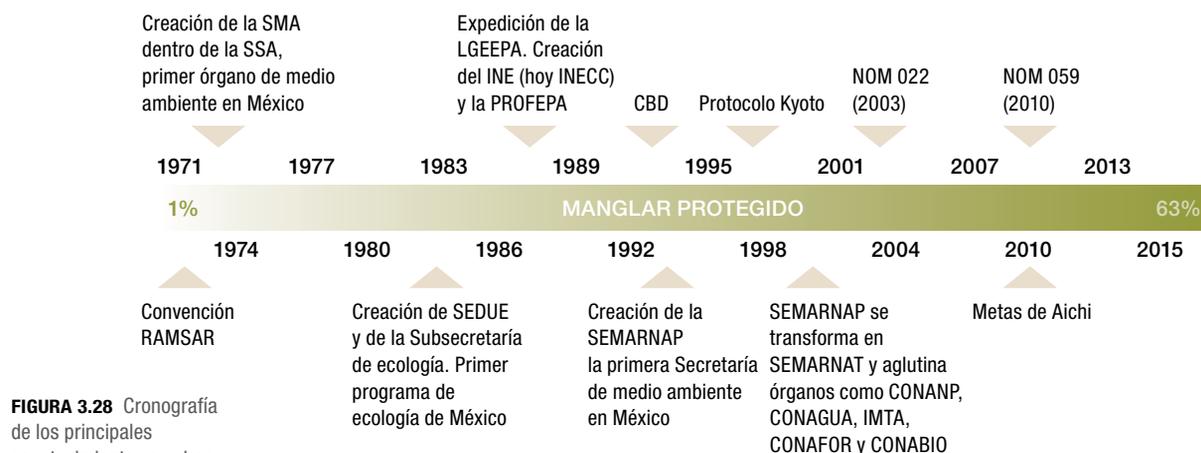


FIGURA 3.28 Cronografía de los principales acontecimientos que han incidido en la conservación de los manglares de México.

Adicionalmente, si se consideran otros esquemas de protección¹³ (áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales y sitios Ramsar) el número sube a 76.51% del total de la superficie existente de manglares.

Sin embargo, a pesar del reconocimiento de la importancia de este ecosistema a través de las políticas públicas ambientales en las últimas décadas, el problema de la deforestación y degradación del ecosistema al nivel regional persiste. Las causas son multifactoriales y no se puede determinar solamente un origen para esos procesos. Sin embargo, el principal problema consiste en que la regulación de los recursos naturales está dirigida a preservar a las especies o ecosistemas, pero no a regular el uso de suelo donde se encuentran las mismas, por ejemplo: la Ley Federal de Derechos (LFD) que, en su artículo 232, menciona que en la Zona federal marítimo terrestre, en la cual se encuentran la mayoría de los manglares, el uso de suelo puede ser acuicultura, una de las principales actividades causante para la pérdida de manglares.

El problema de evaluar los impactos de las políticas públicas sobre los manglares radica en que, muchas veces, las causas de degradación son multifactoriales y variadas según la zona, y la atribución de cambios o disturbios a un sólo agente no siempre es posible.

La injerencia de las políticas públicas en los manglares ha sido un tema poco estudiado, es por esto que CONABIO en el año 2013 financió un proyecto de la División de Ciencias Sociales y Humanidades del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Iztapalapa, para evaluar los impactos de las políticas públicas en cuatro sitios de manglar en el país: La Palma/Mecoacán (Tabasco), La Encrucijada (Chiapas), Punta Maroma/Chacmucuc (Quintana Roo) y Agua Dulce/El Ermitaño (Jalisco). El objetivo principal del proyecto fue proporcionar una metodología viable para identificar, clasificar y evaluar empíricamente las diversas consecuencias de diferentes políticas públicas, analizando sistemáticamente tres fuentes principales de información: a) estudios de casos existentes; b) resultados de entrevistas cualitativas semi-estructuradas; c) resultados de una encuesta estructurada entre expertos previamente identificados (Brenner 2015).

Como resultado de este proyecto se han identificado una serie de factores considerados determi-

13 Análisis realizado a partir de la cartografía digital de ANP federales y estatales de la CONANP (<http://sig.conanp.gob.mx/website/siganp/>) actualizadas a marzo 2016 y mapa de ANP municipales de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>) del año 2015.

nantes para los resultados de las políticas públicas de conservación ambiental. En términos generales los factores y procesos del deterioro de los manglares potencialmente ligados a la implementación de políticas públicas son los siguientes: deforestación, tala y fragmentación del paisaje, modificación del flujo del agua y apertura de barreras naturales, acuicultura, contaminación de cuerpos de agua, desarrollo turístico, pesca, agricultura y ganadería, urbanización costera, explotación petrolera y azolvamiento (sedimentación). Por otro lado, también se identificaron impactos favorables de las políticas públicas para los manglares en diferentes zonas del país, por ejemplo la implementación de políticas de conservación para los manglares, programas de reforestación y restauración, protección de los manglares a través del establecimiento de nuevas ANP o las UMA, y finalmente programas de ecoturismo sustentable.

Como ejemplo se presentan los resultados del estudio en el sitio “La Encrucijada” en el estado de Chiapas. Los resultados de los cuatro sitios con el informe final están accesibles a través del portal de la CONABIO:

- <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfKE010.pdf>

En la zona de La Encrucijada los expertos entrevistados identificaron principalmente dos consecuencias ambientales de las políticas públicas en los manglares. Primero, el incremento de la sedimentación (azolvamiento) cerca de las desembocaduras de los principales afluentes de los humedales debido a la rectificación de cauces realizada por la CONAGUA a finales de los años 1990. Adicionalmente entre 2006 y 2012, la Secretaría del Campo de Chiapas impulsó la producción de aceite vegetal a través del fomento agrícola a nivel estatal de la palma africana (FIGURA 3.29) (Brenner 2015). Otras consecuencias de las políticas públicas que afectaron a los manglares en esa zona, fueron actividades agropecuarias (ganadería), la regulación deficiente de la extracción de madera de mangle y prácticas no sustentables de pesca artesanal.

En la FIGURA 3.30 se puede apreciar el resultado del método de contextualizar espacialmente los resultados de las entrevistas a los expertos. A través de un grid o cuadrícula regular de 1 km, se les pidió señalar espacialmente donde se encuentra el efecto de algún factor particular sobre los manglares. La señalización múltiple del factor por varias personas en forma independiente destaca las zonas



FIGURA 3.29 Cultivo de palma africana junto al manglar en La Encrucijada, Chiapas.

FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR.

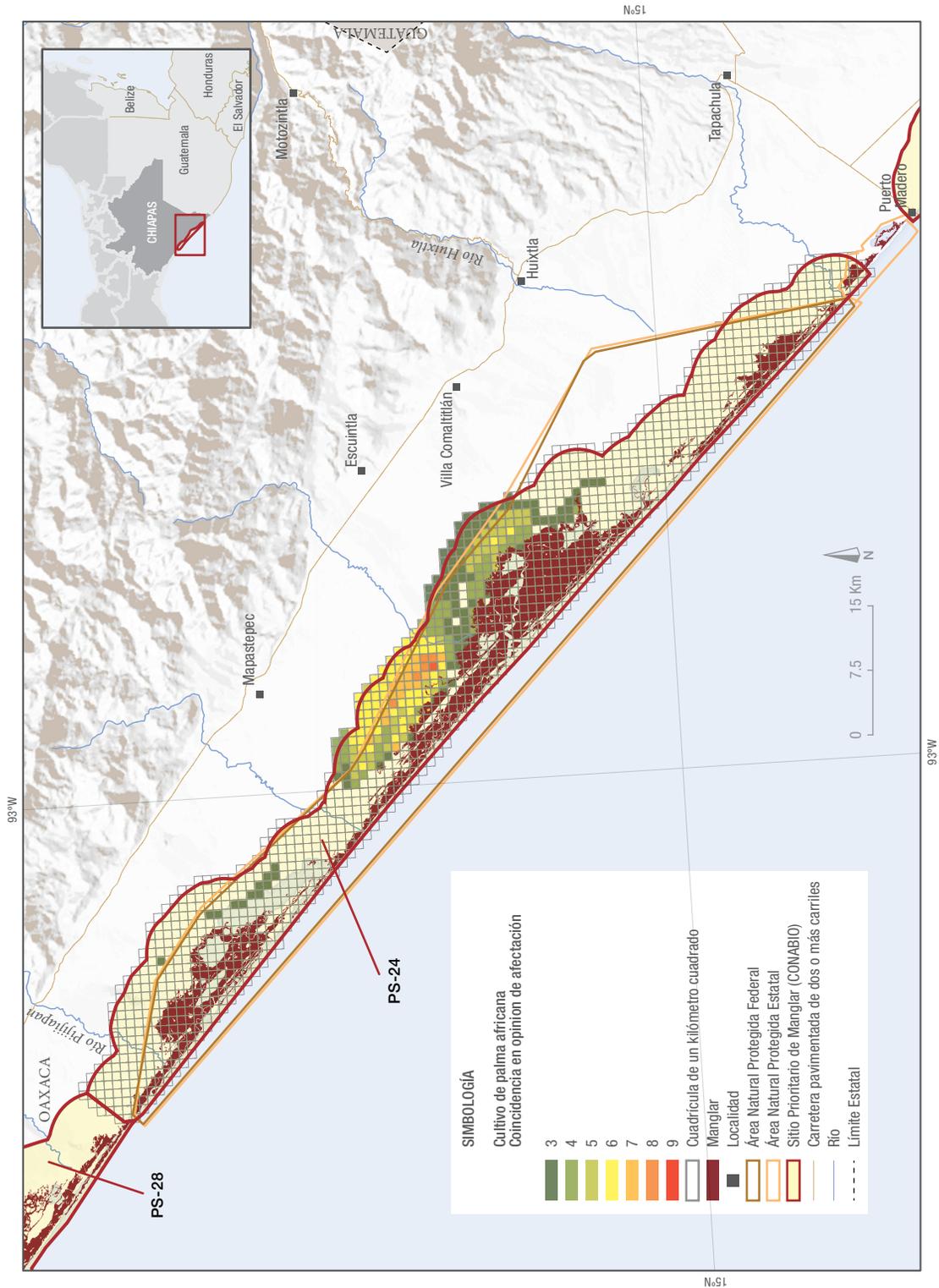


FIGURA 3.30 Impacto de la introducción del cultivo de la palma africana en La Encrucijada a partir del año 2000.
 FUENTE: INFORME DEL PROYECTO KE010 APOYADO POR LA CONABIO.

más impactadas y expresa también la certidumbre del efecto sobre la región. Este ejercicio se repitió para todos los impactos identificados por parte de los expertos para este sitio. La FIGURA 3.30 muestra como ejemplo el impacto de la introducción del cultivo de la palma africana en La Encrucijada a partir del año 2000. Los instrumentos principales del fomento gubernamental (subvenciones) a partir del año 2006, se basaban en paquetes agrotecnológicos que incluían apoyos para la siembra, agroquímicos y asesoría técnica (Brenner 2015). Los resultados de los entrevistados señalan que las subzonas más afectadas por el cultivo de la palma africana se encuentran en el centro de la zona de estudio y en particular al norte y noroeste de la zona núcleo de los manglares, representando un riesgo de invasión para el ecosistema.

Durante el sexenio del gobernador Lic. Juan Sabines Guerrero (2006—2012) la producción de granos básicos y del cacao, café, algodón, soya y arroz disminuyó, debido principalmente al alto rendimiento económico de la palma africana. Los impactos negativos ambientales de la expansión rápida de este cultivo fueron la desecación, salinización y compactación de los suelos, la eliminación de la vegetación original, así como contaminación de los suelos por el consumo excesivo de agua y el uso de plaguicidas. Además la palma africana invadió rápidamente zonas con azolvamientos recientes, desplazando al manglar e impidiendo su rehabilitación y reforestación (Brenner 2015). Aunque después del cese del fomento público en el año 2012 y a pesar de los problemas ambientales, la palma africana sigue siendo un cultivo importante en esa zona por su mayor rendimiento comparado con los cultivos tradicionales y la ganadería, resultando también en una modificación de la agricultura tradicional en la zona.

A esos impactos se sumaron otros factores como la ganadería, la agricultura, el turismo no regulado, la expansión de asentamientos humanos y de infraestructura urbana, afectando a los manglares. Dichos factores fueron parcialmente inducidos

por diferentes instrumentos de la política pública. Hubo un consenso fuerte entre los entrevistados de que la sedimentación de los manglares es una de las principales amenazas en la zona. El cambio del régimen del flujo de los ríos principales y la rectificación de los cauces, resultan en una sedimentación continua en las cuencas bajas de los afluentes y en los manglares y empezó a partir del año 1998 con la introducción del plan hidráulico de la CONAGUA. Este problema se trata de mitigar a través de programas de conservación y rehabilitación de los manglares, impulsados por parte de instituciones gubernamentales como CONANP, CONAFOR, SAGARPA y la CONAPESCA, concentrándose en la rehabilitación hidrológica y la reforestación de estos (Brenner 2015). Lo anterior pone en evidencia la problemática de la falta de sincronización y hasta la ejecución de acciones antagónicas entre las políticas públicas de las diferentes instituciones y niveles del gobierno, lo que puede resultar en conflictos y efectos contraproducentes.

El trabajo en La Encrucijada describe y explica los principales factores (negativos y positivos) de las políticas públicas en los manglares. La FIGURA 3.31 muestra el análisis de concentración de todos los factores estudiados en forma combinada. Los colores naranja y rojo expresan las zonas afectadas por el mayor número de factores que han operado en los manglares a lo largo del tiempo, estos pueden darse en forma simultánea o secuencial.

Cabe mencionar que no todas las políticas públicas han sido negativas para los manglares en esa zona. Sobre todo los programas que han promovido la participación comunitaria en la conservación de los manglares, por ejemplo a través del establecimiento de UMA o del turismo sustentable. En este contexto, la coordinación de las políticas e instrumentos públicos es esencial para asegurar un ordenamiento territorial eficiente y un manejo sustentable de los manglares para evitar los errores del pasado. ■

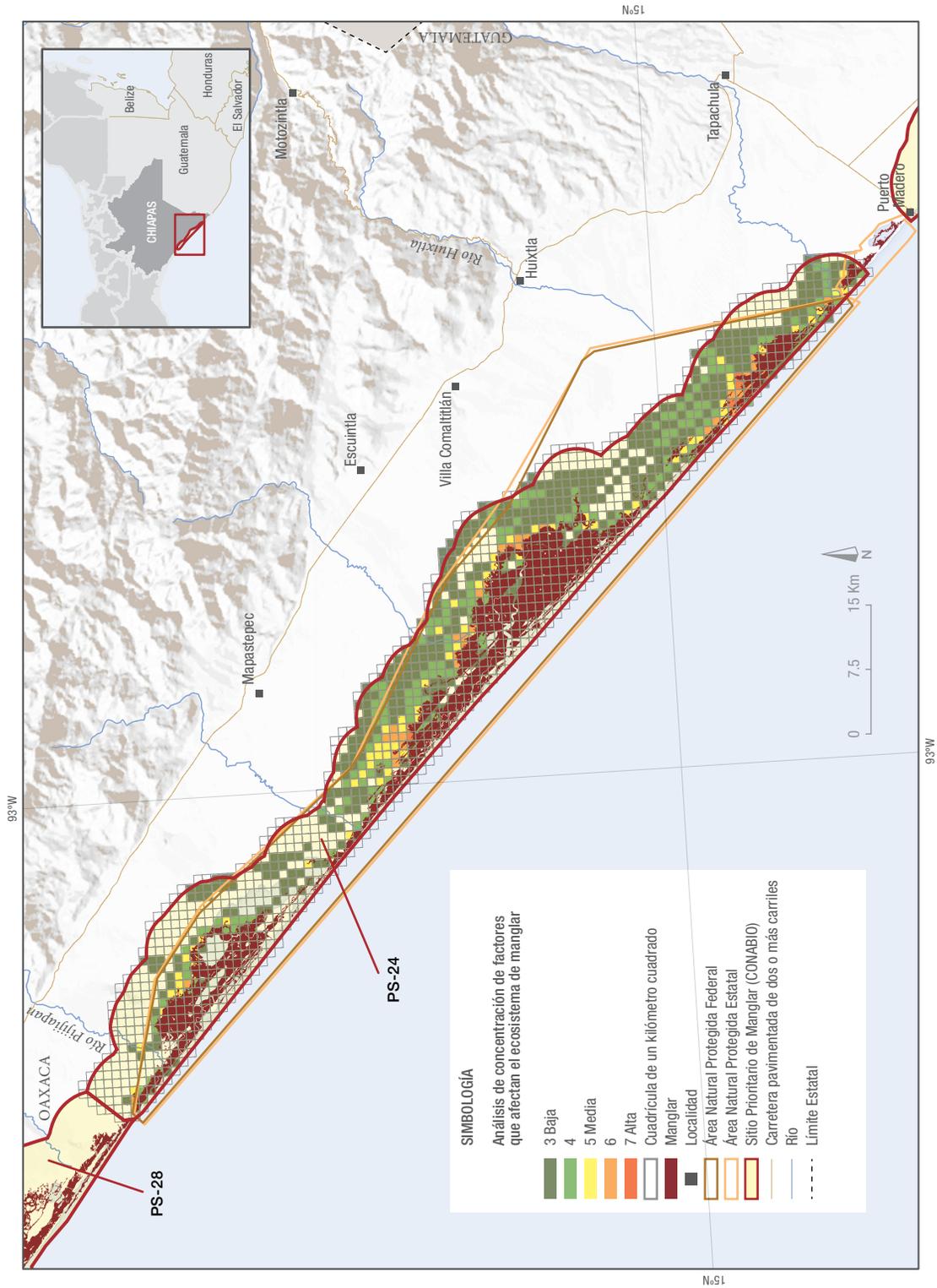


FIGURA 3.31 Concentración de factores que afectan el ecosistema de manglar en La Encrucijada, Chiapas.

FUENTE: INFORME DEL PROYECTO KE010 APOYADO POR LA CONABIO.



Manglares en Laguna del Ostión, Veracruz

FOTO: C.T.S. CONABIO-SEMAR

CONCLUSIONES



Mangle blanco
Laguncularia racemosa

El sistema de monitoreo de los manglares de México (SMMM) ha generado información sobre la ubicación y extensión del ecosistema de manglar en el territorio nacional para los últimos 40 años. El origen del sistema data del año 2005, cuando se elaboró la primera cartografía específica sobre el tema a escala nacional, con un nivel de detalle de 1:50 000 y un área mínima a cartografiar de una hectárea. Posteriormente mediante un análisis retrospectivo se obtuvo un panorama de la situación de este ecosistema entre 1970 y 1980. Las actualizaciones siguientes, hechas para los años 2010 y 2015, brindan datos para identificar las áreas recientes de pérdida y recuperación del ecosistema, así como procesos temporales y permanentes que lo afectan, como es la dinámica costera y las perturbaciones en el manglar.

Para entender estos procesos se establecieron líneas de trabajo que han contribuido a ampliar el conocimiento sobre los fenómenos observados, que no fueron considerados en los inicios del SMMM. De esta manera el sistema ofrece ahora información complementaria a la dinámica de cambios.

Dinámica de manglar

El manglar es un ecosistema costero altamente dinámico espacial, temporal y biológicamente. Es por eso que a lo largo del periodo analizado (1970/1980—2015) se ha observado que el manglar ha

mantenido un intercambio constante de superficie con otros humedales, cuerpos de agua, manglar perturbado y otro tipo de vegetación. En particular, los resultados para la última observación (2015) muestran el predominio de ganancias de áreas de manglar sobre la pérdida¹⁴. A partir de estos resultados surgen nuevas interrogantes a resolver, entre las que podemos citar ¿cuáles son los factores que han contribuido a la recuperación del ecosistema?, ¿cómo las acciones de protección y programas realizados en los últimos años han favorecido su conservación?

Manglar perturbado

La identificación y diferenciación del manglar perturbado es fundamental en las prácticas de conservación del ecosistema, porque es una etapa de transición que puede derivar en la recuperación o la pérdida del manglar. Con base en las observaciones periódicas realizadas en el SMMM, se estima que el manglar perturbado se puede recuperar paulatinamente en un periodo aproximado de cinco años, principalmente cuando el agente de disturbio

14 Es importante mencionar que las mejoras en la elaboración de la cartografía permitieron identificar áreas de manglar que en versiones anteriores fueron consideradas en otras clases, debido a la incertidumbre en la interpretación de las imágenes de satélite.

es de origen natural. Así mismo se ha observado una tendencia al incremento de áreas que se recuperan respecto a las que se pierden a lo largo de las fechas de estudio. Sin embargo, aún falta conocer más sobre esta transición; entre los cuestionamientos a dar respuesta se encuentran los siguientes: ¿cuál es el origen de la perturbación?, ¿cómo es su dinámica?, ¿cuáles son los factores que detonan la pérdida o la recuperación del manglar?, ¿cuáles serían las mejores prácticas de rehabilitación en áreas de perturbación?

Dinámica de la línea de costa

Los procesos de formación de la costa son altamente dinámicos espacial y temporalmente, porque dependen de procesos naturales como las corrientes marinas, aporte de sedimentos de los ríos y fenómenos naturales, que originan el avance o retroceso de la línea de costa. A su vez éstos son intensificados por las actividades humanas que transforman los procesos naturales, como la apertura de bocas y construcción de infraestructura que modifican la dinámica de los sedimentos. Para el caso del ecosistema de manglar esta dinámica se torna importante, ya que se ha identificado un predominio del retroceso de la línea de costa, principalmente en zonas sin vegetación, pero también en sitios con presencia de manglar que se ven fuertemente afectados. Esto ocurre especialmente en Punta La Disciplina, localizada en Campeche, y la desembocadura del río Santiago en Nayarit. En consecuencia a partir de los resultados obtenidos es preciso identificar, en el corto plazo, el origen de los procesos para disminuir la pérdida del ecosistema, y prever futuras afectaciones.

Cambio en la cobertura del manglar

Los cambios en la extensión y distribución del manglar dependen de los procesos naturales y antrópicos que predominan en un área específica y en el momento de la observación. Como se comentó anteriormente la dinámica de cambios entre el *manglar* y otros *humedales*, *cuerpos de agua*, *otra vegetación* y *manglar perturbado* es recurrente, por

lo que se consideran como cambios temporales. Sin embargo, en el momento que se identifica la transformación del manglar a usos del suelo (cuando el hombre implementa una actividad y elimina la cobertura original) como a las agrícolas-pecuarias y construcción de infraestructura, se considera un cambio permanente, porque el retorno a manglar es poco probable.

El análisis de los agentes de cambio establece que las principales actividades de transformación, a nivel nacional, son las agrícolas-pecuarias por la extensión que ocupan, y el desarrollo antropogénico por su intensidad de cambio. Dentro de estos últimos destacan las granjas acuícolas y estanques artificiales, zonas en construcción y zonas turísticas. El grado de participación de cada actividad en el proceso de cambio es diferente espacial y temporalmente en las cinco regiones en las que se divide el manglar en México, esto depende de las actividades productivas predominantes en cada entidad federativa o municipio, que se encuentran ligadas a las políticas de desarrollo.

La política pública en la conservación de los manglares

El primer paso para desarrollar el componente social del SMMM, es el análisis espacial de los efectos de la política pública sobre el ecosistema de manglar. Los resultados alcanzados por un proyecto sobre el tema, financiado por la CONABIO, permitieron establecer dos elementos principales a considerar en las prácticas de conservación del manglar, en primer lugar la identificación de las acciones fomentadas por la política pública que afectan positiva o negativamente al ecosistema, en segundo lugar la ubicación espacial de las áreas con mayores problemas de impacto o de presión, causados por dichas acciones.

Cuando se complementan los resultados de los cambios en la extensión y distribución del manglar, incluyendo la dinámica de la costa y la identificación del manglar perturbado, los principales actores de cambio y el análisis de la política pública, constituyen una herramienta básica para reo-

rientar o adecuar las políticas de conservación y desarrollo del país en beneficio de este ecosistema.

La información generada por el SMMM se ha enfocado principalmente en la generación de cartografía de la distribución del manglar como ecosistema, sin embargo es preciso resaltar el reconocimiento de la presencia en el territorio mexicano de las especies *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*, así como la variedad *Conocarpus erectus* var. *sericeus*, las cuales tienen distribución restringida, por lo que es de vital importancia la inclusión de éstas en los mecanismos de protección oficial como lo es la NOM-059-SEMARNAT.

Diferenciación de especies

Finalmente, y no por eso menos importante, el componente experimental del SMMM continua explorando nuevos temas que ayudan a explicar los procesos naturales o antrópicos que interactúan con el ecosistema. Ejemplo de ello es el análisis sobre la diferenciación de las especies de manglar, que resulta ser de gran interés para su conservación, por tal motivo el uso de datos de sensores remotos, como las imágenes de satélite y fotografías aéreas para validar los resultados, es indispensable. Considerando siempre las condiciones ambientales de la región de estudio, así como la disponibilidad y accesibilidad a los datos.

Consideraciones para la continuación del SMMM

El uso del mismo tipo de insumos, la aplicación del mismo método a lo largo del periodo analizado, la experiencia desarrollada en la interpretación de los datos y el conocimiento del territorio, gracias a los vuelos realizados con el apoyo de la SEMAR, permitió generar cartografía congruente y con mayor precisión para el año 2015. Sin embargo, la elaboración de esta cartografía para la siguiente observación, programada en el año 2020, con al menos las mismas características o mejores, se convierte en un gran reto, porque los insumos básicos (imágenes de satélite SPOT 5) no se encuentran ya disponibles. Por lo tanto, es ne-

cesario evaluar otros datos de sensores remotos alternativos que permitan continuar con la generación de información confiable para la toma de decisiones en beneficio de la conservación de los manglares de México. ■

REFERENCIAS



Mangle botoncillo
Conocarpus erectus

- Acosta-Velázquez, J., Rodríguez-Zuñiga, M. T., Ascención-Merino, M., Cerdeira-Estrada, S., Cruz-López, M.I., Colín-López, J., Ocaña-Nava, D. y Ressler, R. 2007. Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 1ra . etapa Informe final del proyecto DQ056. México D.F. En: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/Informe_Final_DQ056_31oct07.pdf. (Fecha de acceso: 25/08/2016).
- Agraz-Hernandez, C., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, F. y Jiménez-Zacarias, J.J. 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche, Centro EPOMEX, Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal, Instituto de Ecología A.C. México.
- Berlanga-Robles, C. A. y Ruiz-Luna, A. 2007. Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. *Universidad y Ciencia*. 23: 29—46.
- Blanco, J.M. (coord.). 2011. Diagnóstico funcional de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)/Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)/Gobierno del Reino Unido, Tepic, Nayarit.
- Boak, E. H. y Turner, I. L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21: 688—703.
- Brenner, L. 2015. Análisis de las consecuencias de la política pública en el contexto de la conservación de los manglares: los casos de La Palma/Mecoacán (Tabasco), La Encrucijada (Chiapas), Punta Maroma/Chacmuchuc (Quintana Roo) y Agua Dulce/El Ermitaño (Jalisco). Universidad autónoma metropolitana. Unidad Iztapalapa. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. KE010 México D.F.
- Burkett, V. R., Nicholls, R. J., Fernandez, L., y Woodroffe, C. D. 2008. Climate change impacts on coastal biodiversity. 167—193.
- Castillo, I. 2015. Centro de Investigación e Innovación Integral Empresarial Mar Bermejo S.C. Comunicación personal, noviembre.
- Chuvieco, E. 2008. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ariel. España.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2012. Lineamientos para la entrega de datos y productos de percepción. En: http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/pdf/instructivos/LineamientosPR_paginax.pdf. (Fecha de acceso: 25/08/2016).
- Congalton, R. G. y Green, K. 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data. CRC Press. USA.
- Davis Jr, R. y Fitzgerald, D. 2009. Beaches and coasts. John Wiley & Sons.

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1996. *Forest Resources Assessment 1990: Survey of Tropical Forest Cover and Study of Change Processes*. Rome.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. *The world's mangroves 1980—2005, Forestry Paper 153*. Rome.
- Flores-de-Santiago, F., Kovacs, J. y Flores-Verdugo, F. 2012. Seasonal changes in leaf chlorophyll a content and morphology in a sub-tropical mangrove forest of the Mexican Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 444: 57—68.
- Fromard, F., Vega, C., y Proisy, C. 2004. Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys. *Marine Geology*, 208: 265—280.
- Godau, R. 1985. La protección ambiental en México: sobre la conformación de una política pública. *Estudios Sociológicos*, 3: 47—84, México.
- Guevara, A.S. 2005. Política ambiental en México: génesis, desarrollo, y perspectivas. *ICE México*, 821: 163—175.
- Kramer, H. 2015. Sharing Earth Observation Resources, SPOT-5. En: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/spot-5>. (Fecha de acceso: 25/08/2016).
- Lezama, J.S. y Graizbord, B. 2010. Los grandes problemas de México. IV Medio Ambiente. 1a edición. El Colegio de México. México.
- Lin, C., Wu, C., Tsogt, K., Ouyang, Y. y Chang, Ch. 2015. Effects of atmospheric correction and pansharpening on LULC classification accuracy using Worldview-2 imagery. *Information Processing in Agriculture*, 2: 25—36.
- López-Portillo, J. y Ezcurra, E. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*. 8: Número Especial, 27—51.
- Márquez-García, E., Erazo, Z. F., Márquez-García, A. Z. y Aguilar, V. P. 2006. Cambios por erosión y acreción de las playas del Municipio de Solidaridad. *Revista de Medio Ambiente, Turismo Y Sustentabilidad*. Publicación de La Dirección de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento del Municipio Solidaridad en Colaboración con la Universidad del Caribe, 2: 45—57.
- Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R. y Vega-Pérez, A. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, 51: 53—72.
- Nettel, A., Dodd, R. S., Afzal-Rafii, Z., y Tovilla-Hernández, C. 2008. Genetic diversity enhanced by ancient introgression and secondary contact in East Pacific black mangroves. *Molecular Ecology*, 17: 2680—2690.

- Puyravaud, J. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177: 593—596.
- Schmidt, J. 2013. *Soil Erosion: Application of physically based models*, Springer Science & Business Media.
- Star, J. y Estes, J. E. 1990. *Geographic information systems: an introduction* (Vol. 303). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L. y Ergul, A. 2009. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0-An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change. US Geological Survey.
- Troche-Souza, C., Rodríguez-Zuñiga, M.T., Velázquez-Salazar, S., Valderrama-Landeros, L., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, A., Vázquez-Balderas, B., Cruz-López, M.I. y Ressler, R. 2016. *Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo (1970/1980—2015)*. CONABIO, México D.F., ISBN: 978-607-8328-38-3
- UNEP. United Nations Environment Programme. 2006. *Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being: A Synthesis Report Based on the Findings of the Millenium Ecosystems Assessment*. UNEP, 76.
- Valderrama, L., Troche, C., Rodríguez, M. T., Márquez, D., Vázquez, B., Velázquez, S., Vázquez, A., Cruz, M.I y Ressler, R. 2014. Evaluation of mangrove cover changes in Mexico during the 1970-2005 period. *Wetlands*, 34: 747—758.
- Zhang, C., Kovacs, J., Liu, Y., Flores-Verdugo, F. y Flores-de-Santiago, F. 2014. Separating Mangrove Species and Conditions Using Laboratory Hyperspectral Data: A Case Study of a Degraded Mangrove Forest of the Mexican Pacific. *Remote Sensing*, 6: 11673—11688.

CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS



Avicennia bicolor
(DETALLE DE LA FLOR)

Esta nueva publicación del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México fue posible gracias al trabajo y colaboración de varias personas e instituciones.

En primer lugar agradecemos al Dr. José Sarukhán Kermez, Coordinador Nacional de la CONABIO y al Ing. Raúl Jiménez Rosenberg, Coordinador General de Información y Análisis, cuya labor ha permitido el desarrollo de este proyecto de manera ininterrumpida los últimos once años.

De manera especial, agradecemos ampliamente a todo el personal de la Secretaría de Marina por su valioso apoyo logístico y por la infraestructura proporcionada durante los recorridos realizados para la validación terrestre y aérea de los manglares del país en 2008, 2015 y 2016; sin este apoyo no hubiera sido posible alcanzar una de las principales metas del SMMM: contar con una cartografía detallada, validada y confiable de los manglares de México.

Agradecemos al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM), por el asesoramiento otorgado por el Biól. Armando Peralta Higuera y el Geog. Miguel Ángel Ramírez Beltrán, al personal de CONABIO en la toma de fotografías aéreas y facilitar el equipo especializado.

También agradecemos a la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS NG) por su disposición en la entrega de las imágenes SPOT.

Agradecemos también a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por su valioso apoyo en las distintas áreas visitadas.

Se agradece al Dr. Ludger Brenner la información brindada para el capítulo sobre política pública en los manglares de México.

Se agradece también el apoyo financiero otorgado por la Fundación Packard a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza para la elaboración de la cartografía de manglares y otras coberturas en la región Noroeste del país para el periodo 2015.

Finalmente, se agradece el apoyo financiero otorgado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El equipo que trabajó y contribuyó directamente en esta publicación se conforma por las siguientes personas:

Dirección general de Geomática:

Dr. Rainer Andreas Ressler

DIRECTOR GENERAL DE GEOMÁTICA

M. en Geog. María Isabel Cruz López

SUBCOORDINADORA DE PERCEPCIÓN REMOTA

Grupo de Percepción Remota del SMMM:

M. en C. María Teresa Rodríguez Zúñiga

(RESPONSABLE DEL SISTEMA DE MONITOREO)

M. en C. Carlos Humberto Troche Souza

Biól. Berenice Vázquez Balderas

Dr. Luis Humberto Valderrama Landeros

Biól. Samuel Velázquez Salazar

Biól. Edgar Villeda Chávez

M. en A.E.G. José Alberto Alcántara Maya

Colaboradores de la Dirección General de Geomática de la CONABIO que apoyaron con los trabajos de gestión y georreferenciación de imágenes:

Pas. Geog. Margarita Ascención Merino

Geóg. Armando Gandarilla Ramírez

Geóg. Alejandra Núñez Merchand

Geóg. Shareni Lara Ramos

Pas. de Geóg. Arturo Guerrero Araiza

Geóg. Germain Reyes Nolasco

Otros colaboradores contratados para la actualización y exploración de datos del SMMM 2015:

M. en C. Augusto Humberto Segovia Castillo

Ing. Gilberto Daniel Hermosillo Camacho

Geog. Diego Armando Gallardo Báez

M. en C. Margarita Esther Mejía Solís

M. en C. Alma Delia Vázquez Lule

Personas e instituciones cuya colaboración fue importante para el desarrollo de los trabajos en campo:**CONANP**

M. en C. Humberto Gabriel Reyes Gómez

DIRECTOR REGIONAL OCCIDENTE Y PACÍFICO CENTRO

Biól. José Carlos Pizaña Soto

DIRECTOR REGIONAL PLANICIE COSTERA Y GOLFO DE MÉXICO

Biól. Víctor Hugo Vázquez Moran

DIRECTOR DEL ANP RESERVA DE LA BIOSFERA MARISMAS NACIONALES NAYARIT

M. en C. José Hernández Nava

DIRECTOR DEL ANP ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS

Biól. Carlos Agustín Bautista Jiménez

DIRECTOR DEL ANP RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA

Ing. Oscar Gerardo Rosas Aceves

TÉCNICO OPERATIVO DEL ANP RESERVA DE LA BIOSFERA

MARISMAS NACIONALES NAYARIT

Ing. José Guadalupe Carballo Reyes

COORDINADOR DE ANP DEL MUNICIPIO DE PALIZADA, ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA

Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS

Alejandro González Peralta

TÉCNICO OPERATIVO DEL ANP ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA

Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS

Biól. José Roberto Morales Rodríguez

JEFE DE OFICINA DEL ANP RESERVA DE LA BIÓSFERA PANTANOS DE CENTLA

Israel García Pérez

TÉCNICO OPERATIVO DEL ANP RESERVA DE LA BIÓSFERA PANTANOS DE CENTLA

Jesús Alberto Jiménez Hernández

TÉCNICO OPERATIVO DEL ANP RESERVA DE LA BIÓSFERA PANTANOS DE CENTLA

UNAM

Dr. Hugo López Rosas

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Gobierno de Campeche

Ing. Raúl del Rivero Quintero

EX-PRESIDENTE MUNICIPAL DE PALIZADA, CAMPECHE

UMA Nohan, Campeche

María Elena Rosiñol de La Cabada

REPRESENTANTE LEGAL

Biól. María Esther Espinoza Rodríguez

ASESORA TÉCNICA

Biól. Jonathan Josué Navarro Fonseca

ASESOR TÉCNICO

Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín, Puerto Morelos, ECOSUR

M. en C. Nilda Cecilia Elizondo

RESPONSABLE (ACTUALMENTE CON LICENCIA ACADÉMICA)

Lic. Dalia Hoil Villalobos

TÉCNICA TITULAR

Francisco Ignacio Uicab Góngora

APOYO EN CAMPO

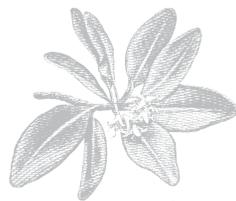
Centro de Investigación e Innovación Integral Empresarial

Mar Bermejo S.C.

Biól. Isaac Castillo Cruz

Fotógrafos

Abreviatura	Nombre
A.S.C.	Augusto Segovia Castillo
C.T.S	Carlos Troche Souza
E.V.C.	Edgar Villeda Chávez
J.A.A.M.	José Alberto Alcántara Maya
J.A.V.	Joanna Acosta Velázquez
M.T.R.Z.	María Teresa Rodríguez Zuñiga
N.V.	Nathan Velasco
S.V.S.	Samuel Velázquez Salazar



MANGLARES DE MÉXICO

Actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo
1970/1980–2015

En su composición tipográfica se utilizaron las familias:
Helvetica Neu LT Std y Minion Pro.

Este libro se presenta para continuar la difusión y poner a disposición del público la información actualizada del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM). Se exponen los métodos utilizados para generar la cartografía de los manglares y sus zonas aledañas y se hace énfasis en los resultados estadísticos y cartográficos obtenidos en la evaluación de 2015 para cada uno de los estados costeros del país.

A diferencia de las publicaciones anteriores, en esta ocasión se abordan cinco temas con los avances más relevantes de algunas de las líneas de investigación que se desarrollan en la Subcoordinación de Percepción Remota de la CONABIO como parte del SMMM, con el propósito de que sean de utilidad para abordar temas similares o profundizar en éstos por otros grupos de trabajo. Estos temas son: 1) el deterioro o perturbación de los manglares por distintos factores asociados principalmente con fenómenos meteorológicos o actividades antrópicas; 2) la detección de los sitios con procesos notables de dinámica de cambio de la línea de costa en las áreas con presencia de manglar; 3) la evaluación del uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial para diferenciar *Rhizophora mangle* de otras especies de manglar; 4) los principales agentes que provocan la transformación de los manglares mexicanos y 5) un análisis, a manera de ejemplo, de cómo la ejecución de políticas públicas pueden tener consecuencias para la conservación de los manglares.

Se espera que la información presentada ayude a la toma de decisiones sustentadas en favor de la conservación de éste ecosistema, responsable de un gran número de servicios ambientales, cuyo efecto repercute más allá de la zona costera donde se distribuye.

