



Apéndice 3
Propuesta metodológica para el levantamiento
de la línea base de manglares y pastos marinos
en el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique

UNIDAD TÉCNICA REFUGIO DE VIDA SILVESTRE PUNTA DE MANABIQUE
CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
OFICINA REGIONAL NOR-ORIENTE



Consultoría para la identificación y obtención de información existente sobre manglares, pastos marinos y otra información de utilidad para el manejo del ecosistema marino costero del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM) y elaboración de una propuesta metodológica para el levantamiento de la línea base para pastos marinos y manglares

Institución ejecutora

Unidad Técnica Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique -
UTRVSPM-
Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- Nororiente

Consultora:

Bióloga Vanessa Dávila

Fotografías:

Vanessa Dávila

Sergio Hernández

Manolo García



Lista de Acrónimos

CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
RVSPM	Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique
UTRVSPM	Unidad Técnica Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique
FCG	Fundación para la Conservación en Guatemala
MAR Fund	Mesoamerican Reef Fund
CECON	Centro de Estudios Conservacionistas
FUNDARY	Fundación Mario Dary Rivera
INAB	Instituto Nacional de Bosques
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
WWF	World Wildlife Fund
CARICOMP	Programa de Productividad Marina Costera del Caribe Caribbean Coastal Marine Productivity Program
NASA	National Aeronautics and Space Administration Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la educación la Ciencia y la Cultura United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
CATHALAC	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

Índice de contenido

1. Introducción	5
2. Objetivo.....	5
3. Importancia de los estudios sobre ecosistemas de manglar y pastos marinos ...	6
4. Contexto del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique- RVSPM-	7
5. Los ecosistemas de manglar y pastos marinos en el RVSPM.....	9
6. Propuesta metodológica	11
6.1 Metodología para estimar la cobertura de manglares en el RVSPM.....	11
6.2 Metodología para estimar la cobertura de pastos marinos en el RVSPM	23
7. Procesamiento y Centralización de la información	34
8. Referencias bibliográficas.....	34
9. Anexos	37

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del RVSPM	8
Figura 2. Imagen del mapa de la cobertura de manglar en el Caribe de Guatemala. Elaborado por CATHALAC, 2012.	9
Figura 3. Imagen del mapa de distribución potencial de pastos marinos en la Bahía la Graciosa. (Fuente: MacDonald 2011).....	10
Figura 4. Mapa de referencia para la ubicación de ecosistema de manglar en el RVSPM	12
Figura 5. Ilustración de densidad de corte. Fuente: GIS Dictionary.....	19
Figura 6. Mapa de puntos con presencia de pastos marinos en el RVSPM.	24

Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de Imágenes de satélite propuestas para el análisis de la cobertura de manglares.	14
Tabla 2. Sitios donde se puede solicitar imágenes para estimar la cobertura de manglar en Guatemala.....	15
Tabla 3. Clave de interpretación para el mapeo de manglares y otra vegetación costera.....	17
Tabla 4. Materiales y equipo para el estudio de la cobertura de manglares.	22
Tabla 5. Software que se debe utilizar para procesar las imágenes para el estudio de la cobertura de manglares.....	23
Tabla 6. Tipo de sensor y plataforma utilizada para el monitoreo de la cobertura de pastos marinos mediante firmas espectrales.....	26
Tabla 7. Sitios donde se puede solicitar imágenes satelitales para el estudio de la cobertura de pastos marinos.....	27
Tabla 8. Materiales y equipo para el estudio de la cobertura de pastos marinos.....	33
Tabla 9. Software que se debe utilizar para el procesamiento de imágenes para el estudio de la cobertura de pastos marinos.....	33

1. Introducción

Debido a la necesidad de contar con información confiable acerca de la extensión, distribución y estado actual de los manglares y pastos marinos en el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP con el apoyo de MARFUND, KFW Y FCG han unido sus esfuerzos y gestiones para dar inicio al programa de monitoreo mediante la presente consultoría titulada "*Identificación y obtención de información existente sobre manglares, pastos marinos y otra información de utilidad para el manejo del ecosistema marino costero del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM) y elaboración de una propuesta metodológica para el levantamiento de la línea base para pastos marinos y manglares*".

El objetivo principal de esta consultoría es generar una propuesta metodológica para el levantamiento de la línea de base sobre cobertura de manglares y pastos marinos del RVSPM, bajo criterios metodológicos estándares.

Los resultados de esta consultoría serán útiles para desarrollar de una manera sistemática la línea base de información sobre cobertura de manglares y pastos marinos, los cuales a su vez serán útiles para la evaluación periódica del estado de salud de estos ecosistemas.

2. Objetivo

Contar con una propuesta metodológica para el levantamiento de la línea de base sobre cobertura de manglares y pastos marinos del RVSPM, bajo criterios metodológicos estándares.

3. Importancia de los estudios sobre ecosistemas de manglar y pastos marinos

Los ecosistemas de la transición tierra-mar son conocidos como zonas costeras o marino costeras, estas están ubicadas en las regiones tropicales del planeta, y tienen requerimientos específicos de salinidad, oxigenación del sustrato y aportes de agua característicos. Es en estas zonas litorales es donde se desarrollan los manglares y las praderas de pastos marinos, proveyendo hábitats a una gran diversidad biológica acuática y bienes y servicios para las comunidades humanas asociados a ellos (UNESCO 1998).

Estas zonas atrapan grandes cantidades de sedimentos, nutrientes y contaminantes provenientes de las descargas de agua dulce aportada por los ríos en las cuencas exorreicas, por lo que actúan como filtros, permitiendo la estabilización de los sedimentos y la salinidad de la zona costera.

Por otro lado, los arrecifes de coral que están asociados íntimamente con los manglares y pastos marinos, tienen la función de disipar el impacto de las olas, creando aguas protegidas que favorecen el crecimiento de los pastos marinos y manglares. Siendo la función principal de todos estos ecosistemas costeros amortiguar el efecto del mar por un lado y la tierra en el otro (UNESCO 1998).

Así también, los pastos marinos y los manglares son hábitat para la crianza de muchas especies de peces de arrecife e invertebrados, que son la base para la pesca comercial. Datos de UNESCO (1998) indican que el 70% de las especies de la pesca de recreo y el 90% de las especies pesqueras comerciales dependen de manglares y bahías costeras en algún momento de sus vidas. Esta interacción entre los arrecifes de coral, pastos marinos y manglares sucede a través de la transferencia de nutrientes y energía por organismos que emigran en diferentes escalas de tiempo, de un ecosistema a otro. Debido a lo anterior, son considerados comunidades clave como componentes de los ecosistemas costeros alrededor del mundo (Kamal 2005).

A pesar de estos y otros valores ecológicos de los ecosistemas de manglar y pastos marinos, se carece de los datos sistemáticos, necesarios para medir su importancia y evaluar los tipos de servicios ecosistémicos proporcionados y la sustentabilidad a largo plazo (UNESCO 1998).

Por lo anterior se identifica que son necesarios los estudios que puedan contribuir a la gestión integrada y conservación de los ecosistemas sumergidos. Para esto es muy adecuada la utilización de herramientas y técnicas capaces de identificar, cuantificar y localizar los procesos ecológicos relevantes. De manera que la

utilización de técnicas de teledetección en un sistema de información geográfica (SIG) se convierte en una herramienta fundamental.

Actualmente existe un amplio número de sensores en satélites, dedicados a la obtención de variables ambientales a nivel espacial y temporal. La información obtenida por estos sensores remotos proviene de la radiación electromagnética emitida por la superficie terrestre. Las aplicaciones de la teledetección en oceanografía y estudios de zonas costeras se restringen, y básicamente se utiliza principalmente la radiación electromagnética procedente del infrarrojo cercano muy sensible al agua y alta reflectancia de áreas con vegetación (Oliveira 2009).

Los manglares y pastos marinos juegan un rol muy importante en los ecosistemas costeros, por lo que es vital el monitoreo de los cambios en la cobertura y distribución de los mismos, para sentar las bases de las estrategias a tomar en cuanto a su conservación, manejo y restauración.

Por lo que generar una línea base de información adecuada que permita identificar un deterioro en la salud de los manglares y pastos marinos, podrá ser la base para prevenir la pérdida de cobertura de este ecosistema a gran escala. Las imágenes de satélite han sido hasta hace poco utilizadas, pero siempre en una escala que impide la detección de pequeños cambios en la salud de estos ecosistemas.

Por consiguiente, la metodología que aquí se propone, considera el uso de sensores remotos tomado como base que la medida de la distribución de los manglares y pastos marinos en una zona determinada de costa que puede proporcionar una base, a partir de la cual se puede evaluar de manera cuantificable la pérdida o ganancia en el hábitat (Short *et al* 2006).

4. Contexto del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique- RVSPM-

El RVSPM está ubicado al noreste de Guatemala, posee una superficie terrestre de cuatrocientos cuarenta y nueve kilómetros cuadrados (449 km²), una zona de aguas interiores de doscientos veinte kilómetros cuadrados (220 km²) y una zona marina en el Mar Caribe, con una superficie equivalente a la extensión de la zona considerada como mar territorial de Guatemala.

De acuerdo a la Ley de Áreas Protegidas, el manejo del área protegida está regido por el Plan Maestro 2006-2011. Dicho documento tiene como principal objetivo, el ordenamiento territorial, gestión y desarrollo del área; contiene las políticas y directrices generales y programas de manejo de conservación, investigación, ordenación y uso sostenible de los recursos (FUNDARY, CONAP, TNC 2006)

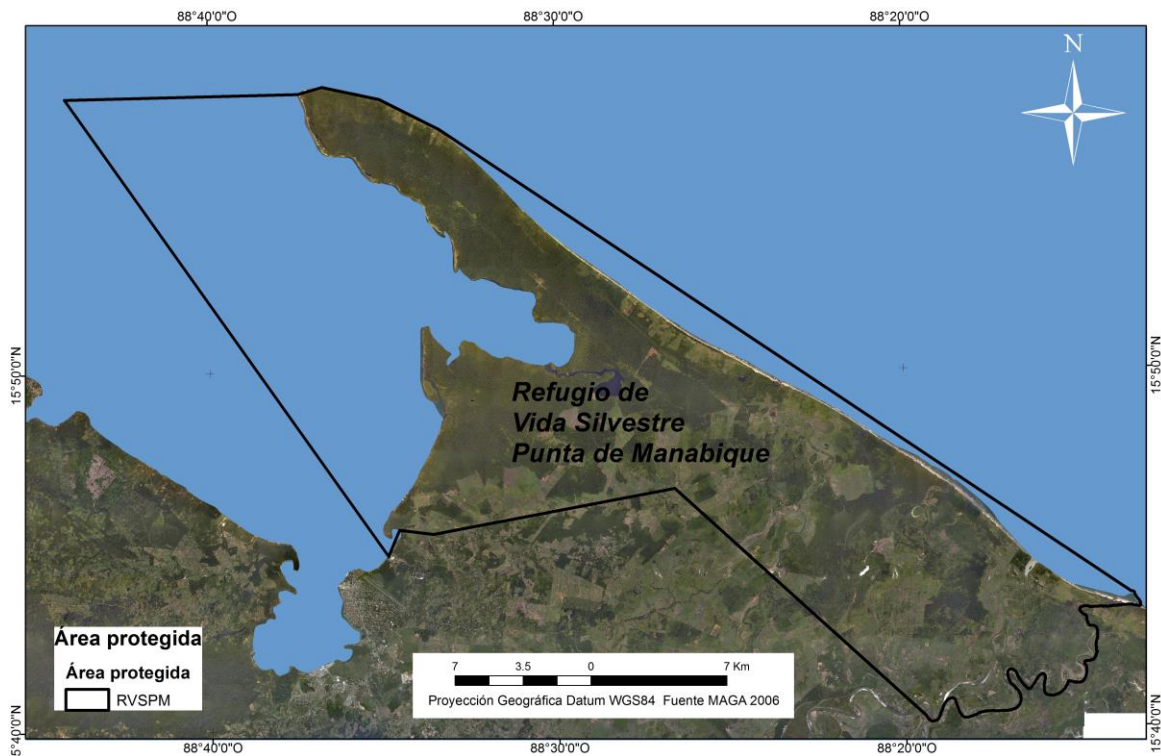


Figura 1. Mapa de ubicación del RVSPM (Fuente: Autor).

En el contexto del RVSPM, existen procesos que influyen y forman parte los ecosistemas de pastos marinos y manglares, a distintas escalas. A nivel de paisaje para el RVSPM la dinámica de olas y mareas ha tenido un papel importante en su formación física (Yáñez-Arancibia *et al* 1994), lo que a su vez define el funcionamiento y configuración del ecosistema.

El aporte de agua dulce a la Bahía de Amatique, está definido por la dinámica de lluvias en las partes altas y medias de las cuencas de los Ríos Polochic, Motagua, Río Dulce y Río Sarstún, que desembocan en la Bahía de Amatique y el Golfo de Honduras.

Así mismo, asociados a los ríos se encuentran otros procesos de importancia como el transporte de nutrientes, sedimentos, contaminantes, desechos sólidos, entre otros, que aportan energía o contribuyen al deterioro del RVSPM.

La dinámica de lluvias, la dinámica de las corrientes y vientos, determinan los patrones de circulación, transporte y gradiente de salinidad dentro de la Bahía de Amatique (Yáñez-Arancibia *et al* 1994). Por lo anterior el RVSPM es un ecosistema estuarino, definido por un sistema de olas-corrientes-mareal-aluvial. Esto quiere decir que está influenciado por el impacto de las olas, los cambios de las mareas y corrientes, y el régimen de las lluvias.

5. Los ecosistemas de manglar y pastos marinos en el RVSPM

De acuerdo al Instituto Nacional de Bosques (INAB) los datos del año 1998 indicaban que Guatemala contaba con el 1% de su territorio con vocación para albergar bosque de manglar. Pero al parecer se ha perdido cerca de la mitad en el transcurso de 60 años. En consecuencia, la fragmentación y pérdida de conectividad entre los remanentes de manglares han disminuido la posibilidad de que estos ecosistemas integren corredores biológicos (TNC 2011).

De acuerdo a MARN, PNUMA, CATHALAC (2012) la superficie de área con mangle en el Atlántico de Guatemala para el año 2012 fue de aproximadamente 1,169.08 hectáreas (Figura 1), 601.38 hectáreas en el municipio de Livingston y 567.70 hectáreas en el municipio de Puerto Barrios.

De las 1,169.08 hectáreas de mangle en el Atlántico aproximadamente 1,031.5 hectáreas se encuentran dentro del área protegida, esto equivale al 88.23% de los manglares del Caribe de Guatemala, y en el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique existen 410.36 hectáreas de manglares (MARN, PNUMA, CATHALAC 2012).

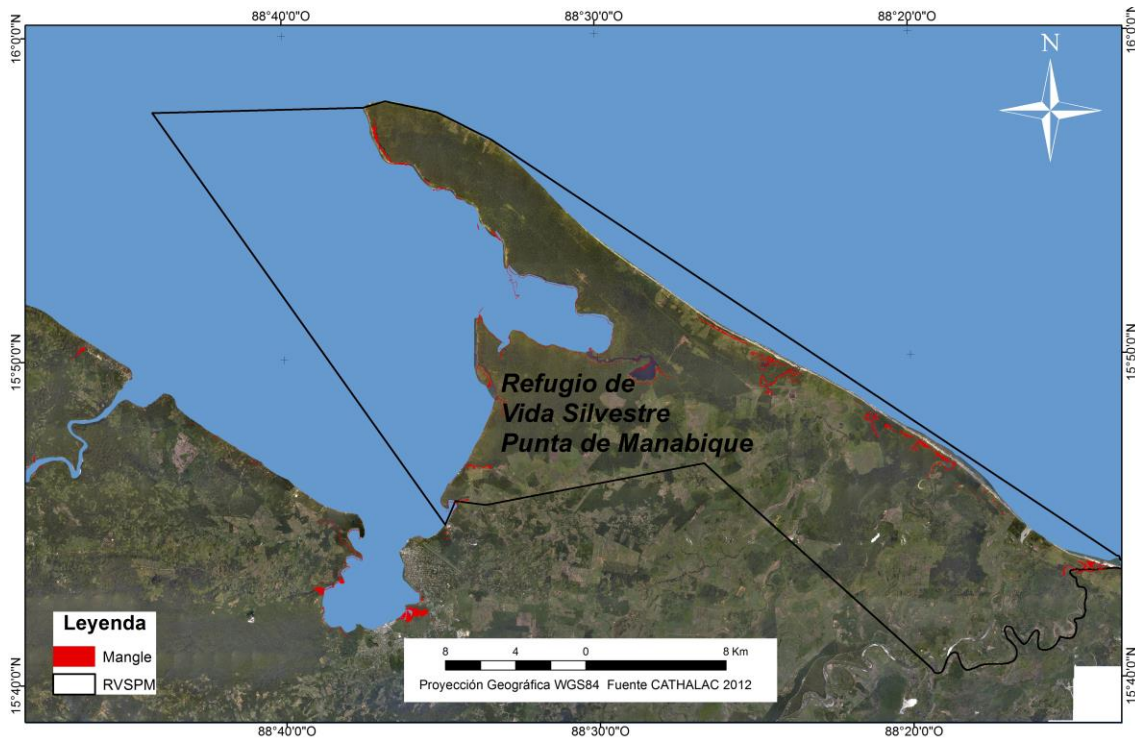


Figura 2. Imagen del mapa de la cobertura de manglar en el Caribe de Guatemala. Elaborado por CATHALAC, septiembre 2012. (Fuente: Tomado de MARN, PNUMA, CATHALAC 2012).

Algunas investigaciones han generado información sobre los pastos marinos de la Bahía la Graciosa como los estudios de Yáñez-Arancibia *et al* (1994), Arrivillaga y Baltz (1999) y MacDonald (2011).

De acuerdo a los mapas generados por las fuentes anteriores se observó que, si bien contienen datos de la presencia de pastos marinos, no aportan información sobre su cobertura en el RVSPM. Por lo que es fundamental el estudio de la línea base sobre la cobertura de pastos marinos en el RVSPM.

De acuerdo a MacDonald, la riqueza y distribución de los pastos marinos en la Bahía La Graciosa, se encuentra influenciada por las variaciones de los parámetros físicos y químicos del agua y del sustrato. Este estudio demostró que la profundidad y el tipo de sustrato son los factores que determinan mejor los cambios en la riqueza y distribución de las especies.

Las especies reportadas son pasto de tortuga (*Thalassia testudinum*), hierba banco (*Halodule beaudettei*), hierba banco (*Halodule wrightii*), pasto Widgeon (*Ruppia marítima*), pasto trébol (*Halophila baillonii*) y pasto estrella (*Halophila engelmannii*). Se encontró que hay un aumento de la riqueza y distribución de las especies al aumentar el PH del agua y al aumentar el contenido de limo y una disminución de especies al aumentar el contenido de arena en el sustrato (McDonald 2011).

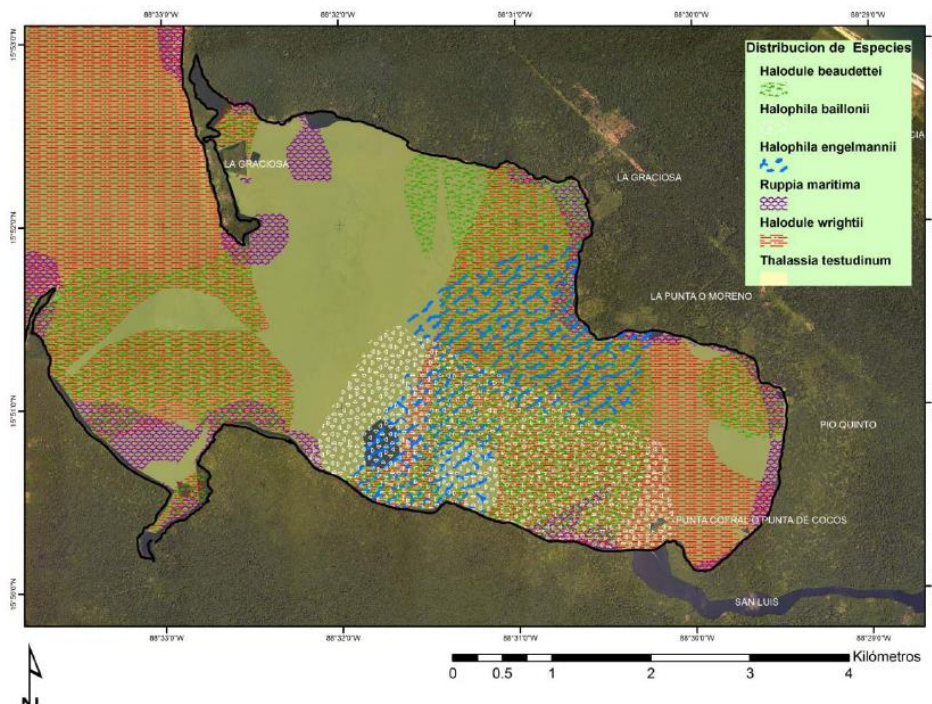


Figura 3. Imagen del mapa de distribución potencial de pastos marinos en la Bahía la Graciosa. (Fuente: Tomado de MacDonald 2011).

6. Propuesta metodológica

Existe una tendencia creciente a integrar de manera sistemática el estudio de diversas variables a distintas escalas de análisis en los programas de monitoreo. La presente propuesta contempla incluir la escala del paisaje y su variable más importante "la cobertura vegetal".

Dada la dificultad de medir cuantitativamente los cambios en el paisaje, estos suelen ser evaluados por medio de la cobertura y uso del suelo, siendo esta una característica cuantificable y que permite evaluar su cambio a través del tiempo. Estos cambios en la disposición espacial están siendo evaluados mediante técnicas de percepción remota (Nayak & Bahuguna 2001; Lizano, Amador y Soto 2001).

En el año 2012, para cuantificar e identificar la superficie de área actual con cobertura de manglar en las costas de Guatemala, el MARN, PNUMA, y CATHALAC, elaboraron el mapa de la cobertura de manglar, mediante verificación en campo y técnicas de percepción remota en el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se verificó que existen 410.36 hectáreas de manglares (Figura 2).

De manera similar a los manglares, la evaluación de la calidad del hábitat y heterogeneidad de los lechos de pastos marinos en términos de cobertura, es de gran utilidad para la conservación de estos ecosistemas y la diversidad marino costera asociada a ellos. De manera que los datos procedentes de sensores remotos apoyados con los datos obtenidos en el sitio a partir de verificaciones de campo, para establecer polígonos de los ecosistemas, son uno de los componentes básicos para la evaluación de la composición, estructura y dinámica de los pastos marinos (Oliveira 2009).

Por lo que para la propuesta metodológica para la línea base de manglares y pastor marinos se propone obtener los valores de cobertura en el RVSPM utilizando técnicas de percepción remota.

6.1 Metodología para estimar la cobertura de manglares en el RVSPM

La evaluación de la densidad en términos de calidad del hábitat y la heterogeneidad de los manglares es de gran utilidad para la identificación de hábitats críticos para la conservación de la diversidad marino costera del RVSPM. Utilizando datos de satélite, los manglares se pueden clasificar basándose en la densidad de la cobertura ya sea densa, escasa o degradada.

La propuesta metodológica para obtener los valores de cobertura del bosque de manglar se describe a continuación:

FASE DE GABINETE I

Área de estudio

Previo a la verificación de campo se deberá realizar una revisión de los Shapes de cobertura de manglares elaborado por MARN, PNUMA y CATHALAC (2012) (archivo digital adjunto), y las ortofotos del área de estudio del MAGA 2006 (archivos digitales adjuntos). Esta información servirá como base para la verificación de campo.

En base a visitas de campo se determinó que las áreas dentro del RVSPM a trabajar sean: San Francisco del Mar, Estero Lagarto, Bahía la Graciosa, Laguna Santa Isabel, Punta de Coco, Cayo frente a Canal Inglés y Cayo frente a Laguna Santa Isabel (Anexo 1). Esto en base a que se constató la presencia de áreas con manglar, tomando como referencia el mapa realizado por MARN, PNUMA y CATHALAC (2012). Las verificaciones de campo realizadas permitieron georeferenciar puntos de referencia de utilidad para la localización de los sitios con presencia de manglares (Anexo 2, Figura 4).

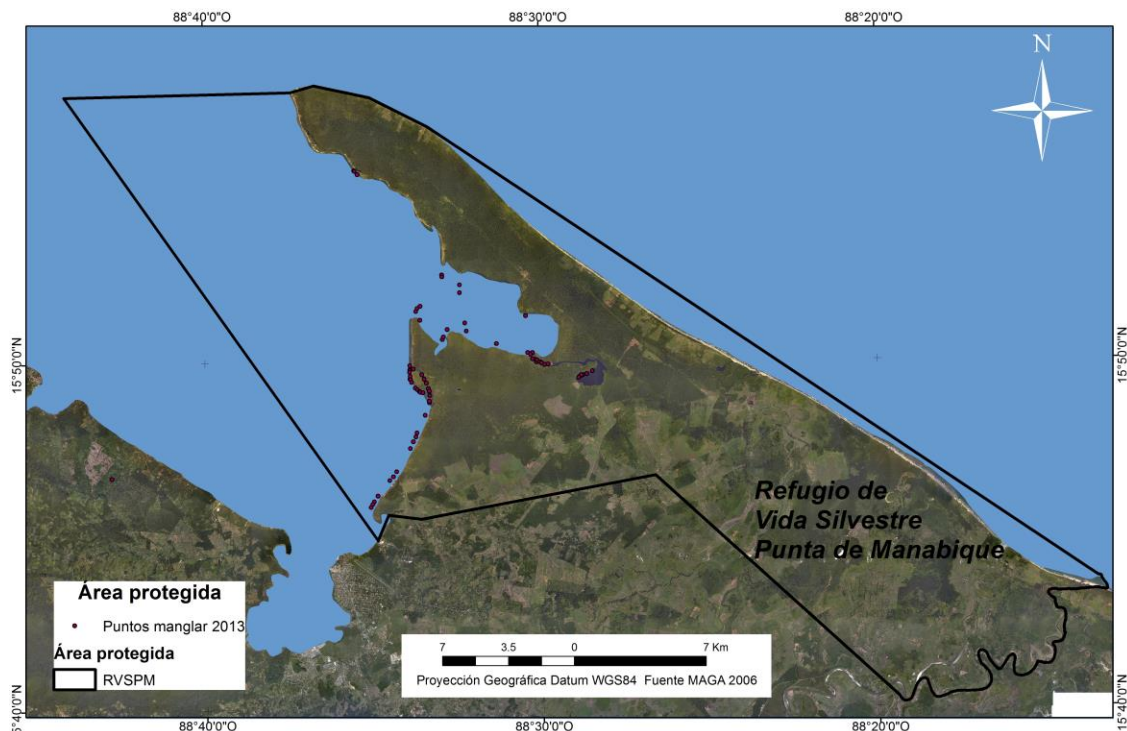


Figura 4. Mapa de referencia para la ubicación de ecosistema de manglar en el RVSPM (Fuente: Autor).

FASE DE CAMPO

Referencias de campo

Para la selección de las muestras o región de interés (por sus siglas en inglés, ROI) se deben georeferenciar sitios con presencia de ecosistemas de manglar y describir el estado y datos complementarios sobre los atributos de los manglares. Se deben utilizar los que MARN, PNUMA y CATHALAC utilizaron en el año 2012, siendo estos 544 para el RVSPM (de 979 en total tomados para toda la República) puntos de campo recolectados por el MARN.

Para el levantamiento de la información se tomaran puntos con GPS utilizando el sistema de coordenadas geográficas Datum WGS84, con el objetivo de corroborar la existencia de manglares y el estado de las áreas, para las fichas descriptivas se deben indicar las siguientes características (Anexo 2):

- Presencia/ausencia
- Regeneración
- Deforestación
- Presencia de basura
- Avance de la frontera agrícola
- Demografía
- Otros aspectos relevantes observados en los recorridos

En cada sitio seleccionado de muestreo se deberán tomar datos de composición y estructura del bosque de manglar (Lozano-Rivera y Sierra-Correa 2005).

FASE DE GABINETE II

Clasificación y procesamiento de datos

En esta fase debe realizarse la verificación y depuración de datos, se recomienda hacerlo con el apoyo de SERVIR/CATHALAC para la creación de firmas espectrales utilizando las coordenadas como puntos de control. Otros atributos que deben agregarse a los puntos son los datos de las fichas descriptivas para complementar la información.

Selección y adquisición de imágenes

De acuerdo a Lozano-Rivera y Sierra-Correa (2005) en esta primera etapa se debe definir el sensor, resolución espacial, espectral y temporal, número de imágenes, escala de mapa de salida, precisión, costo y tiempo de adquisición.

En el año 2012 CATHALAC utilizó imágenes satelitales de los periodos del 2001 al 2012, Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+(NASA/USGS), Hyperion (NASA) y ALOS PALSAR (JAXA). Y utilizaron imágenes con mayor resolución espacial como lo son Landsat (30 metros), Hyperion (30 y 10 metros) y ALOS PALSAR (12.5 metros), para estimar a mayor detalle de la superficie de área con cobertura de manglar (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de Imágenes de satélite propuestas para el análisis de la cobertura de manglares.

Imágenes de satélite	Landsat-5 TM	Landsat-7 ETM+	EO-1 Hyperion	ALOS PALSAR
Resolución Espacial (metros)	30	30 , 15	30	12
Resolución Espectral	6 bandas del rango de visible e infrarrojo medio, 1 banda térmica	6 bandas del rango de visible a infrarrojo medio, 2 bandas térmica, 1 pancromática	242 bandas	2 polarizaciones [HH, HV]
Espectro Electromagnético	0.45 – 2.35 μm (visible a infrarrojo medio)	0.45 – 2.35 μm (visible a infrarrojo medio)	0.45 – 2.5	L-band (23.5 cm)
Fuente	NASA / USGS	NASA / USGS	NASA (imágenes EO-1 pueden ser solicitadas gratuitamente al equipo de Goddard Space Flight Center - GFSC-)	JAXA / Alaska Satellite Facility

Fuente: (Hernández *et al* 2012)

Así mismo, la adquisición puede hacerse a través de solicitudes a las instituciones que se listan en la Tabla 2.

Tabla 2. Sitios donde se puede solicitar imágenes para estimar la cobertura de manglar en Guatemala.

Institución	SERVIR (Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica)	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe- CATHALAC-
Dirección		Edificio 111 del Complejo de la Ciudad del Saber, en Clayton, Ciudad de Panamá
Página de internet	<p>http://www.servir.net/</p> <p>http://portalgis.cathalac.org/cathalac/maps/</p>	<p>Visor de CATAHALC para obtener imágenes de la cobertura de manglares en Guatemala 2012. Consultado en: http://portalgis.cathalac.org/ArcGIS/rest/services/SERVIR</p> <p>Imagen del visor de CATAHALC para obtener imágenes de la cobertura de manglares en el Atlántico de Guatemala 2012. Consultado en http://portalgis.cathalac.org/ArcGIS/rest/services/SERVIR/mangle_guate_atlantico/MapServer</p>
Descripción	SERVIR es el Sistema Regional de Visualización y Monitoreo que integra observaciones de la tierra (Ej.: Imágenes Satelitales) y modelos de pronóstico con datos y conocimiento del terreno.	El Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe- CATHALAC provee el Portal GIS, herramienta de información geográfica de Mesoamérica y el Caribe.
Costos	Las imágenes pueden ser descargadas sin costo, se debe suscribir el solicitante a la página	El proyecto de cobertura de manglares de Guatemala realizado en el año 2012, puede ser solicitado de forma gratuita a CATHALAC o MARN. Así mismo se pueden solicitar imágenes de satélite y el apoyo para realizar los análisis correspondientes.

Correcciones de las imágenes

Correcciones radiométricas

Estas correcciones radiométricas servirán para modificar la imagen con el objetivo de la rehabilitación de líneas o píxeles perdidos. Esto es necesario debido a que la atmósfera ejerce influencia en la respuesta espectral de los objetos a través de la absorción de gases y dispersión por aerosoles y moléculas de la energía electromagnética que se basa en los parámetros relativos al sensor, en las condiciones atmosféricas durante la adquisición de la imagen (Lozano y Sierra-Correa 2005).

Para corregir los vacíos de las imágenes Landsat-7 ETM+ se debe utilizar la herramienta "Focal Analysis" (Análisis focal) de ERDAS Imagine (MARN, PNUMA y CATHALAC 2012). El análisis focal es el cálculo de un raster de salida, donde el valor de salida en cada ubicación de la celda es una función del valor en esa ubicación celular y los valores de las células dentro de una zona especificada alrededor de la célula (GIS Dictionary).

Corrección Geométrica

Esta corrección consiste en el cambio de posición de los píxeles respecto a un sistema de coordenadas previamente definido. Se debe hacer una transformación geométrica para relacionar las coordenadas de una imagen con las coordenadas de un sistema de referencia. La relación entre los dos sistemas de coordenadas (mapa e imagen) puede ser calculada a través de la definición de puntos de control en el terreno (Lozano y Sierra-Correa 2005).

Definición de clases de vegetación para el área de estudio

Para definir las clases de vegetación se deberá diferenciar visualmente la cobertura de mangle de otros tipos de vegetación. Para esto se debe utilizar la combinación de bandas de las imágenes satelitales infrarrojo cercano/ infrarrojo medio/rojo, con esta combinación de bandas se resaltan las áreas con manglares en color café oscuro (MARN, PNUMA y CATHALAC 2012).

El conocimiento y verificación en campo realizados es fundamentales en esta etapa porque permite tener datos sobre el tipo de cobertura, composición y estructura del bosque de manglar (Lozano-Rivera y Sierra-Correa 2005).

De acuerdo a Lozano-Rivera y Sierra-Correa (2005) y Nayak & Bahuguna (2001) se deberá establecer los tipos de cobertura existentes en el área, los cuales también formaran parte de la leyenda del mapa.

Las categorías deben interpretadas a partir de los datos de satélite y utilizando como referencia clave de interpretación elaborada por Nayak & Bahuguna (2001) donde la clasificación se basa en los elementos esenciales como textura, forma, localización y asociación (Tabla 3).

Tabla 3. Clave de interpretación para el mapeo de manglares y otra vegetación costera.

Category	Tone	Shape	Texture	Location	Association	Remarks
Mangrove dense	Bright red	Irregular	Smooth	In the inter tidal area/ along the creeks & low lying flats	Low energy coasts. Warm waters	Grows on substrate mud/mud-sand composition. Evergreen. More than 40% crown density
Mangrove sparse	Pale red	Irregular	Smooth	In the inter tidal area/ along the creeks & low lying flats	Low energy coasts. Warm waters	Grows on substrate mud/mud-sand composition. Evergreen. 10-40% crown density
Algae	Pink	Irregular	Smooth	Intertidal area/rocks/ coral reef/in between mangroves	Hard substrate/in between mangroves	October-March is favorable period for their growth
Seagrass	Orange/Orange pink	Irregular	Smooth	Intertidal area (more on seaward side)	Soft substrate (mud/fine sand) depositions on the reef/intertidal mudflat	Intermingle with both coral reef and mangrove community
Marsh vegetation	Brown	Irregular	Smooth	High tidal/more saline mudflat	Saline mudflat	Tidal influence is not daily
Vegetation on sand	Pink/Red	Irregular	Smooth	On sandy beach/sand dune	Sand	Comprises low grass to shrubs. Also plantations like Casurina, Cashew

Fuente: Tomado de Nayak & Bahuguna (2001).

Las unidades de cobertura definidas para el RVSPM en base a verificaciones de campo y a la metodología utilizada por Nayak & Bahuguna 2001, son las siguientes:

- Bosque de manglar denso
- Bosque de manglar poco denso
- Otra vegetación costera:

Vegetación de áreas inundables, Vegetación de dunas, Pastos marinos, Macroalgas

Clasificación de la cobertura de Mangle

Clasificación es el proceso de extracción de información en imágenes para reconocer patrones y objetos homogéneos para obtener un mapa temático. Cada color o símbolo está asociado a una clase.

La clasificación **automática** (hecha en computadora) incluye el análisis individual de los atributos numéricos de cada píxel en la imagen, por eso es considerada un análisis cuantitativo. Esta clasificación puede ser dividida en dos grupos:

No supervisada: donde cada píxel de la imagen es asociado a una clase espectral sin que el investigador tenga un conocimiento previo del número o identificación de las diferentes clases presentes en la imagen. Esto es hecho a través de algoritmos de agrupamiento. De acuerdo a la verificación de resultados realizados por MARN, PNUMA y CATHALAC (2012), los mejores resultados obtenidos de la clasificación de la cobertura de mangle fueron a partir del algoritmo "Spectral Angle Mapper".

La Clasificación Spectral Angle Mapper (SAM) es un método automatizado que permite realizar la comparación directa de los espectros de imagen a un espectro conocida (por lo general se determina en un laboratorio o en el campo con un espectrómetro). Este método trata tanto espectros como vectores y calcula el ángulo espectral entre ellos. Este método es insensible a la iluminación ya que el algoritmo SAM utiliza sólo la dirección del vector y no la longitud del vector. El resultado de la clasificación SAM es una imagen que muestra la mejor coincidencia en cada píxel.

Supervisada: donde el investigador selecciona muestras representativas para cada una de las clases que desea identificar en la imagen. Generalmente, las clases pueden ser descritas por una función de densidad de probabilidad estimada a partir del conjunto de muestras de entrenamiento, la cual se considera como criterio de decisión para definir a que clase pertenece un píxel.

Otra forma de clasificación *no automática* es conocida como interpretación visual o fotointerpretación donde el investigador extrae las informaciones basándose en la inspección visual de la imagen.

Tanto la clasificación automática, como la no-automática son complementarias. Ya que con la clasificación no supervisada se genera el mapa preliminar a la verificación de campo y con los puntos de verificación se realiza la clasificación supervisada y el mapa final.

La etapa de diferenciación visual de la cobertura de mangle de otros tipos de vegetación en las imágenes de satélite, se deberá realizar utilizando la combinación de bandas de las imágenes satelitales infrarojo cercano/ infrarojo

medio /rojo, para resaltar las áreas con mangles en color café oscuro (Nayak & Bahuguna 2001, MARN, PNUMA y CATHALAC 2012). Se deben realizar varias pruebas de clasificación supervisada, así como la delimitación de las áreas con manglares, para lo cual se debe utilizar la técnica de “density slicing” o densidad de corte.

La densidad de corte es una técnica que normalmente se aplica a una imagen monocromática de una sola banda para destacar las áreas que parecen ser uniformes en el tono, pero no lo son. Los valores de Escala de grises (0-255) se convierten en una serie de intervalos, o rodajas, y diferentes colores se asignan a cada sector. Densidad de corte se utiliza a menudo para resaltar las variaciones en la vegetación (Figura 5).

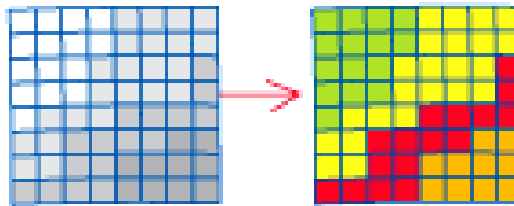


Figura 5. Ilustración de densidad de corte. Fuente: GIS Dictionary <http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/density%20slicing>

Hay que tomar en cuenta que los manglares se diferencian de otros tipos de vegetación costera y la vegetación terrestre en función de su tono (rojo / rojo pálido), así como por su ubicación que generalmente es cercana a aguas cálidas, a costas de baja energía, en la zona intermareal y cerca de la zona de marea alta (Nayak & Bahuguna 2001).

Revisión y edición de resultados de clasificación

Para la revisión y edición de los resultados de la clasificación, la herramienta a utilizar será Arc2Earth, imágenes de los mapas bases de ArcMap, e imágenes Landsat-7 ETM+ del año más reciente. Además se pueden utilizar las imágenes ALOS PALSAR, para hacer la interpretación visual de la textura para apreciar ciertas características que diferencian a los tipos de cobertura (MARN, PNUMA y CATHALAC 2012).

Transformaciones espectrales

Las transformaciones espectrales de las imágenes son utilizadas para mejorar la calidad de la imagen, reduciendo redundancias de información, agregando información de otros sensores o removiendo ruidos. Entre estas técnicas se encuentran los índices de vegetación y el análisis de componentes principales. En el caso de algunos sensores espaciales es posible establecer índices de vegetación (Oliviera 2009), para evaluar la dinámica espacio-temporal de la vegetación, en este caso de manglares. El Índice de Vegetación NDVI es de gran utilidad para el análisis de la cobertura de la vegetación y se define con la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{R}-\text{NIR})/(\text{R}+\text{NIR})$$

Dónde **R** es la reflectancia promedio en la región del visible (longitud de onda 0.6 μm) y **NIR** es la reflectancia promediada en la región del infrarrojo cercano (longitud de onda 0.8 μm). Luego de esta operación los pixeles variaran entre -1 y 1, donde los valores próximos a -1 estarán asociados a agua, los valores próximos a 0 siendo área de rocas y valores próximos a +1 que indicaran la presencia de cobertura vegetal.

Firmas Espectrales

Las firmas espectrales deben ser revisadas y comparadas con la respuesta espectral de otras áreas con cobertura de mangle, las muestras seleccionadas deben ser utilizadas para verificar clasificación de las coberturas.

El detalle de las firmas espectrales depende de la resolución espectral de las imágenes, con las imágenes híper-espectrales se puede apreciar con mayor detalle ya que cuenta con 242 bandas, en comparación con las imágenes Landsat que solamente cuenta con 7 bandas (MARN, PNUMA y CATHALAC 2012).

De acuerdo a MARN, PNUMA y CATHALAC (2012) las muestras con las imágenes Hyperion y Landsat, mostraron similitud en las firmas espectrales, las muestras con mayores contenidos de humedad, decreció en el área del espectro que va del infrarrojo cercano ($>0.7\mu\text{m}$) al infrarrojo medio ($>1.5\mu\text{m}$), esto indica que hay mayor absorción en estas áreas del espectro electromagnético en vegetación con mayor contenido de humedad.

Análisis estadístico

Con los datos de clasificación se deben verificar algunas estadísticas como media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, entre otros, que muestran el comportamiento de los píxeles agrupados dentro de cada clase y así mismo permite comparar este comportamiento con las firmas espectrales de la cobertura a partir de datos radiométricos tomados en campo. Adicionalmente, se puede realizar una estimación de los errores finales de clasificación mediante una matriz de confusión de clases. El software que se puede utilizar es ERDAS o ArcMap.

Edición vectorial y cartografía

Un procedimiento posterior a la revisión y verificación de la clasificación digital de las clases vegetales es la edición vectorial y cartográfica, que consiste en analizar los polígonos obtenidos a través de una interpretación visual, basada en el conocimiento del área de estudio y auxiliada por las imágenes satelitales.

Para la cartografía de los elementos se deben utilizar Sistemas de Información Geográfica con el programa ArcMap.

Los resultados a obtener deberán ser:

- La estimación de la cobertura de manglares para el RVSPM.
- Estimación de la cobertura de manglares en el área.
- Mapa sobre distribución de la cobertura de manglares en el RVSPM.

Temporalidad de la metodología

La metodología se recomienda se realice en función de evitar la temporada de lluvias, principalmente en la fase de campo donde se realizan las inspecciones acuáticas. Esto en función de evitar tormentas o vientos fuertes que dificulten los recorridos en una embarcación.

La selección de la imagen satelital deberá realizarse en verano para evitar la presencia de nubes que dificulten la visualización de la imagen. La cantidad de veces al año para realizar las evaluaciones de la cobertura de manglares iría entre 1 o 2 para obtener datos comparables con mayor detalle que permitan dar seguimiento a largo plazo al estado de la cobertura de los manglares en toda su área de distribución dentro del RVSPM.

Recomendaciones

- ✓ El análisis de fotografías aéreas, firmas espectrales y clasificación de tipos de vegetación se recomienda se realice con el apoyo de un experto en Sensores Remotos. La verificación de campo deberá llevarse a cabo con apoyo de personal de campo y comunitarios que conozcan a detalle el área de estudio.
- ✓ Extender el análisis a otras zonas aledañas con presencia de remanentes de bosque de manglar, que permitan plantear el sostenimiento de la conectividad entre parches de bosques contiguos a través de propuestas de restauración ecológica.
- ✓ Asignar actividades específicas a los integrantes del equipo de trabajo, por ejemplo que sea únicamente una persona la que realice las anotaciones en la boleta de datos. Si son personas sin experiencia en este tipo de actividades, se sugiere realizar alguna actividad de capacitación previa al trabajo de campo y utilización de equipo como GPS.

Materiales y equipo

Tabla 4. Materiales y equipo para el estudio de la cobertura de manglares.

No.	Insumo	Cantidad
1	Software de Sistemas de información Geográfica (SIG)	1
2	Software (Tabla 5)	1
3	GPS Garmin Legend HCx Etrex	2
4	Boletas de datos verificación de campo (Anexo 3)	*
5	Computadora portátil	1
6	Bases de datos Programa	**
7	Imágenes de satélite (Tablas 1 y 2)	5
8	Lista de coordenadas de referencia (Anexo 2)	

*La cantidad de boletas, dependerá del número de puntos de verificación que se realicen en campo. ** Para el acopio de la información se requerirá elaborar bases de datos.

Tabla 5. Software que se debe utilizar para procesar las imágenes para el estudio de la cobertura de manglares.

Software/descripción
ENVI: Es un software para el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales. Se aplica a estudios de biodiversidad porque permite identificar objetos (http://www.exelisvis.com/ProductsServices/ENVI.aspx)
ERDAS IMAGINE: Es un sistema geoespacial de creación de datos, incorpora procesamiento de imágenes y análisis geoespacial, sensores remotos. Permite crear imágenes 2D, clasificación de cobertura de la tierra, vectores derivados de imágenes y cartografía de composiciones de mapas de datos geoespaciales. (http://geospatial.intergraph.com/products/ERDASIMAGINE/ERDASIMAGINE/Details.aspx).
ArcMap: ArcMap es el componente principal de ArcGIS o conjunto de programas de procesamiento geoespacial de Esri, y se utiliza sobre todo para ver, editar, crear y analizar datos geoespaciales. ArcMap permite al usuario explorar los datos dentro de un conjunto de datos, simbolizan características en consecuencia, y crear mapas. http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-home

6.2 Metodología para estimar la cobertura de pastos marinos en el RVSPM

La representación espacial de los fondos marinos es uno de los procesos más complejos de la cartografía temática mediante imágenes de satélite, debido a la influencia de la atmósfera y la columna de agua de mar a través de las cuales pasa la radiación electromagnética (Cerdeira-Estrada *et al* 2008).

Para el levantamiento de la línea base sobre cobertura de pastos marinos se recomienda utilizar el método implementado en Belice por Cherrington (2013) en donde realizó un análisis de imágenes de satélite en sistemas de información geográfica, complementada con Oliveira (2009) que realizó la teledetección de hábitat bénticos en la Bahía de Cádiz, España, Cerdeira-Estrada y colaboradores (2008) quienes realizaron la cartografía de la distribución espacial de los hábitats bentónicos en Cuba y Castaño-Gallego y Lozano-Rivera, quienes realizaron la delimitación de ecosistemas sumergidos en Colombia.

La metodología propuesta para la estimación de la cobertura de pastos marinos se describe a continuación:

FASE DE GABINETE I

Áreas de estudio

De acuerdo a las verificaciones de campo realizadas se ubicaron 147 sitios con presencia de pastos marinos (Anexo 5, Figura 6). En base a esta verificación se refiere que las áreas dentro del RVSPM con presencia de pastos marinos son:

- Estero Lagarto,
- Bahía la Graciosa,
- Laguna Santa Isabel,
- Punta de Coco,
- Punta de Manabique,
- Bahía de Amatique,
- Punta Gruesa,
- Entrada a Canal Inglés y El Cabo.

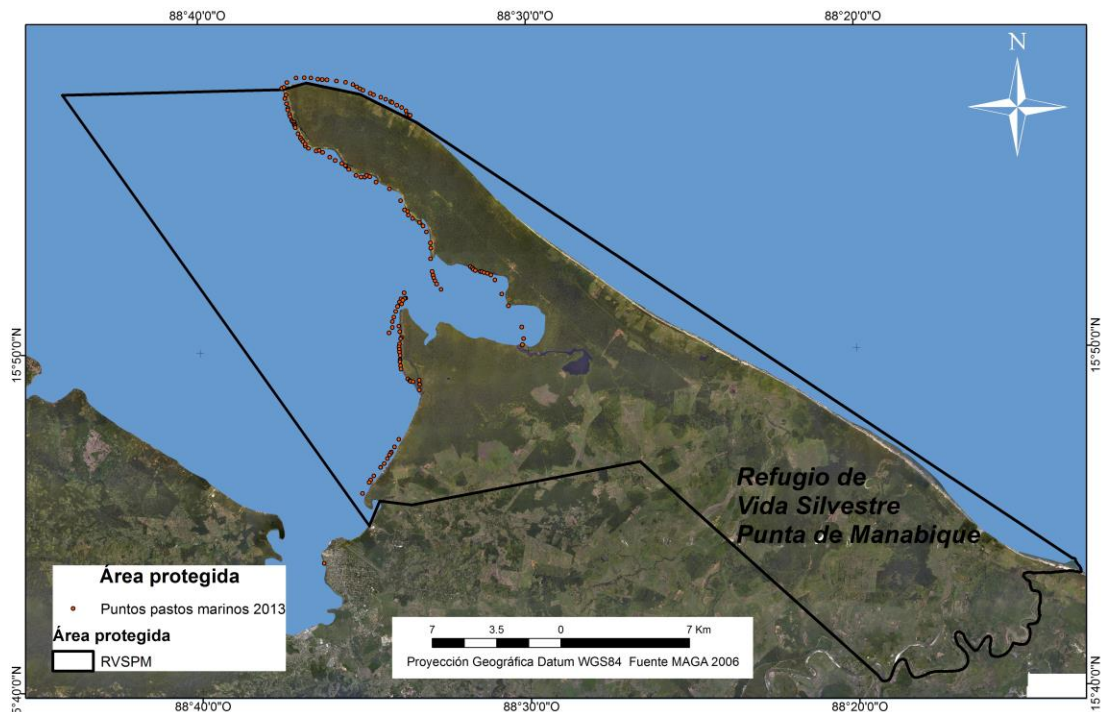


Figura 6. Mapa de puntos con presencia de pastos marinos en el RVSPM (Fuente: Autor).

FASE DE CAMPO I

Referencias de campo

Para la selección de otras muestras o regiones de interés (por sus siglas en inglés, ROI) se deben georeferenciar otros sitios con presencia de pastos marinos y describir su estado con datos complementarios sobre los atributos de los lechos de pastos marinos.

Además de los 147 datos de sitios georeferenciados adquiridos en verificaciones de campo (Anexo 5, Figura 6), será necesario seleccionar más sitios y verificar con más detalle la presencia de pastos marinos, así como elaborar las fichas descriptivas de los sitios seleccionados de forma detallada. La información generada será útil para la clasificación supervisada de las imágenes satelitales y la clasificación de las firmas espectrales.

Para la georreferenciación se recomienda utilizar el equipo GPS Garmin Legend HCx Etrex y se deberá realizar mediante recorridos acuáticos en una embarcación. Los puntos deberán ser georeferenciados utilizando el sistema de coordenadas geográficas Datum WGS84. Además de corroborar la existencia de pastos marinos, para establecer el estado de las áreas, se deben indicar las siguientes características en las fichas descriptivas de acuerdo a la boleta de datos de campo (Anexo 6):

- Especies de pastos marinos
- Regeneración
- Degradación
- Presencia de basura
- Demografía

Clasificación visual de hábitats

En esta fase se realizará la clasificación en el sitio para mejorar la clasificación realizada con las imágenes, así como su calibración, ya que una vez clasificadas servirán para el análisis y clasificación de las imágenes multiespectrales. Se deberán realizar al menos 3 expediciones al área de estudio para complementar la información de las imágenes con datos obtenidos de mediciones *in situ*. Durante las expediciones de campo la precisión sobre el terreno obtenida debe ser de 3 m en las mediciones (Cerdeira-Estrada *et al* 2008).

Profundidad sobre cada posición

La profundidad de cada sitio se debe determinar con una ecosonda Garmin Fishfinder (± 5 cm de precisión).

Colecta de especímenes y características de los lechos de pastos marinos

En los sitios georeferenciados se deberá recolectar la vegetación sumergida y evaluar los 4 atributos o variables de los pastos marinos: densidad (número de haces m^2), porcentaje de cobertura, altura del follaje de las fanerógamas (cm), así como la cobertura de algas. En todos los sitios de observación se deben realizar tomas de videos submarinos utilizando una cámara subacuática. Además, se deberán tomar datos de composición de especies (Lozano-Rivera y Sierra-Correa 2005).

FASE DE GABINETE II

Clasificación y procesamiento de datos

En esta fase debe realizarse la verificación y depuración de datos, se recomienda hacerlo con el apoyo de SERVIR/CATHALAC para la creación de firmas espectrales utilizando las coordenadas como puntos de control y deben agregarse a los puntos los datos de las fichas descriptivas para complementar la información.

Selección y adquisición de imágenes

Para el análisis de las propiedades ópticas de los pastos marinos se deben utilizar imágenes obtenidas por el sensor remoto de satélite Quickbird, que genera imágenes multiespectrales en 4 bandas: rojo, verde, azul e infrarrojo cercano.

De acuerdo a Oliveira (2009) para la estimación de la cobertura de ecosistemas sumergidos se pueden utilizar las imágenes multiespectrales con 2.4 m de resolución espacial (Tabla 6). La adquisición puede hacerse a través de solicitudes a las siguientes instituciones como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 6. Tipo de sensor y plataforma utilizada para el monitoreo de la cobertura de pastos marinos mediante firmas espectrales.

Plataforma	AIRCRAFT		SATELLITE		
Tipo de sensor	Imaging Spectrometers (Hyperspectral)	Laser	Multispectral (High Spatial Resolution)	Hyperspectral (Medium Spatial Resolution)	Multispectral (Medium Spatial Resolution)
Ejemplos de	AVIRIS, CASI, ATM, HyMap	Lidar, LADS	IKONOS, QuikBird	EO-1 Hyperion	Landsat MSS/TM/ETM,

plataforma o sensor					SPOT, IRS
Lechos de pastos marinos	x		x	x	X

Fuente: (Eakin et al 2000).

Tabla 7. Sitios donde se puede solicitar imágenes satelitales para el estudio de la cobertura de pastos marinos.

Institución	SERVIR (Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica)	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe-CATHALAC	Satellite Imaging Corporation Satellite Images
dirección		Edificio 111 del Complejo de la Ciudad del Saber, en Clayton, Ciudad de Panamá	12777 Jones Road, Suite 370 Houston, Texas 77070-4671 USA. Tel: +1 (832) 237-2900 ext. 203 http://www.satimagingcorp.com info@satimagingcorp.com
Página de internet	http://www.servir.net/	http://portalgis.cathalac.org/cathalac/maps/	http://www.satimagingcorp.com/gallery-quickbird.html
Descripción	SERVIR es el Sistema Regional de Visualización y Monitoreo que integra observaciones de la tierra (Ej.: Imágenes Satelitales) y modelos de pronóstico con datos y conocimiento del terreno.	El Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe- CATHALAC provee el PortalGIS, herramienta de información geográfica de Mesoamérica y el Caribe.	Satellite Imaging Corporation (SIC) es un proveedor global de datos de imágenes de alta resolución, servicios de Sistema de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés). SIC tiene acceso a algunos de los sensores remotos más especializados del mundo para conseguir imágenes satelitales y fotografías aéreas.
Costos	Las imágenes pueden ser descargadas sin costo, se debe suscribir el solicitante a la página	Las imágenes pueden solicitarse de manera gratuita a SERVIR/CATHALAC	Para precios ponerse en contacto con Satellite Imaging Corporation info@satimagingcorp.com Teléfono: +1 (832) 237-2900 http://www.satimagingcorp.com

Las imágenes de satélite tienen que ser corregidas tomando en cuenta los factores atmosféricos, geométricos y radiométricos, así como la profundidad de la columna de agua. Después es posible generar tanto una clasificación no supervisada como una supervisada apoyándose de las mediciones *in situ*, ya que son básicas para validar el análisis de percepción remota (Cerdeira-Estrada *et al* 2008).

Selección de la extensión espacial

Como las imágenes utilizadas cubrirán una zona amplia del RVSPM incluyendo áreas urbanas, playas, vegetación terrestre, entre otros, es necesario delimitar en la imagen las áreas donde se realizará el análisis. Además, la columna de agua ejerce influencia sobre la firma espectral por lo que es necesario delimitar dos zonas, la zona intermareal emergida y la zona sumergida. Para discriminar las zonas que no son necesarias para el análisis como áreas urbanas y otras se debe generar manualmente en un Sistema de Información geográfica (ArcMap) un polígono a partir del cual se crea una máscara que posteriormente se aplica a la imagen. A continuación se procede a separar la zona intermareal emergida de la zona sumergida.

Los datos deberán ser sometidos a comparación visual con una serie de imágenes en color verdadero del satélite LANDSAT captadas de preferencia desde 1987 hasta las imágenes más recientes para que pueda articularse la información con la información generada por Cherrington en el año 2013.

Es probable que la cantidad de cambios visibles en agua turbia aparezcan brillantes, por lo que en la imagen se puede dar lugar a confusión con otras hierbas marinas. Es por esto que para utilizar sensores remotos en ecosistemas sumergidos, es necesario corregir el efecto producido por la atenuación de la luz debido a la columna de agua. Castaño-Gallego y Lozano-Rivera (2006), recomiendan aplicar esta corrección en el mapeo de ecosistemas sumergidos, para compensar el efecto de la profundidad sobre la señal recibida por el sensor, sin esta corrección los efectos de la profundidad dominarán la imagen y no será fácil interpretar de manera cierta los hábitats marinos presentes en la imagen.

Georeferenciación y ajuste espacial

El objetivo aquí es transformar las coordenadas iniciales de la imagen (x, y) a otro sistema de latitud y longitud, para que sea posible comparar las imágenes georeferenciadas con las medidas tomadas en el sitio.

Calibración de radiancia

La calibración se debe realizar debido a que el sensor Quickbird normalmente genera imágenes con valores de radiancia relativa, sin embargo, es necesario trabajar con valores de radiancia absoluta. Para realizar esta conversión se utiliza la función "QuickBird Radiance" del Software ENVI 4.2, y se realiza mediante la utilización de parámetros contenidos en el archivo de metadatos de la imagen.

La calibración radiométrica como pre-procesamiento de las imágenes de satélite sirve para atenuar los efectos de absorción y dispersión de la luz a través de la atmósfera y de la masa de agua. Cada longitud de onda tiene su propia ganancia (*gain*) y tendencia (*bias*), que se proporcionan en los números digitales (ND) y aparecen en el encabezado de cada imagen o en archivos complementarios. Estos ND son convertidos a radiancia espectral. El *gain* representa los gradientes de calibración. El *bias* define la radiancia espectral del sensor para un valor digital igual a cero. Luego los valores de radiancia son convertidos a reflectancia aparente, que es el cociente entre la radiancia ascendente y la irradiación solar en el tope de la atmósfera teniendo en cuenta la posición angular del sol en el momento que la imagen fue tomada (Cerdeira-Estrada *et al* 2008).

Corrección de la columna de agua

Para llevar a cabo esta corrección es necesario seguir la siguiente serie de pasos de acuerdo a Castaño-Gallego y Lozano-Rivera (2006):

A) *Selección de muestras de píxeles con el mismo sustrato y diferente profundidad:* se debe seleccionar un grupo de píxeles de las bandas del visible, donde se supone existe el mismo tipo de sustrato pero a diferente profundidad. Los niveles de gris de los píxeles seleccionados son transferidos a una hoja de cálculo para obtener el coeficiente de atenuación.

B) *Cálculo del coeficiente de atenuación por par de bandas:* sobre la hoja de cálculo creada en el paso anterior son diseñados los diagramas x y de los datos muestreados, examinando las regiones saturadas con valores muy altos para ser eliminados. La pendiente lineal no se calcula usando el método tradicional de regresión por mínimos cuadrados ya que el resultado depende de cual banda es escogida como variable dependiente. Por lo tanto, en vez de calcular la desviación estándar de la línea de regresión en dirección de la variable dependiente, la línea de regresión es colocada donde la desviación estándar es reducida al mínimo (perpendicular al medio de la línea). Se calcula la varianza de cada banda y la covarianza por par de bandas.

C) Generación del índice para tipos de fondo, independiente de la profundidad: En aguas relativamente claras, la intensidad de la luz decae exponencialmente con el aumento de la profundidad. Si los valores de la intensidad de la luz (radiancia) se transforman usando logaritmo natural (ln) esta relación con la profundidad llega a ser lineal. Por lo tanto, los valores de radiancia transformados disminuirán linealmente con el aumento de la profundidad.

Se recomienda que las mediciones de la profundidad sean tomadas en el mismo momento de la adquisición de la imagen. Las profundidades se deberán medir en base a un perfil de elevación obtenido en campo y con datos de un sondeo acústico que permitan generar un modelo digital de elevación. Posteriormente se utiliza un modelo de regresión no-lineal y se ajusta cada banda utilizada al modelo siguiente:

$$L=L_s + L_b \cdot \exp^{-a \cdot z}$$

Dónde: **L** es la radiancia de la imagen, **L_s** es la radiancia mínima, **L_b** es la radiancia del hábitat béntico, **z** la profundidad y **a** es el coeficiente de atenuación efectiva (Oliviera 2009). Los cálculos para la corrección de la profundidad se pueden hacer en el software de análisis estadístico "R" utilizando un Script previamente desarrollado.

Segmentación

En la segmentación la imagen es particionada en regiones donde los puntos tienen aproximadamente las mismas propiedades, como nivel de gris medio o propiedades de textura. A partir de la segmentación, objetos u otras entidades de interés pueden ser extraídos para posterior reconocimiento (Castaño-Gallego y Lozano-Rivera 2006).

La segmentación se fundamenta en el método de la similaridad, que es un proceso repetido por el cual las regiones son formadas a partir de un píxel individual, y van creciendo iterativamente hasta que todos los píxeles son procesados.

Los valores límite de similaridad, que es el agrupamiento de píxeles en función de los píxeles vecinos, son dados por el usuario; un límite de similaridad más bajo, puede generar una "súper" segmentación, en cuanto un límite de segmentación alto, puede agrupar regiones de coberturas diferentes. Este valor es relativo a la distancia Euclídiana entre los valores de los niveles de grises, bajo el cual los píxeles y/o regiones son agrupados (Castaño-Gallego y Lozano-Rivera 2006).

Se debe realizar una serie de pruebas de segmentación sobre las imágenes, variando los parámetros de índice de similaridad y número mínimo de píxeles

hasta encontrar por inspección visual una combinación que resulte apropiada para delimitar las áreas de interés. Este proceso se hace un mínimo de 10 veces y se aplica para la banda resultante de la corrección de columna de agua con el fin de hacer comparación de resultados posteriormente.

Clasificación no supervisada

En la clasificación no supervisada cada píxel de la imagen es asociado a una clase espectral sin que el usuario tenga conocimiento previo del número o identificación de las diferentes clases de la imagen. Esto es hecho a través de algoritmos de agrupamiento; los clasificadores pueden ser aun divididos en clasificadores píxel a píxel y clasificadores por regiones. Los clasificadores píxel a píxel utilizan apenas la información espectral aislada de cada píxel para identificar las regiones homogéneas. La clasificación por regiones es realizada a partir de una imagen particionada (segmentada) y cada región es asociada a una clase (Castaño-Gallego y Lozano-Rivera 2006).

Sobre la segmentación que reúne los píxeles con niveles digitales más representativos para pastos marinos, se realiza una clasificación no supervisada usando un clasificador. Este algoritmo no supervisado es aplicado sobre las regiones extraídas de la segmentación, que son caracterizadas por su media, matriz de covarianza y área. Este algoritmo está definido por el límite de aceptación, dado en porcentaje, que calcula la distancia mínima entre las regiones pertenecientes a una misma clase (Castaño-Gallego y Lozano-Rivera 2006).

Índice diferencial de vegetación Normalizado (Normalized Difference Vegetation Index –NDVI-

En el caso de algunos sensores espaciales como es el caso del QuikBird es posible establecer índices de vegetación (Oliviera 2009), siendo esta una herramienta útil para evaluar la dinámica espacial y temporal de la vegetación de un área determinada. El NDVI es de gran utilidad para el análisis de la cobertura de la vegetación y se define con la siguiente ecuación:

$$NDVI = (R-NIR)/(R+NIR)$$

Dónde R es la reflectancia promedio en la región del visible (longitud de onda 0.6 μm) y NIR es la reflectancia promediada en la región del infrarrojo cercano (longitud de onda 0.8 μm). Luego de esta operación los píxeles variaran entre -1 y 1, donde los valores próximos a -1 estarán asociados a agua, los valores próximos a 0 corresponderán a área de rocas o sedimento desnudo y valores próximos a +1

indicaran la presencia de hojas verdes. Además este índice está relacionado con el área foliar y la biomasa de la vegetación.

Resultados esperados

Una vez procesados los datos generados en las fases de interpretación de imágenes y verificación de campo, los resultados deberán ser los que se listan a continuación:

- ✓ Estimación de la cobertura de pastos marinos en el RVSPM (línea base).
- ✓ Mapa de cobertura de pastos marinos en el RVSPM.
- ✓ Caracterización de los ecosistemas de pastos marinos en cuanto a sus porcentajes de cobertura y composición de especies.

Con el objetivo de evaluar la dinámica temporal de los hábitats de pastos marinos es necesario realizar comparaciones entre imágenes de distintas fechas, con alturas de marea distintas, pero que deberán estar ajustadas para que tengan la misma extensión espacial.

Temporalidad de la metodología

Es necesario aplicar esta metodología anualmente, para que se pueda realizar un análisis comparativo entre los años posteriores, esto permitirá identificar cómo los distintos parches de pastos marinos van cambiando (Oliveira 2009).

Recomendaciones

- ✓ Debido a que no existen estudios previos sobre la cobertura y extensión de área de pastos marinos en el RVSPM que sirva de referencia., se recomienda compilar en una base de datos, para los datos que serán generados con esta metodología, a fin de tener las estadísticas sobre la extensión areal de pastos marinos a través del tiempo.
- ✓ Asignar actividades específicas a los integrantes del equipo de trabajo, se sugiere realizar alguna actividad de capacitación previa al trabajo de campo y utilización de equipo como GPS, cámaras subacuáticas y Ecosonda Garmin Fishfinder.

Materiales y equipo

Tabla 8. Materiales y equipo para el estudio de la cobertura de pastos marinos.

No.	Insumo	Cantidad
1	Software (Tabla 9)	1
2	GPS Garmin Legend HCx Etrex	2
3	Boletas de datos verificación de campo (Anexo 6)	*
4	Computadora portátil	1
5	Listado de coordenadas (Anexo 5; Bases de datos Programa Excel 2007 Carpeta digital)	2
6	Imágenes de satélite (Tabla 6)	5
7	Ecosonda Garmin Fishfinder	1
8	Cámara subacuática	1

*La cantidad de boletas, dependerá del número de puntos de verificación que se realicen en campo.

Tabla 9. Software que se debe utilizar para el procesamiento de imágenes para el estudio de la cobertura de pastos marinos.

Software/descripción
ENVI: Es un software para el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales y es utilizado para el análisis de imágenes geoespaciales para evaluar la biodiversidad, detectar e identificar objetos, y otras aplicaciones (http://www.exelisvis.com/ProductsServices/ENVI.aspx)
ERDAS IMAGINE: Es un sistema geoespacial de creación de datos, incorpora procesamiento de imágenes y análisis geoespacial, sensores remotos y SIG. Permite crear imágenes 2D, ortofotos mosaicos, clasificación de cobertura de la tierra, vectores derivados de imágenes y cartografía de composiciones de mapas de datos geoespaciales. (http://geospatial.intergraph.com/products/ERDASIMAGINE/ERDASIMAGINE)
ArcMap: ArcMap es el componente principal de ArcGIS o conjunto de programas de procesamiento geoespacial de Esri, y se utiliza sobre todo para ver, editar, crear y analizar datos geoespaciales. ArcMap permite al usuario explorar los datos dentro de un conjunto de datos, simbolizan características en consecuencia, y crear mapas. http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-home
Software de análisis estadístico R: El paquete estadístico R es uno de los más flexibles, potentes y profesionales que existen actualmente para realizar tareas estadísticas de todo tipo, desde las más elementales, hasta las más avanzadas. http://r-project.softonic.com/

7. Procesamiento y Centralización de la información

El desarrollo de programas de monitoreo y la evaluación estadística de los datos, son tan importantes como las técnicas de recolección de datos, pero rara vez reciben atención cuidadosa. La forma como los datos son registrados y compartidos también es importante. Sin embargo a escala local, no existen sistemas de información ambiental integrados sobre ecosistemas de manglar y pastos marinos.

El uso compartido de los datos es raro y usualmente se da a través de relaciones interpersonales más que a partir de vinculaciones interinstitucionales (Sale *et al* 2008).

Por otro lado los esfuerzos desarrollados en investigación sobre el Sistema Arrecifal Mesoamericano y los ecosistemas asociados, ha generado información sobre los arrecifes coralinos, teniendo grandes vacíos sobre datos de los pastos marinos y manglares.

Por tal motivo es necesario que la información generada en la línea base se integre de manera sistemática en bases de datos regionales, mismas que deberán ser revisadas para el control de calidad de los datos y enriquecidas constantemente.

8. Referencias bibliográficas

1. Arrivillaga, A. & Baltz, M. (1999). *Comparison of fishes and macroinvertebrates on seagrass and bare-sand sites on Guatemala's Atlantic Coast*. Bulletin of Marine Science. 65(2): 301-309. 19 pp.
2. Castaño-Gallego, A. y Lozano-Rivera, P. (2006): *Delimitación de ecosistemas sumergidos (praderas de fanerógamas) a partir de imágenes EOS-ASTER en la zona costera del departamento de la Guajira (Colombia): resultados preliminares*, GeoFocus (Artículos), nº 6, p. 231-251, ISSN: 1578-515.
3. Cerdeira-Estrada, S., Lorenzo-Sánchez, S., Areces-Mallea, A..., Martínez-Bayón, B. 2008. Cartografía de la distribución espacial de los hábitats bentónicos en el Golfo de Batabanó utilizando imágenes Landsat-7. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *Ciencias Marinas* (2008), 34(2): 213-222
4. Cherrington, E. (2013). *Technical Report: Baseline Assessment of Seagrass and Mangrove Cover and Dynamics in the Port Honduras Marine Reserve*, Belize Water Center for the Humid Tropics of Latin America & the Caribbean (CATHALAC), Panama. 16 pp.

5. Fundación Mario Dary Rivera (FUNDARY), Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), The Nature Conservancy (TNC). (2006). *Plan Maestro 2007-2011 Refugio De Vida Silvestre Punta De Manabique*. Guatemala: FUNDARY-PROARCA-TNC. 155 pp. + Anexos
6. Hernández, B., Cherrington, E., Bosarreyes, A., Gálvez, J., Oyuela, M., Sempris, E. (2012). *Clasificación de cobertura actual del mangle de las costas del Pacífico y Atlántico de Guatemala, a través de técnicas de percepción remota*. CATHALAC y SIA- MARN. 18pp.
7. Kamal, M. (2005). An Examination of seagrass monitoring protocols as applied to two New South Wales estuarine setting. Australian catholic University, Australia, 82 pp.
8. Lizano, O., Amador J. y Soto R. 2001. *Caracterización de manglares de Centroamérica con sensores remotos*. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR). Rev. Biol. Trop. 49. Supl. 2: 331-340, 2001. www.rbt.ac.cr, www.ucr.ac.cr
9. Lozano Rivera, P., y P. Sierra-Correa. (2005). *Propuesta metodológica para delimitación de bosques de manglar a partir de datos satelitales utilizando SPRING v 4.1, en la reserva de biósfera Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" Cerro Punta Betín, Santa, Colombia. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4285-4293.
10. MacDonald, B. (2011). Análisis de la diversidad de las praderas de pastos marinos en la Laguna marino-costera la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Tesis Licenciatura en Biología. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 98 p.
11. MARN, PNUMA, CATHALAC. 2012. Informe técnico: Estudio de la Cobertura de Mangle en la República de Guatemala. Guatemala. 54 pp.
12. Michot, T.C., Burch, J.N., Arrivillaga, A., Rafferty, P.S., Doyle, T.W., and Kemmerer, R.S. (2002). Impacts of Hurricane Mitch on Seagrass Beds and Associated Shallow Reef Communities along the Caribbean Coast of Honduras and Guatemala: USGS Open File Report 03-181, 65 pp.
13. Nayak S. & Bahuguna, A. (2001). *Application of remote sensing data to monitor mangroves and other coastal vegetation of India*. Indian Journal of Marine Sciences. Vol. 30(4), December, pp. 195-213.
14. Oliveira, D. (2009). Teledetección de hábitat bénticos en la Bahía de Cádiz, España. Universidad de Cádiz, Tesis de Maestría. 44 p.

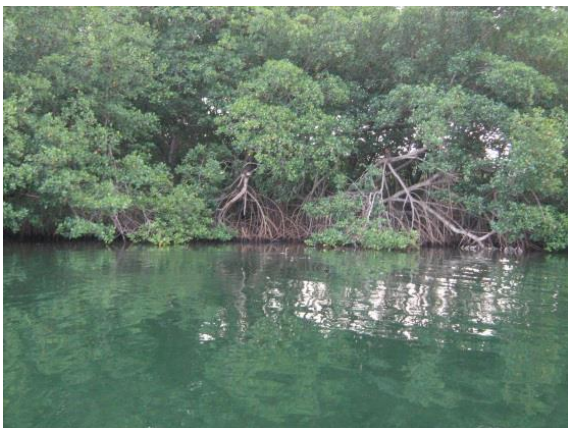
15. Sale, P., Chavez, E., Hatcher, B., Mayfield, C. and Ciborowski, J. (2008). *Guidelines for Developing a Regional Monitoring and Environmental Information System Final Report, Conservation and sustainable use of the Mesoamerican Barrier Reef System in México, Belize, Guatemala and Honduras International Network on Water, Environment and Health* United Nations University. 101 pp.
16. Short, F.T., McKenzie, L.J., Coles, R.G., Vidler, K.P., Gaeckle, J.L. (2006). *SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat*, Worldwide edition. University of New Hampshire Publication. 75 pp.
17. The Nature Conservancy (TNC). (2011). *Manglares de Guatemala*. Presentación Power Point. 15 pp.
18. UNESCO. (1998). *CARICOMP –Caribbean coral reef, seagrass and mangrove site*. Coastal region and small island papers 3, UNESCO, Paris, xiv + 347 pp.
19. Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., Ribas, A. (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía*. Doc. Anal. Geogr. 48, 2006.
20. Yañez-Arancibia, Alejandro, Zárate Lomelí, David, and Terán Cuevas, Angel. (1994). *EPOMEX. CEP Technical Report No. 34*. UNEP Caribbean Environment Programme, Kingston, Jamaica. 64 pp.

Páginas de internet consultadas:

- <http://www.csr.utexas.edu/projects/rs/hrs/analysis.html>
 - GIS Dictionary <http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/density%20slicing>
 - <http://maps.cathalac.org/Portal/>
 - http://www.servir.net/cobertura_de_mangle_en_guatemala_año_2012
- Belice: <http://www.biodiversity.bz/find/resource/profile.phtml?dcid=213958>
- México: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/progMonitoreo.html>
- Guatemala: <http://www.ign.gob.gt/>
<http://190.149.253.142:8080/geoportal/IGN-GEO.html>
- Panamá: <http://portalgis.cathalac.org/cathalac/maps/>
- Estimación cobertura manglares 2012 CATHALAC: http://issuu.com/siamarn/docs/mangle_final_1_?mode=window&pageNumber=10

9. Anexos

Anexo 1. Imágenes de sitios con presencia de manglares.



Localidad Punta de Coco



Localidad Laguna Santa Isabel



Localidades en Bahía La Graciosa y Cayo frente a Canal Inglés

Anexo 2. Listado de coordenadas de 71 sitios con presencia de manglares.

No.	Latitud	Longitud	Localidad
1	15.79755	-88.5624	Puerto Barrios
2	15.81378	-88.55563	Punta de coco
3	15.82059	-88.55612	Punta de coco
4	15.82521	-88.55805	Punta de coco
5	15.82727	-88.55929	Punta de coco
6	15.83013	-88.56348	Punta de coco
7	15.8233	-88.55701	Punta de coco
8	15.82526	-88.56509	Punta de coco
9	15.86017	-88.55982	Bahía La Graciosa
10	15.85913	-88.56125	Bahía La Graciosa
11	15.85763	-88.56194	Bahía La Graciosa
12	15.85346	-88.56004	Bahía La Graciosa
13	15.84407	-88.54894	Bahía La Graciosa
14	15.84527	-88.54835	Bahía La Graciosa
15	15.84894	-88.54644	Bahía La Graciosa
16	15.8481	-88.53695	Fuera de la Bahía
17	15.84186	-88.52216	Fuera de la Bahía
18	15.83752	-88.50661	Entrada laguna Santa Isabel
19	15.83447	-88.50423	laguna Santa Isabel
20	15.83291	-88.50227	laguna Santa Isabel
21	15.83289	-88.50044	Salida laguna Santa Isabel
22	15.83415	-88.5025	Cayo entrada Sta. Isabel
23	15.83752	-88.50439	Entrada laguna Santa Isabel
24	15.85521	-88.50753	Entrada laguna Santa Isabel
25	15.8703	-88.54018	Entrada laguna Santa Isabel
26	15.86659	-88.5402	Cayo Canal Inglés
27	15.92537	-88.59203	Punta de Manabique y Estero Lagarto
28	15.92511	-88.59178	Punta de Manabique y Estero Lagarto
29	15.92362	-88.59046	Punta de Manabique y Estero Lagarto
30	15.87507	-88.54893	Punta Gruesa
31	15.87414	-88.54887	Punta Gruesa
32	15.83398	-88.502	Laguna Santa Isabel
33	15.83305	-88.50078	Laguna Santa Isabel
34	15.83247	-88.4999	Laguna Santa Isabel
35	15.83186	-88.49817	Laguna Santa Isabel
36	15.83195	-88.49664	Laguna Santa Isabel
37	15.82855	-88.47469	Laguna Santa Isabel
38	15.82671	-88.47954	Laguna Santa Isabel
39	15.82626	-88.48041	Laguna Santa Isabel

No.	Latitud	Longitud	Localidad
40	15.82573	-88.48125	Laguna Santa Isabel
41	15.82546	-88.48152	Laguna Santa Isabel
42	15.82665	-88.48015	Laguna Santa Isabel
43	15.82721	-88.4774	Laguna Santa Isabel
44	15.83669	-88.50518	Laguna Santa Isabel
45	15.85201	-88.53765	Laguna Santa Isabel
46	15.83166	-88.5652	Entrada La Bahía de Amatique
47	15.82969	-88.56516	Entrada La Bahia de Amatique
48	15.82928	-88.56517	Entrada La Bahia de Amatique
49	15.82846	-88.56525	Entrada La Bahia de Amatique
50	15.8266	-88.56504	Entrada La Bahia de Amatique
51	15.82503	-88.56483	Entrada La Bahia de Amatique
52	15.82378	-88.5644	Entrada La Bahia de Amatique
53	15.82099	-88.56255	Entrada La Bahia de Amatique
54	15.82012	-88.56145	Entrada La Bahia de Amatique
55	15.81927	-88.56049	Entrada La Bahia de Amatique
56	15.81894	-88.55997	Punta de Coco
57	15.81868	-88.55876	Punta de Coco
58	15.81946	-88.55566	Punta de Coco
59	15.81728	-88.5553	Punta de Coco
60	15.81462	-88.5557	Punta de Coco
61	15.80788	-88.55774	Punta de Coco
62	15.79944	-88.56187	Punta de Coco
63	15.79524	-88.56377	Punta de Coco
64	15.792	-88.56525	Punta de Coco
65	15.7809	-88.57212	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
66	15.77847	-88.57378	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
67	15.77669	-88.57552	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
68	15.76934	-88.58146	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
69	15.76659	-88.58323	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
70	15.76536	-88.58401	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
71	15.76379	-88.58492	Entre Punta de coco y Pto. Barrios

Anexo 3. Boletas de datos de verificación de campo/cobertura de manglares.

Punto	Especies presentes	Altura	Grado de impacto	Tipo de impacto

LINEA BASE COBERTURA MANGLARES
Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique

Fecha:
 Hora:
 Nombre del sitio:
 Número de sitio:
 Nombre de los monitores:
 Especies de manglares dominantes:
 Coordenadas: Latitud: Longitud: Altitud (msnm):

- Presencia/ausencia
- Tipo de mangle

Descripción general del sitio

- Regeneración
- Deforestación
- Presencia de basura
- Avance de la frontera agrícola
- Demografía
- Otros aspectos relevantes observados en los recorridos

Lista confirmada de especies de Manglares del RVSPM.

Familia	Especie	Nombre común
RHIZOPHORACEAE	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangle Rojo
COMBRETACEAE	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	Mangle Blanco
AVICENNIACEAE	<i>Avicennia germinans</i> (L.) Stearn	Mangle negro
COMBRETACEAE	<i>Conocarpus erectus</i> L.	Botoncillo

Anexo 4. Set de fotografías sitios con presencia de pastos marinos.



Estero lagarto



Bahía La Graciosa



Bahía La Graciosa



Punta de Coco



Punta de Manabique



Punta Gruesa

Anexo 5. Listado de coordenadas de 141 sitios con presencia de pastos marinos.

No.	Latitud	Longitud	Localidad
1	15.93271	-88.60694	Punta de Manabique
2	15.93308	-88.60538	Punta de Manabique
3	15.92511	-88.59178	Punta de Manabique y Estero Lagarto
4	15.92537	-88.59203	Punta de Manabique y Estero Lagarto
5	15.92362	-88.59046	Punta de Manabique y Estero Lagarto
6	15.91973	-88.5823	Estero Lagarto
7	15.92044	-88.58144	Estero Lagarto
8	15.91985	-88.57977	Estero Lagarto
9	15.91725	-88.57661	Estero Lagarto
10	15.9137	-88.56984	Estero Lagarto
11	15.90788	-88.56425	Estero Lagarto
12	15.90326	-88.56223	Estero Lagarto
13	15.90258	-88.5607	Estero Lagarto
14	15.90078	-88.5603	Estero Lagarto
15	15.85563	-88.50993	Bahía La Graciosa
16	15.84514	-88.50327	Bahía La Graciosa
17	15.72965	-88.60468	Embarcadero
19	15.93518	-88.61235	Punta de Manabique
20	15.934	-88.6108	Punta de Manabique
21	15.93196	-88.60358	Punta de Manabique
22	15.92957	-88.60007	Punta de Manabique
23	15.92794	-88.5973	Punta de Manabique
24	15.92647	-88.59388	Punta de Manabique
25	15.92052	-88.58673	Estero Lagarto
26	15.91975	-88.58424	Estero Lagarto
27	15.89901	-88.55811	Punta Gruesa
28	15.89707	-88.55466	Punta Gruesa
29	15.89534	-88.55299	Punta Gruesa
30	15.8924	-88.55122	Punta Gruesa
31	15.88692	-88.54934	Punta Gruesa
32	15.88444	-88.54915	Punta Gruesa
33	15.87908	-88.54929	Punta Gruesa
34	15.87285	-88.5486	Punta Gruesa
35	15.87107	-88.5481	Punta Gruesa
36	15.86963	-88.54769	Punta Gruesa
37	15.86826	-88.54708	Punta Gruesa
38	15.8667	-88.54636	Punta Gruesa
39	15.86405	-88.54408	Entrada a Bahía La Graciosa
40	15.87516	-88.52904	Bahía La Graciosa

No.	Latitud	Longitud	Localidad
41	15.87435	-88.52816	Bahía La Graciosa
42	15.87374	-88.52748	Bahía La Graciosa
43	15.87322	-88.52658	Bahía La Graciosa
44	15.8726	-88.52407	Bahía La Graciosa
45	15.87248	-88.52332	Bahía La Graciosa
46	15.87212	-88.52219	Bahía La Graciosa
47	15.87162	-88.52055	Bahía La Graciosa
48	15.87088	-88.51867	Bahía La Graciosa
49	15.86842	-88.51661	Bahía La Graciosa
50	15.86141	-88.51335	Bahía La Graciosa
51	15.8394	-88.5024	Entrada a Canal Inglés
52	15.83639	-88.50301	Laguna Santa Isabel
53	15.86254	-88.56284	Salida de la Bahía
54	15.8596	-88.56441	Salida de la Bahía
55	15.85802	-88.56522	Puerto Barrios
56	15.85589	-88.56622	Puerto Barrios
57	15.85332	-88.56725	Puerto Barrios
58	15.8506	-88.56812	Puerto Barrios
59	15.84836	-88.56898	Puerto Barrios
60	15.84546	-88.56898	Puerto Barrios
61	15.84285	-88.57079	Puerto Barrios
62	15.96368	-88.62416	El Cabo
63	15.96876	-88.61674	El Cabo
64	15.96883	-88.61257	El Cabo
65	15.96867	-88.60921	El Cabo
66	15.9681	-88.60564	El Cabo
67	15.96784	-88.60347	El Cabo
68	15.9677	-88.60114	El Cabo
69	15.96704	-88.59633	El Cabo
70	15.96644	-88.5916	El Cabo
71	15.96531	-88.58786	El Cabo
72	15.96412	-88.58605	El Cabo
73	15.9631	-88.58423	El Cabo
74	15.96238	-88.5829	El Cabo
75	15.96091	-88.57919	El Cabo
76	15.96012	-88.57736	El Cabo
77	15.95895	-88.57377	El Cabo
78	15.9578	-88.5713	El Cabo
79	15.95669	-88.5688	El Cabo
80	15.95628	-88.56801	El Cabo

No.	Latitud	Longitud	Localidad
81	15.95492	-88.56568	El Cabo
82	15.95372	-88.56325	El Cabo
83	15.95214	-88.56106	El Cabo
84	15.95035	-88.56061	El Cabo
85	15.9501	-88.55962	El Cabo
86	15.94985	-88.55898	El Cabo
87	15.96653	-88.62147	El Cabo
88	15.96428	-88.62291	El Cabo
89	15.96044	-88.62194	Punta de Manabique, destacamento
90	15.95861	-88.62254	Punta de Manabique
91	15.95605	-88.62177	Punta de Manabique
92	15.95387	-88.62114	Punta de Manabique
93	15.95312	-88.62119	Punta de Manabique
94	15.95084	-88.62034	Punta de Manabique
95	15.94974	-88.61984	Punta de Manabique
96	15.94799	-88.61913	Punta de Manabique
97	15.9474	-88.61877	Punta de Manabique
98	15.94692	-88.618	Punta de Manabique
99	15.94598	-88.61791	Punta de Manabique
100	15.94566	-88.61781	Punta de Manabique
101	15.94508	-88.61756	Punta de Manabique
102	15.94438	-88.61743	Punta de Manabique
103	15.94132	-88.61599	Punta de Manabique
104	15.93923	-88.61487	Punta de Manabique
105	15.93833	-88.61421	Punta de Manabique
106	15.93748	-88.61352	Punta de Manabique
107	15.93615	-88.61248	Punta de Manabique
109	15.85982	-88.562	Entrada La Bahia de Amatique
110	15.85982	-88.562	Entrada La Bahia de Amatique
111	15.85984	-88.56229	Entrada La Bahia de Amatique
112	15.85961	-88.56274	Entrada La Bahia de Amatique
113	15.85878	-88.56355	Entrada La Bahia de Amatique
114	15.85703	-88.56419	Entrada La Bahia de Amatique
115	15.84613	-88.56573	Entrada La Bahia de Amatique
116	15.84347	-88.56522	Entrada La Bahia de Amatique
117	15.8405	-88.56442	Entrada La Bahia de Amatique
118	15.83986	-88.56483	Entrada La Bahia de Amatique
119	15.83731	-88.56548	Entrada La Bahia de Amatique
120	15.83597	-88.56561	Entrada La Bahia de Amatique
121	15.83464	-88.56561	Entrada La Bahia de Amatique

No.	Latitud	Longitud	Localidad
122	15.83327	-88.56548	Entrada La Bahia de Amatique
123	15.83166	-88.5652	Entrada La Bahia de Amatique
124	15.82969	-88.56516	Entrada La Bahia de Amatique
125	15.82928	-88.56517	Entrada La Bahia de Amatique
126	15.82846	-88.56525	Entrada La Bahia de Amatique
127	15.8266	-88.56504	Entrada La Bahia de Amatique
128	15.82503	-88.56483	Entrada La Bahia de Amatique
129	15.82012	-88.56145	Entrada La Bahia de Amatique
130	15.81927	-88.56049	Entrada La Bahia de Amatique
131	15.81894	-88.55997	Punta de Coco
132	15.81868	-88.55876	Punta de Coco
133	15.81946	-88.55566	Punta de Coco
134	15.81728	-88.5553	Punta de Coco
135	15.81462	-88.5557	Punta de Coco
136	15.7904	-88.56622	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
137	15.78673	-88.56838	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
138	15.78419	-88.57011	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
139	15.7835	-88.57055	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
140	15.78273	-88.57107	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
141	15.7809	-88.57212	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
142	15.77847	-88.57378	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
143	15.77669	-88.57552	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
144	15.77657	-88.57564	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
145	15.77252	-88.57905	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
146	15.77042	-88.58076	Entre Punta de coco y Pto. Barrios
147	15.76934	-88.58146	Entre Punta de coco y Pto. Barrios

Anexo 6. Boletas de datos de verificación de campo/cobertura de pastos marinos.

Punto	Especies presentes	cobertura de parche	Grado de impacto	Tipo de impacto

LINEA BASE COBERTURA PASTOS MARINOS

Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique

Fecha:
 Hora:
 Nombre del sitio:
 Número de sitio:
 Nombre de los monitores:
 Especies de pastos marinos dominantes:
 Coordenadas: Latitud: Longitud: Altitud (msnm):

Descripción general del sitio

- Regeneración
- Degradación
- Presencia de basura
- Demografía
- Otros aspectos relevantes observados en los recorridos

Lista de especies de pastos marinos para la Bahía la Graciosa

Familia	Especie
Hydrocharitaceae	<i>Thalassia testudinum</i> Banks ex Köning
	<i>Halophila baillonii</i> Asch
	<i>Halophila engelmannii</i> Asch
Cymodoceae	<i>Halodule beaudettei</i> (Hartog) Hartog
	<i>Halodule wrightii</i> Asch
Ruppiceae	<i>Ruppia maritima</i> L.

Fuente: (Tomado de MacDonald 2011).