



**LÍNEA BASE DE COBERTURA DE MANGLARES Y PASTOS
MARINOS DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA
YUM BALAM, QUINTANA ROO, MÉXICO.**

INFORME FINAL

Abril 2013

México





Línea Base de Cobertura de Manglares y Pastos Marinos del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Yum Balam, Quintana Roo, México.

CENTRO PARA LA GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

RESPONSABLE

Javier Enrique Sosa-Escalante

PARTICIPANTES

Aurea Carolina Acosta Tun

Jorge Enrique Bautista González

Cristina Marrufo Blanqueto

ASESORES EXTERNOS

Víctor Hugo Rivera Monroy

School of the Coast and the Environment

Louisiana State University

Enrique Martínez Meyer

Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México

Miguel Angel Briones Salas

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca,

Instituto Politécnico Nacional

David Eduardo Alonzo Parra

Ducks Unlimited de México, A.C.

Augusto Segovia Castillo

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente



RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través de la Dirección del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, como parte del Proyecto de Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica, en el marco de cooperación entre CONANP, MARFUND y el Banco de Desarrollo Aleman (KFW) con la colaboración del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y PRONATURA Península de Yucatán.



AGRADECIMIENTOS

Al personal de la CONANP, en especial a Jose de la Gala Rodríguez y Ernesto García del APFF Yum Balam por su entusiasta participación y por el apoyo brindado para la realización de este proyecto. A los asesores externos de este estudio por las recomendaciones realizadas. Al personal de PRONATURA Península de Yucatán por las facilidades brindadas. A todas las instituciones que brindaron información valiosa para la elaboración de este documento. A los consultores de los países hermanos de Guatemala, Belice y Honduras, que desarrollan estudios similares en áreas naturales protegidas como parte del Proyecto de Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica; la comunicación establecida ha favorecido la integración de la propuesta metodológica.



CONTENIDO

Apartado	Página
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
MÉTODO	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Especies	11
Uso de suelo y vegetación (INEGI)	12
Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR)	17
Inventario nacional de manglares (CONABIO)	18
Inventario y clasificación de humedales de México (DUMAC)	20
Clasificación no supervisada de manglar	23
Cambio de la cobertura de manglar	27
Distribución potencial de pastos marinos	28
Distribución y representatividad	33
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES TÉCNICAS	37
LITERATURA CITADA	38



LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie I 1978-1991 INEGI.	13
Figura 2. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie II 1994-1999 INEGI.	14
Figura 3. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie III 2002-2005 INEGI.	15
Figura 4. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie IV 2006-2010 INEGI.	16
Figura 5. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.	18
Figura 6. Distribución del manglar en el APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional de Manglares de la CONABIO.	20
Figura 7. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica en la APFF Yum Balam, Quintana Roo.	21
Figura 8. Distribución del manglar y pastos marinos en el APFF Yum Balam con base en el inventario y clasificación de humedales de México de DUMAC.	22
Figura 9. Imagen Spot5 con la combinación de bandas R4, G1, B3, en donde destaca la distribución del manglar en el APFF Yum Balam.	23
Figura 10. Resultado de la imagen del satélite Spot5 con la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam.	24
Figura 11. Cobertura resultante de la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam.	25
Figura 12. Comparación entre la cobertura de manglar derivada de la clasificación no supervisada con la de CONABIO.	26
Figura 13. Capa de puntos establecidos como área de entrenamiento para la generación de firmas espectrales y la clasificación supervisada.	30
Figura 14. Distribución potencial de pastos marinos en el APFF Yum Balam.	31



LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie I 1978-1991 INEGI.	13
Cuadro 2. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en Serie II 1994-1999 INEGI.	14
Cuadro 3. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie III 2002-2005 INEGI.	15
Cuadro 4. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie IV 2006-2010 INEGI.	16
Cuadro 5. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.	17
Cuadro 6. Método empleado por la CONABIO para realizar el inventario de manglares en México.	19
Cuadro 7. Superficie de manglar en el APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional de Manglares de la CONABIO.	19
Cuadro 8. Superficie de manglar y pastos marinos en el APFF Yum Balam con base en el inventario y clasificación de humedales de México de DUMAC.	22
Cuadro 9. Superficie resultante de la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam.	25
Cuadro 10. Cobertura de manglar en el APFF Yum Balam registrada en diferentes períodos.	27
Cuadro 11. Superficies estimadas por clase de pastos marinos en el APFF Yum Balam.	31
Cuadro 12. Distribución general de los tipos de manglar presentes en el APFF Yum Balam según CONANP.	33
Cuadro 13. Representatividad de la cobertura de manglar y pastos marinos presentes en el APFF Yum Balam.	34
Cuadro 14. Superficies de manglar en sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica en México.	35



INTRODUCCIÓN

Para la administración y el establecimiento de medidas de conservación de un Área Natural Protegida (ANP), se requiere de bases técnicas que sustenten y dirijan las acciones de conservación biológica. En este sentido, los estudios de "Línea de Base" identifican cambios en el estado de conservación de los componentes del ecosistemas mediante la aplicación de métodos de monitoreo estandarizados para dar respuesta a los objetivos de conservación que se tienen planteados.

Las principales presiones y amenazas que enfrentan los manglares y los pastos marinos son: Cambios de uso de suelo, cambios en la hidrología, construcción de infraestructura, contaminación y efectos de eventos meteorológicos. Es indudable que falta conocimiento actualizado sobre su distribución y extensión, la pérdida de cobertura y el impacto humano sobre los manglares y pastos marinos. Si bien en los últimos quince años, se han desarrollado una serie de trabajos enfocados a la evaluación de la distribución de estos ecosistemas con técnicas de percepción remota y trabajo de campo, existe consenso en que aún no se han estandarizado las técnicas adecuadas que permitan determinar con exactitud la extensión y distribución de estas coberturas a nivel paisaje.

El Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFF Yum Balam) se estableció mediante Decreto Federal publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de junio de 1994. Está ubicada en el Municipio de Lázaro Cárdenas del Estado de Quintana Roo, con una superficie de 154,052.25 hectáreas. Posee ecosistemas con una gran biodiversidad, especies endémicas y en riesgo, selvas (medianas, bajas y bajas inundables), bosques de manglar, esteros, lagunas y mares someros (CONANP, 2011).

El diagnóstico demográfico y socioeconómico tiene un notorio incremento debido a la actividad turística en su zona de influencia, no solamente en virtud de que es la actividad



económica que presenta un crecimiento más robusto en la región del Caribe Mexicano, que ha desencadenado un importante fenómeno de crecimiento demográfico por inmigración, sino porque todo parece indicar que, al menos en el futuro previsible, ninguna otra actividad económica representará una presión demográfica, social o económica para la viabilidad de esta ANP. De continuar el desarrollo turístico sin una visión de largo plazo, el establecimiento y operación de infraestructura para servicios y las actividades turístico-recreativas, podrían tener efectos severos sobre la economía de las poblaciones locales al ser desplazadas por esta actividad, sin embargo se abre una oportunidad económica a un grupo más selecto y reducido de la población (CONANP, 2011).

Bajo este contexto, los recursos biológicos del APFF Yum Balam presentan fuertes presiones que podrían poner en riesgo la integridad ecológica del área. En consecuencia, la administración del área, desarrolla estudios de línea de base de los manglares y de los pastos marinos, ya que estas comunidades son "claves", pues al afectarse, provocarían cambios estructurales en el ecosistema y la pérdida de diversidad. Estas afectaciones están directamente asociadas con las funciones de estas comunidades como áreas de alimentación, refugio, reproducción, anidación, desarrollo y crecimiento para diferentes especies, fuente de materia orgánica, estabilidad de playa, captura, estabilización y formación de sedimentos, así como por su servicio escénico para las actividades turísticas como la observación de aves en los manglares.

El conocer lo que existe, en donde está, en qué cantidad y calidad, es indispensable para poder sugerir políticas congruentes con un análisis razonado de escenarios y con los planteamientos de costo beneficio que exige la sociedad moderna. Por tal motivo, el presente proyecto constituye la primera fase y punto de partida, para que con base en una propuesta metodológica sólida, posteriormente se pueda evaluar y medir el estado de conservación de los manglares y pastos marinos presentes en la APFF Yum Balam.



OBJETIVO GENERAL

Elaborar la línea base de la cobertura de manglares y pastos marinos con distribución en el APFF Yum Balam.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar y recopilar la información existente, así como y realizar un diagnóstico de la información obtenida.
- 2) Determinar las especies de manglares y pastos marinos que se han reconocido, así como su superficie y zonas de distribución dentro del APFF Yum Balam.
- 3) Elaborar una propuesta metodológica para la medición y evaluación del estado de conservación de los manglares y pastos marinos del APFF Yum Balam.

MÉTODO

La investigación documental incluyó la identificación de documentos (impresos y digitales), base de datos, capas vectoriales e información Raster (imágenes), sobre los manglares y pastos marinos del APFF Yum Balam. Para tal efecto, la Dirección del ANP coadyuvo solicitando por escrito el apoyo de diversas instituciones: CONABIO, CONANP, PROFEPA, INECC, CONAFOR, INEGI, SEMAR, CONAGUA, PRONATURA, Amigos de Sian Ka'an, PNUD, DUMAC, CINVESTAV, CICY, ECOSUR, Universidad de Quintana Roo y Universidad Autónoma de Yucatán, entre otras.

Análisis de la información

- I) Para la generación de la cartografía y analizar la superficie y cambios en el manglar se emplearon las siguientes capas vectoriales.



- 1) Uso de suelo y vegetación Serie I 1978-1991 INEGI.
- 2) Uso de suelo y vegetación Serie II 1994-1999 INEGI.
- 3) Uso de suelo y Vegetación Serie III 2002-2005 INEGI.
- 4) Uso de suelo y Vegetación Serie IV 2006-2010 INEGI.
- 5) Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 CONAFOR.
- 6) Localidades, municipios y carreteras (INEGI, 2012).
- 7) Distribución de los Manglares de México (CONABIO, 2009).
- 8) Polígono del APFF Yum Balam (CONANP, 2012).

Para estimar las superficies de los tipos de vegetación en la APFF Yum Balam de los usos de suelo y vegetación de las Series I-IV de INEGI y del Inventario Nacional Forestal, se utilizó el software *ArqMap 10*, con la herramienta “*Clip*” del “*Georprocesing*”, para generar los cortes de las capas antes mencionadas de acuerdo al polígono del ANP. Los mapas cartográficos fueron generados con el software *ArqMap 10*.

II) Para el análisis de las coberturas de manglares y pastos marinos se utilizaron imágenes de satélite.

- 1) Imagen Spot 5 Vol. E56113071002172J2A01013. Fecha del 17 de febrero de 2010 proporcionada por la CONANP.
- 2) Imagen Spot 5 Vol. E46113071105081I2A00006. Fecha del 08 de mayo de 2011 proporcionada por la CONANP.

Para realizar la clasificación de los manglares y de los pastos marinos se utilizó el software *Erdas IMAGINE 2011* mediante una clasificación no supervisada, empleando el algoritmo *ISODATA*. La clasificación es el proceso de agrupar a los píxeles de la imagen en un número finito de clases individuales o de categorías de datos con base a los niveles digitales de la categoría de los datos. El algoritmo *ISOTADA* emplea la distancia espectral mínima para



formar cúmulos ó “*clusters*”. El procedimiento inicia con un cúmulo promedio arbitrario ó con el promedio de las firmas espectrales existentes, de tal forma que cada vez que se repite el proceso, el promedio de los cúmulos se modifica. El algoritmo realiza repeticiones hasta que se ejecute el máximo de iteraciones ó se alcance el máximo porcentaje de asignación de pixeles no cambiados entre dos iteraciones (Erdas, 2001).

La propuesta metodológica para la medición y evaluación del estado de conservación de los manglares y pastos marinos del APFF Yum Balam, se fundamenta en la experiencia existente sobre el tema en México y en la Península de Yucatán. La propuesta es concordante con lo sugerido a nivel internacional y con lo planteado para las otras áreas naturales protegidas que forman parte del Proyecto de Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica. Con el propósito de facilitar la gestión y la generación de consensos, la propuesta metodológica se presenta de forma independiente a este documento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies

Las especies de manglar presentes en el APFF Yum Balam son *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (botoncillo) y *Avicennia germinans* (mangle negro) (Vázquez-Lule *et al.*, 2009b). Los mangles rojo y negro son los más abundantes, mientras que el mangle blanco tiene una abundancia media y el botoncillo se presenta de forma ocasional (CONANP, 2011). Las cuatro especies están enlistadas como “Amenazadas” dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). En el área se reconocen cuatro tipos de manglar descritos para la Península de Yucatán (Trejo-Torres *et al.*, 1993): Manglar de cuenca baja, de franja, de franja lagunar y de salitral (CONANP, 2011).



Los manglares brindan conectividad con los pastos marinos y los arrecifes de coral. En el APFF Yum Balam se han registrado 3 especies de pastos marinos, 13 especies de corales duros, 9 de corales blandos y 15 de macroalgas. Los pastos marinos presentes en el ANP son *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* (Herrera, 2006; OCEANUS, 2007).

Uso de suelo y vegetación (INEGI)

En el ANP se distribuye pastizal halófilo, sabana, tasistal, tular, petenes, vegetación de dunas costeras, selva baja caducifolia, selva baja subcaducifolia, selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria (Vázquez-Lule *et al.*, 2009b; CONANP, 2011). Los usos de suelo y vegetación son un componente fundamental en la formación del paisaje. El reconocimiento de la distribución espacial de los tipos de vegetación, posibilita el análisis del cambio de uso del suelo, para comprender la dinámica de las transformaciones antrópicas de los sistemas naturales. El conocimiento del estado de la cobertura vegetal permite contar con fundamentos para sugerir estrategias de manejo y conservación de los recursos bióticos, así como el reconocimiento de áreas de especial importancia dentro del APFF de Yum Balam.

Con base en la información de INEGI, en 1978-1991 el manglar representaba el 6.6% (10,271 hectáreas) de la superficie total del APFF de Yum Balam, área que prácticamente se ha mantenido a lo largo del tiempo e incluso registrando un incremento para el 2006-2010 con el 9.6% (14,763 hectáreas) (Figuras 1 a 4). En contra parte, como ejemplo, el pastizal halófilo en un periodo de 35 años muestra una disminución de 452 hectáreas en 1978 a 175 hectáreas en 2010, misma tendencia registrada para el tular (Cuadros 1 a 4).

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

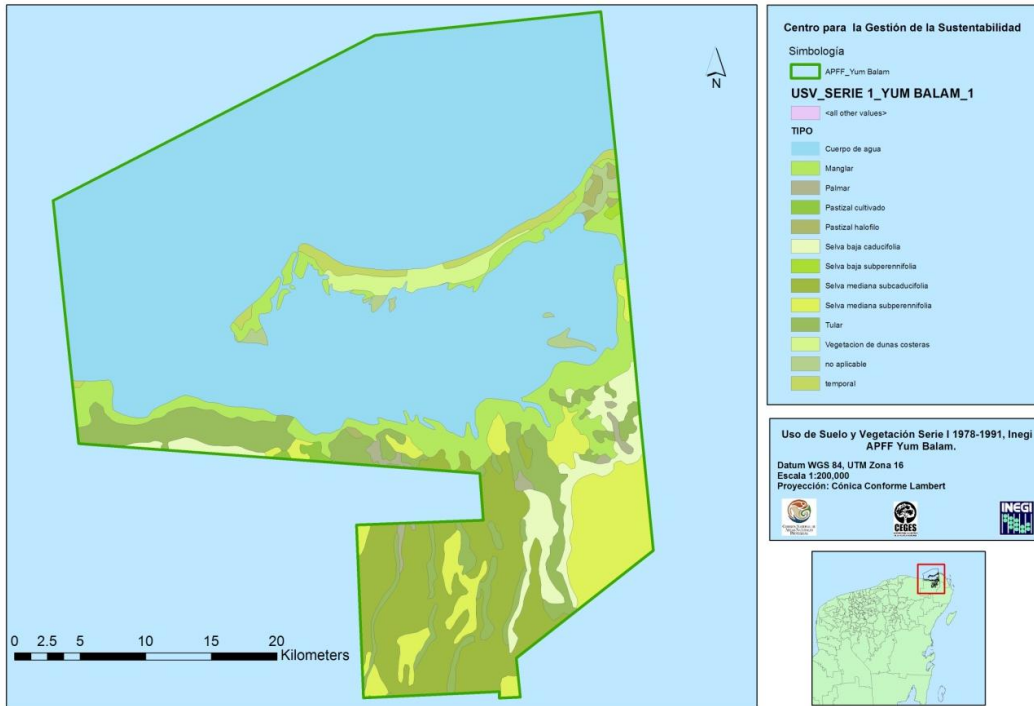


Figura 1. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie I 1978-1991 INEGI.

Cuadro 1. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie I 1978-1991 INEGI.

Tipos de vegetación	Hectáreas
Cuerpo de agua	98,221.316
Manglar	10,271.145
Área sin vegetación (no aplicable)	1,045.013
Palmar	820.913
Pastizal cultivado	263.725
Pastizal halófilo	452.621
Selva baja caducifolia	4,686.809
Selva baja subperennifolia	104.819
Selva mediana subcaducifolia	14,309.711
Selva mediana subperennifolia	9,467.413
Temporal	1,461.431
Tular	9,852.179
Vegetación de dunas costeras	1,728.286
Total	152,685.382

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

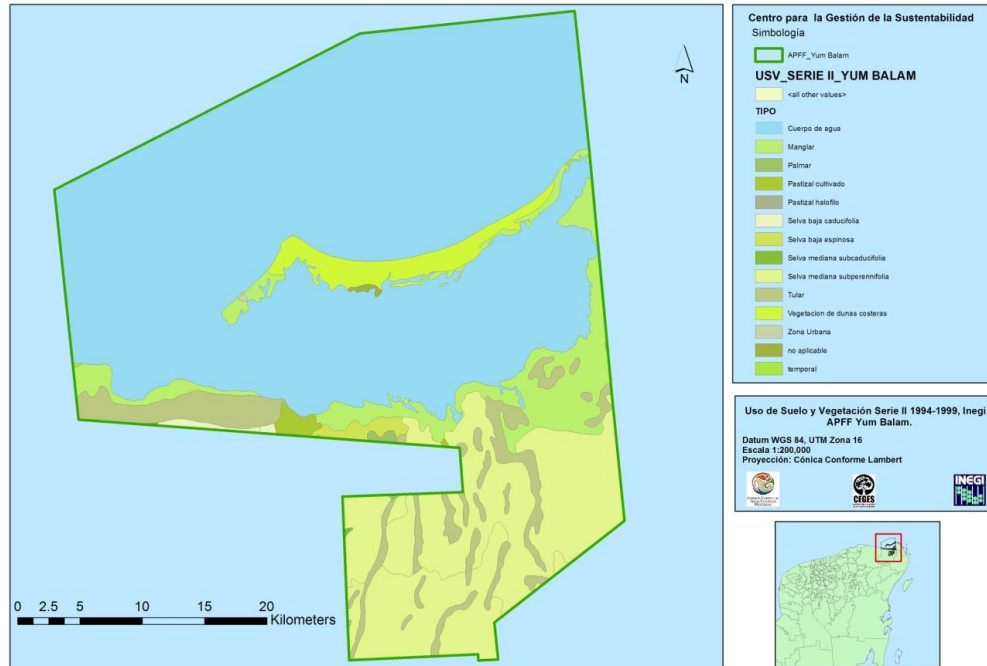


Figura 2. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie II 1994-1999 INEGI.

Cuadro 2. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en Serie II 1994-1999 INEGI.

Tipos de vegetación	Hectáreas
Cuerpo de agua	101162.29
Manglar	10683.065
Área sin vegetación (no aplicable)	118.913
Palmar	190.801
Pastizal cultivado	649.833
Pastizal halófilo	1.763
Selva baja caducifolia	449.566
Selva baja espinosa	796.961
Selva mediana subcaducifolia	52.361
Selva mediana subperennifolia	25654.21
Temporal	40.136
Tular	8908.786
Vegetación de dunas costeras	3943.754
Zona Urbana	32.942
Total	152,685.381

Línea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

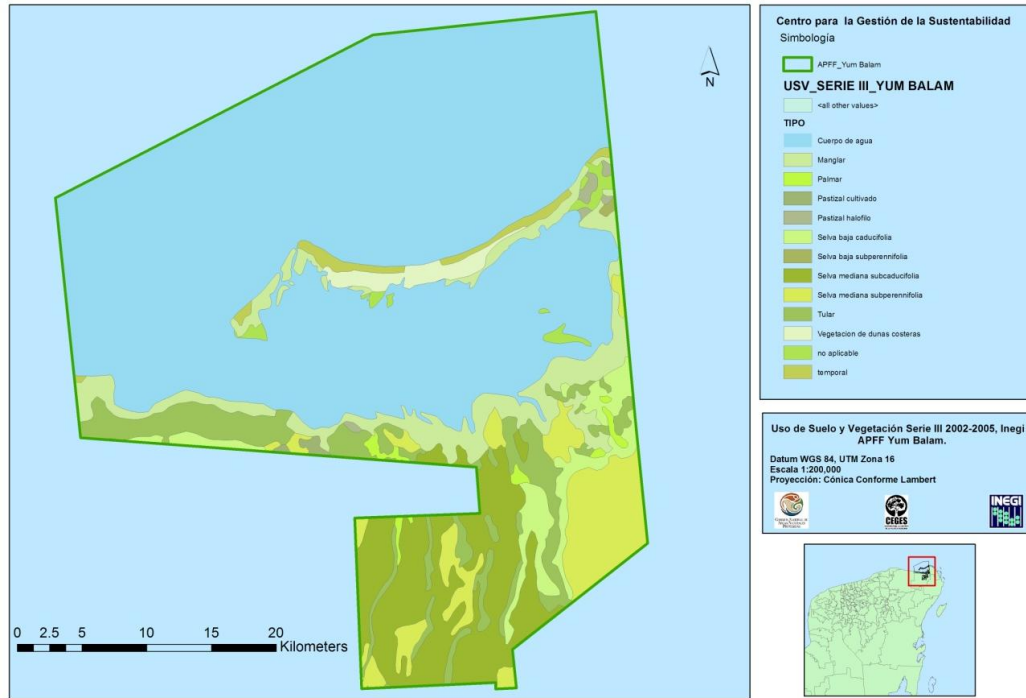


Figura 3. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie III 2002-2005 INEGI.

Cuadro 3. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie III 2002-2005 INEGI.

Tipos de vegetación	Hectáreas
Cuerpo de agua	98221.316
Manglar	10271.1455
Área sin vegetación (no aplicable)	1045.01307
Palmar	820.913347
Pastizal cultivado	263.725013
Pastizal halófilo	452.621084
Selva baja caducifolia	4686.80912
Selva baja subperennifolia	104.818733
Selva mediana subcaducifolia	14309.7113
Selva mediana subperennifolia	9467.41294
Temporal	1461.43116
Tular	9852.17874
Vegetación de dunas costeras	1728.28569
Total	152,685.382

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

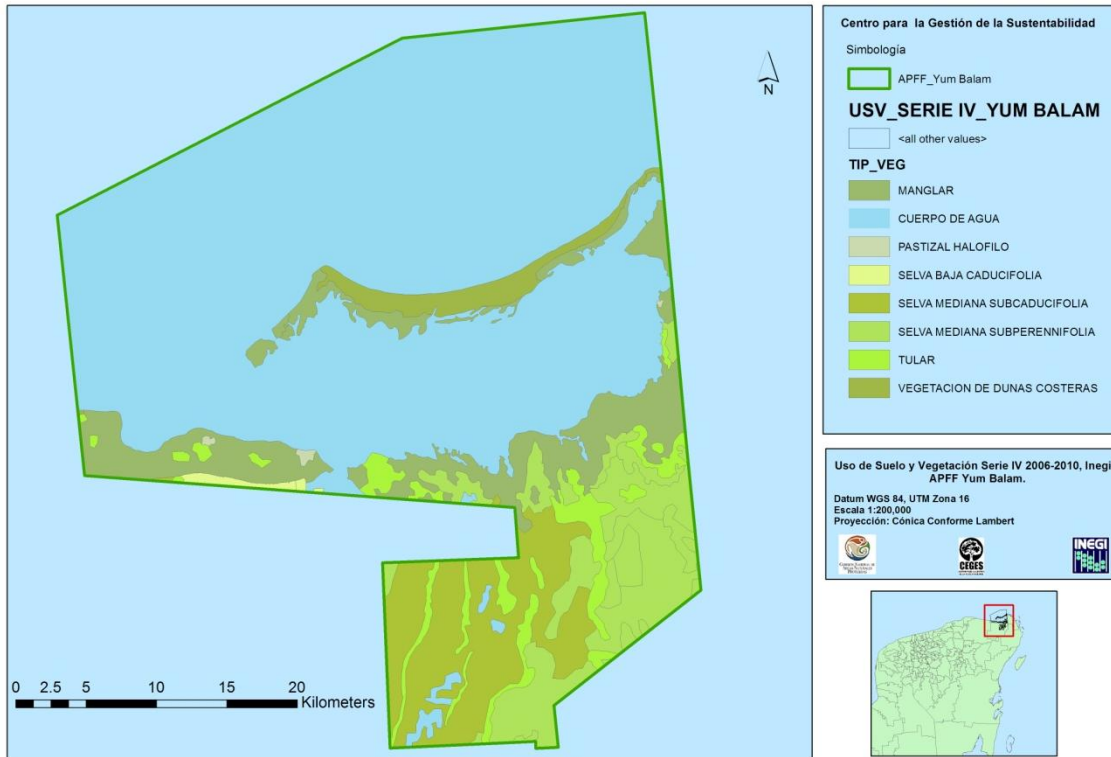


Figura 4. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie IV 2006-2010 INEGI.

Cuadro 4. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en la Serie IV 2006-2010 INEGI. * Incluye porción marina, zona urbana y agropecuaria.

Tipos de vegetación	Hectáreas
Manglar	14763.9618
No aplicable*	101818.2683
Pastizal halófilo	175.2350688
Selva baja caducifolia	557.9698807
Selva mediana subcaducifolia	13227.19672
Selva mediana subperennifolia	13628.63046
Tular	5538.802506
Vegetación de dunas costeras	2975.316824
Total	152,685.3816



Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR)

Hasta la fecha se han realizado cinco inventarios forestales de cobertura nacional: (UNAM, 2000; CONAFOR, 2013): 1) Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985; 2) Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991; 3) Inventario Nacional Forestal Periódico 1994; 4) Inventario Forestal Nacional 2000; 5) Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Sólo el primero y el quinto se consideran inventarios completos. Actualmente, se está realizando el levantamiento en campo del segundo ciclo de inventario 2009-2014, de cual ya se tiene tres años de muestreo (2009, 2010 y 2011) que corresponde al 60% del territorio nacional.

La información obtenida del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009, arroja una superficie de manglar de 5,693 hectáreas en el APFF Yum Balam (Cuadro 5) y muestra un mosaico de uso de suelo que incluye 1,181 hectáreas de asentamientos humanos, pastizal cultivado y agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes (Figura 5).

Cuadro 5. Superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

Tipos de vegetación	Hectáreas
Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	17.597
Asentamiento humano	48.386
Manglar	5,693.753
Palmar	7.794
Pastizal cultivado	1,115.668
Popal-Tular	14,264.666
Selva alta y mediana subperennifolia	23,086.001
Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	1,298.920
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	296.952
Selva baja espinosa	90.302
Vegetación de dunas costeras	12.775

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

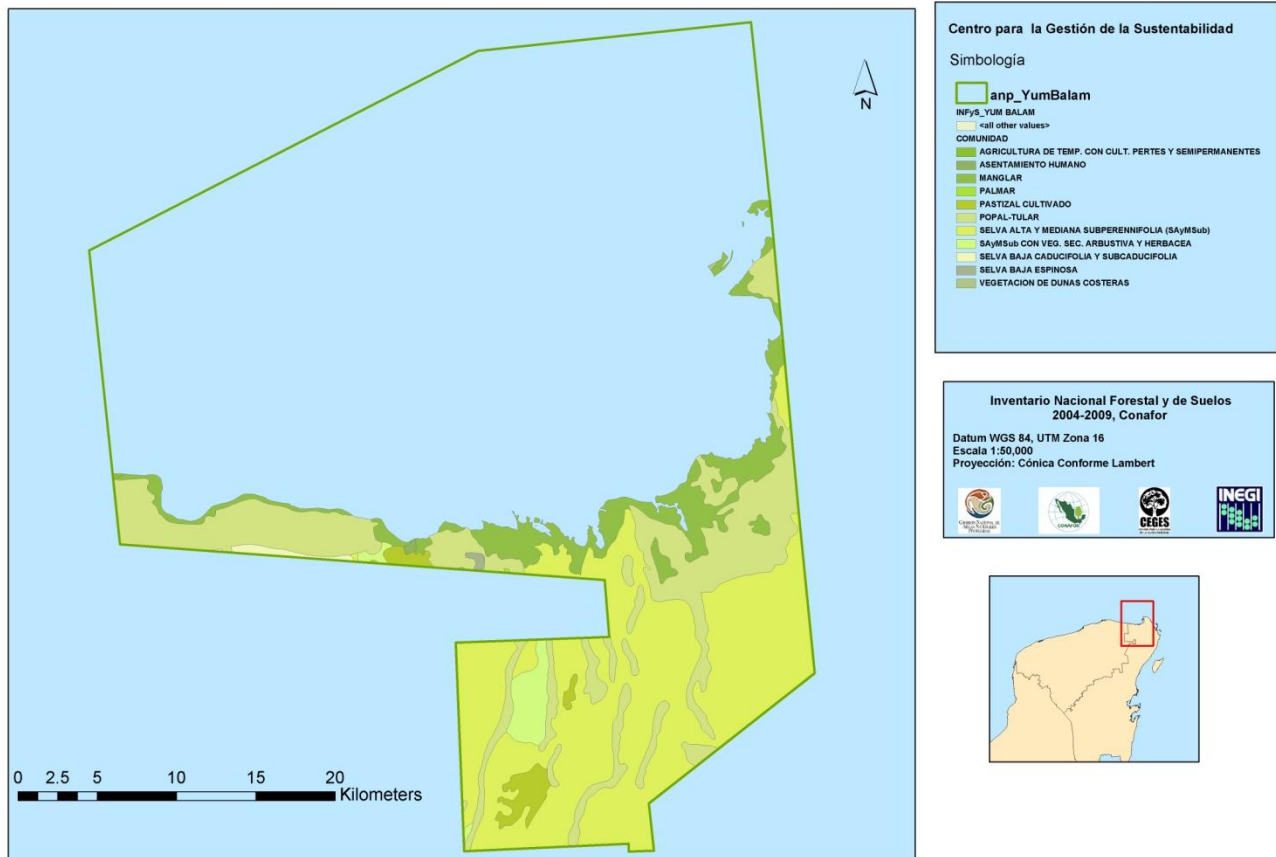


Figura 5. Tipos de vegetación y usos del suelo del APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

Inventario nacional de manglares (CONABIO)

En el cuadro 6, se presenta un resumen del método empleado por la CONABIO para realizar el inventario de manglares en México. Las diferencias en las estadísticas obtenidas sobre la superficie de manglares con otros estudios, pueden ser debidas a la utilización de diferentes insumos, métodos y escalas cartográficas (CONABIO, 2009).



Cuadro 6. Método empleado por la CONABIO para realizar el inventario de manglares en México (Tomado de CONABIO, 2009).

Se elaboró con 134 imágenes multiespectrales del satélite SPOT-5 y dos escenas del satélite Landsat-7 ETM, éstas últimas utilizadas para cubrir sólo el 0.1% del total de manglar que no fue cubierto por imágenes SPOT. Cada imagen SPOT cubren aproximadamente 60x60 kilómetros, el área mínima de observación es de 10 metros, registran información en la porción visible e infrarroja del espectro electromagnético. El 82% de las imágenes SPOT fueron tomadas en los años 2005 y 2006, y el resto son del periodo 2003-2007. Las imágenes fueron rectificadas geográficamente tomando como base las ortofotos digitales del INEGI y corregidas radiométricamente. Sólo se analizó las porciones de las imágenes con alta probabilidad de presentar cobertura de manglar. Se utilizó el Modelo Digital de Elevación del INEGI, para eliminar las áreas con altitud mayor a 50 metros. Las imágenes satelitales fueron clasificadas digitalmente utilizando dos métodos distintos: clasificaciones no supervisadas con el algoritmo "ISODATA" y segmentación con clasificación digital supervisada y jerárquica con base en objetos y píxeles. Las clasificaciones fueron revisadas y corregidas por interpretación visual, utilizando el compuesto de las bandas espectrales 3, 4 y 2 (combinación de bandas de color rojo, verde y azul del espectro visible electromagnético). La información fue transformada a formato vector. Los polígonos generados fueron a la escala mínima cartografiable (una hectárea) para generar la cartografía escala 1:50,000. La exactitud de los mapas se evaluó mediante recorridos de campo a través de vuelos bajos en helicópteros. Se tomaron 34,464 fotografías aéreas panorámicas con coordenadas geográficas de referencia y 69,133 fotografías aéreas verticales de alta resolución con coordenadas en el punto central.

El área que ocupa el manglar en la APFF Yum Balam con base en el del Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009), asciende a 8,955 hectáreas, lo cual representa el 6% de la superficie total del área natural protegida (Cuadro 7 y Figura 6). Esta cifra no presenta diferencias significativas a la reportada por otros autores, quienes reconocen una superficie de 8,838 hectáreas de manglar en el ANP (Figura 7) (Vázquez-Lule *et al.*, 2009b).

Cuadro 7. Superficie de manglar en el APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009).

Atributo	Valor
Número de <i>plots</i>	204
Tamaño mínimo	1.000663
Tamaño máximo	4,770.602458
Tamaño medio de los <i>plots</i> (hectáreas)	43.901751
Superficie total de manglares (hectáreas)	8,955.95712

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

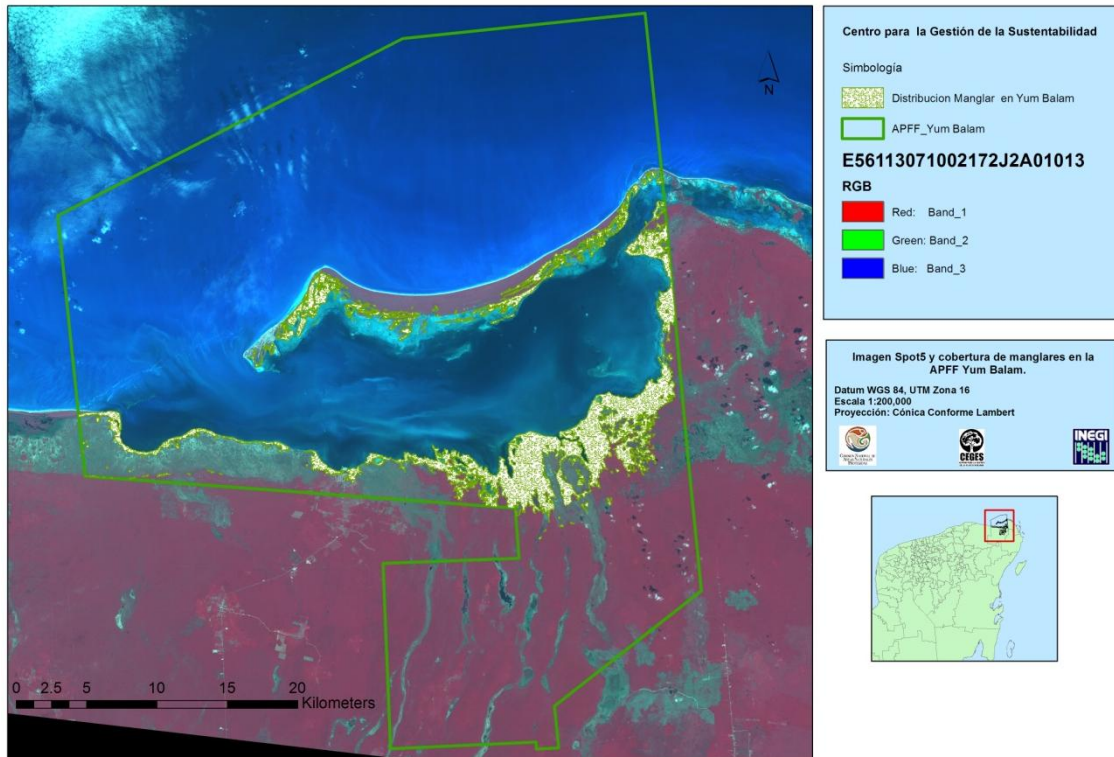


Figura 6. Distribución del manglar en el APFF Yum Balam con base en el Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009).

Inventario y clasificación de humedales de México (DUMAC)

El inventario de humedales de México (DUMAC, 2011, 2013), empleo imágenes de satélite Landsat 5 TM Multiespectrales 25-metros con 7 bandas (25-MS) de marzo de 2000. Las imágenes fueron georeferenciadas con un error máximo de ubicación (RMS) menor a los 30 metros, utilizando los datos de GeoCover Ortho y las cartas topográficas del INEGI escala 1:50000. La verificación de campo se realizó en 2000 y 2001, incluyendo un total de 5,234 sitios previamente seleccionados. Se realizó un proceso de clasificación supervisada y la clasificación tuvo una exactitud superior al 90%. La unidad mínima cartografiable para humedales es de 0.25 ha (2x2 pixeles de Landsat) (DUMAC, 2011, 2013).

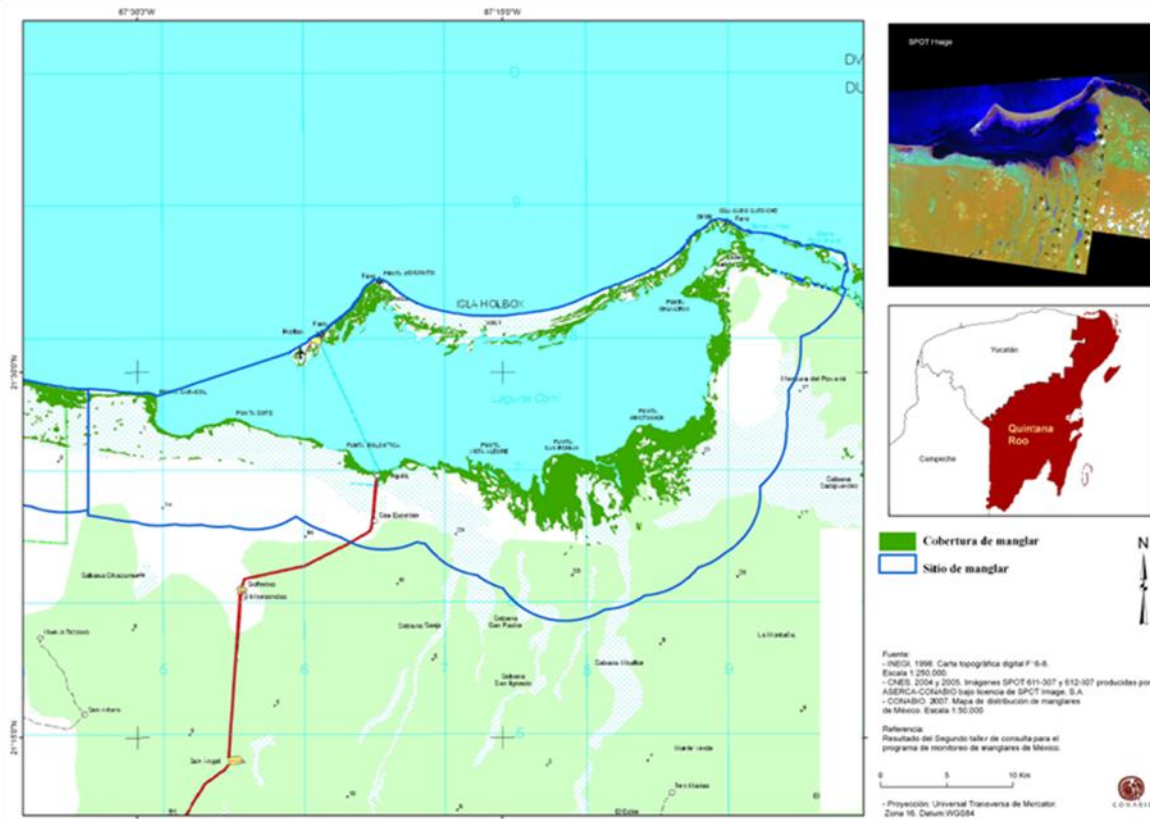


Figura 7. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica en la APFF Yum Balam, Quintana Roo (Tomado de Vázquez-Lule *et al.*, 2009b).

El inventario aborda las diferentes tipologías de humedales con base en el sistema de clasificación propuesto por Cowardin *et al.* (1979). Se denominó la Clase Manglar dentro del Subsistema Intermareal (estuarino intermareal manglar y estuarino intermareal con manglar de distribución dispersa), mientras la Clase Pastos Marinos dentro del subsistema submareal con vegetación acuática tanto para la zona marina como para la estuarina o lagunar (DUMAC, 2011). En total, la superficie estimada de manglar en la APFF de Yum Balam es de 5,577.4 hectáreas, mientras que la de pastos de 13,258 hectáreas en la zona marina y 11,344 hectáreas en la zona lagunar (Figura 8 y Cuadro 8).

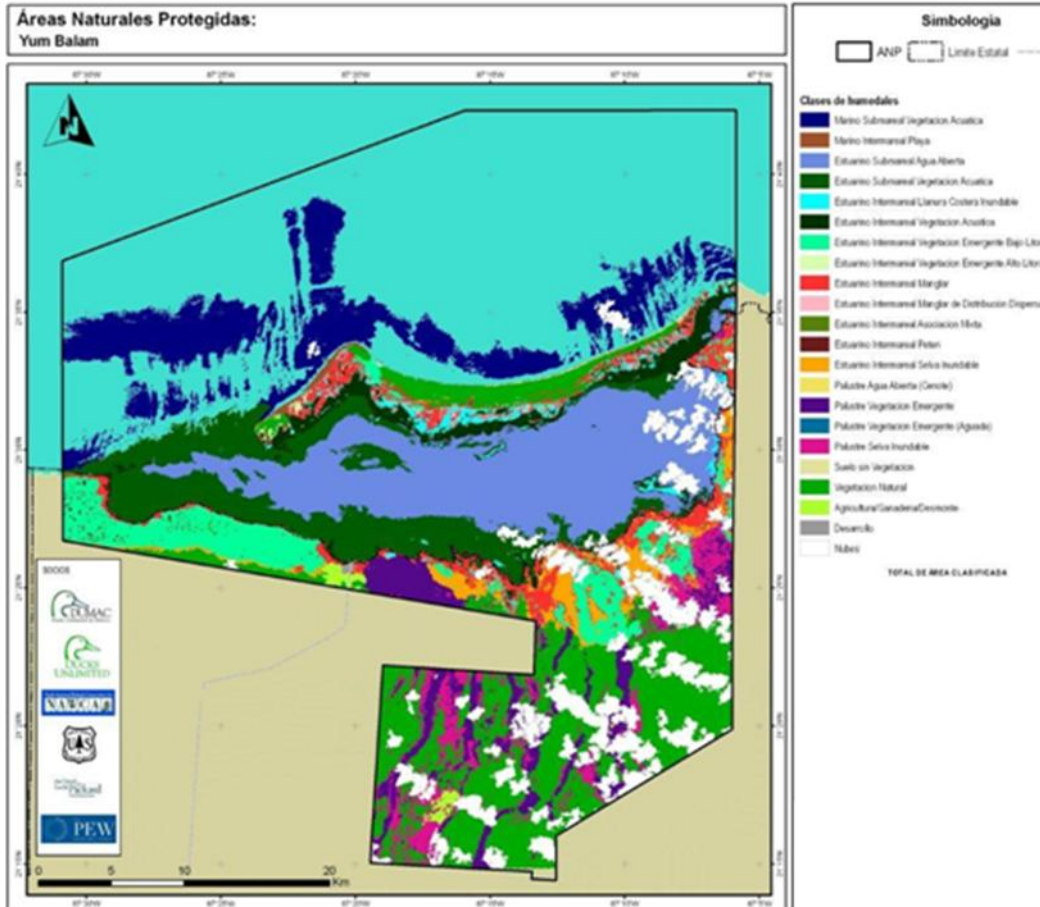


Figura 8. Distribución del manglar y pastos marinos en el APFF Yum Balam con base en el inventario y clasificación de humedales de México (DUMAC, 2011, 2013).

Cuadro 8. Superficie de manglar y pastos marinos en el APFF Yum Balam con base en el inventario y clasificación de humedales de México (DUMAC, 2011, 2013).

Clase de humedal	Hectáreas
Marino submareal vegetación acuática	13,258
Estuarino submareal vegetación acuática	11,344
Estuarino intermareal manglar	5,146.3
Estuarino intermareal con manglar de distribución dispersa	431.1

Clasificación no supervisada de manglar

La prueba de varias combinaciones de bandas para identificar cuales separan mejor a los manglares de los otros tipos de vegetación asociados a estos ecosistemas, arrojó que la combinación de bandas R4, G1 y B3 resaltan la vegetación de manglar al compararla con el polígono de distribución de manglares de la CONABIO (2009) (Figura 9). A dicha combinación de bandas se aplicó una clasificación no supervisada.

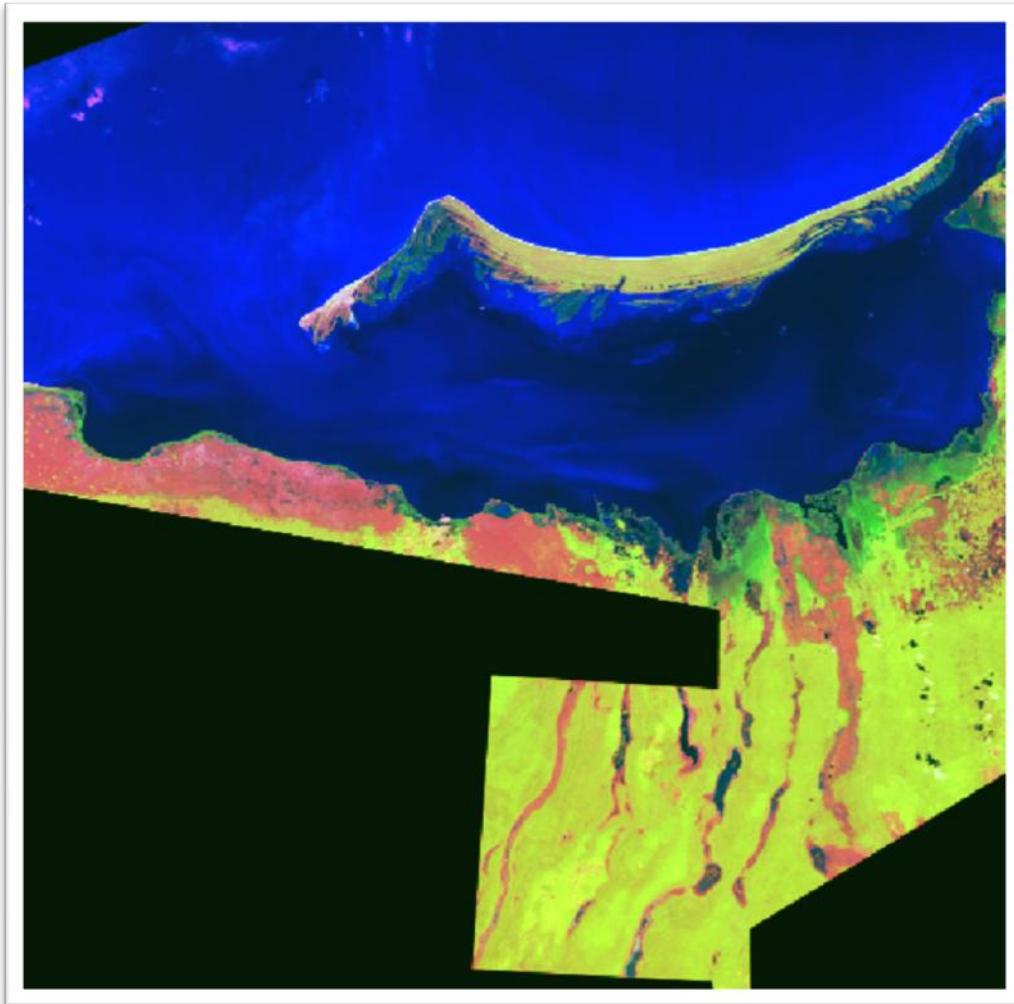


Figura 9. Imagen Spot5 con la combinación de bandas R4, G1, B3, en donde destaca la distribución del manglar en el APFF Yum Balam.

En la clasificación realizada con la técnica de *ISODATA*, se establecieron 10 clases con un máximo de 15 iteraciones y con un umbral de convergencia de 0.95. De la imagen resultante, se asignaron colores a cada clase a través del *Raster attribute* editor de Erdas (Figura 10).

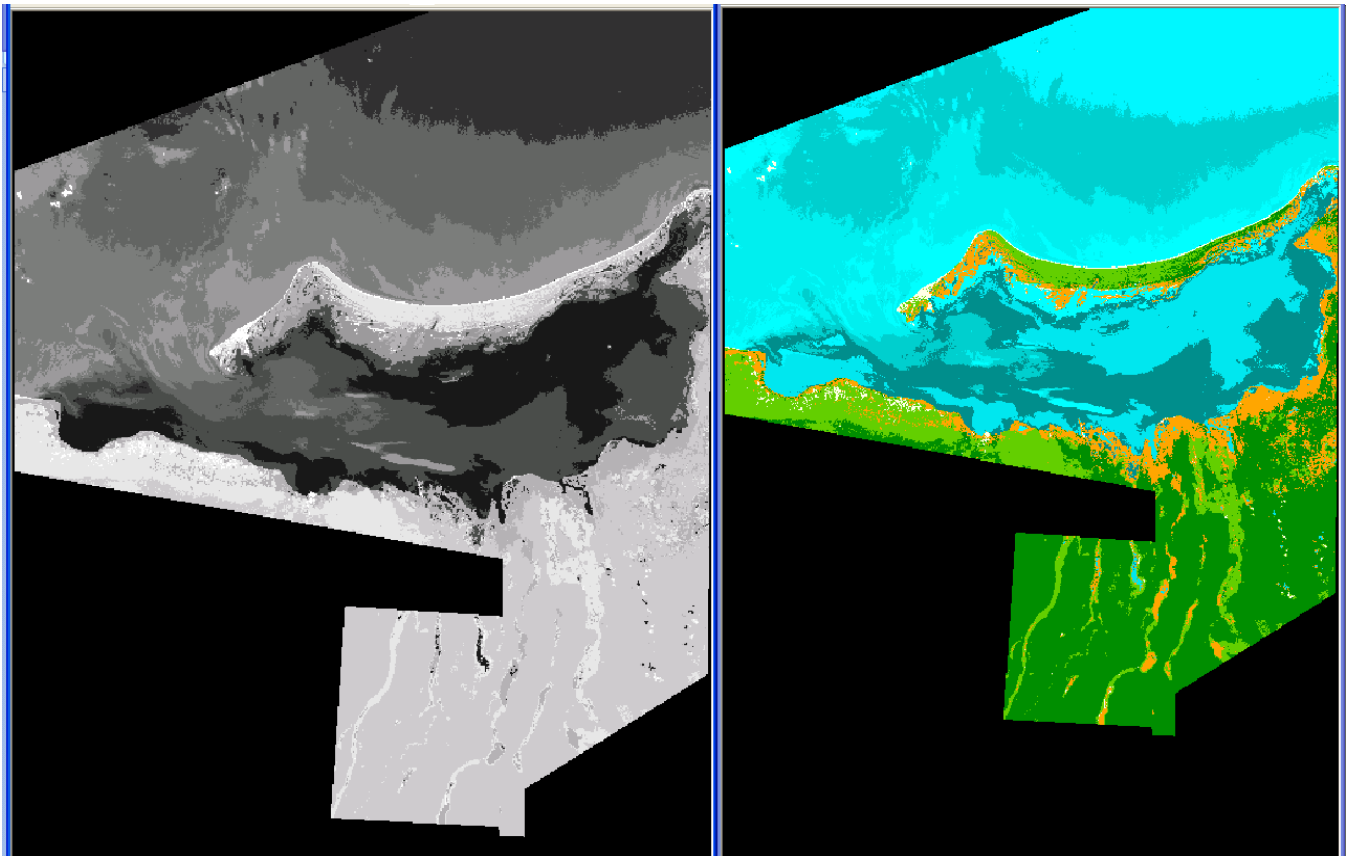


Figura 10. Resultado de la imagen del satélite Spot5 con la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam, previo a la asignación de colores (Izquierda) y con los colores asignados para cada clase (derecha). Se destaca con color naranja la probable distribución de manglares.

Para eliminar el exceso de áreas muy pequeñas dentro de las clases, se aplicó la herramienta “*Fuzzy Convolution*” con filtrado de 3x3 dos veces sobre la imagen. La imagen *raster* resultante se vectorizó en *ArcMap 10* a través de “*Conversion tools/Raster to vector*” asignando las mismas clases. Por último, se aplicó un “*Dissolve*” para obtener la cobertura con las clases y los valores de superficie (Figura 11 y Cuadro 9). La superficie de manglar estimada (7,625 hectáreas) es 1,331 hectáreas menor a la de CONABIO (Figura 12).

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

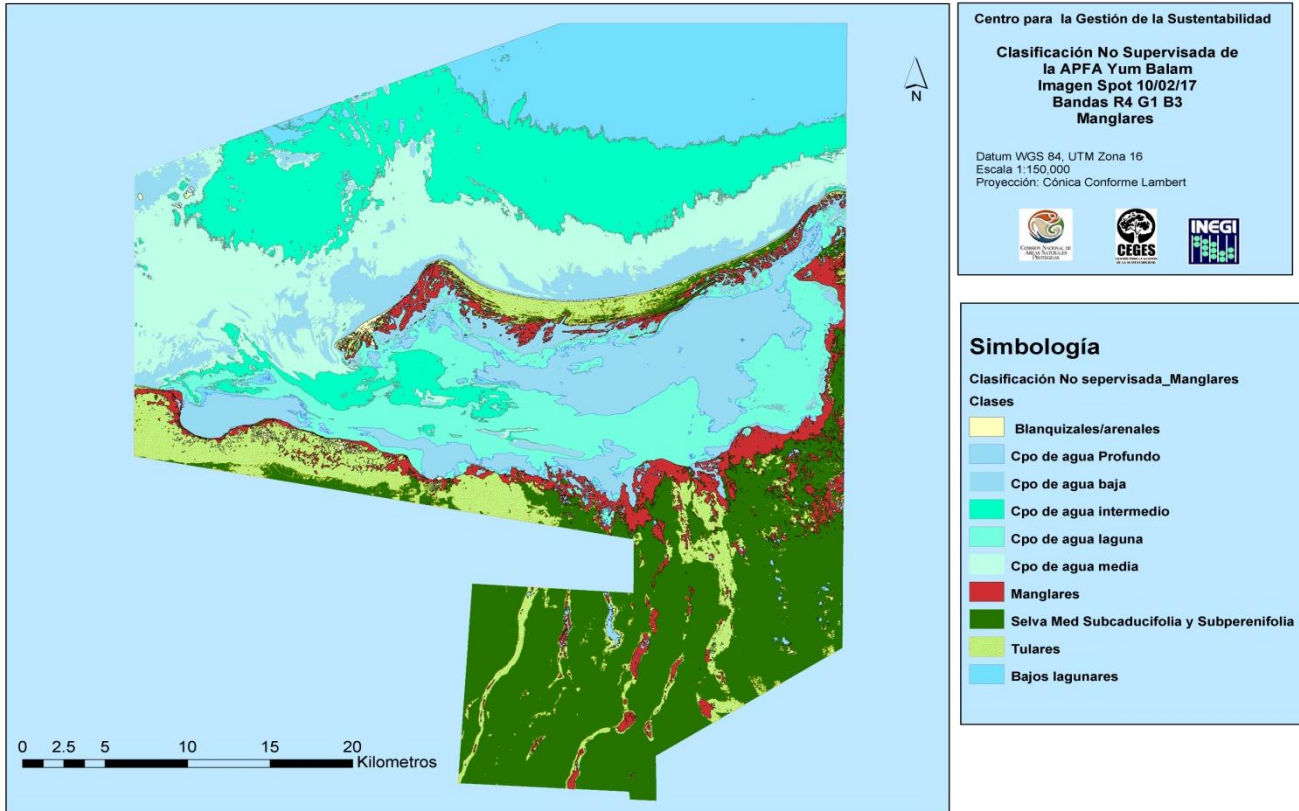


Figura 11. Cobertura resultante de la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam. Se destaca con color rojo la clase asignada al manglar.

Cuadro 9. Superficie resultante de la clasificación no supervisada del manglar en el APFF Yum Balam.

Clases	Hectáreas
Blanquizal/arenal	789.000
Bajos lagunares	16,811.000
Cuerpo de agua baja	9,989.000
Cuerpo de agua intermedio	24,684.000
Cuerpo de agua laguna	16,068.000
Cuerpo de agua media	21,756.000
Cuerpo de agua profundo	13,369.000
Manglar	7,625.000
Selva mediana subcaducifolia y subperenifolia	31,558.000
Tulares	11,284.000

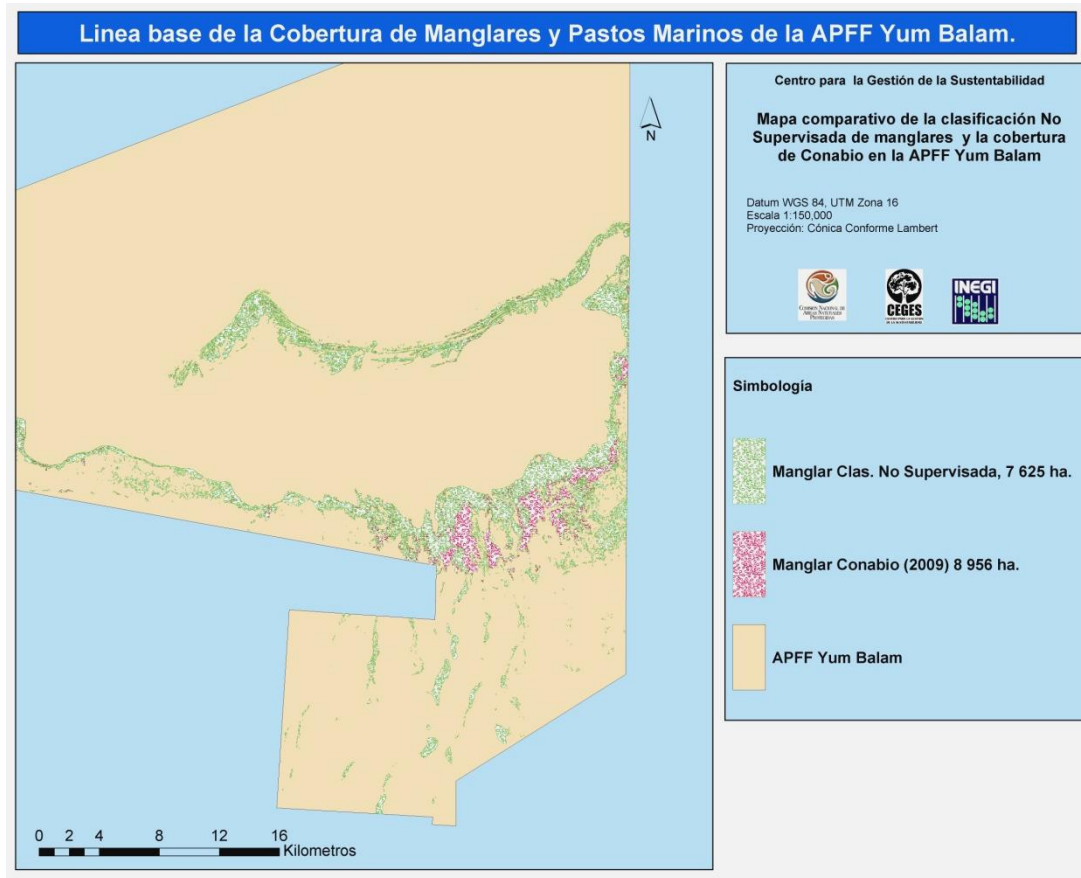


Figura 12. Comparación entre la cobertura de manglar derivada de la clasificación no supervisada con la de CONABIO (2009).

La clasificación no supervisada empleando un algoritmo se limita a agrupar conjuntos de clases, orientada por técnicos con cierto conocimiento de la zona de estudio (Gutiérrez *et al.*, 2005). En este sentido, las diferencias en superficie y ubicación de algunos polígonos de manglar, se debe en parte al agrupamiento de clases que realiza el algoritmo *ISODATA*, razón por la cual el siguiente paso durante la segunda fase del proyecto debe ser la verificación en campo para reclasificar las clases y ajustar los polígonos.



Cambio de la cobertura de manglar

El manglar es un componente fundamental en la formación del paisaje del APFF Yum Balam. El resumen de la superficie reconocida a partir del análisis de la información generada por varias fuentes, se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Cobertura de manglar en el APFF Yum Balam registrada en diferentes períodos.

Fuente	Hectáreas
Serie I 1978-1991 INEGI	10,271.14
Serie II 1994-1999 INEGI	10,683.06
Serie III 2002-2005 INEGI	10,271.14
Serie IV 2006-2010 INEGI	14,763.96
CONAFOR (2009)	5,693.75
CONABIO (2009)	8,955.95
Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009b)	8,838.00
DUMAC (2011)	5,577.40

Con el propósito de efectuar un análisis de temporalidad, se realizaron cruces de información de los años de 1978 (Tiempo 1) y 2010 (Tiempo 2) pertenecientes a las Series I y IV del INEGI, respectivamente. Se empleó Sistemas de Información Geográfica (SIG) y leyendas homólogas para hacerlas compatibles. Se utilizó la cartografía del INEGI debido a que han sido generadas con métodos compatibles, que permite una mayor certidumbre al analizar los cambios ocurridos en la cobertura vegetal de manglar.

A partir de la comparación de T1 y T2, se calculó la tasa de cambio de acuerdo a la ecuación utilizada por Velázquez *et al.* (2002), la cual se expresa en porcentaje de la superficie:

$$T = \left(\frac{T2-T1}{T1} \right) * 100$$

En donde:



- T = tasa de cambio (expresado en %).
T1 = superficie en el tiempo 1.
T2 = superficie en el tiempo 2.

Los resultados obtenidos en el periodo de análisis, indican que la superficie del manglar identificada en el APFF Yum Balam cambió en 4,374.21 hectáreas lo que representa prácticamente el 44% de la superficie registrada para este ecosistema en 1978. La extensión de la cobertura de manglar en el año de 1978 correspondía al 6.6% de la superficie hoy incluida en la poligonal del ANP, mientras que para el 2010 representa el 9.6%. Estas cifras son similares al considerar como T1 a 1994, año en que se decreto como APFF esa región de Quintana Roo. Si bien la magnitud cambia, la tendencia de aumento prevalece si se considera solo las Series del INEGI. La cobertura estimada en 1978 por INEGI, disminuye prácticamente en un 45% con respecto a la obtenida por CONABIO (2009), CONAFOR (2009) y DUMAC (2013), sin embargo, ésta última comparación debe tomarse con reserva debido a las diferentes técnicas y tecnologías empleadas .

Distribución potencial de pastos marinos

Para zonas costeras y marinas de otras partes de México y el Mundo, se han utilizado técnicas de interpretación de imágenes satelitales para producir mapas con buena resolución de descripción de corales, pastos marinos, algas y arenas. El proceso de generar cartografía submarina a partir de imágenes, incluye correcciones radiométricas, geométricas, atmosféricas y de la columna de agua, para compensar el efecto de la profundidad y facilitar la identificación de hábitats y fondos marinos (Lozano, 2003). La transparencia de las aguas del Mar Caribe presentes en el APFF de Yum Balam, facilita la cartografía del hábitat marino, ya que por interpretación visual es posible identificar algunos rasgos sumergidos a baja profundidad.

La profundidad a la que la luz puede penetrar depende de la longitud de onda. En el agua clara, la profundidad de penetración son de 10 metros entre 0.5-0.6 μ cayendo hasta 0.8-1.1 μ



y se reconoce que al incrementarse la profundidad del agua, la reflectancia, en cualquier longitud de onda, desciende (Chuvieco, 1995; Sobrino, 2000).

Las imágenes SPOT5 multiespectral tienen una resolución de 10 metros y poseen cuatro bandas (banda 1: Verde 0.50-0.59 μm ; banda 2: Rojo 0.61-0.68 μm ; banda 3: Infrarrojo cercano 0.78-0.89 μm ; banda 4: infrarrojo medio (IRM) 1.58-1.75 μm a 20 metros). En este estudio, se utilizó una imagen SPOT de fecha 17 de febrero de 2010, en la que se realizaron diferentes pruebas de clasificación no supervisada y supervisada, para determinar el análisis que mejor interpretara la probable distribución de los pastos marinos con base en la experiencia y conocimiento del analista de percepción remota. Se decidió utilizar la clasificación supervisada con la imagen disponible, ya que la combinación del sensor remoto con la interpretación visual, ayudan a tener conclusiones más exactas sobre los resultados (Castaño y Lozano, 2006). Sin embargo, no hay que perder de vista que algunos estudios sugieren que las imágenes Landsat TM son más exactas y alcanzan mejor exactitud usando la clasificación supervisada en el hábitat marino, que las obtenidas con imágenes SPOT (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2008).

Para generar el área de entrenamiento de la clasificación supervisada se utilizaron dos puntos localizados en la parte norte de Cabo Catoche en donde se ha registrado la presencia de parches de pastos marinos de las especies *S. filiforme* y *T. testudinum* (OCEANUS, 2007). El sitio 1 se ubicó en la coordenada 21°37'10.1"N y 87°06'35.6" W, y el sitio 2 en la coordenada 21°37'07.5"N y 87°06'36.4" W, a 3 y 6 metros de profundidad respectivamente y a unos 1,600 metros de la línea de costa. Si bien estos sitios no pueden ser considerados como suficientes, proporcionan una base para ésta primera aproximación de la distribución de los pastos marinos. Se creó una capa con 40 puntos considerando: 1) La distancia entre los puntos y la costa; 2) La similitud visual de los píxeles y la homogeneidad de los rasgos y textura de la imagen como base para generar las firmas espectrales con la imagen SPOT5 (Figura 13).

Linea base de la Cobertura de Manglares y Pastos Marinos de la APFF Yum Balam.

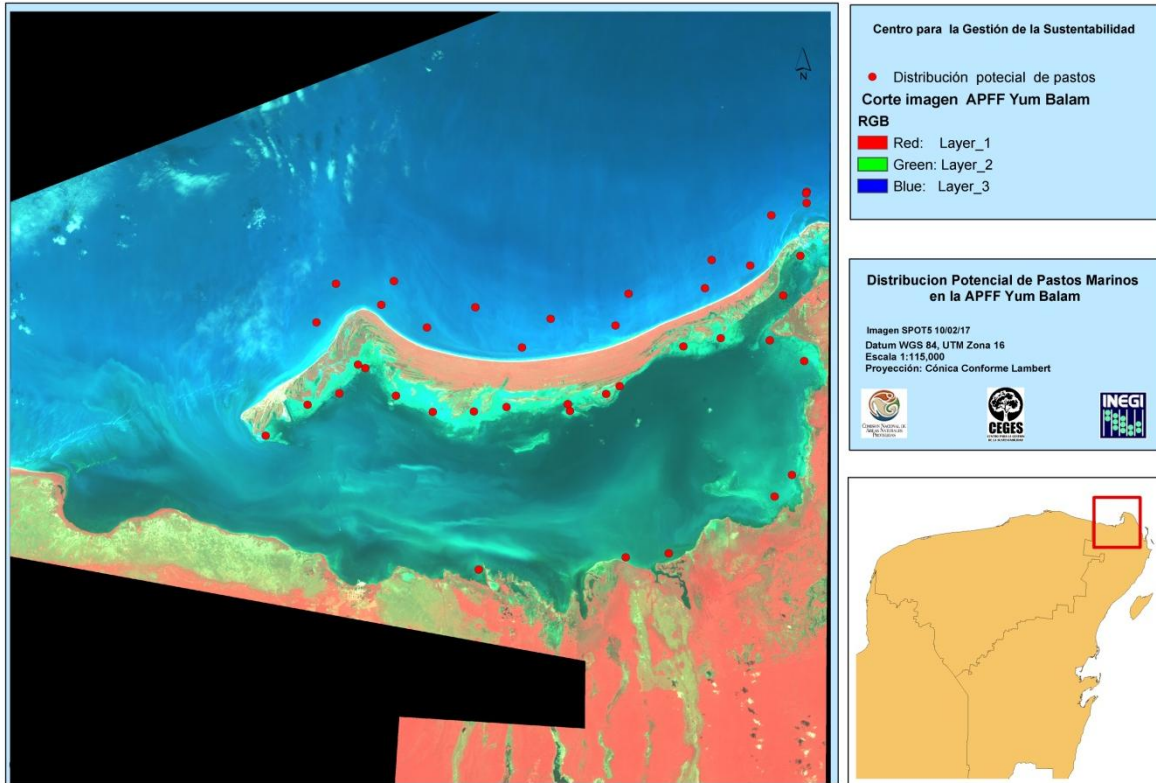


Figura 13. Capa de puntos establecidos como área de entrenamiento para la generación de firmas espectrales y la clasificación supervisada.

El procedimiento para generar la clasificación supervisada se realizó en *ArcMap 10* utilizando la herramienta “*Spatial analysis tools-Create Signatures*”, para generar las firmas espectrales de las clase de interés. Posteriormente se empleó la herramienta “*Maximun Likelihood Classification*” para la clasificación supervisada de la imagen con cuatro clases. La imagen resultante se vectorizó para formar el “*Shape file*” con la herramienta “*Conversion tools-From-Raster-Raster-to-Polygon*”. El nuevo “*Shape*” presentó una gran cantidad de polígonos muy pequeños, por lo que se eliminó el ruido del vector aplicando dos veces la herramienta “*Spatial analysis tools-Generalization-Majority Filter*”. Los polígonos pequeños a medianos se fusionaron con polígonos vecinos a través de la herramienta “*Data Manegement tools-Generalization-Eliminate*”.

El resultado de esta clasificación es un mapa con una propuesta de cuatro clases de distribución potencial de pastos marinos divididos en una escala nominal de presencia potencial de pastos en Alta-Media, Media-Baja, Baja-Nula y vegetación terrestre, así como el cálculo de las superficies probables para cada una de las clases (Figura 14 y Cuadro 11).

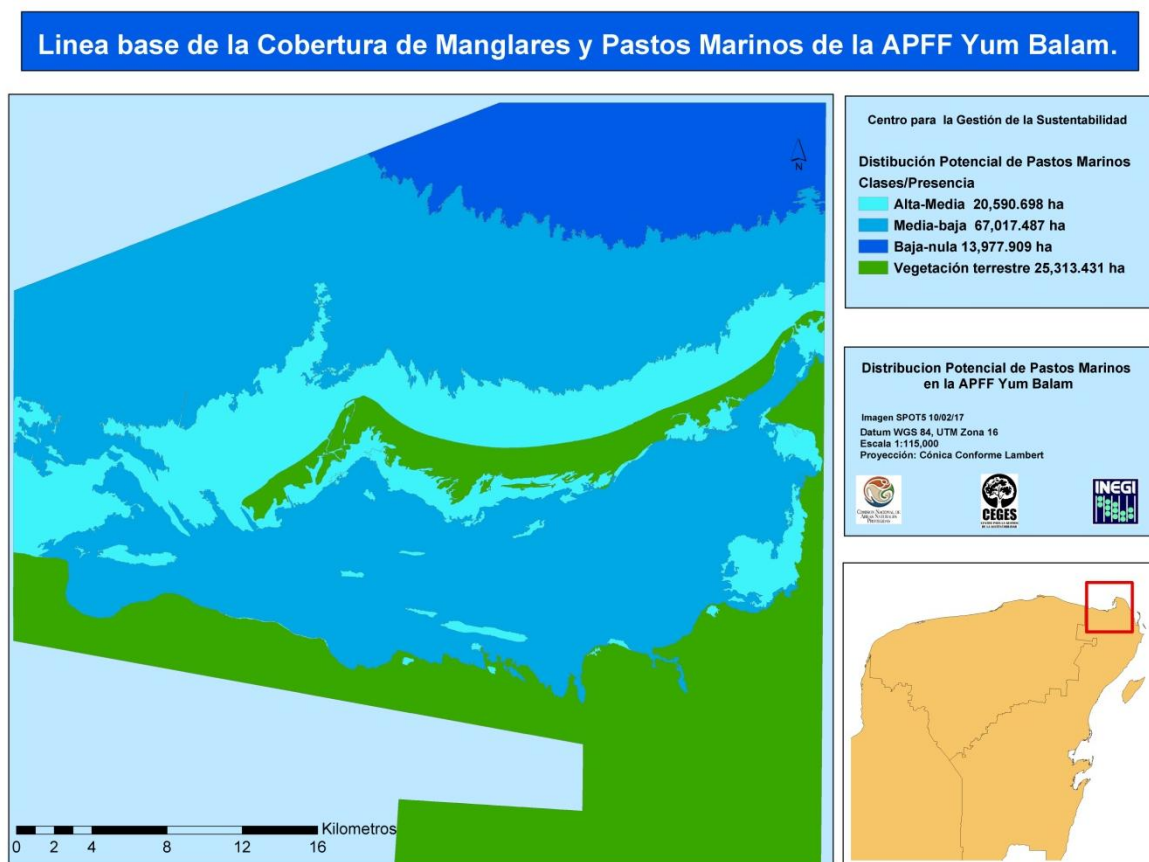


Figura 14. Distribución potencial de pastos marinos en el APFF Yum Balam.

Cuadro 11. Superficies estimadas por clase de pastos marinos en el APFF Yum Balam.

Clases	Hectáreas
Alta-Media	20,590.698
Media-Baja	67,017.487
Baja-Nula	13,977.909
Vegetación Terrestre	52,313.431



La zona de distribución potencial Alta-Media se localizó alrededor de la barra de Holbox hacia la zona de la costa y en menor medida hacia el interior de la Laguna Holbox ó Conil, con unas 20,590 hectáreas. En comparación, el inventario de humedales de México que empleo imágenes de satélite Landsat TM (DUMAC, 2011), estimó una superficie total de pastos en la APFF de Yum Balam de 24,602 hectáreas incluyendo la zona marina y lagunar, lo cual representa una diferencia relativamente baja de 4,012 hectáreas con respecto a lo estimado en este estudio; además, los polígonos resultantes presentan cierta concordancia con la distribución de las clases empleadas por DUMAC (2011, 2013) (véase figura 8).

La clase de Media-Baja se localizó principalmente hacia el interior de la laguna y la plataforma continental, en promedio por arriba de los 2,000 metros de la costa. En el caso de la laguna, en la imagen de satélite se observa una baja reflectancia del agua, debido probablemente a la presencia de taninos en el agua y a una mayor turbidez por el constante cruce de embarcaciones entre las localidades de Holbox y Chiquilá. La clase Baja-Nula (ausencia de pastos marinos), corresponde a mar abierto con aproximadamente 13,977 hectáreas dentro del polígono de la APFF Yum Balam.

Es muy probable que zonas consideradas como pastos puedan ser arrecifes de coral, rocas o la combinación de los tres, por lo que estudios posteriores deben considerar las mezcla de estos elementos. Al igual que para el manglar, se recomienda que durante la segunda fase del proyecto, se verifique en campo la presencia de pastos marinos en las áreas identificadas con distribución potencial en la APFF de Yum Balam.



Distribución y representatividad

El mundo existen 54 especies de mangle y en México seis (Challenger y Soberón, 2008), de las cuales cuatro están presentes en el APFF Yum Balam, por lo general con dominancia de una o dos especies dependiendo de la zona y del proceso de sucesión. Si bien se conoce de forma general los tipos de mangle y su distribución que existen en el ANP (Cuadro 12), no se tiene información sobre la superficie que ocupa cada uno.

Cuadro 12. Distribución general de los tipos de manglar presentes en el APFF Yum Balam (Tomado de CONANP, 2011).

Manglar de cuenca baja	Se extiende de forma amplia en la costa sur de la Laguna Conil. La especie dominante es el mangle negro (<i>A. germinans</i>), en ocasiones asociada con el mangle rojo (<i>R. mangle</i>).
Manglar de franja marino	Se desarrolla sobre la línea costera, al suroeste de la Laguna Conil en sitios donde no se presentan dunas, como es el caso de una porción litoral continental al oeste del ANP. En general, es una comunidad muy densa con una altura de 10-15 metros, dominada por mangle rojo (<i>R. mangle</i>) y mangle negro (<i>A. germinans</i>), de manera frecuente pero menos abundante, se presenta mangle blanco (<i>L. racemosa</i>) y ocasionalmente botoncillo (<i>C. erectus</i>).
Manglar de franja lagunar	Se encuentra bordeando los litorales de la Laguna Conil, sujeto a procesos hidrológicos estuarinos y con la influencia del agua dulce o salobre. Presenta una composición similar al manglar de franja marino pero con distribución discontinua, alternando a manera de mosaico con pequeños manchones de selva baja subcaducifolia.
Manglar de salitral	Se localiza en franjas intercaladas entre la vegetación de duna costera y los salitrales, como en "Isla Holbox", o bien, ocupando áreas planas que se localizan al margen de las lagunas hipersalinas. Cuando está colindante con la vegetación de duna costera, presenta especies como el botoncillo (<i>C. erectus</i>) y el mangle rojo (<i>R. mangle</i>), pues la salinidad no es elevada. En las partes más bajas y más salinas crece <i>A. germinans</i> .

A nivel mundial se han registrados 49 especies de espermatofitas marinas también conocidas como fanerógamas marinas, de las cuales nueve han sido registradas en México: pastos marinos (*Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri*, *Phyllospadix torreyi*), hierba de tortuga (*T. testudinum*), pastos marinos (*Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei*), hierba de manatí (*S. filiforme*), pasto marino (*Halophila decipiens*) y pasto estrella (*Halophila engelmanni*) (CONABIO, 2013).



Como se ha mencionado, en el APFF Yum Balam, la hierba de tortuga y la hierba de manatí, han sido registradas de forma asociada en sitios localizados al Norte y Noreste del faro de Cabo Catoche (OCEANUS, 2007). Así mismo, *H. wrightii*, y *T. testudinum* han sido registradas en la Laguna Conil en donde se ha visto que la composición de la vegetación acuática sumergida está constituida principalmente por estas especies. Los datos disponibles indican que no han existido cambios en la cobertura de estas especies en dicha laguna (Herrera, 2006). Es indispensable verificar la presencia de pastos marinos en otras zonas identificadas por cartografía como áreas de distribución potencial de estas especies.

Los humedales presentes en el APFF Yum Balam, representa aproximadamente el 7 y 3% de la superficie reconocida para este tipo de ecosistemas en Quintana Roo y en la Península de Yucatán, respectivamente. Con base en la información disponible, la cobertura de manglar presente en el ANP constituye el 6% del manglar presente en el estado y entre el 1 y 2% de toda la superficie de mangle con distribución en la región (Cuadro 13).

Cuadro 13. Representatividad de la cobertura de manglar y pastos marinos presentes en el APFF Yum Balam. Elaborado con información de DUMAC (2011). * Datos de CONABIO (2009).

Cobertura	APFF Yum Balam	Quintana Roo	Península de Yucatán
Humedales	73,170.50	1'018,876.88	2'523,692.40
Manglar *	8,955.95	129,921.00	423,751.00
Manglar	5,577.40	97,227.19	376,438.44
Pastos (zona marina) o Clase marino submareal vegetación acuática	13,258.00	99,446.38	409,260.14
Pastos (zona lagunar) o Clase estuarino submareal vegetación acuática	11,344.00	86,003.94	90,001.31



Los pastos de la zona marina del APFF Yum Balam, representan aproximadamente el 13 y 3% de la superficie reconocida con distribución en Quintana Roo y Península de Yucatán, respectivamente (Cuadro 13). Es importante resaltar, que a nivel regional, el estado de Quintana Roo es precisamente el que posee menos superficie de este tipo de pastos con respecto a Yucatán y Campeche. En contraparte, los pastos de la zona lagunar presentes en el ANP, constituyen prácticamente el 13% de la superficie existente en el estado y en la región, incrementando su importancia el hecho de que Quintana Roo posee el 96% de este tipo de formación con distribución en toda la Península de Yucatán.

La importancia de la superficie de manglar que alberga el APFF Yum Balam, es notoria en comparación con la cobertura presente en sitios del Golfo de México y, al mismo tiempo, muestra que en la Península de Yucatán sólo está por arriba de Río Lagartos la cual es colindante al ANP de estudio (Cuadro 14). Es indispensable incorporar experiencias exitosas que se han desarrollado en otros sitios de manglar, no sólo para la protección de estos ecosistemas, sino también para establecer esquemas de aprovechamiento sustentable que aseguren su conservación a largo plazo (SEMARNAT, 2012).

Cuadro 14. Superficies de manglar en sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica en México.

Región	Estado	Sitio	Hectáreas	Fuente
Golfo de México	Veracruz	La Mancha	341	López-Portillo <i>et al.</i> (2009a)
Golfo de México	Veracruz	Nautla	217	López-Portillo <i>et al.</i> (2009b)
Golfo de México	Veracruz	Arroyo Moreno	314	López-Portillo <i>et al.</i> (2009c)
Golfo de México	Veracruz	Estero Juan González	95	López-Portillo <i>et al.</i> (2009d)
Golfo de México	Tabasco	La Victoria, Centla	1,008	Moreno-Cáliz <i>et al.</i> (2009)
Península de Yucatán	Campeche	Río Champotón	611	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009e)
Península de Yucatán	Campeche Yucatán	Peténés	13,976	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009d)
Península de Yucatán	Yucatán	Celestún	21,230	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009f)
Península de Yucatán	Yucatán	Río Lagartos	2,237	Vázquez-Lule (2009)
Península de Yucatán	Quintana Roo	Yum Balam	8,838	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009b)
Península de Yucatán	Quintana Roo	Costa Maya	11,113	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009a)
Península de Yucatán	Quintana Roo	Sian Ka'an	85,302	Vázquez-Lule <i>et al.</i> (2009c)



CONCLUSIONES

Manglar

- Las especies de manglar presentes en el APFF Yum Balam son *R. mangle* (mangle rojo), *L. racemosa* (mangle blanco), *C. erectus* (botoncillo) y *A. germinans* (mangle negro). Las cuatro especies están enlistadas como “Amenazadas” en la normativa mexicana.
- De 1978 a 2010 existe un cambio de la cobertura de manglar presente en el APFF Yum Balam en una magnitud aproximada de 4,374 hectáreas.
- En el APFF Yum Balam, de acuerdo a DUMAC y CONAFOR se tiene una cobertura de manglar entre 5,577 a 5,693 hectáreas; con base en CONABIO entre 8,838 y 8,955 hectáreas y con respecto al INEGI entre 10,271 y 14,763 hectáreas.
- Se carece de información sobre la superficie que ocupa cada tipo de mangle presente en el APFF Yum Balam (cuenca baja, franja marino, franja lagunar y salitral).
- La cobertura de manglar presente en el APFF Yum Balam constituye el 6% del manglar presente en Quintana Roo y entre el 1-2% de toda la superficie de manglar con distribución en la Península de Yucatán.

Pastos marinos

- Los pastos marinos con presencia confirmada en el APFF Yum Balam son *T. testudinum*, *S. filiforme* y *H. wrightii*.
- En la Laguna Conil no se tiene evidencia de cambios en la cobertura de los pastos marinos. Sin embargo, es indispensable el monitoreo de las superficie ocupada por este ecosistema en el APFF Yum Balam.
- En el APFF Yum Balam existe una superficie aproximada de pastos entre 20,590 a 24,602 hectáreas.
- Los pastos de la zona marina del APFF Yum Balam, representan aproximadamente el 13 y 3% de la superficie reconocida con distribución en Quintana Roo y Península de Yucatán, respectivamente.



RECOMENDACIONES TÉCNICAS

- Verificar en campo la ubicación de algunas zonas de manglar, para reclasificar las superficies y ajustar los polígonos de distribución.
- Verificar en campo la presencia de pastos marinos en áreas identificadas con distribución potencial.
- Valorar la diversidad ecológica considerando tres niveles de segregación biológica (*alfa*, *beta* y *gamma*). La evaluación pueden realizarse tanto para comunidades vegetales, como para los grupos parámetro de fauna asociado a los ecosistemas de manglar y pastos marinos.
- Considerar la planeación y ejecución de otro estudio paralelo que aborde el “Diagnóstico de la participación social en torno a la conservación de los recursos naturales, con énfasis en manglares y pastos marinos en el APFF Yum Balam”.
- Aplicar la propuesta metodológica para la medición y evaluación del estado de conservación de los manglares y pastos marinos del APFF Yum Balam.





LITERATURA CITADA

- Castaño, C. y P. Lozano. 2003. Delimitación de ecosistemas sumergidos (praderas de fanerógamas) a partir de imágenes EOS-ASTER en la zona costera del Departamento de la Guajera (Colombia): Resultados preliminares. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica GeoFocus*, 6:231-251.
- Cerdeira-Estrada, S., L. Sánchez, A. Mallea y C. Martínez-Bayon. 2008. Cartografía de la distribución espacial de los hábitats béntónicos en el Golfo de México utilizando imágenes Landsat 7. *Ciencias Marinas*, 34(2): 213-222.
- CETENAL. 1976. Cartas de edafología y cartas de uso de suelo. Escala 1: 50,000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Secretaría de la Presidencia. Distrito Federal, México.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.
- Chuvieco, E. 1995. *Fundamentos de Teledetección*. Ediciones Rialp. Madrid, España.
- CONABIO. 2009. *Manglares de México: extensión y distribución*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.
- CONANP. 2012. Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.
- CONABIO. 2013. Praderas de pastos marinos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/praderasPastos.html>.
- CONAFOR. 2013. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/infys>.
- Cowardin, L., V. Carter, F. Golet y E. La Roe. 1979. *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. U.S. Department of the Interior. FWS/OBS-79/31. USA.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Yum Balam, ubicada en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Estado de Quintana Roo. 6 de Junio de 1994. Distrito Federal, México.
- DUMAC. 2011. *Inventario y clasificación de los humedales de México*. Ducks Unlimited de México. Nuevo León, México.
- DUMAC. 2013. *Inventario y clasificación de los humedales de México*. Servidor de mapas. Ducks Unlimited de México. Disponible en www.dumacservidordemapas.org/.
- Erdas. 2001. *Clasificación*. En: *Erdas Tour Guide*. USA.
- Gutierrez, M. A., J.W. Branch y V.F. Botero. 2005. Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos Landsat ETM. *Revista de la Facultad Nacional Agraria Medellín*, 58 (51): 2611-2634.
- Herrera, J. 2006. *Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo*. *Ecotropicos*, 19(2): 94-108.



INEGI. 1976. Cartas topográficas. Escala 1:50,000. Primera edición. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Aguascalientes, México.

INEGI. 1993. Carta de uso del suelo y vegetación. Escala 1:1'000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Aguascalientes, México.

INEGI. 2001. Carta topográfica cobertura nacional. Escala 1:1'000,000 Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.

Lara-Domínguez, A. L., López-Portillo, J., A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar Nautla, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

López-Portillo, J., A. L. Lara-Domínguez, A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. 2009a. Caracterización del sitio de manglar La Mancha, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

López-Portillo, J., L. R. Gómez, A. L. Lara-Domínguez, A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. 2009b. Caracterización del sitio de manglar Arroyo Moreno, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

López-Portillo, J., A. L. Lara-Domínguez, A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. 2009c. Caracterización del sitio de manglar Estero Juan González (Temix), en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Lozano, P. 2003. Aplicación de la corrección de la columna de agua en un imagen Landsat ETM para la identificación de fondos marinos en un segmento de la costa entre los Estados de Rio Grande do Norte y Ceara, Brazil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Brasil.

Moreno-Cáliz, E., J. Zavala-Cruz, R. Martínez-González y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar La Victoria, Centla en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

OCEANUS. 2007. Caracterización de las comunidades arrecifales de Yum Balam. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. OCEANUS A.C. Quintana Roo, México.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010. Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.

SEMARNAT. 2012. Plan de manejo tipo regional para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de manglares en Marismas Nacionales, Nayarit. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.



Sobrino, J. 2000. Teledetección. Universidad de Valencia. España.

Trejo-Torres, J., R. Durán y I. Olmsted. 1993. Manglares de la Península de Yucatán. En: Salazar-Vallejo, S. y N. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO, CIQRO, México.

UNAM. 2000. Inventario Forestal Nacional 2000. Carta de vegetación y uso actual del suelo. Escala 1:250 000. Imagen satélite Landsat ETM, Nov. 1999/Abr. 2000. 8 formaciones de vegetación subdivididos en 17 tipos, 47 comunidades y 28 subcomunidades; total de 75 categorías. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Ría Lagartos (San Fernando), en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., M. F. Adame y J. R. Díaz-Gallegos. 2009a. Caracterización del sitio de manglar Costa Maya, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., J. R. Díaz-Gallegos y M. F. Adame. 2009b. Caracterización del sitio de manglar Yumbalam, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., J. R. Díaz-Gallegos y M. F. Adame. 2009c. Caracterización del sitio de manglar Sian Ka'an, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., J. E. Reyes-Castellanos y C. Agraz-Hernández. 2009d. Caracterización del sitio de manglar Petén, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., J. E. Reyes-Castellanos y C. Agraz-Hernández. 2009e. Caracterización del sitio de manglar Río Champotón, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Vázquez-Lule, A. D., G. Ríos-Saís y M. F. Adame. 2009f. Caracterización del sitio de manglar Celestún, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. Distrito Federal, México.

Velázquez, A., F. Mas y J. Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Mapas del análisis del cambio de uso del suelo. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.



Centro para la Gestión de la Sustentabilidad
Calle 78 No. 578 entre 13-1 y 128 Residencial Pensiones Sexta Etapa CP 97217. Mérida, Yucatán, México.
Teléfono (999) 9875466; Celular (9992) 711901. jeseara@prodigy.net.mx