

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PASTOS MARINOS Y RECURSOS PESQUEROS EN LA RESERVA DE
LA BIÓSFERA LOS PETENES: ASOCIACIONES PRODUCTIVAS EN
DOS TEMPORADAS CLIMÁTICAS.**

TESIS

(Idónea Comunicación de Resultados)

Que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

BIÓL. ARIANA MAGDALENA ROSAS VALDEZ

COMITÉ TUTORAL:

Director: Dr. Luis Amado Ayala Pérez

Asesora: M. en C. María Guadalupe Figueroa Torres

Asesor: M. en SIG. Iván Ernesto Roldán Aragón

Ciudad de México, diciembre de 2017

Dedicatoria

*A mis padres Guadalupe Valdez Contreras y Rogelio
Rosas Ramírez y a mis hermanos Rogelio Rosas
Valdez y Alberto Rosas Valdez por su cariño, apoyo, y
motivación.*

*A Iker Castañares González por su cariño, paciencia,
motivación, y consejos en todo momento.*

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes instituciones por el apoyo académico y financiamiento económico:

- Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Al comité tutorial, por el apoyo y participación en el desarrollo de esta investigación:

- Dr. Luis Amado Ayala Pérez.
- M. en C. María Guadalupe Figueroa Torres.
- M. en SIG. Iván Ernesto Roldán Aragón.

Al director de la Reserva de la Biósfera los Petenes por el apoyo y permiso para la realización del muestreo experimental:

- Biól Cesar Uriel Romero Herrera.

A mis compañeros del laboratorio de Ecología Aplicada por el apoyo técnico en las campañas de muestreo y en laboratorio:

- Biól. Augusto Chávez Valadés.
- Biól. Guadalupe Segoviano Padrón.
- Biól. Eduardo Calderón Alvarado.
- M. en E.A. Amalia Callejas Chavero.

Por su asesoría y apoyo en la edición de figuras:

- Biól. Iker Castaños González.

CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES	12
PRODUCCIÓN PESQUERA EN MÉXICO	12
PRODUCCIÓN PESQUERA EN CAMPECHE	13
RESERVA DE LA BIÓSFERA LOS PETENES (RBLP).	18
PASTOS MARINOS	19
DIVERSIDAD	20
IMPORTANCIA ECOLÓGICA	21
PASTOS MARINOS EN CAMPECHE	23
AMENAZAS PARA LOS PASTOS MARINOS EN CAMPECHE	24
PECES	25
ESPECIES DE PECES EN CAMPECHE	27
ASOCIACIONES ENTRE PASTOS MARINOS Y PECES	29
TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTA PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DE PASTOS MARINOS	32
CLASIFICACIÓN DIGITAL	33
DEFINICIÓN DIGITAL DE LAS CATEGORÍAS	34
FASE DE ASIGNACIÓN	34
OBTENCIÓN DE RESULTADOS	34
OBJETIVOS	36
OBJETIVO GENERAL	36
OBJETIVOS PARTICULARES	36
ÁREA DE ESTUDIO	37
RESERVA DE LA BIÓSFERA LOS PETENES CAMPECHE	37
MÉTODO	39
COMPORTAMIENTO ESPACIO-TEMPORAL DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL EN LA RBLP	39

DISTRIBUCIÓN DE PASTOS MARINOS EN LA RBLP	42
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES Y APORTACIÓN DE BIOMASA	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
COMPORTAMIENTO ESPACIO-TEMPORAL DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL EN LA RBLP	48
ANÁLISIS CLIMÁTICO - METEOROLÓGICO	48
VARIABILIDAD AMBIENTAL DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO	50
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS PASTOS MARINOS DE LA RBLP	54
BIOMASA DE <i>THALASSIA TESTUDINUM</i>	55
ALGAS Y FAUNA ASOCIADA A <i>T. TESTUDINUM</i> .	57
DISTRIBUCIÓN DE PASTOS MARINOS EN LA RBLP	60
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES Y APORTACIÓN DE BIOMASA (g m^{-2}) EN LA RBLP.	65
BIOMASA DE PECES	66
ESPECIES DOMINANTES	66
ASOCIACIÓN ENTRE <i>T. TESTUDINUM</i> Y PECES DOMINANTES.	71
CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS	75
ANEXOS	84

RESUMEN

La Reserva de la Biósfera los Petenes (RBLP) ubicada en el estado de Campeche integra a las praderas de pastos marinos como uno de los ecosistemas más extensos y mejor conservados del Golfo de México. Los pastos marinos tienen una alta producción de energía ya que son eficientes en convertir la energía solar en biomasa. Esta biomasa producida es la base de muchas cadenas alimenticias acuáticas. El papel ecológico de los pastos se ha discutido ampliamente y se destaca su función como hábitat de protección, reproducción, crianza y alimentación para diversas especies de peces, además de su importante aportación de materia orgánica que constituye la base de la compleja red trófica costera. A pesar de la importancia de esta Reserva la información sobre la distribución de pastos marinos y la relación con los peces presentes es escasa. Debido a esto el objetivo de esta investigación es analizar y discutir las asociaciones entre la distribución de pastos marinos y la distribución y abundancia de peces en dos temporadas climáticas en la porción litoral marina de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche. Para esto se generó una base de datos a partir de registros climatológicos obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional para un periodo de 30 años con lecturas diarias de temperatura y precipitación observada en tres estaciones climatológicas: Campeche, Calkini y Pocho y se generaron gráficas de barra y bigotes. Se realizaron cuatro campañas de muestreo durante los meses de septiembre de 2015, febrero, mayo y octubre de 2016. Se visitaron doce sitios, los cuales se distribuyeron en tres estratos de profundidad; en cada sitio se midieron las variables ambientales con ayuda de una sonda multiparamétrica, se recolectaron muestras de pastos con un cuadrante de 1x1 m y de peces mediante una red de arrastre de prueba camaronesa. Las muestras de pastos se identificaron, lavaron y pesaron en fresco, para posteriormente colocarlos en un horno de secado para determinar la biomasa seca ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Los peces fueron identificados, medidos (talla total y estándar (mm) y pesados (g)); se generaron gráficas de barra y bigotes para los valores de biomasa de pastos y peces a escala espacial y temporal. La determinación de especies dominantes se realizó mediante el índice de importancia relativa (IIR). Para la identificación de la distribución de pastos marinos en el área de estudio se eligió una imagen satelital Landsat 8 la cual tuvo un proceso de clasificación con apoyo del programa IDRISI 17.0. Finalmente, con los valores de biomasa de pastos marinos y biomasa de peces dominantes se realizó un análisis de correlación de Bray-Curtis en el Software SYSTAT 13. En las tres estaciones meteorológicas elegidas se observa una tendencia de aumento de la temperatura de mayo a octubre y una disminución de noviembre a abril. La temperatura promedio más baja se presentó en enero con 8°C y la más alta en junio con 40°C . En cuanto a la precipitación los valores mínimos se observan entre noviembre y abril con valores de 1 a 8 mm y el valor más alto se presentó en septiembre con 254 mm. De acuerdo con las tendencias observadas para un ciclo anual considerando las dispersiones para este periodo, se considera que para la RBLP el comportamiento ambiental puede ser dividido en dos épocas climáticas: lluvias (mayo-octubre) y secas (noviembre-abril). Se identificó a *Thalassia testudinum* como la especie de pasto más abundante con una biomasa seca total de 13.86 kg. El valor más alto de biomasa fue de $1306\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ y se registró en el estrato 2 en septiembre. La captura total de peces fue de 3466 organismos con un peso total de 63.62 kg correspondiente a 38 especies que pertenecen a 19 familias. El mayor valor de biomasa se presentó en febrero en el estrato 1 ($2.84\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). De acuerdo al IIR resultaron 12 especies dominantes que representaron el 92.07% de la captura

total en número de individuos. La imagen satelital clasificada muestra la porción de pastos marinos en la RBLP obteniendo un área de cobertura total de pastos marinos de 14249.07 ha; estableciendo 3 clases de abundancia de pastos. Para el análisis de correlación de Bray-Curtis se eligieron cuatro especies *Lagodon rhomboides*, *Haemulon plumieri*, *Lutjanus synagris* y *Calamus penna*, las cuales resultaron dominantes y con importancia comercial; de estas se tomó en cuenta la biomasa de cada especie y se realizó el análisis en conjunto con la biomasa de *T. testudinum*. Las gráficas de correlación muestran que *L. rhomboides* prefiere los sitios con cobertura media de *T. testudinum*. *H. plumieri* tiene una gran afinidad por los sitios en donde los pastos marinos muestran alta biomasa. Mientras que *L. synagris* y *C. penna* concentran su biomasa en los sitios donde la biomasa *T. testudinum* es baja.

Palabras clave: Peces, Pastos marinos, *Thalassia testudinum*, Biomasa, Correlación.

ABSTRACT

The Petenes Biosphere Reserve (RBLP) located in the state of Campeche integrates seagrass meadows as one of the largest and best preserved ecosystems in the Gulf of Mexico. Seagrasses have a high production of energy as they are efficient in converting solar energy into biomass. This biomass produced is the basis of many aquatic food chains. The ecological role of grasses has been widely discussed and its role as protection, breeding, breeding and feeding habitats for various species of fish is highlighted, as well as its important contribution of organic matter that forms the basis of the complex coastal trophic network. Despite the importance of this Reserve the information on the distribution of seagrass and the relationship with the fish present is scarce. Due to this, the objective of this research is to analyze and discuss the associations between the distribution of marine grasses and the distribution and abundance of fish in two climatic seasons in the coastal littoral portion of the Biosphere Reserve Los Petenes, Campeche. For this, a database was generated from the climatological records obtained by the National Meteorological Service for a period of 30 years with daily readings of temperature and precipitation observed in three climatological seasons: Campeche, Calkini and Pochob and bar and mustaches graphs were generated. Four sampling campaigns were carried out during the months of September 2015, February, May and October 2016. Twelve sites were visited, which were distributed in three depth strata; at each site the environmental variables were measured with the aid of a multiparameter probe, grass samples were collected with a 1x1 m quadrant and fish by means of a shrimp test trawl. The grass samples were identified, washed and weighed fresh, then placed in a drying oven to determine the dry biomass ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). The fish were identified, (measured total and standard size (mm) and weighed (g)), bar and mustaches graphs were generated for spatial and temporal scale biomass values of grasses and fish. The index of relative importance (IRI) for the identification of the seagrass distribution in the study area was chosen a satellite image Landsat 8 which had a classification process with the support of the program IDRISI 17.0. Finally, with the values of seagrass biomass and dominant fish biomass, a Bray-Curtis correlation analysis was performed on the SYSTAT 13 software. At the three selected weather stations a trend of temperature increase from May to October and a decrease from November to April the lowest average temperature occurred in January with 8 ° C and the highest temperature in June with 40 ° C. As for precipitation the minimum values were observed are between November and April with values of 1 to 8 mm and the highest value was presented in September with 254 mm. According to trends observed for an annual cycle considering the dispersions for this period, it is considered that for the RBLP the environmental behavior can be divided into two climatic seasons: rainfall (May-October) and dry (November-April). *Thalassia testudinum* was identified as the most abundant grass species with a total dry biomass of 13.86 kg. The highest relative biomass value was 1306 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ and recorded in stratum 2 in September. The total fish catch was 3466 organisms with a total weight of 63.62 kg corresponding to 38 species belonging to 19 families. The highest value of biomass was presented in February in stratum 1 (2.84 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). According to the IRI, 12 dominant species represented 92.07% of the total catch in number of individuals. The classified satellite image shows the portion of seagrass in the RBLP obtaining a total area of seagrass cover of 14249.07 ha; establishing 3 kinds of seagrass abundance.

For the Bray-Curtis correlation analysis four species were selected: *Lagodon rhomboides*, *Haemulon plumierii*, *Lutjanus synagris* and *Calamus penna*, which were dominant and of commercial importance; of these were taken into account the biomass of each species and the analysis was performed in conjunction with the biomass of *T. testudinum*. Correlation plots show that *L. rhomboides* prefers sites with average coverage of *T. testudinum*. *H. plumierii* has a high affinity for sites where sea grasses show high biomass. While *L. synagris* and *C. Penna* concentrate their biomass at sites where *T. testudinum* biomass is low.

Key words: Fishes, Seagrass, *Thalassia thestudinum*, Biomass, Correlation.

INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biósfera "Los Petenes" (RBLP) se localiza en la zona costera norte del Estado de Campeche, conforma una unidad biogeográfica única de gran importancia biológica, ecológica y científica derivada de su diversidad de flora y fauna, así como de ecosistemas (Muñoz *et al.* 2013).

Esta reserva se caracteriza por integrar ecosistemas denominados ‘petenes’ que son pequeñas “islas” de vegetación arbórea, principalmente de selva mediana perennifolia y subperennifolia, así como de manglar, que se encuentran inmersas en zonas inundables amplias de tipo pantanoso. En general, en el centro de cada Petén se presenta un manantial de agua dulce, aunque en ocasiones, debido al azolvamiento, el agua se filtra a través de la roca y del suelo cargado de restos orgánicos, de manera que el manantial no se puede observar (Duran-García 1995).

Estos ecosistemas se localizan en regiones particulares en el continente americano que se limitan a la Península de Yucatán, la Isla de Cuba y la Península de La Florida, que integran un área biogeográfica única. A nivel nacional la región de los petenes fue declarada sitio RAMSAR (La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas) en febrero de 2004, reconociendo su valor como un humedal de importancia internacional (CONANP 2006).

Además de los petenes, la reserva de la Biósfera integra otros ecosistemas de gran relevancia ecológica como los bosques de manglar y las praderas de pastos marinos. La interacción ecológica entre estos sistemas es intensa tanto espacial como temporalmente con una diversa comunidad biótica que desarrolla actividades de protección, reproducción, crianza y alimentación (Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia 1999; CONANP 2006; Guevara *et al.* 2007).

Los ecosistemas de pastos marinos tienen una alta producción energética debido a que son eficientes en convertir la energía solar en biomasa. La biomasa producida constituye la base de muchas cadenas alimenticias acuáticas (Sánchez *et al.* 2007). Los pastos marinos crean micro hábitats que determinan la presencia de las comunidades biológicas, diversas

tramas tróficas complejas con alto grado de interacción entre la columna de agua y el fondo, un gran número de especies generalistas y altas tasas de intercambio de materia orgánica (Vega 1998).

En la porción marina y cuerpos de agua de la RBLP la diversidad y abundancia de las especies de peces son fundamentales ya que han desarrollado una programación de uso espacial y temporal acoplada a su ciclo de vida y les permite disminuir competencia inter e intra específica. En la literatura científica es posible encontrar sin problema reportes de tales observaciones.

Por otra parte, los peces (como consumidores secundarios) en los ecosistemas de manglar y de pastos marinos, son muy importantes en el flujo de energía y materiales en diferentes maneras. Ellos pueden: 1. Almacenar nutrientes y energía, 2. Controlar el rango y magnitud del flujo de energía a través del consumo de fuentes alimentarias vía pastoreo o detritus y, 3. Mover energía y nutrientes a través de las fronteras del ecosistema (Yáñez-Arancibia *et al.* 1998).

Pese a su evidente importancia ecológica y a la intensa actividad pesquera que se desarrolla en la porción marina de la RBLP, la información disponible sobre la diversidad de hábitat y de fauna acuática es escasa, y algunos trabajos se han enfocado principalmente hacia la descripción de la vegetación y fauna terrestre (Muñoz *et al.* 2013).

Es necesario realizar investigaciones en torno a las variables que controlan la diversidad y abundancia de los recursos pesqueros; haciendo énfasis en la importancia de las áreas vegetadas costeras puesto que funcionan como zonas de protección y alimentación de especies de valor comercial (Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia 1999).

Por lo que la pregunta de investigación que se formula en este proyecto es: ¿En qué grado los pastos marinos son responsables de la producción de biomasa de peces en la porción litoral marina de la Reserva de la Biósfera Los Petenes?

ANTECEDENTES

Producción Pesquera en México

México posee 11500 kilómetros de costa, sin considerar las riberas en aguas continentales. Específicamente en el Golfo de México. La pesca comercial se inició de forma rudimentaria en la década de 1930, con la captura de camarón en la llamada sonda de Campeche (CONAPESCA 2007).

Una de las actividades fundamentales en las zonas costeras en países que poseen litoral es la pesca. Durante muchos años, aunque principalmente a partir de la década de los setentas, Latinoamérica ha recibido apoyo de organismos internacionales que han propiciado esta actividad; por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), impulsó medidas para la intensificación de las capturas bajo la perspectiva de una mayor extracción de productos marinos basado en el aumento de la flota pesquera regional, sin considerar los límites de regeneración y recuperación de los propios recursos. Si bien, el resultado generó insumos económicos de valía en los primeros años para los pescadores, esta actividad no tardó en reflejar signos de agotamiento al haber alcanzado los niveles máximos permisibles desde una perspectiva ecológica e impidiendo su pronta recuperación (Contreras 2002).

En general puede decirse que la pesca ha sido una actividad complementaria para las sociedades rurales mexicanas; sin embargo, quedan aún poblaciones de pescadores que tienen a esta actividad como básica para su vida. La pesca como actividad del sector productivo primario requiere de generación de conocimiento como soporte a la administración de los recursos pesqueros (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón 2011).

El promedio de la pesca total anual para México (calculado con base en los datos de CONAPESCA a partir de 1988 hasta 2013) es de 1, 300, 000 toneladas anuales en términos de volumen. De la cifra anterior, 845, 942 toneladas provienen de los estados costeros y de estas 68.9%, se considera como de alta mar. Para los años 2006-2013 el estado con mayor producción pesquera a nivel nacional fue Sonora, siguiéndole Sinaloa, Baja California Sur, Baja California Norte, Veracruz y Campeche (**Figura 1**). Hablando del Golfo de México los estados con mayor producción son Veracruz y Campeche.

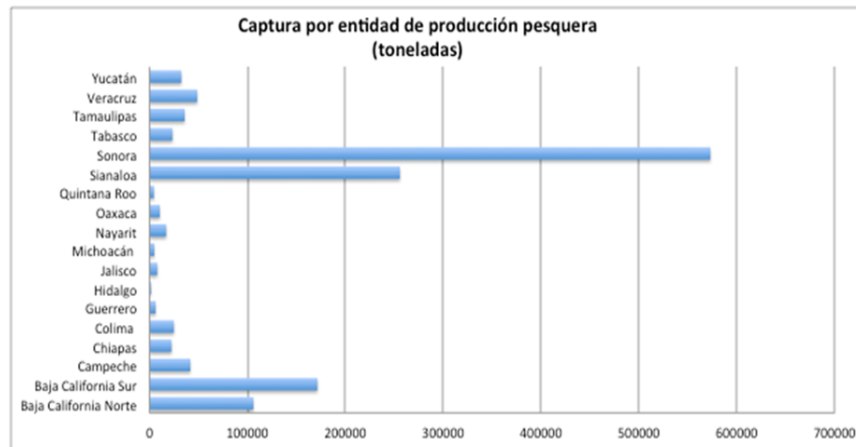


Figura 1. Captura por entidad de producción pesquera en toneladas. El promedio total anual es de 1385353 toneladas (Datos obtenidos de CONAPESCA 2013).

Producción Pesquera en Campeche

A mediados del siglo XIX se hizo el primer recuento de la riqueza pesquera en aguas campechanas. Para esta época estaban presentes el lobo o puerco marino en Isla Arena; el lagarto, caimán o cocodrilo que tenía su asiento principal en el Río Champotón, además de innumerables especies de peces no clasificadas: pequeña sardineja; el buca, pejepluma, corcovado, roncador, pámpano, robalo, esmedregal, cazón, lisa, y sierra, etc. Igualmente había en abundancia ostión, cangrejo, jaiba, caracol, calamar y langosta. En 1895 al realizar otra evaluación se observaron: bonito, anguila, bagre, bobo o perca negra, caballito de mar, cabrilla, corvina, dorado, mantarraya, mero, mojarra, peje espada, raya, sábalo, esturión, tintorera y trucha; además de crustáceos como asela, branquipo, camarón, camaroncillo, cochinita, charal de mar; moluscos: almeja, argonauta bucarda y pulpo. Todos estos elementos muestran la riqueza de la Sonda de Campeche (Laguna de Términos Campeche 2015).

En la actualidad en el estado de Campeche, se han reportado 356 especies de peces marinos y estuarinos que se agrupan en 32 órdenes y 107 familias. Las familias más diversas son: Sciaenidae, Serranidae, Carangidae, Paralichthyidae, Triglidae, Haemulidae y Lutjanidae (Ramos-Miranda *et al.* 2010).

La carta nacional pesquera presenta para la zona sur del Golfo de México especialmente en la sonda de Campeche las siguientes especies como recursos pesquero: bagre bandera (*Bagre marinus*), bagre (*Ariopsis felis* y *Cathorops melanopus*), armado (*Orthopristis chrysoptera*), xlavita (*Lagodon rhomboides*), huachinango (*Lutjanus campechanus*), pargos (*Lutjanus griseus*, *L. synagris*), jurel, cojinuda (*Caranx hippos*), lisa (*Mugil cephalus*) lebrancha (*Mugil curema*), mantas y rayas (*Dasyatis sabina*, *D. americana* y *Gymnura micrura*), robalo (*Centropomus undecimalis*, *C. poeyi*), chucumite (*Centropomus parallelus*), sierra (*Scomberomorus maculatus*), peto (*Scomberomorus cavalla*) y diversas especies de tiburones (nueve del género *Carcharhinus*, tres de *Sphyrna*, y una de cada uno de los géneros *Rhizoprionodon*, *Ginglymostoma*, *Galeocerdo*, *Negaprion* y *Mustelus*). Estos recursos pesqueros en general se encuentran en los niveles máximos de aprovechamiento excepto en el caso de los tiburones, la tendencia reciente de captura es negativa (Diario Oficial 2010).

La pesca en Campeche se fundamenta principalmente en la captura, ya que la acuicultura aún no se ha logrado desarrollar a niveles competitivos. Las principales pesquerías que conforman la captura en Campeche son tres: camarón, pulpo y robalo, que, sumadas a la sierra, jaiba, corvina, caracol, huachinango, cojinuda, tiburones y rayas representan cerca de 80% del total de captura del estado. De estas pesquerías, Campeche destaca como el principal productor en el Golfo de México de caracol y de rayas.

Existen en el estado nueve oficinas en donde se registra la captura pesquera (**Figura 2**); de ellas, considerando el volumen de producción, la más importante es Ceibaplaya (22%), siguiendo en importancia Champotón (17%), Isla Aguada (16%), Cd. del Carmen (6%), Sabacuy (10%) y Atasta (6%). El tercer lugar como municipio se encuentra Campeche (15%), en el cuarto Calkiní con Isla Arena (6%), anotando que Isla Arena es una comunidad conformada casi por un 100% de pescadores; y finalmente el municipio de Palizada con sólo 2% (Diario Oficial de la Federación 2014).



Figura 2. Oficinas y subdelegaciones de pesca en Campeche (CONAPESCA 2011).

La participación porcentual de producción a nivel nacional del estado de Campeche durante los años 2004 a 2013 ha tenido un valor de 2.15% a 3.56% teniendo una notable disminución en el periodo del 2004 a 2008 (**Tabla 1**).

Tabla 1. Participación porcentual en la producción Nacional del estado de Campeche (CONAPESCA 2013).

Participación Porcentual en la Producción Nacional									
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3.56%	3.12%	2.86%	2.61%	2.15%	2.24%	3.37%	2.60%	3.10%	2.43%

En el 2010 se presentó una mayor producción pesquera (**Figura 3**) siendo el camarón en este año el que obtuvo los valores más altos (8, 155 ton) sin embargo, la especie que se encuentra con mayor producción en los últimos años es el pulpo.

Es importante destacar que, aunque el año 2010 fue el más productivo en la obtención de peso vivo en toneladas; el 2012 es el que tuvo mayor ingreso económico en miles de pesos. Esto se debió a la alta producción que se tuvo de pulpo durante este año (**Figura 4**).



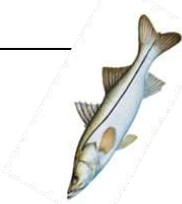
Figura 3. Representación de la serie histórica de la producción pesquera de Campeche (CONAPESCA 2013).



Figura 4. Serie histórica del valor de la producción en miles de pesos en el estado de Campeche (CONAPESCA 2013).

En el 2013 las especies con mayor captura pesquera son el pulpo, camarón, y caracol; de tipo escama fueron: jurel, sierra, robalo y bandera (**Tabla 2**).

Tabla 2. Volumen de la producción pesquera mensual en peso vivo (principales especies) en el 2013. Modificada de CONAPESCA (2013).

Especies con mayor producción 2013 (Toneladas)						
Bandera	Camarón	Caracol	Jurel	Pulpo	Robalo	Sierra
1,311	5,130	4,263	5,159	8,337	1,994	2,070
						

CONAPESCA en el Anuario estadístico de acuacultura y pesca reporta para el 2013 en el estado de Campeche una población de 12, 124 pescadores de los cuales 138 poseen embarcaciones mayores, 26 a plantas pesqueras, 3, 776 a embarcaciones ribereñas activas y 226 a unidades de producción acuícola.

La mayor población en Campeche se dedica a la pesca ribereña; las características de este tipo de pesca son: la utilización de un amplio número de embarcaciones consideradas como flota menor, y un escaso equipamiento y la obtención de organismos acuáticos de un elevado valor en el mercado, tanto nacional como de exportación. Para el 2013 en Campeche el 83.38% de la pesca, perteneció a embarcaciones de tipo ribereña (CONAPESCA 2013).

Uno de los principales problemas que enfrenta este tipo de sociedad pesquera es la pérdida o disminución de las especies debido a que la sanción establecida en la ley no es la más adecuada y no hay una vigilancia por lo que los pescadores obtienen productos, durante la temporada de veda; también se hace un uso inadecuado de las artes de pesca, utilizando las no permitidas y que ocasionan daño al medio acuático en el que se desarrollan estas especies (Contreras 2002).

Reserva de la Biósfera Los Petenes (RBLP).

La RBLP fue declarada como sitio RAMSAR debido a que tiene un valor importante como humedal internacional y su relevancia ecológica se centra en ser hábitat crítico para muchas especies tanto acuáticas como terrestres. Cuenta con la mayor y mejor conservada superficie de pastos marinos que son utilizados como áreas de alimentación, protección y crianza de organismos acuáticos y zona de refugio temporal para especies migratorias (CONANP 2006).

Pese a su evidente importancia ecológica y a la intensa actividad pesquera que se desarrolla en la porción marina de la RBLP, la información disponible sobre la diversidad de hábitat y de fauna acuática es escasa, y algunos trabajos se han enfocado principalmente hacia la descripción de la vegetación y fauna terrestre (Muñoz *et al.* 2012).

Uno de los ecosistemas que destacan en esta reserva, son las praderas de pastos marinos, las cuales son comunidades muy productivas que además constituyen áreas de desove, anidación, refugio, protección, y alimentación para numerosas especies de vertebrados e invertebrados. Son excelentes protectores de la línea de costa ya que sus hojas atrapan los sedimentos suspendidos y los incorporan al sustrato con su sistema de rizomas y raíces, con lo cual previenen la erosión y regulan la calidad del agua (Gallegos-Martínez 2010).

Aquí en la RBLP se encuentran comunidades de *Thalassia testudinum* como componente más abundante de pastos marinos y dominante en aguas poco profundas. Estas comunidades cubren la periferia submarina de poca profundidad (de uno a cuatro metros), comúnmente abarcan grandes extensiones (CONANP 2006).

Desafortunadamente no se cuenta con información de: mapas de distribución y área que ocupan los pastos marinos en este sitio, los procesos que operan en los pastos marinos en este entorno ni de la intensidad de impactos antropogénicos sobre ellos.

Cabe destacar que, si bien los pastos marinos no tienen un valor económico, debido a que el hombre no los utiliza de manera directa; su valor es otorgado de manera indirecta, ya que en ellos se alojan las especies de peces de interés comercial. En estos sitios los peces se

desarrollan, alimentan y reproducen, permitiendo que el hombre pueda aprovecharlo para su beneficio.

La actividad pesquera, induce un impacto significativo en las especies explotadas y su hábitat. Algunas artes de pesca como el arrastre, pueden alterar la estructura de las comunidades demersales, repercutiendo en la disminución de las capturas de los recursos de importancia comercial; y realizado un daño al ecosistema. Debido a la explotación realizada y al incorrecto uso del ecosistema, donde se desarrollan estos recursos pesqueros, muchas de estas especies se encuentran en una situación riesgosa para la renovación de sus poblaciones, por lo que la misma rentabilidad de las pesquerías está en peligro (Flores-Hernández *et al.* 2010).

No obstante, pese a las implicaciones socioeconómicas de las pesquerías asociadas a los cambios ambientales, el aspecto económico no se ha abordado para la generación de datos sobre evaluación de tales recursos pesqueros. Esto refleja la ausencia de análisis ecológicos y biológicos integrados con aspectos socioeconómicos que permitan evaluar el impacto de las alteraciones ecológicas del sistema lagunar sobre la rentabilidad económica de los pescadores (Cifuentes-Lemus y Cupul-Magaña 2002).

Es importante generar análisis que suministren información sobre el estado económico de los pescadores a partir de indicadores financieros, para conocer si la actividad es rentable y así mismo entender su comportamiento frente a los cambios dinámicos que presenta la pesquería (Rueda y Defeo 2003).

Pastos marinos

Los pastos marinos son plantas vasculares que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres. Conforman el único grupo representante de las angiospermas que ha evolucionado de la tierra firme al mar en etapas progresivas de adaptación al agua dulce, a aguas salobres y finalmente al agua marina dando lugar, algunas de ellas, a formaciones vegetales muy características en las aguas litorales denominadas comúnmente “praderas” marinas. Como Angiospermas que son, poseen hojas, tallos y raíces, además de formar flores, frutos y semillas. Las flores, al igual que en las plantas terrestres,

tienen estambres (las estructuras masculinas), y pistilos (las estructuras femeninas) (Díaz-Merlano *et al.* 2003).

Un proceso fundamental en la reproducción sexual de estas plantas es que los granos de polen sean transportados por el agua hacia el estigma (polinización hidrófila). Las flores de los pastos marinos son simples y poco atractivas ya que carecen de colores llamativos. La mayoría de las plantas terrestres tienen flores hermafroditas (con los pistilos y estambres en una misma flor). Sin embargo, en la mayoría de las especies de pastos marinos, las estructuras masculinas y femeninas se ubican en distintas flores. Una de las extraordinarias adaptaciones que presentan los pastos marinos para poder llevar a cabo la polinización bajo el agua, es la morfología del polen. Los géneros *Halodule* y *Syringodium* poseen polen filiforme, el cual semeja pequeños y delgados hilos blancos, mientras que los géneros *Thalassia* y *Halophila* tienen granos de polen esféricos o elipsoides, los cuales están unidos por mucílago. Esta forma alargada (granos de polen filiformes o hilos de mucílago con polen) aumenta la probabilidad de hacer contacto con los estigmas de alguna flor femenina en el medio acuático. Una excepción es *Ruppia marítima* cuyo polen en forma de “bumerang” es liberado en la superficie o en una burbuja de aire. Una vez fecundada la flor, el pistilo se transforma en un fruto que produce una o múltiples semillas. Estas angiospermas son de gran importancia ecológica y florística para México ya que la posición geográfica y diversidad de hábitat marino en el litoral mexicano, se manifiesta en la representación de la mitad del total de los géneros conocidos de pastos marinos en el mundo, lo cual confirma su posición como país megadiverso en términos de riqueza vegetal. (van Tussenbroek *et al.* 2010).

Diversidad

Los pastos marinos tienen poca diversidad taxonómica ya que comprenden aproximadamente 66 especies comparadas con las 250 000 de las angiospermas terrestres (Den Hartog y Kuo 2006). Pertenecen al orden Helobiae (Tomlinson y Posluszny 2001) y de acuerdo al estudio efectuado por Den Hartog y Kuo (2006) están constituidos por 14 géneros y 66 especies agrupadas en 6 familias que se distribuyen en todas las costas del mundo excepto en la Antártica. Estas familias son las Zosteraceae, Cymodoceae, Posidonaceae,

Hydrocharitaceae, Ruppiaceae, y Zannichelliaceae, las cuales aún son tema de debate entre ecólogos y taxónomos.

En las costas mexicanas se desarrollan tres familias de seis y siete géneros de 14 de los reportados a nivel mundial. En lo que respecta a las especies, la diversidad no es muy alta, ya que crecen nueve de las 66 especies reportadas a nivel mundial. La mayor diversidad de especies se localiza en las costas del Pacífico Oriental (Den Hartog y Kuo 2006). Las especies mexicanas están agrupadas en las familias Zosteraceae (*Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri* y *Phyllospadix torreyi*), Cymodoceae (*Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*), Hydrocharitaceae (*Thalassia testudinum*, *Halophila engelmanni*, *Halophila johnsonni*). En el Pacífico se localizan *Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri*, *Phyllospadix torreyi* y *Halodule wrightii*. En las costas del Golfo de México la flora de pastos marinos está representada por las especies *Thalassia testudinum*, *Halophila engelmanni*, *Halophila johnsonni*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010).

Comunidades de *Thalassia testudinum* como componente más abundante en el territorio mexicano y dominante en aguas poco profundas están asociadas frecuentemente con *Ruppia maritima*, *Halodule beaudettei*, *Syringodium filiforme* y con diversas algas macroscópicas arraigadas al lecho marino. *T. testudinum* cubre la periferia submarina de poca profundidad (de uno a cuatro metros), comúnmente abarca grandes extensiones y se le conoce también como pasto de tortuga o sargazo. Además del papel que desempeñan en el desarrollo de la biota marina, son responsables de la formación de suelos del litoral (CONANP 2006).

Importancia ecológica

Las praderas de pastos marinos se cuentan entre las asociaciones vegetales marinas más productivas y de mayor tasa de crecimiento. Su productividad se debe no sólo al metabolismo propio de los pastos, sino también a otros productores primarios que suelen hacer parte de la comunidad biológica, específicamente las algas, que contribuyen a captar el nitrógeno y a suministrar nutrientes al medio vía detritus (Díaz-Merlano *et al.* 2003)

Cumplen distintas funciones entre las que se destacan la producción de fuentes directas e indirectas de alimento, la productividad primaria, el suministro de sustrato para la fijación de

epífitos, la recirculación de nutrientes y la estabilización de los sedimentos (van Tussenbroek *et al.* 2010).

El papel ecológico de los pastos marinos radica en proporcionar un hábitat a gran variedad de organismos (algas epífitas, epifauna sésil, epifauna vágil, fitoplancton, zooplancton, necton, algas, crustáceos y peces, entre otros), que en su conjunto dan forma a la complejidad estructural de este ecosistema (Ibarra y Ríos 1993). Esto se debe a que, en condiciones naturales, las praderas de pastos marinos se localizan en extensas áreas, formando manchones muy complejos por la entre malla de sus hojas que funciona como sostén o camuflaje (Díaz-Merlano *et al.* 2003).

La composición y distribución de especies que conforman este complejo ecosistema depende de factores como la temperatura, salinidad, turbidez, concentración de sales y minerales, oxígeno disuelto, tipo de sustrato donde se encuentran, oleaje y disponibilidad de semillas, disponibilidad de nutrientes así como niveles de contaminación y movimiento de agua. Según Morris y Tomasko (1993), la luz es el principal factor ambiental que controla la sobrevivencia y distribución batimétrica de los pastos marinos, en particular la que tiene un ámbito de longitud de onda entre 400 y 700 nm (luz fotosintéticamente activa). Estas condiciones son determinantes en la preservación de este tipo de vegetación en la zona costera.

La productividad orgánica en los pastos marinos es relativamente alta, es decir hay una elevada producción de pastos marinos al año; sin embargo, muy pocos organismos se alimentan directamente de la planta. Como resultado, los pastos marinos producen grandes cantidades de tejido vegetal muerto que se convierte en detritus particulado y disuelto que se incorpora en la dinámica trófica del sistema (Díaz-Merlano *et al.* 2003; van Tussenbroek *et al.* 2010).

Las hojas y los retoños sirven de sustrato a organismos epibióticos que se les adhieren; esto incrementa tanto la productividad primaria como la secundaria del hábitat. Debido a que los pastos marinos están enraizados en el sustrato y producen retoños con racimos de hojas en la columna del agua, estabilizan su hábitat. Esto se presenta en dos

formas: las hojas, por un lado, y las raíces y rizomas, por otro. Las raíces y rizomas forman una compleja matriz, un entramado en el cual se prensa el sedimento y se retarda la erosión. Las hojas densas forman una protección para una fauna extremadamente diversa de todos los niveles tróficos (Lara-Domínguez 2005).

Las hojas que se desprenden son usualmente retenidas y de manera gradual empiezan a mineralizarse dentro del sedimento. Al descomponerse, el carbón orgánico disuelto es liberado en la columna de agua, promoviendo el desarrollo de bacterias que ayudan al rompimiento enzimático de la materia orgánica particulada (MOP). La MOP se sedimenta en el sustrato con los materiales orgánicos que persisten, promoviendo un activo ciclo de azufre lo que facilita la descomposición y retención de materia orgánica en el sedimento. Las algas epifíticas sobre las hojas de los pastos marinos fijan nitrógeno, añadiéndolo al stock de nutrientes (Díaz-Merlano *et al.* 2003).

Por otra parte las hojas de los pastos marinos disminuyen el oleaje y las corrientes, lo que permite una rápida sedimentación de granos de arena, lodos y material orgánico, los cuales quedan posteriormente atrapados en los extensos rizomas y raíces. De este modo, el movimiento de grandes masas de arena disminuye, contribuyendo a reducir la erosión de las playas. De igual forma que los manglares y marismas intermareales los pastizales marinos son importantes sumideros marinos de carbono, mitigando los efectos del cambio climático global (Lara-Domínguez 2005).

Pastos marinos en Campeche

A lo largo de toda la costa del estado de Campeche, se desarrollan extensas praderas de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. Crecen en diversos tipos de sedimentos: arenosos, carbonatados, rocosos, arenoso/rocoso y lodosos formando extensas poblaciones monoespecíficas y/o mixtas que se distribuyen desde la zona intermareal hasta profundidades de 8 o 10 m lo cual representa una enorme extensión de la zona costera, de la cual desafortunadamente no se cuenta con mapas de su distribución ni del área que ocupan (Villalobos- Zapata y Mendoza-Vega 2010).

Amenazas para los pastos marinos en Campeche

La ubicación de los pastos marinos en la zona costera los coloca en una situación de vulnerabilidad y en los últimos años se ha observado una clara disminución de su presencia en las costas del mundo. En la costa de Campeche existen tres áreas naturales protegidas en donde se desarrollan poblaciones de pastos marinos: Laguna de Términos, Champotón y Los Petenes; las cuales, de acuerdo con la CONABIO, están amenazadas por las mismas causas identificadas por Waycott *et al.* (2009), como las responsables de su acelerada tasa de desaparición en otras partes del mundo. En nuestro país y en el estado de Campeche, no se cuenta con registros de la extensión de las áreas que ocupan los estudios sobre su composición florística y la intensidad y permanencia de los impactos son pocos. Tampoco se han efectuado estudios permanentes encaminados a entender los procesos globales que operan en los pastos marinos y en su entorno.

Sin embargo, se sabe que los principales riesgos que enfrentan las praderas de pastos marinos son la sobrepesca, los asentamientos humanos en la franja costera, la descarga de aguas ricas en nutrientes, el cambio climático y la acidificación de los océanos como se explica a continuación: la sobrepesca daña a los pastos marinos de forma mecánica ya que los haces son arrancados de manera recurrente durante la pesca, sin dar tiempo suficiente para que se recuperen del disturbio, lo que ocasiona un deterioro crónico de la pradera. Los asentamientos humanos en la zona costera y la descarga de aguas residuales son un problema intrínsecamente relacionado. El aumento de la población demanda una mayor cantidad de recursos y el cambio de uso del suelo de la zona costera, para satisfacer las necesidades de la población con la creación de granjas acuícolas, zonas de vivienda turística y urbana, áreas agrícolas y ganadera, siendo estas dos últimas, actividades en las cuales sus desechos son transportados por escurrimientos al litoral marino (Díaz-Merlano *et al.* 2003; López-Calderón *et al.* 2010). Debido a esto es importante realizar investigaciones en estos sitios e involucrar a la sociedad por medio del conocimiento y valor de los servicios que provee este ecosistema, esto es fundamental para la conservación de los pastos marinos, que son tan benéficos como los bosques de mangle y los arrecifes de coral pero que permanecen como un ecosistema desconocido.

Peces

Los peces son los vertebrados más diversificados y más ampliamente repartidos en nuestro planeta; estos constituyen una de las principales fuentes de proteína para el ser humano ya que su consumo a nivel mundial ha provocado que actualmente muchos de los recursos pesqueros se encuentren sobreexplotados. Así mismo, el ciclo de vida de muchas especies, implica que tanto la fase larvaria como juvenil se desarrolle en ambientes específicos: en la zona costera, estuarios, lagunas costeras, existiendo migraciones a pequeña y gran escala entre la zona costera y la plataforma continental adyacente. El desarrollo en la zona costera los expone a diversas actividades antropogénicas (pesca, contaminación, destrucción de hábitats, etc.), lo cual implica que estas especies sean muy vulnerables (Ayala-Pérez *et al.* 2015).

En las comunidades demersales, las poblaciones dominantes son de peces que tienen una asociación importante con el fondo marino en relación con hábitos alimenticios, reproducción o patrones de migración. Sin embargo, en la plataforma continental también se encuentra la presencia de poblaciones pelágico-neríticas que son aquellas asociadas a la parte superior de la columna de agua en la zona costera; de igual forma se encuentran especies demerso-pelágicas que incursionan por toda la columna de agua. Desde luego, en estas comunidades se encuentran presentes peces bentónicos que son aquellos ligados al fondo durante su ciclo de vida e incluso cuentan con adaptaciones que les permiten posarse permanente o temporalmente sobre el sustrato (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil 1988). Los peces son muy diversos en sus formas, en los hábitats donde viven, así como en su biología. Existe una gran diversidad de especies y por lo tanto la comprensión de su historia evolutiva y el establecimiento de una clasificación adecuada es compleja. A pesar de que comúnmente se conoce como un solo grupo biológico dentro de los vertebrados, los peces constituyen un grupo heterogéneo (Nelson 2006).

En México se han documentado 259 Familias de las 515 reconocidas para todo el mundo (Nelson 2006), esto es poco más del 50% del total. En la zona marina y estuarina se han detectado hasta el momento poco más de 2, 100 especies tanto para el Pacífico mexicano como para las áreas del Golfo de México y el Caribe.

El papel ecológico de los peces en la zona costera y marina es de regulación energética, a través de la cadena trófica ya que presentan una alta capacidad de desplazamiento intra e inter-ecosistemas. En la dinámica del ambiente costero y marino, los peces presentan diferentes comportamientos de acuerdo a sus necesidades de alimentación, crianza y reproducción; de esta forma existen migraciones estacionales y espaciales de las especies hacia o desde los sistemas lagunares-estuarinos a la zona marina, implicando diferentes fases de sus ciclos de vida, las cuales están ligadas principalmente a sus tolerancias y necesidades fisiológicas (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010).

La macrofauna acuática más importante por su abundancia la constituyen los peces, que utilizan de manera programada en espacio y tiempo los diferentes hábitats disponibles. Especies tanto marinas como estuarinas e incluso de procedencia dulceacuícola se asocian a estos sistemas para desarrollar alguna etapa de su ciclo de vida y con fines de alimentación o reproducción (Lalli y Parsons 1997).

Los peces además de constituir recursos pesqueros valiosos, prestan muchos servicios al ecosistema al regular la dinámica de redes tróficas, reciclar nutrientes, redistribuir sedimentos, regular flujos de carbono entre el agua y atmósfera, enlazar diferentes ecosistemas acuáticos, vincular ecosistemas acuáticos y terrestres, transportar nutrientes, carbono, minerales y en transformar energía y finalmente actuar como memoria ecológica. Los peces proporcionan alimento tanto por la pesca como por la acuicultura, son fuente de valor estético y de actividades recreativas. Adicionalmente, el estudio de los peces permite evaluar el nivel de estrés y de resiliencia del ecosistema, revalorar pistas evolutivas y proveer información histórica, científica y educativa (Holmlund y Hammer 1999).

Algunos factores como la disponibilidad de alimento y el refugio contra la depredación, constituyen elementos esenciales en la variación de la estructura de la comunidad de peces al igual que factores ambientales tales como la temperatura ambiente y del agua, precipitación, periodicidad de las mareas, el régimen de vientos y la circulación litoral, entre otros procesos costeros, condicionan la composición y abundancia específica de la comunidad de peces, incluyendo la estructura por tallas (Ayala-Pérez *et al.* 2012).

Especies de peces en Campeche

Una de las principales zonas de pesca en el Golfo de México se localiza en la región sur, donde se han identificado como funciones de fuerza los procesos costeros vinculados a las descargas de aguas continentales, en particular el papel de la laguna de Términos como gran sistema lagunar-estuarino que mantiene la producción pesquera (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010).

La actividad pesquera de la región sur del Golfo de México incide de manera directa sobre recursos de escama como robalo, mojarra, huachinango, bagre, pargos, corvinas, entre otros, que sin duda son valiosos económicamente, sin embargo, la pesca de camarón, afecta de manera incidental a una gran cantidad de especies de peces, ya que de éstos solamente algunos con valor comercial son aprovechados (Lewison *et al.* 2004; Madrid-Vera *et al.* 2007).

En particular, las costas de Campeche tienen gran importancia científica, social y económica por su biodiversidad, la abundancia de recursos naturales de interés comercial, la actividad pesquera de alta incidencia en el camarón, la producción de alimento por cultivo agrícola (arroz, por ejemplo), las actividades de exploración y explotación de petróleo y por las iniciativas de acuacultura en terrenos de propiedad privada, entre otros (Ayala-Pérez *et al.* 2003).

El Estado de Campeche tiene en sus aguas costeras un gran número de especies de peces demersales y bentónicos que utilizan los pastos marinos como áreas de protección, alimentación y crianza. Las especies de peces de los grupos comerciales reportados para la región norte de Campeche (RBLP y RB Ría Celestún), se presentan en la **Tabla 4**. Se registran, por lo menos 47 especies de peces marinos en la porción sur de la zona marina de la RBLP y siete de peces de agua dulce de manantiales u ojos de agua, de los cuales se tiene poca información bibliográfica (CONANP 2006).

La sobreexplotación de los recursos pesqueros, la sobrecapitalización de las pesquerías, la eliminación de las rentas que generan a la sociedad y la creciente inquietud por la conservación de la biodiversidad marina, han motivado el desarrollo de líneas de investigación

pesquera con un enfoque multidisciplinario, dinámico y precautorio. En este contexto, el análisis conjunto de factores biológicos, ecológicos y económicos surge como un tópico necesario a la hora de evaluar aquellas fuerzas que regulan la dinámica de las pesquerías (Seijo 1997).

Tabla 3. Especies de peces capturadas en la zona norte de Campeche.
Modificada de CONANP (2006).

Condriictios
Tiburón (<i>Sphyrna tiburo</i>)
Cazón (<i>Carcharhinus falciformis</i> y <i>Rhizoprionodon terraenovae</i>)
Gata (<i>Ginglymostoma cirratum</i>)
Raya (<i>Rhinobatos lentiginosus</i> , <i>Aetobatus narinari</i> y <i>Dasyatis sabina</i>)
Actinopterigios
Armado (<i>Orthopristis chrysoptera</i>)
Atún (<i>Thunnus albacares</i>)
Bagre (<i>Ariopsis felis</i>)
Bagre bandera (<i>Bagre marinus</i>)
Bonito (<i>Sarda sarda</i> y <i>Auxis thazard</i>)
Boquinete (<i>Lachnolaimus maximus</i>)
Charal (<i>Atherinomorus stipes</i> y <i>Mendia beryllina</i>)
Cherna (<i>Epinephelus itajara</i>)
Cojinuda (<i>Caranx crysos</i>)
Corocoro (<i>Haemulon</i> sp.)
Corvina (<i>Sciaenops ocellatus</i> y <i>Bairdiella chrysoura</i>)
Esmedregal (<i>Rachycentron canadum</i>)
Guachinango (<i>Lutjanus campechanus</i>)
Lisa (<i>Mugil cephalus</i>)
Mero (<i>Epinephelus guaza</i> y <i>E. morio</i>)
Mojarra (<i>Diapterus</i> y <i>Eucinostomus</i> spp.)
Mojarra blanca (<i>Diapterus olithostomus</i>)
Molpiche (<i>Eucinostomus gula</i>)
Palometa (<i>Trachinotus falcatus</i>)
Pargo (<i>Lutjanus apodus</i> , <i>L. griseus</i>)
Picuda (<i>Sphyraena guachancho</i>)
Robalo (<i>Centropomus undecimalis</i>)
Rubia (<i>Lutjanus anales</i> y <i>L. synagris</i>)
Sierra (<i>Scomberomorus maculatus</i>)

Asociaciones entre pastos marinos y peces

El conocimiento acerca del uso espacial y temporal del hábitat permite inferir las relaciones ecológicas entre los organismos, esto se refleja en la composición de sus dietas, que permite establecer diferentes niveles tróficos y la evaluación de un hábitat determinado. La adquisición de conocimientos de los hábitos alimenticios de las especies facilita entender la forma en que se desarrollan sus ciclos de vida (Wootton 1990; Bocanegra-Castillo *et al.* 2000).

Los pastos marinos son utilizados por muchas especies de peces, de diferentes clases y edades, aunque, generalmente están constituidos por individuos juveniles e inmaduros. Un gran número de especies, tanto de interés ecológico como pesquero, dependen al menos en una parte de su ciclo de vida de estos ambientes, y son muchas las hipótesis que se han propuesto para explicar la alta abundancia de los peces juveniles en los pastos marinos, basadas en la protección ante predadores y la abundancia de alimento, y utilizan estas áreas como zonas de reproducción, criadero y alimentación (Nagelkerken *et al.* 2004, Gullström y Dahlberg 2004).

En los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia, los juveniles y adultos de dicha fauna pueden ser migratorios o residentes. Considerando la alta producción de los pastos marinos, así como la flora de algas asociadas a ellos forman una protección estable y áreas propicias de crianza para muchas especies con valor comercial o deportivo (peces e invertebrados como el camarón, entre otros). Puesto que las hojas generan y retienen material orgánico autóctono (producido en el mismo sitio) así como alóctono (proviene de otros sitios más alejados), se crea un ambiente activo para la descomposición y reciclamiento de nutrientes (Guevara *et al.* 2007).

Se ha estimado que las praderas de fanerógamas, proveen un porcentaje muy alto en la producción total de los sistemas estuarinos; el hombre explota en forma indirecta esta producción como capturas comerciales de peces (Adams 1976). Como mencionan Thayer y Phillips (1977), no solo proveen un hábitat contra depredadores, sino que además son sitios de alimentación y crianza para una gran variedad de organismos; de aquí la necesidad de protegerlos, pues son sistemas muy sensibles a las variaciones ambientales. Se ha visto que perturbaciones relativamente pequeñas en la luz submarina y temperatura, modifican la distribución y abundancia relativa de las fanerógamas marinas, alterando como resultado toda

la ecología del hábitat que proporcionan (Wetzel y Penhale 1983). Zieman (1982) efectúa un perfil muy completo de las características bio-ecológicas de pastos marinos; lo más relevante de su trabajo, es que expone claramente la interacción de pastos con otros sistemas adyacentes, tales como arrecifes de coral, plataforma continental y manglares.

Por su parte, Boström y Bonsdorff (2000) presentan una investigación sobre la importancia de las praderas marinas para la colonización del zoobentos y el desarrollo comunitario, y tratan de probar la hipótesis de que la complejidad de pastos marinos (densidad y arquitectura de las hojas) no tiene ningún efecto sobre el reclutamiento de fauna. Los resultados de campo y experimentos mostraron que los pastos marinos con diferente morfología pueden proporcionar funciones ecológicas similares.

El valor de las praderas de angiospermas como fuente de alimento está dado por su disponibilidad, distribución, abundancia, morfología, producción y composición química. Estas praderas tienen un contenido relativamente alto en minerales y otros nutrientes, contenido que varía dependiendo de la parte de la planta, edad, sitio y grado de epifitismo. Los peces son los organismos más sobresalientes de esta comunidad debido a que son muy abundantes y utilizan a las fanerógamas de diversas maneras, siendo la primordial alimentación para la elección del hábitat y constituye un aspecto importante de su actividad diaria. Para los peces herbívoros su alimentación aparentemente depende de la disrupción de las paredes celulares de los vegetales que consume; algunos de ellos que consumen hojas de fanerógamas de manera incidental cuando se encuentran pastoreando epífitas (Allen *et al.* 2006).

Para esto Allen y colaboradores (2006) obtienen como resultado en su investigación un alto porcentaje de peces carnívoros en el Golfo Cariaco de Venezuela, seguido de los peces omnívoros en sitios de pastos marinos; esto se debe posiblemente a que las praderas representan un verdadero acopio de numerosos invertebrados y peces que pudieran servir de alimento a esos organismos. En dicho estudio mencionan que las comunidades de praderas de *T. testudinum* son áreas utilizadas por muchas especies, caracterizadas por la alta abundancia y diversidad de peces. La caracterización trófica de un conjunto de peces en una localidad dada está determinada por la disponibilidad de alimento y la complejidad estructural del hábitat

donde se encuentren, el cual no solo pudiera dar refugio sino también ser fuente directa e indirecta de alimento. El alto número de peces en praderas podría ser causado por una variedad de procesos, incluyendo la complejidad del hábitat, suministro de alimento, refugio para la depredación y efectos hidrodinámicos. Es decir, la complejidad del hábitat influye en la estructura y organización trófica de la comunidad.

En el caso de los pastos marinos, esa complejidad está determinada principalmente, por la talla de las hojas y la cobertura vegetal; factores que han sido relacionados con la riqueza y abundancia de peces (Lalli y Parsons 1997).

González-Gándara (2006) observó que las áreas de pastizal, con mayor cobertura y hojas de mayor talla provocan una disminución del flujo de agua. Esto parece tener implicaciones sedimentológicas, que favorecen el desarrollo de los pastos y cambian la estructura de las comunidades que se desarrollan ahí, debido a que se genera más refugio y se evita la acción de los depredadores produciéndose una mayor riqueza y abundancia de especies de peces. Las características estructurales de la comunidad de pastos marinos en el arrecife Lobos, Veracruz sugieren una relación de la talla de las hojas y la cobertura de *T. testudinum* con la riqueza y la abundancia de peces, sin embargo menciona que es necesario estudiar en el futuro, otros elementos del sustrato (e.g. tamaño de grano de los sedimentos y complejidad estructural) y de la dinámica del oleaje entre otros, para definir al conjunto de factores que participan en la estructuración de la comunidad de peces asociado a *T. testudinum*.

Ariza *et al.*, (2012) reportan que *T. testudinum* puede ser uno de los factores que determinan la estructuración de las comunidades de peces presentes. Estos sistemas costeros varían ampliamente en función de la heterogeneidad estructural o complejidad. En el caso de los pastos marinos la complejidad está determinada principalmente por la talla de las hojas y la cobertura vegetal, factores que han sido relacionados con la riqueza y abundancia de especies a diferencia de lo mencionado por otros autores. Asimismo, se demuestra que las praderas de *T. testudinum* en la costa noroccidental del Golfo de Cariaco, sostienen una gran abundancia y diversidad de peces juveniles; las cuales funcionan como áreas de crianza, refugio y alimentación. Por lo tanto, concluyen en su trabajo que es fundamental y oportuna la

protección de este tipo de hábitat para la conservación de la diversidad de peces marinos en la región nororiental de Venezuela.

Muñoz-Rojas *et al.*, (2013) encuentran que las especies de peces *Acanthostracion quadricornis* y *Calamus penna* en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, constituyen especies eurihalinas que prefieren zonas donde la vegetación sumergida es abundante. Ambas se consideran recursos pesqueros. De igual forma mencionan que la variación espacial de su abundancia (densidad y biomasa) se asocia directamente a la distribución de los parches de vegetación sumergida. Dichos parches están principalmente constituidos por pastos de *T. testudinum*, sin embargo, se reconocen también otras especies de fanerógamas y macroalgas.

Nagelkerken y van der Velde (2004) realizaron un estudio donde también toman en cuenta los hábitos nocturnos en peces y muestran que durante los días y noches encuentran refugio en las praderas de pastos marinos, mientras que individuos con hábitos diurnos se refugian en los manglares durante el día, y en los pastos marinos por la noche.

En estos estudios se explican las asociaciones entre las poblaciones de peces con las praderas de pastos marinos; es evidente que en los lugares con mayor cantidad de pastos marinos hay más abundancia de peces, en algunos casos solo algunas especies prefieren estos sitios debido al tipo de alimentación que necesitan.

Teledetección como herramienta para determinar la distribución de pastos marinos

La teledetección es una técnica que permite obtener información de objetos, áreas o fenómenos situados sobre la superficie terrestre sin mantener contacto físico con ellos, mediante métodos que emplean la energía electromagnética, tales como la luz, el calor y las ondas de radio, como medio para detectar y medir las características del objeto de estudio. El término inglés 'remote sensing' se acuñó a principios de los años 60 para designar cualquier medio de observación remota, aunque en aquel entonces se aplicó fundamentalmente a la fotografía aérea (Chuvieco 1995).

La Teledetección engloba dos procesos. Por un lado, la adquisición de información de la superficie terrestre o de la atmósfera captando la radiación electromagnética emitida o

reflejada por éstas. Para ello utiliza normalmente sensores montados sobre satélites que obtienen imágenes en varias zonas del espectro electromagnético, que son el visible, el ultravioleta, el infrarrojo o las microondas. En segundo lugar, la información obtenida es transmitida a centros terrestres, donde se almacena para posteriormente interpretarla y usarla. En función de la manera en la que cada cubierta terrestre (vegetación, agua, suelo urbano, suelo desnudo, etc) refleje la luz solar en cada canal del espectro electromagnético, podremos, por ejemplo, clasificar los usos del suelo, o saber qué tipo de vegetación predomina en una zona determinada (Martínez-Muñoz y Díaz-Ponce 2005).

Los componentes que se involucran en un sistema de teledetección son los siguientes:

- a. Fuente de energía o iluminación.
- b. Radiación y la atmósfera.
- c. Interacción con el objeto.
- d. Detección de energía por el sensor.
- e. Transmisión, Recepción y Procesamiento.
- f. Interpretación y análisis.
- g. Aplicación.

Clasificación Digital

La clasificación de una imagen digital consiste en categorizar una imagen multibanda. Se pasa de tener unos ND (Niveles digitales) continuos medidos por los sensores a una escala nominal o categórica de manera que cada píxel pertenece a una categoría definida previamente. El ND de un píxel clasificado es, en definitiva, el identificador de la clase o categoría en la que se haya incluido. Estas clases pueden describir distintos tipos de cubiertas (variable nominal o categórica) o bien intervalos de una misma categoría de interés (variable ordinal).

La información muti-espectral obtenida se condensa, en definitiva, en un documento cartográfico y en tablas estadísticas, que definen la localización y ofrecen el intervalo superficial de las categorías de interés. Es importante abordar proyectos basados exclusivamente en los ND e la imagen. (Martínez-Muñoz y Díaz-Ponce 2005).

En las técnicas digitales de clasificación de imágenes se dan estos mismos pasos.

De esta forma se distingue entre las siguientes fases:

1. Definición digital de las categorías (fase de entrenamiento).
2. Agrupación de los píxeles de la imagen en una de las categorías previamente definidas (fase de asignación).

Definición digital de las categorías

La clasificación digital comienza con la definición de las categorías que se pretenden distinguir en la imagen. Se trata de una clasificación basada en los valores numéricos. Por lo tanto, se trata de obtener el rango de ND que identifica a cada categoría para todas las bandas que intervienen en la clasificación.

- a) Método supervisado: Este método de entrenamiento requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden discriminar.
- b) Método no supervisado: Este método de clasificación trata de definir las clases espectrales presentes en la Imagen. No implica ningún conocimiento previo del área de estudio por lo que la intervención humana se centra en la interpretación de los resultados (Chuvieco 1995).

Fase de asignación

En esta fase se exponen los principales algoritmos de clasificación.

Desde un punto de vista estadístico, todos los algoritmos definen un área de dominio de cada clase en torno a su centro mediante un conjunto de funciones. Un determinado píxel será asignado a una clase si sus ND se encuentran dentro de los límites establecidos para dicha clase (Chuvieco 1995).

Obtención de resultados

Independientemente del método empleado en la clasificación digital, los resultados se almacenan en una nueva imagen, similar a las originales en cuanto a la estructura y tamaño,

pero con la diferencia de que el ND de cada pixel no corresponde a un valor de reflectividad, sino a la categoría que se le asignó. Se obtiene una nueva matriz numérica, similar a la original, aunque de dos dimensiones (de varias bandas) en una sola clase temática (Chuvieco 1995).

La teledetección por avión o por satélite ha demostrado ser útil en el suministro de información espacial en grandes áreas costeras (Robbins 1997; Dekker *et al.* 2006; Ferwerda *et al.* 2007). La reflectancia espectral de hojas de hierbas marinas ofrece un marcado contraste a los ambientes sin vegetación circundante y la vegetación acuática sumergida es fácilmente diferenciada (Fyfe 2003).

Estudios realizados por Ferguson (1997), Dierssen *et al.*, (2003), Dekke *et al.*, (2006), Roelfsemay *et al.*, (2009) y Hill *et al.*, (2014), demuestran que la teledetección es una excelente herramienta para observar la distribución de las especies de pastos marinos; sin embargo es de gran importancia combinar la información obtenida en las imágenes con los datos obtenidos en campo con el fin de crear mejor conocimiento de la extensión y distribución de pastos marinos, lo que lleva a una mejor comprensión y gestión de los mismos.

Newton *et al.* (2009) hablan sobre la teledetección en la ecología, y argumentan que es una herramienta menospreciada ya que las publicaciones realizadas en los años 2004-2008 solamente el 36% mencionan la utilización de esta técnica. Ellos sugieren el uso de la teledetección como una herramienta para reforzar los estudios de ecología.

Es evidente que en la actualidad se sigue esta tendencia ya que las investigaciones realizadas con teledetección son escasas hablando específicamente en temas de vegetación sumergida; y la mayoría de ellas no son realizadas en el territorio mexicano.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar y discutir las asociaciones entre la distribución de pastos marinos y la distribución y abundancia de peces en dos temporadas climáticas en la porción litoral marina de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche.

Objetivos particulares

- ✚ Describir el comportamiento espacio-temporal de la variabilidad ambiental, a partir del análisis de registros climático-meteorológicos y de registros de variables físico-químicas en la RBLP.
- ✚ Analizar la producción primaria de los pastos marinos de la RBLP en escalas espacial y temporal, a partir de estimaciones de biomasa (g m^{-2}).
- ✚ Identificar la distribución de pastos marinos en el área de estudio mediante la interpretación de imágenes satelitales.
- ✚ Caracterizar la estructura de la comunidad de peces y analizar la aportación de biomasa (g m^{-2}) en escalas espacial y temporal en la RBLP.
- ✚ Analizar la asociación entre la distribución y abundancia de los pastos marinos con la distribución de la biomasa de la comunidad de peces de la RBLP.

ÁREA DE ESTUDIO

Reserva de la Biósfera los Petenes Campeche

La región de la RBLP es una estrecha faja pantanosa que se extiende a lo largo de la costa noroeste del estado de Campeche tiene una extensión de 282 858 ha de las cuales cerca de la mitad corresponde a la zona marina que se extiende hasta las 12 millas náuticas. Abarca los municipios de Calkiní, Hecelchakán, Tenabo y Campeche y se localiza entre los 20°51'30'' - 19°49'00''N y los 90°45'15'' - 90°20'00''W. UTM Zona 15 Norte (**Figura 5**) (CONANP 2006).



Figura 5. Mapa de la Reserva de la Biósfera Los Petenes Campeche (SEMARNATCAM 2015)

La sonda de Campeche está conformada por una plataforma continental de gran extensión formada de estratos de rocas carbonatadas ligeramente basculados de sur a norte. Se encuentra asentada en su mayor parte sobre formaciones del Cuaternario (1.7 millones de años) compuestas por calizas blancas con moluscos, caliche, suelos residuales y depósitos

continentales y marinos no diferenciados, es decir en su estructura se encuentra mayormente formada por carbonatos (Yáñez-Correa 1971).

El clima predominante en la zona centro-sur de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, es Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano), mientras que en su extremo norte es del tipo BS'h'w (semiseco y seco cálido). Se identifican dos épocas climáticas para la región: Secas durante los meses de noviembre-abril: con una temperatura promedio de 25.5°C y una precipitación de 23 mm y lluvias durante los meses de mayo-octubre: con una temperatura promedio de 28.4 °C y una precipitación de 139.9 mm (CONANP 2006). Sin embargo, Lara-Lara *et al.*, (2008) identifica tres temporadas climáticas, además de las dos anteriores, los frentes fríos anticiclónicas (nortes) de octubre a febrero.

MÉTODO

Comportamiento espacio-temporal de la variabilidad ambiental en la RBLP

Se recopiló información climático-meteorológica, de tres estaciones meteorológicas de la región (Calkiní, San Francisco de Campeche y Poeboc) para describir el comportamiento ambiental del área de estudio. Los parámetros que se tomaron en cuenta son: Temperatura mínima, Temperatura máxima y Precipitación para un periodo de 30 años con lecturas diarias de dichos parámetros. La obtención de la información se obtuvo mediante la consulta de las bases de datos del Servicio Meteorológico Nacional (2015). A partir de estos datos se generó una base con ayuda del programa Microsoft Excel, de la cual se obtuvieron gráficos de cajas con el comportamiento de dichas variables (Botello *et al.* 2010).

Se realizaron cuatro campañas con 12 sitios de muestreo cada uno distribuidos en el área de estudio, y geoposicionados de acuerdo con Muñoz-Rojas *et al.* (2013). Estos sitios se dividieron en tres estratos conforme al gradiente de profundidad: 1) Los sitios más cercanos a la costa. 2) Los sitios ubicados en una zona intermedia. 3) Los sitios más alejados a la costa (**Figura 6**). La ubicación se realizó con ayuda de un equipo de geoposicionamiento satelital GPS (Garmin). En cada sitio se midieron las variables ambientales de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH utilizando una sonda multiparamétrica YSI (556 MPS) así como la profundidad y transparencia con un disco de Secchi.

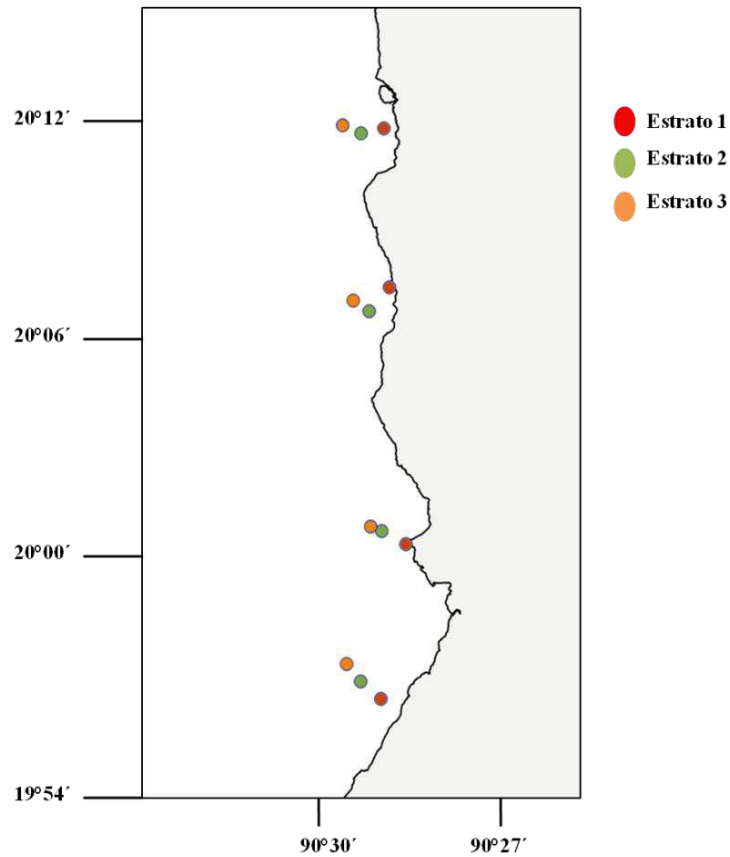


Figura 6. Mapa de distribución de las 12 estaciones de muestreo dividida en tres estratos, de acuerdo al gradiente de profundidad. Estrato 1 (rojo) estaciones más cercanas a la costa. Estrato 2 (verde) cercanía media. Estrato 3 (naranja) estaciones más alejadas a la costa.

Los resultados se integraron en una base de datos y se representaron mediante gráficas de caja y bigote para describir el comportamiento ambiental del agua en escalas espacial, temporal.

En ambos análisis las gráficas obtenidas expresan valores de la mediana, primer y tercer cuartil, valores mínimos y máximos además de los valores atípicos. Los criterios estadísticos para definir los valores atípicos son los siguientes:

Atípico leve: $<Q1 - 1.5 * IQR, >Q3 + 1.5 * IQR$

Atípico extremo: $<Q1 - 3 * IQR, >Q3 + 3 * IQR$

Análisis comparativo de la producción primaria de los pastos marinos de la RBLP

La recolecta de pastos marinos se realizó de acuerdo con lo sugerido por Barreiro y Siginoret (1999). Se calculó el porcentaje de cobertura de pastos marinos con un cuadrante de 1x1 m colocado al azar en cada sitio de muestreo en un transecto perpendicular a la línea de costa y se extrajo la muestra necesaria con ayuda de una pala; posteriormente se colocaron las plantas sin agua en bolsas de plástico etiquetadas.

En laboratorio las muestras de pastos marinos se lavaron y se separaron macroalgas y fauna adheridas a la muestra, así como sedimento y se identificaron mediante la guía de van Tussenbroek *et al.*, (2010). Posteriormente, se calculó el peso húmedo con una balanza digital de 2, 160 g y 0.1 g de precisión. Finalmente, se introdujeron las muestras a un horno de secado ARSA durante 72 horas a una temperatura de 74 °C (**Figura 7**) (Gutiérrez-Aguirre *et al.* 2000; Hernández- Zanuy y Alcolado 2014).

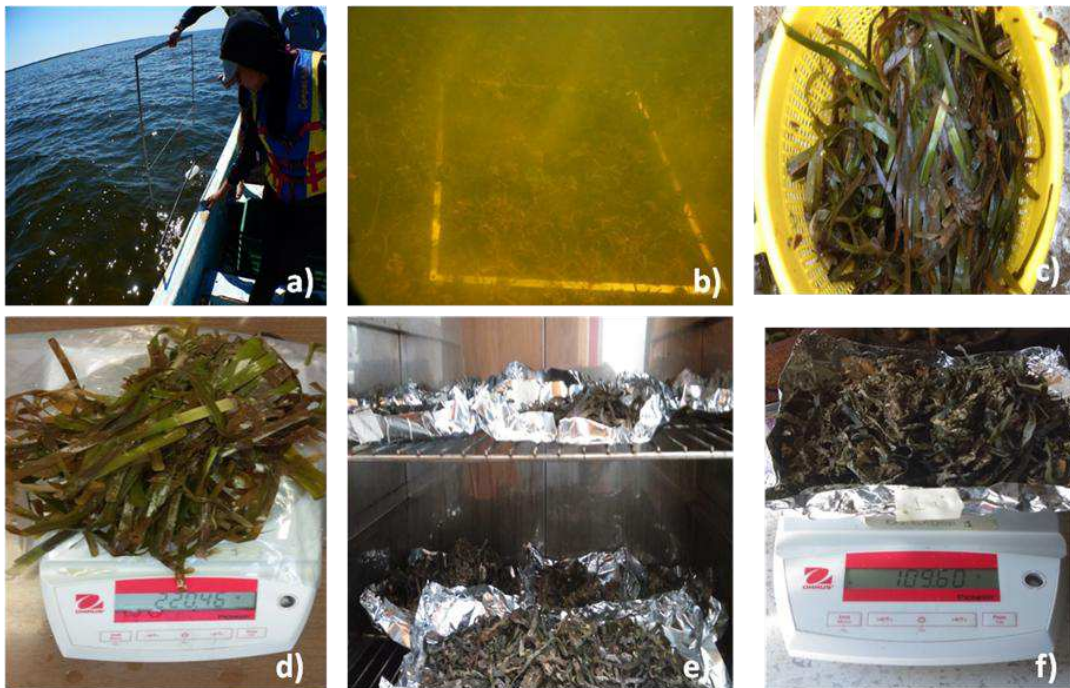


Figura 7. Recolecta y procesamiento de muestras de pastos marinos: a) Cuadrante de 1x1 m, b) Cuadrante sumergido con un porcentaje de cobertura del 100%, c) Lavado en laboratorio de los pastos marinos, d) Registro de peso húmedo, e) Proceso de secado en horno, f) Registro de peso seco de la muestra.

Las macro algas y fauna asociada separadas de las muestras de pastos se identificaron mediante guías de identificación especializadas (Ortega *et al.* 2001; García-Cubas y Reguero 2004; 2007; Mateo-Cid *et al.* 2013). Se elaboró un listado de los organismos asociados a las praderas de pastos marinos.

Se elaboró una base de datos en Excel con los datos de biomasa seca y húmeda; a partir de los datos obtenidos se obtuvieron gráficas de barras de biomasa seca (g m^{-2}) obtenida de los pastos marinos por sitio de muestreo y época climática.

Distribución de pastos marinos en la RBLP

En el sitio web: <http://www.earthexplored.usgs.gov> se obtuvieron imágenes satelitales del área de muestreo, utilizando el satélite Landsat 8; dichas imágenes brindaron información de la cobertura de pastos marinos en el área estudiada a partir de canales espectrales (Casal 2013). Se seleccionaron las imágenes con menor porción o nula nubosidad y se clasificaron con base en métodos mixtos analizando bandas o canales espectrales (Chuvieco 1995) para facilitar la detección de la vegetación sumergida a estudiar, con apoyo del programa IDRISI 17.0.

Se hizo la corrección radiométrica de las imágenes conforme los siguientes pasos obtenidos de Ariza (2012):

- a) Conversión a radiancia en el techo de la atmósfera (TOA). Se reescaló a valores de radiancia usando los coeficientes radiométricos encontrados en el archivo de metadato MTL.txt (contenido en la información de cada imagen), como se describe a continuación:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Dónde: L_{λ} = Es el valor de radiancia espectral en el techo de la atmósfera (TOA) medida en valores de ($\text{Watts/m}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$).

M_L = Banda – El factor multiplicativo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE_MULT_BND_x). Donde x es el número de la banda.

Q_{cal} = Producto estándar cuantificado y calibrado por valores del pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

A_L = Banda – El factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE_ADD_BAND_X). Donde x es el número de la banda.

- b) Conversión a reflectancia TOA. Los datos del sensor se convirtieron a valores de reflectancia (TOA) en el techo de la atmósfera, usando para ellos los coeficientes reescalados, suministrados en el archivo de metadatos MTL. La siguiente ecuación usada para convertir los ND niveles digitales a valores de reflectancia para los valores obtenido por el sensor:

$$p\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p$$

Dónde: $p\lambda'$ = Es el valor de reflectancia planetaria, sin corrección por ángulo solar. Notese que $p\lambda'$ no contiene una corrección por el ángulo solar.

M_p = Es el factor multiplicativo de escalado específico por la banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_MULT_BAND_X). Donde x es el número de la banda.

Q_{cal} = Producto estándar cuantificado y calibrado por valores del pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

A_p = Es el factor aditivo de escalado específico por la banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_ADD_BAND_X). Donde x es el número de la banda.

- c) Conversión a reflectancia TOA con corrección angular. El cálculo de la reflectancia real de una cubierta captada por un sensor espacial está condicionado por el comportamiento de la atmósfera, así como del ángulo de observación.

De esta manera, la reflectancia en el techo de la atmósfera TOA con una corrección para el ángulo solar es entonces:

$$p\lambda = p\lambda' / \cos(\theta_{sz}) = p\lambda' / \sin(\theta_{SE})$$

Dónde: $p\lambda$ = Es el valor de reflectancia planetaria en el techo de la atmósfera TOA, con corrección por ángulo solar.

θ_{sz} = Es el ángulo de elevación solar zenit local.

θ_{SE} = Es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto por el metadato de la imagen (SUN_ELEVATION).

El ángulo solar zenit local, corresponde al ángulo complementario de observación y puede obtenerse de la siguiente manera.

$$\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{SE}$$

De este modo la ecuación general de conversión a reflectancia, incluyendo la corrección por ángulo solar se hizo de la siguiente manera:

$$p\lambda' = (M_p * Q_{cal} + A_p) / \sin(\theta_{se})$$

Dónde: $p\lambda'$ = Es el valor de reflectancia planetaria o en techo de la atmósfera TOA, con corrección por ángulo solar.

M_p = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_MULT_BAND_X) Donde x es el número de la banda.

Q_{cal} = Producto estándar cuantificado y calibrado por valores del pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

A_p = Es el factor aditivo de escalado específico por la banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_ADD_BAND_X). Donde x es el número de la banda.

θ_{SE} = Es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto por el metadato de la imagen (SUN_ELEVATION).

Posteriormente se prosiguió con la corrección de la columna de agua sugerida por Castaño-Gallego y Lozano-Rivera (2006).

Este método consiste en corregir el efecto de la columna de agua presente sobre el fondo marino antes de realizar las clasificaciones, ya que este factor impide un retorno adecuado de la señal y provoca una distorsión en los resultados obtenidos.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$K_i/K_j = a + \sqrt{a^2 + 1}$$

Dónde: K_i/K_j = coeficiente de atenuación.

$$a = \sigma_{jj} - \sigma_{ij} / 2\sigma_{ij}$$

$$\sigma_{ij} = \sigma_i \cdot \sigma_j - (\sigma_i^* \cdot \sigma_j)$$

Por último, se calculó el índice de profundidad para cada par de bandas utilizadas esto para corregir el efecto de la columna del agua y es mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Profundidad } ij = \ln(L_i) - [K_i/K_j] \ln(L_j)$$

Donde: L_i = Valor de la radiancia para la banda i

L_j = Valor de la radiancia para la banda j

K_i/K_j = Coeficiente de atenuación para el par de bandas i-j

Teniendo la corrección radiométrica y de la columna del agua se realizó una clasificación supervisada a partir de clasificadores duros “SEGMENTATION” y “MAXLIKE” (probabilidad máxima) para obtener la imagen con la Porción de pastos marinos en la RBLP.

Estructura de la comunidad de peces y aportación de biomasa

Las muestras de peces se obtuvieron con una red de arrastre camaronera de 5 m de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 19 mm de luz de malla, operada por 12 min a bordo de una lancha con motor fuera de borda a una velocidad de 2.5 nudos. Esto a lo largo de los 12 sitios por cuatro campañas de colecta (septiembre del 2015, febrero, mayo y octubre del 2016). Los organismos obtenidos por cada sitio se colocaron en bolsas de plástico fijándolos con solución de formaldehído al 10% para su conservación.

Todas las muestras se colocaron en cubetas herméticas para el transporte al laboratorio de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Posteriormente las muestras fueron hidratadas con agua durante 24 horas (Ayala-Pérez *et al.* 2014); se identificaron a nivel especie con ayuda de literatura especializada (Fisher 1978; Cervigón *et al.* 1992; Castro Aguirre 1999). De cada organismo se midió la longitud estándar (cm) y longitud total (cm) utilizando un ictiómetro convencional y se pesaron en una balanza digital de 2,160 g y 0.1 g de precisión (**Figura 8**).



Figura 8. Captura y procesamiento de peces: a) Separación de peces con otros organismos de la muestra b) identificación de peces en el laboratorio c) toma de medidas con ictiómetro.

El área de barrido por el arte de pesca se estimó de acuerdo con lo descrito con la FAO (Stevenson, 1982), mediante la siguiente expresión matemática:

$$A = (v * T)L$$

Dónde: A= área de arrastre, v= velocidad de arrastre, T= tiempo de arrastre y L= abertura de trabajo de la red.

De la información recabada se realizó una base de datos en el programa Excel para la generación de gráficos de barras de la biomasa obtenida a escala espacial y temporal.

Para la determinación de dominancia de especies se consideró la abundancia numérica y en peso y la frecuencia de aparición de acuerdo con el índice de importancia relativa (IIR) propuesto por Koranteng (2001) y que está representada como:

$$IIR = (\% N) (\% W) (\% F)$$

Donde: %N = porcentaje de la contribución en número de individuos de la especie X a la captura total.

%W = porcentaje de la contribución en peso de la especie X a la captura total.

% F = porcentaje de número de estaciones en las que se presenta la especie X en relación con el número total de estaciones muestreadas.

Las especies con valores $IIR \geq 20$ se consideraron especies dominantes, los valores entre 20 y 1 se consideraron de importancia media y valores menores de 1 se consideraron de baja importancia.

Análisis de la asociación entre pastos marinos y peces dominantes

Se realizó un análisis de correlación simple de Bray-Curtis para muestras pareadas para determinar el grado de asociación entre las biomasas de pastos marinos y biomasa de peces dominantes; este análisis permitió conocer la intensidad de la relación entre las variables (Daniel 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento espacio-temporal de la variabilidad ambiental en la RBLP

Análisis climático - meteorológico

A partir de los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional se realizaron bases de datos y gráficos de barra y bigote en donde se muestra la variación histórica por 30 años con lectura diaria de temperatura y precipitación observada en tres estaciones climatológicas: San Francisco de Campeche; Calkini y Pocboc (**Figura 9**), estas fueron consideradas por la cercanía a la Reserva de la Biósfera los Petenes.

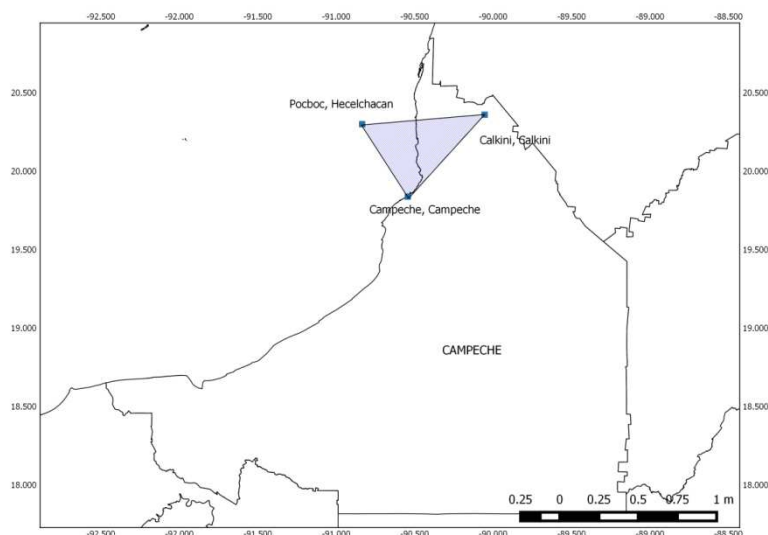


Figura 9. Polígono de las tres estaciones meteorológicas (San Francisco de Campeche; Calkini y Pocboc).

En las tres estaciones se observa un aumento de temperatura en los meses de mayo a octubre y disminuye de noviembre a abril. La temperatura promedio más baja se presentó en el mes de enero con 10°C. La temperatura promedio más alta se mostró en el mes de junio con 40°C (**Figura 10**).

En cuanto a la precipitación los valores mínimos van de noviembre a abril con valores de 1-8 mm en las tres estaciones. El valor de precipitación más alta se presenta en el mes de septiembre con 254 mm (**Figura 11**).

De acuerdo con los datos de temperatura y precipitación en las gráficas se identifican dos temporadas climáticas; lluvias (mayo a octubre) y secas (noviembre a abril).

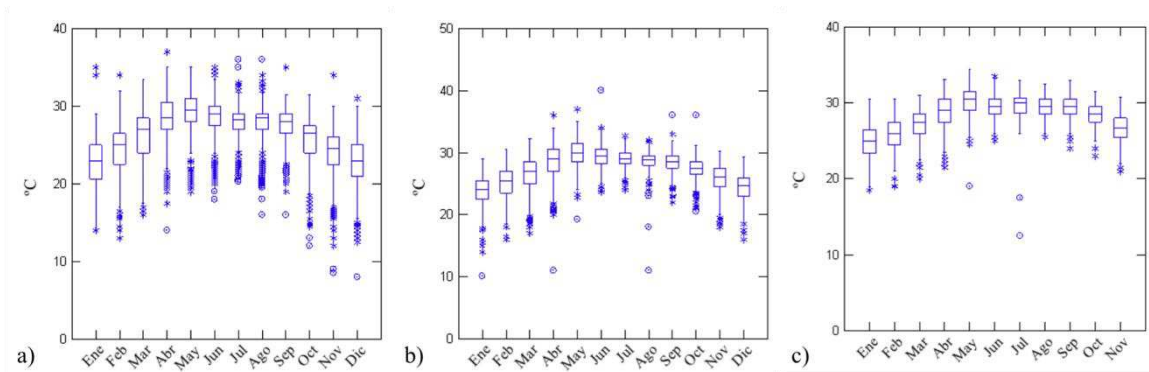


Figura 10. Variación mensual de la temperatura diaria en las estaciones climatológicas: a) Calkini; b) Campeche y c) Poeboc, para el periodo de 1982-2013.

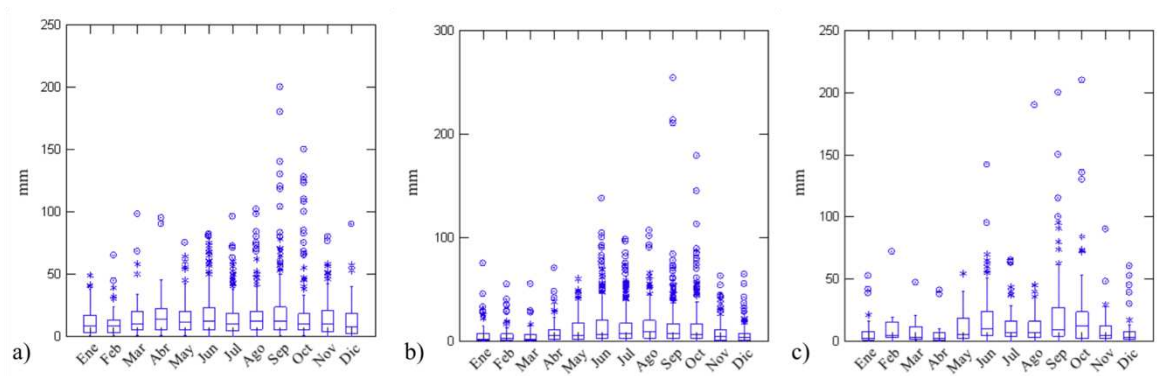


Figura 11. Variación mensual de precipitación diaria en las estaciones climatológicas: a) Calkini; b) Campeche y c) Poeboc, para el periodo de 1982-2013.

La Reserva de la Biósfera Los Petenes, conforma una ecorregión junto con las áreas naturales protegidas costeras de la Reserva de la Biósfera Ría Celestún y El Palmar, que contribuyen con alta diversidad de flora y fauna, destacando sus ecosistemas, particularmente los petenes y los pastos marinos.

Los organismos presentes en estos ecosistemas se ven influenciados en su distribución, abundancia y diversidad a partir de las condiciones climáticas (Espinosa *et al.* 2001).

En nuestros resultados se definen dos épocas climáticas: secas que abarcan de noviembre a abril y lluvias que va de mayo a octubre coincidiendo con lo establecido con CONANP (2006).

En cuanto al régimen de vientos predominantes en la región la CONANP (2006) explica que el municipio de Calkiní presenta predominio de vientos del SE y velocidades de entre 2 y 6 km/h y calma durante la mayor parte del año; Hecelchakán presenta un régimen de vientos estacionales en donde desde la primavera hasta el otoño van de E y SE y para el invierno del N y NE con velocidades entre 7 y 12 km/h; en Tenabo y Campeche los vientos dominantes tienen dirección E y velocidades entre 2 y 6 km/h, siendo también importantes los vientos del norte en diciembre. Las características del viento antes mencionadas reflejan las condiciones atmosféricas promedio observadas durante un periodo mínimo de 20 años. Lo anterior supone la exclusión de comportamientos extremos diurnos y estacionales como brisas tierra-mar, los nortes y los huracanes.

Variabilidad ambiental de las campañas de muestreo

Se observó que en las cuatro campañas de muestreo el comportamiento ambiental fue descrito por la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH; estos para superficie y fondo, en los cuatro sitios de cada estrato.

La variación de temperatura varió de 19.7 °C (en mayo) a 30.92 °C (septiembre) para la superficie y en el fondo es de 20.3°C (mayo) a 32.9°C (septiembre); siendo septiembre el muestreo con temperatura del agua más alta.

Los intervalos de variación de salinidad van de 26.86 UPS a 48.59 UPS para la superficie; y 26.89 UPS a 48.59 UPS para fondo. La salinidad más elevada se registró en febrero y la mínima en septiembre.

En cuanto al oxígeno disuelto se observan valores de 1.1 mg l⁻¹ a 7 mg l⁻¹ para superficie y en fondo 1.36 mg l⁻¹ a 6.27 mg l⁻¹; en mayo se registró la mayor concentración de oxígeno disuelto y en octubre los valores mínimos.

El pH⁺ mostró un intervalo de 7.61 a 9.91 (superficie) y 8.07 a 9.99 (fondo), siendo febrero y octubre con los valores mínimos y septiembre con los valores máximos.

En la **Tabla 4** se muestra la estadística descriptiva de los parámetros ambientales de la columna del agua; así como en la **Figura 12** los gráficos de barras y bigotes que representan los parámetros ambientales registrados en las cuatro campañas de muestreo.

Tabla 4. Estadística descriptiva de los parámetros ambientales de la columna de agua en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. Superficie y Fondo.

	Septiembre		Febrero		Mayo		Octubre	
	Sup.	Fondo	Sup.	Fondo	Sup.	Fondo	Sup.	Fondo
Temperatura °C								
Mínimo	30.92	30.92	19.7	20.3	29.66	29.66	27.05	27.11
Máximo	32.99	32.9	22.72	22.76	32.62	32.71	28.72	28.63
Promedio	31.80	31.76	21.51	21.61	30.81	30.83	27.99	27.85
Desviación Estándar	0.54	0.56	0.80	0.75	0.88	0.59	0.53	0.51
Varianza	0.35	0.31	0.63	0.57	0.75	0.74	0.28	0.26
Salinidad UPS								
Mínimo	26.86	26.89	36.53	37.1	46.09	46.05	31.22	31.21
Máximo	30.68	30.7	39.9	40.35	48.59	48.59	33.72	34.2
Promedio	28.22	28.26	38.85	39.03	47.63	47.64	32.25	32.71
Desviación Estándar	1.19	1.21	0.84	0.82	0.78	0.75	0.79	0.94
Varianza	1.42	1.42	0.71	0.67	0.61	0.56	0.62	0.90
Oxígeno Disuelto mg l⁻¹								
Mínimo	1.9	1.7	4.52	4.2	1.7	1.69	1.1	1.36
Máximo	3.62	3.26	7.32	6.27	4.01	4.32	3.53	4.8
Promedio	2.76	2.42	5.45	5.17	2.68	2.8	2.32	2.60
Desviación Estándar	0.50	0.41	0.90	0.68	0.83	0.91	0.88	1.73
Varianza	0.25	0.17	0.81	0.47	0.69	0.83	0.78	1.37
pH⁺								
Mínimo	9.86	9.6	8.7	8.8	7.61	8.07	7.6	7.68
Máximo	9.91	9.99	9.17	9.12	8.49	8.43	8.2	8.19
Promedio	9.89	9.82	8.99	8.98	8.21	8.59	7.9	7.93
Desv. Estándar	0.02	0.12	0.13	0.11	0.21	0.11	0.15	0.15
Varianza	0.0003	0.002	0.02	0.01	0.04	0.01	0.3	0.02

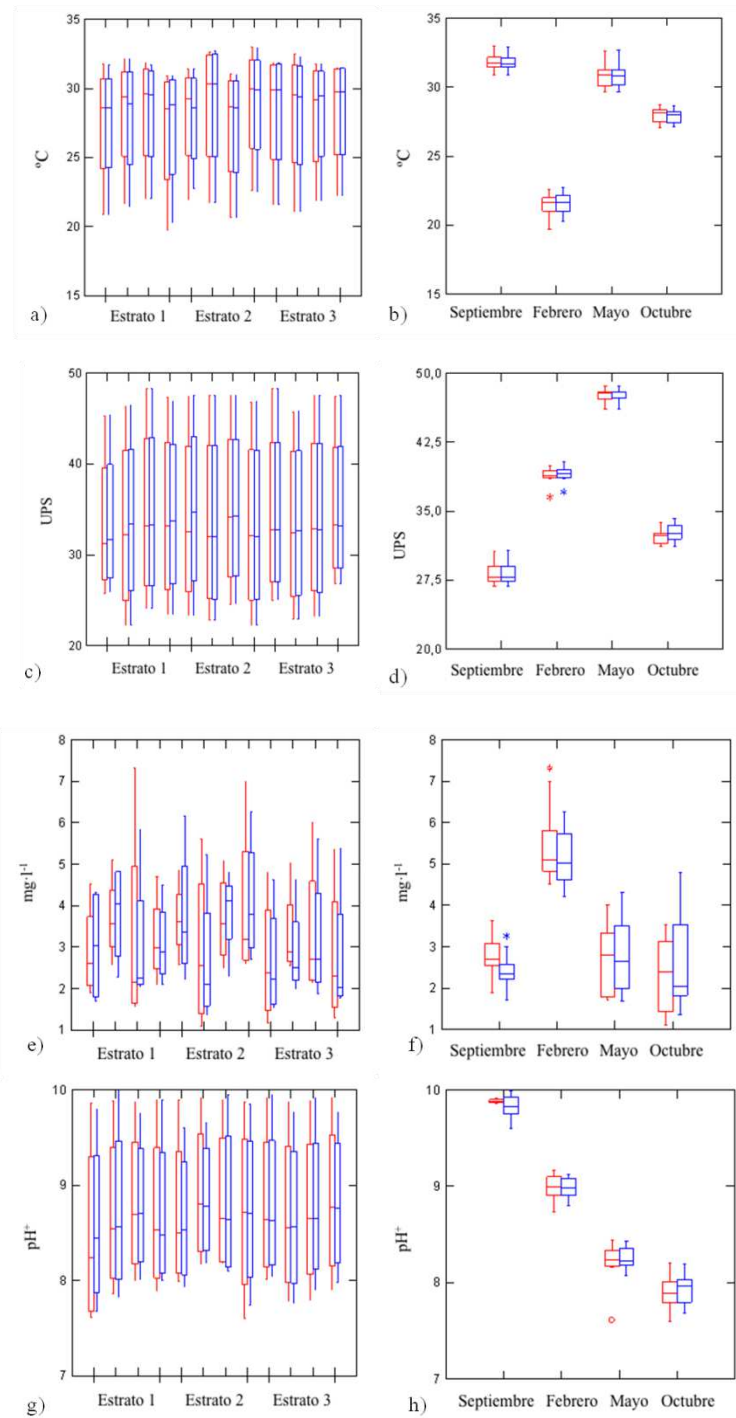


Figura 12. Gráficas de barras y bigotes de los parámetros ambientales de la columna de agua en las cuatro campañas de muestreo en escalas espacial y temporal. Las cajas color rojo muestran los valores de la superficie y en azul los de fondo: a) y b) Temperatura; c) y d) Salinidad; e) y f) Oxígeno disuelto; g) y h) pH⁺.

La temperatura del agua de acuerdo con la CONANP (2006) oscilan de 24°C en invierno a 28°C en verano, nuestros resultados muestran que en febrero se obtuvieron temperaturas bajas (19.7-22.9°C); en secas es frecuente que se presenten frentes fríos acompañados de fuertes vientos y lluvias ocasionales, los cuales provocan disminución en la temperatura del ambiente y el agua (Ayala-Pérez *et al.* 2003).

Los valores de salinidad son un reflejo de las variaciones temporales en la RBLP, presentando una variación por el aporte de agua continental, disminuyendo en época de lluvias y aumentando a finales de la época de secas, coincidiendo con este comportamiento con lo reportado por Terán-González *et al.* (2016)

Así mismo en febrero es donde se presenta valores altos de oxígeno disuelto ya que la solubilidad tiende a aumentar al presentarse fuertes vientos y movimientos de agua. De la misma forma los valores de oxígeno disuelto están relacionados con productividad primaria y la oxidación de la materia orgánica. Prasad *et al.* (1995) menciona que las variaciones de oxígeno disuelto en el océano representan un ambiente dinámico y con alta productividad.

La disminución de pH en cada muestreo es evidente, los niveles de pH tienden a ser menores debido a la disminución de la temperatura del agua; sin embargo a pesar del aumento de la temperatura en los meses de muestreo posteriores al frente frío presentado en febrero el pH muestra una importante disminución; esto puede estar asociado a la acidificación del océano, donde la continua disminución del pH del océano es a consecuencia de la absorción de las emisiones antropogénicas de CO₂ (Erin-Cox *et al.* 2015).

Análisis comparativo de la producción primaria de los pastos marinos de la RBLP

En los cuatro muestreos realizados se encontró solo una especie de pasto marino *Thalassia testudinum*; la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Tracheophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Alismatales
Familia:	Hydrocharitaceae
Género	<i>Thalassia</i>
Especie:	<i>T. testudinum</i> K.D. Koenig, 1805

Biomasa de Thalassia testudinum

Durante las campañas de muestreo los estratos 1 y 2 presentaron sitios con 100% de cobertura vegetal. El estrato 3 solo en el mes de mayo presentó un sitio con este porcentaje. Es importante mencionar que en el mes de febrero no se obtuvieron muestras de pastos marinos algunos sitios del estrato 2 y 3 ya que hubo dificultades en la toma de muestra debido al fuerte oleaje ocasionado por el frente frío presentado en la zona. En el mes de mayo el estrato 3 en un sitio no presenta datos de pastos marinos debido a que solo se encontró alga *Sargassum sp.* (Figuras 13, 14 y 15).

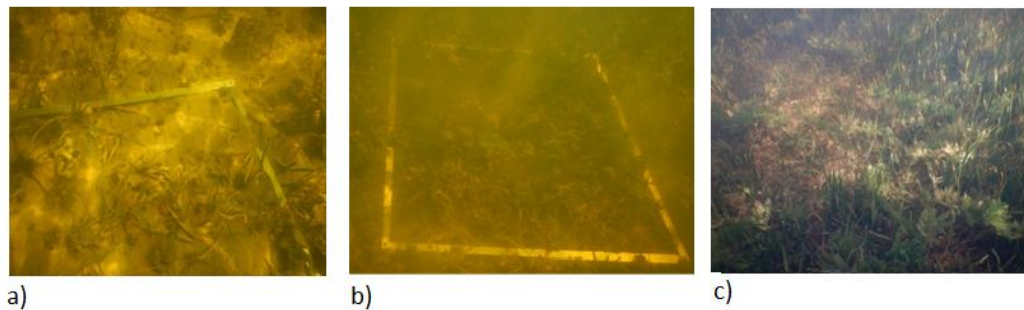


Figura 13. Fotografías de *T. testudinum* en las distintas sitios de muestreo a) Estrato 1 presentando pequeños manchones de pastos; b) Estrato 2 presentando el 95% de cobertura; c) pradera de pastos marinos de la RBLP en combinación de macroalgas. Estas imágenes pertenecen a la campaña realizada en febrero del 2016.

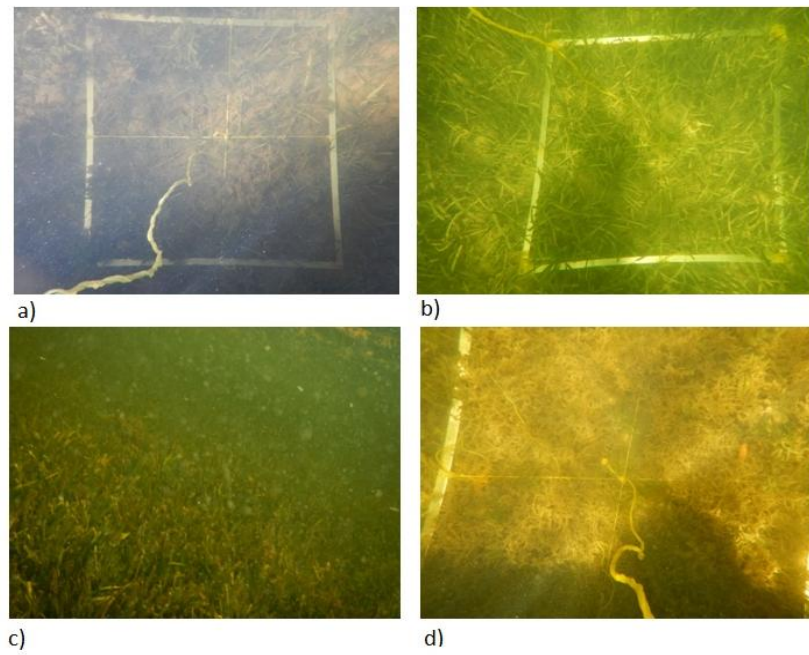


Figura 14. Fotografías de *T. testudinum* en los distintos sitios de muestreo de mayo de 2016: a) Estrato 1 con 100% de cobertura; b) Estrato 2 con el 95% de cobertura; c) pradera de *T. testudinum* a lo largo de la RBLP; d) Estrato 3 no se encontró presencia de *T. testudinum*, el 100% del cuadrante cubierto por *Sargassum sp.*

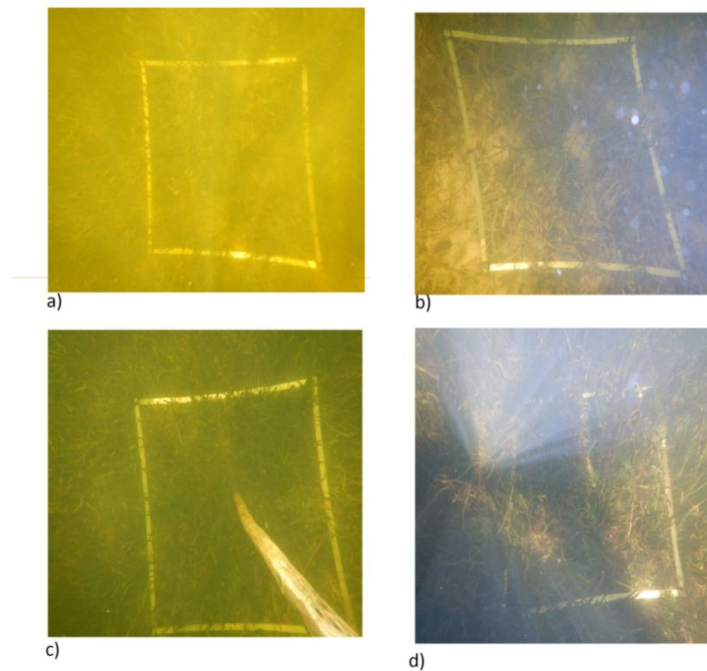


Figura 15. Fotografías del muestreo de *T. testudinum* en octubre a) Estrato 1 presentando 80% de cobertura, b) Estrato 2 con 35% de cobertura de pasto, c) Estrato 3, 95% de cobertura y d) Pradera de *T. testudinum*.

Respecto a la obtención de biomasa seca *T. testudinum* la biomasa seca total fue de 13863 g m^{-2} ; el estrato 2 fue el que presentó mayor cantidad de biomasa con valores de $1,306 \text{ g m}^{-2}$ y $1,122.20 \text{ g m}^{-2}$ a escala espacial. Septiembre fue la campaña con mayor cantidad de biomasa seca ($1,306 \text{ g m}^{-2}$) y mayo con menor biomasa presentando un valor atípico de 786.8 g m^{-2} . En la **Figura 16** se muestran las gráficas de barras y bigotes donde se aprecian las aportaciones de biomasa de *T. testudinum* a escala espacial y temporal.

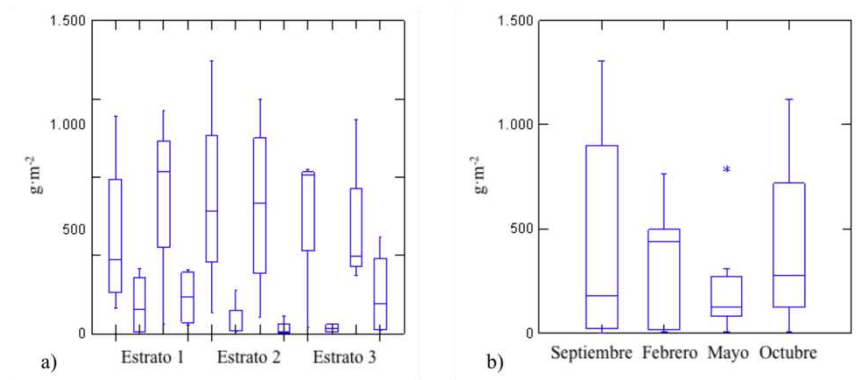


Figura 16. Gráficas de barras y bigotes de la aportación de biomasa de *T. testudinum* a) escala espacial b) escala temporal

Algas y fauna asociada a T. testudinum.

Se identificaron las macroalgas y asociadas a *T. testudinum* en las **Tablas 5 y 6** se presentan los listados correspondientes.

Tabla 5. Especies de algas asociadas a *T. testudinum*.

Especies de algas asociadas a <i>T. testudinum</i>	
Familia	Especie
Caulerpaceae	<i>Caulerpa paspaloides</i> (Bory de Saint-Vincent) Greville, 1830
Halimedaceae	<i>Halimeda</i> sp J.V.Lamouroux, 1812
Sargassaceae	<i>Sargassum</i> sp C.Agardh, 1820
Dichotomosiphonaceae	<i>Avrainvillea</i> sp Decaisne, 1842
Udoteaceae	<i>Penicillus capitatus</i> Lamarck, 1813
Dasycladaceae	<i>Batophora oerstedii</i> J.Agardh, 1854

Tabla 6. Moluscos asociados a *T. testudinum*.

Fauna asociada a <i>T. testudinum</i> (moluscos)	
Familia	Especie
Clase: Bivalvia	
Venerodae	<i>Chione cancellata</i> (Linnaeus, 1767)
Lucinidae	<i>Anodonita alba</i> Link, 1807
Arcidae	<i>Anadara transversa</i> (Say, 1822)
Clase: Gastropoda	
Turbinidae	<i>Astrea tecta americana</i> (Gmelin, 1791)
Cerithiidae	<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)
Eratoidea	<i>Erato maugeridae</i> Gray, 1832
Bullidae	<i>Bulla striata</i> Bruguière, 1792

En relación con los pastos marinos *T. testudinum* presentó diferencias importantes en las biomásas obtenidas de escala temporal y espacial. En escala temporal se puede observar que en septiembre se presentó una mayor biomasa; en cuanto a escala espacial los estratos que mostraron valores altos son aquellos que se encuentran más cercanos a la costa y en un nivel medio. Se sabe que la biomasa de pastos marinos cambia dependiendo de la variación en las condiciones ambientales locales tales como salinidad, exposición al aire, claridad del agua, profundidad en el sedimento, nutrientes, exposición a mareas y movimiento del agua (Nielsen-Muñoz y Cortés 2008).

De acuerdo con Morris y Tomasko (1993), la luz es el principal factor ambiental que controla la sobrevivencia y distribución batimétrica de los pastos marinos, en particular la que tiene un ámbito de longitud de onda entre 400 y 700 nm (luz fotosintéticamente activa). En La Florida *T. testudinum*, requiere entre 15 y 30% de la luz incidente (la que llega a la superficie del agua) para mantenerse a largo plazo. En los sitios de recolecta de cada estrato, la transparencia del agua conforme a la medición del disco de Secchi fue del 100-90%, es decir se lograba visualizar el fondo, lo que permite el desarrollo de *T. testudinum* en la RBLP y que sea un área con una gran extensión de praderas de pastos marinos y mejor conservadas.

Los datos obtenidos muestran que hay mayor cantidad de biomasa en el estrato medio y más cercano a la costa, los cuales tienen sitios pocos profundos esto coincide con el estudio de Krupp *et al.* (2009) en donde analizan la dinámica del crecimiento y estado de *T. testudinum* en Costa Rica. Sus resultados presentan que parámetros de crecimiento de *T. testudinum* se correlacionan inversamente con la profundidad. Los sitios poco profundos mostraron mayor cubierta de pastos, mayor biomasa y productividad.

Estudios de Short y Burdick (1995) y Dawes (1998) han demostrado que estos parámetros suelen ser más altos en aguas poco profundas como un efecto del aumento de la irradiación de luz. Por lo tanto, una variación en los perfiles de profundidad puede ser evaluada como uno de los factores más importantes para las diferencias en el rendimiento de los pastos marinos entre los sitios de estudio.

En general especies de pastos pueden tolerar considerables fluctuaciones de salinidad por algún tiempo, todas ellas tienen su óptimo en el ámbito de 24 a 35 UPS y tienden a presentar exfoliación cuando la salinidad se acerca a los extremos del intervalo de tolerancia (Zieman 1982). Conforme a los resultados obtenidos se observa que en septiembre es donde se obtiene valores altos de biomasa, en dicho muestreo los valores de salinidad oscilan entre 27.42 y 30.7 UPS. Por otra parte, en mayo se encuentran los valores menores de biomasa; de la misma forma es la recolecta en donde los valores de salinidad van de 47.9 a 48.58 UPS.

Los ecosistemas de pastos marinos son altamente productivos y aportan grandes cantidades de detritus al ecosistema (Díaz *et al.* 2008). La biomasa foliar de *T. testudinum* en praderas del Caribe colombiano alcanza valores promedio cercanos a $150 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (materia seca) (Díaz *et al.* 2003); en comparación con nuestros resultados, el promedio durante las cuatro campañas de muestreo es de $346.57 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ de materia seca. Teniendo como el mayor valor de biomasa de $1306 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ en el muestreo de septiembre lo que representa una contribución importante al balance total de carbono en los ecosistemas marinos costeros de México.

El valor más alto de biomasa en esta investigación se registró en el estrato 3 ($1,306 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) y el valor más bajo en el mismo estrato ($3.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$); en comparación con los resultados reportados por González-Gándara *et al.* (2006) en el arrecife Lobos Veracruz donde el valor

más alto de biomasa de *T. testudinum* se encontró en la estación II (0.72408 g m^{-2}) y el menor en la estación IV (0.29858 g m^{-2}) de su zona de estudio. Siendo un ejemplo de que la RBLP contiene la mayor y mejor conservada superficie de pastos marinos en el Golfo de México (CONANP 2006).

Distribución de pastos marinos en la RBLP

Se realizó la selección de las imágenes satelitales que tuvieran mínima o nula nubosidad; se decidió utilizar la imagen perteneciente al mes de mayo del 2016.



Figura 17 . Imágenes satelitalde la RBLP: mayo 2016.

La imagen obtenida con la porción de pastos marinos se muestra en la **Figura 18**. El área de cobertura total de pastos marinos en la RBLP obtenida en la imagen es de 14, 249.07 ha.

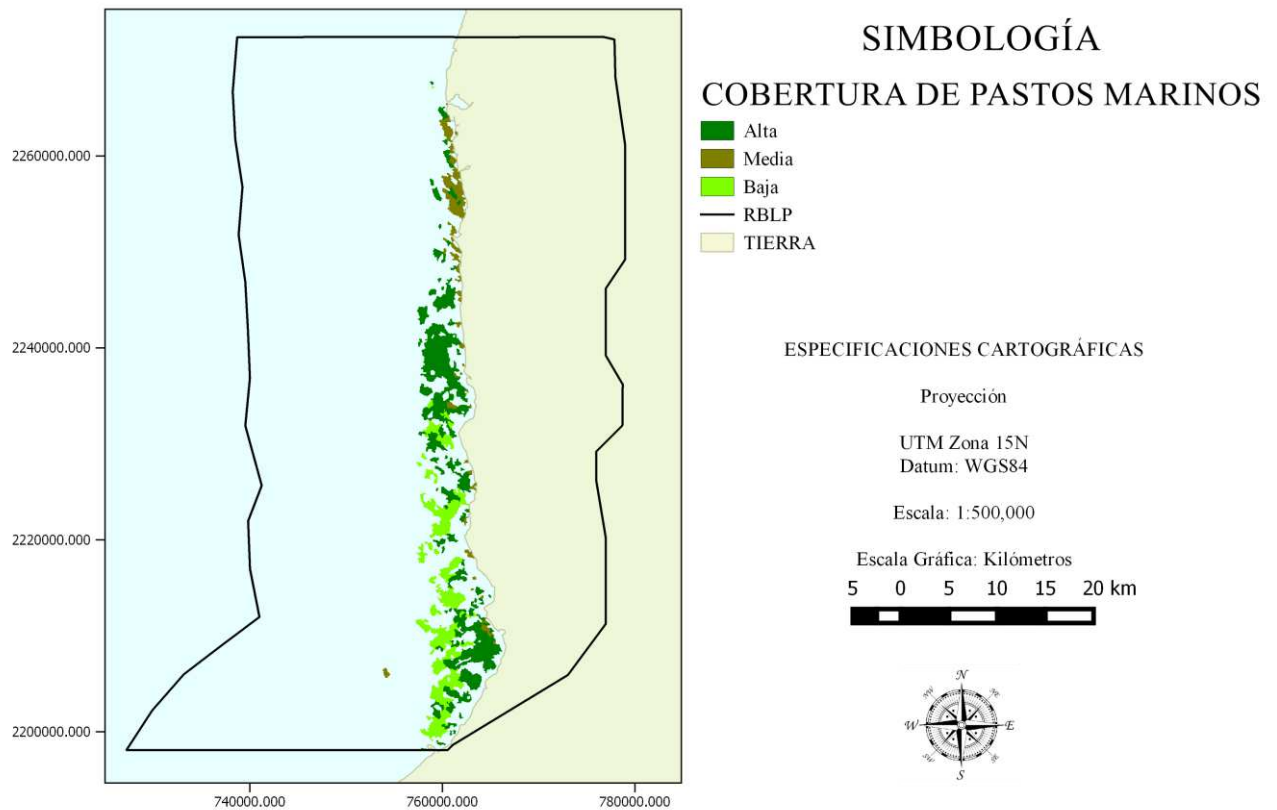


Figura 18. Mapa de distribución y área total de Pastos marinos en la RBLP.

Con base en el mapa obtenido, se consideran 3 categorías de abundancia de pastos marinos. La Categoría 1 representa a la porción con mayor abundancia (7, 951.23 ha); la categoría 2 la porción de abundancia media (1, 792.71 ha) y la categoría 3 la porción con menor abundancia (4, 505.13 ha).

Fuentes *et al.* (2014) reportan para la RBLP tres especies presentes de pastos marinos: *Thalssia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*; en esta investigación solo se encontró a *T. testudinum* esto puede atribuirse al método de muestreo utilizado, por esto el área total de cobertura obtenida en el mapa es considerada para las especies presentes de angiospermas marinas; tomando en cuenta que *T. testudinum* es la especie más abundante y

dominante en aguas poco profundas extendiéndose por decenas o centenares de kilómetros cuadrados y puede estar asociada con *H.wrightii* y *S. filiforme* (van Tussenbroek *et al.* 2010).

El Golfo de México, el estado de Campeche y la RBLP no cuentan con registros de la extensión que ocupan los pastos marinos (Gallegos-Martínez 2010). La superficie total de la RBLP es de 282 858 ha (CONANP 2006) de la cual el 30% es parte de la porción terrestre de la reserva (84 857.4 ha) y el 70% conforma la porción marina de la reserva (198 000.6 ha) (SEMARNATCAM 2015); lo cual indica que el área obtenida de pastos marinos en el mapa (14 249.07 ha) conforma el 7.1% de la superficie marina. Comparando los resultados obtenidos con el estudio realizado por Nielsen-Muñoz y Cortés (2008) en donde estudian la biomasa y floración de *T. testudinum* en el Caribe Colombiano; señalan que la Laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita tiene un área de 250 ha; de las cuales 20 ha están cubiertas por praderas de pastos marinos, lo que conformaría el 8% de la superficie total de la laguna.

Los elementos que permiten el desarrollo de la amplia extensión de praderas de pastos marinos en la RBLP son factores geológicos, edafológicos, climáticos, biológicos, hidrológicos, oceanográficos y sociales. El patrón geológico dominante en la RBLP está conformado por una plataforma de estratos de rocas carbonatadas ligeramente basculados de sur a norte. En la línea de costa de norte a sur, desde Celestún hasta Isla Jaina, indican una alineación sucesiva de islas barrera originadas por la sedimentación del acarreo costero y la alternancia de periodos de transgresión y regresión marina recientes. En cambio desde Isla Jaina hasta la ciudad de Campeche la costa tiene una constitución más sólida definida por una franja de manglar, afloramiento de corazas calcáreas y depósitos de arenas biogénicas en proceso de litificación por precipitación de carbonatos y sales. La RBLP se caracteriza por tener cuatro tipos de suelos: a) arenosos y profundos de costa (regosol calcáreo) b) suelos hiolomórficos de las áreas cenagosas (solonchac e histosiol), c) suelos someros y pedregosos (rendizna) y d) suelos arcillosos oscuros (gleysol) (CONANP 2006). Estas características son de gran importancia para el crecimiento de las praderas de pastos marinos ya que poseen raíces que anclan las plantas en el sedimento y les brindan la matriz para el crecimiento y fuente de nutrientes (Gómez- López *et al.* 2003). La profundidad adecuada y una estabilidad

física adecuada son características importantes que tiene que tener el sustrato para el crecimiento y desarrollo de los pastos marinos.

En cuanto a hidrología, la RBLP se localiza en la región hidrológica No. 32 y pertenece a la cuenca hidrológica Yucatán Norte. Como consecuencia de la naturaleza kárstica del terreno y en su escaso relieve, los escurrimientos superficiales son escasos. Existen pequeñas corrientes superficiales que se originan de manantiales y desembocan en el Golfo de México, las principales son: El Caguamo, Huaymil, Santa Juana, Moa y la Ensenada. El flujo hidrológico subterráneo, disuelve en ocasiones las calizas superficiales dando lugar a los cenotes. El manto freático, conforme se acerca a la costa se vuelve cada vez más superficial, aflorando en ocasiones en forma de ojos de agua o manantiales (CONANP 2006). Esta baja aportación de agua dulce beneficia el crecimiento de las praderas de pastos marinos ya que los ríos son la vía más importante por la cual los sedimentos y nutrientes se transportan al océano; esta manera, pueden causar la sedimentación de los ecosistemas costeros que resulta en un aumento de la turbidez del agua, así como un mayor contenido de limo, nutrientes y materia orgánica en el sedimento (Krupp *et al.* 2009). Los pastos marinos se ven afectados de manera negativa por la sedimentación indicada por la disminución de la abundancia de las especies, de la densidad de brotes y de la biomasa foliar con el aumento de la presión de sedimentación.

Por otra parte el Golfo de México recibe como elemento central en su circulación aguas del Caribe procedentes del Canal de Yucatán. Por su ubicación geográfica, su dinámica oceanográfica está caracterizada por la fuerte corriente que proveniente del Mar Caribe penetra al Golfo de México por el Estrecho de Yucatán, formando un amplio lazo, que se denomina Corriente del Lazo, y sale hacia el Atlántico Norte por el Estrecho de la Florida para constituirse; sumándose a otros flujos, en la Corriente del Golfo. Por su naturaleza de corriente de borde continental oeste se caracteriza por la inestabilidad de su ruta y su variación en intensidad a lo largo del año (Lara-Lara *et al.* 2008).

El análisis de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes en las masas de agua y su comportamiento, permite fundamentar la importancia de esta corriente ya que estas variables enriquecen las aguas superficiales y subsuperficiales, permitiendo tener características climáticas, meteorológicas e hidrológicas adecuadas para formar una gran extensión presentada de pastos marinos en la RBLP.

Por otra parte el desarrollo social en cuanto a la agricultura y ganadería es bajo. Con respecto a la agricultura, las comunidades aledañas han generado un desmonte, optando por alternativas de agricultura orgánica y los cultivos que realizan son de manera temporal ya que la poca producción es para autoconsumo. En cuanto a la ganadería, los pueblos de la región no permiten tener un hato ganadero significativo, ni de alta calidad. También el municipio de Tenabo (al sureste), presenta presión para limitar el avance de la ganadería extensiva hacia los límites de la RBLP (CONANP 2006). Esto muestra que estas actividades no contaminan la porción marina de la RBLP, lo que permite que no haya alteración alguna en el ciclo de vida de los pastos marinos.

Este conjunto de características naturales y sociales permiten que la RBLP sea el área de mayor extensión y mejor conservados del Golfo de México. Es importante destacar el componente de inspección y vigilancia con el que cuenta, a cargo de la PROFEPA, SAGARPA, CONANP, la Secretaría de Marina y Secretaría de Comunicaciones y Transportes que en conjunto se encuentran en constante supervisión de la zona, revisando que se lleve a cabo la normatividad establecida. En la campaña de muestreo de Septiembre fuimos testigos de esta vigilancia, ya que un grupo de la Secretaría de Marina, inspeccionó las labores de muestreo en una de las estaciones realizando una encuesta sobre el tipo de investigación que se estaba realizando.

Estructura de la comunidad de peces y Aportación de biomasa (g m^{-2}) en la RBLP.

De las tres campañas de muestreo ya mencionadas (en los meses de septiembre 2015, febrero, mayo y octubre 2016) se realizaron un total de 48 arrastres. La captura total de peces es de 3466 organismos con un peso total de 63.62 kg que corresponde a 38 especies pertenecientes a 19 familias (**Tabla 7**).

Tabla 7. Lista sistemática de la comunidad de peces capturada en la Reserva de la Biósfera Los Petenes de acuerdo con Nelson *et al.* (2016).

Familia	Especie
Clupeidae	<i>Harengula jaguana</i> Poey, 1865
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1776)
Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode & Bean, 1880)
Cichlidae	<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther, 1862)
Fundulidae	<i>Lucania parva</i> (Baird & Girard, 1855)
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)
Syngnathidae	<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)
Scaridae	<i>Nicholsina usta usta</i> (Valenciennes, 1840)
Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855
	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)
	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830
	<i>Haemulon bonariense</i> Cuvier, 1830
	<i>Haemulon plumierii</i> (Lecepède, 1801)
	<i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)
	<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)
Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789
Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lecepède, 1802)
	<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)
	<i>Corvula batabana</i> (Poey, 1860)
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)
	<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)
Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)
Monacanthidae	<i>Aluterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Monacanthus ciliatus</i> (Mitchill, 1818)
	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)

Tetraodontidae	<i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode & Bean, 1882)
	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)
	<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)
Diodontidae	<i>Chilomycterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758

Biomasa de peces

Los resultados obtenidos de biomasa de peces en escala espacial mostraron a los estratos 1 y 2 con mayores valores de biomasa (2.84 g m^{-2} y 2.69 g m^{-2} respectivamente). El estrato 3 presentó el valor menor (0.13 g m^{-2}). En escala temporal, febrero fue donde se obtuvieron estos dos valores de biomasa siendo atípicos, siguiendo mayo donde se registró 1.90 g m^{-2} . En septiembre se obtuvieron los valores menores (**Figura 19**).

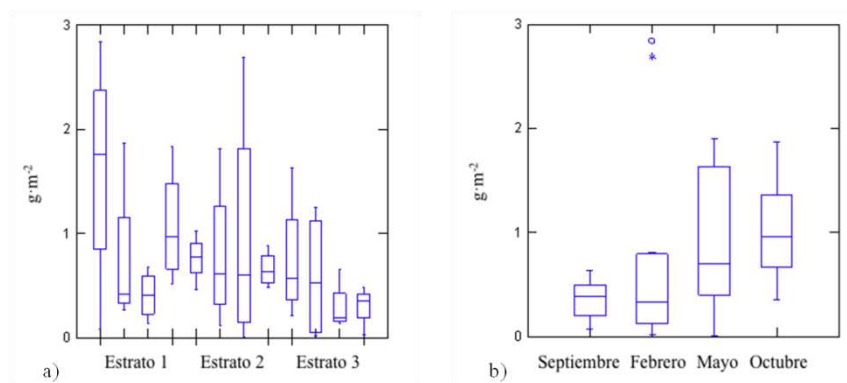


Figura19. Aportación total de biomasa de la comunidad de peces de la RBLP a) escala espacial, b) escala temporal.

Especies dominantes

Considerando el número total de individuos y el peso total en el Índice de Importancia Relativa (IIR) se identificaron 12 especies dominantes que representaron el 92.07% de la captura total en número de individuos (**Tabla 8**).

Tabla 8. Especies dominantes de acuerdo con el índice de importancia relativa (IIR).

Especie	No. Ind.	Peso (g)	Frec. %	%N	%W	%F	IIR
<i>Lagodon rhomboides</i>	954	15,662.1	26	28.11	25.12	54.17	38,245
<i>Haemulon plumierii</i>	718	15,459.9	26	21.15	24.80	54.17	28,412
<i>Eucinostomus gula</i>	503	3,421.7	24	14.82	5.49	50.00	4,066
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	342	6,214.9	14	10.08	9.97	29.17	2,929
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	228	4,186.2	16	6.72	6.71	33.33	1,503
<i>Lutjanus synagris</i>	129	2,215.0	21	3.80	3.55	43.75	590
<i>Nicholsina usta usta</i>	95	2,607.2	18	2.80	4.18	37.50	438
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	38	2,342.2	12	1.12	3.76	25.00	105
<i>Opsanus beta</i>	37	1,226.7	12	1.09	1.97	25.00	53
<i>Calamus penna</i>	42	718.2	14	1.24	1.15	29.17	41
<i>Stephanolepis hispidus</i>	39	743.2	12	1.15	1.19	25.00	34
<i>Synodus foetens</i>	22	1,566.3	7	0.65	2.51	14.58	23
Total	3,147	56,364.3					
Total de la captura	3,466	63,627.3					

A partir de los valores de IIR se tomaron en cuenta las biomazas específicamente de cuatro especies dominantes, las cuales fueron *L. rhomboides* y *H. plumierii* ya que son las dos especies con un mayor dominancia; *L. synagris* y *C. penna* se eligieron considerando su importancia comercial.

A continuación, en la **Figura 20** se presentan las gráficas de barra y bigotes de la aportación de biomasa en escala temporal y espacial de las especies dominantes seleccionadas y en la **Figura 21** fotografías de dichas especies.

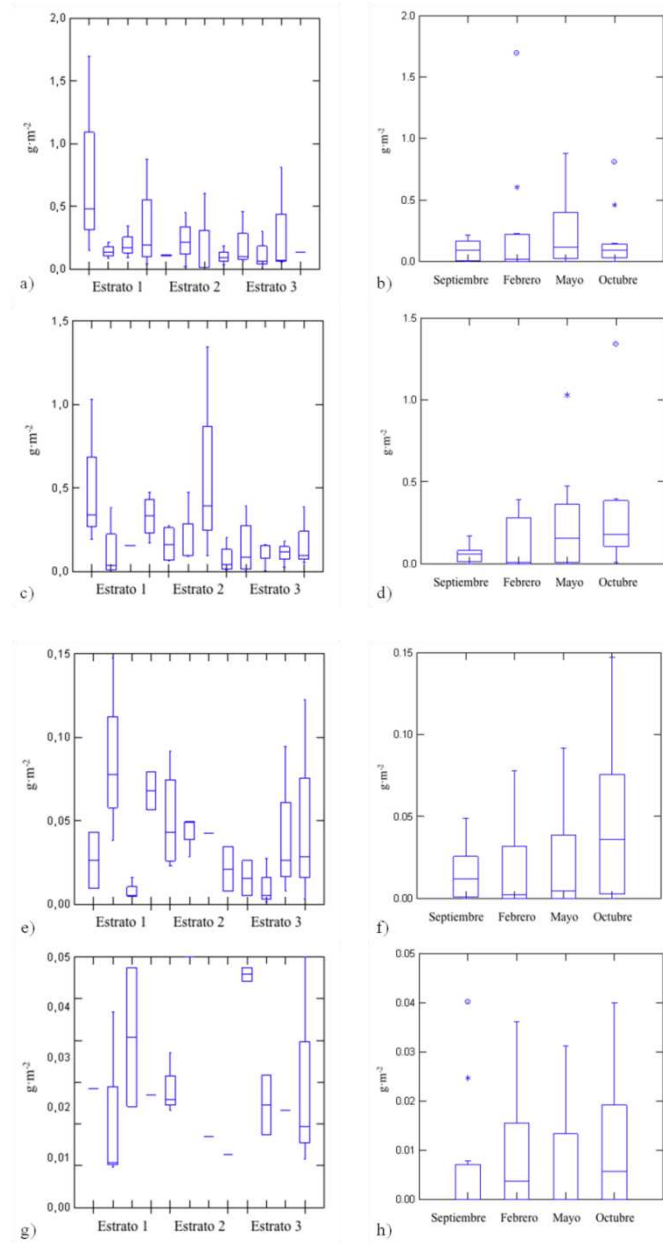


Figura 20. Aportación de biomasa de las especies dominantes de la RBLP en escalas espacial y temporal: a) y b) *L. rhomboides*, c) y d) *H. plumierii*, e) y f) *L. synagris*, g) y h) *C. penna*.

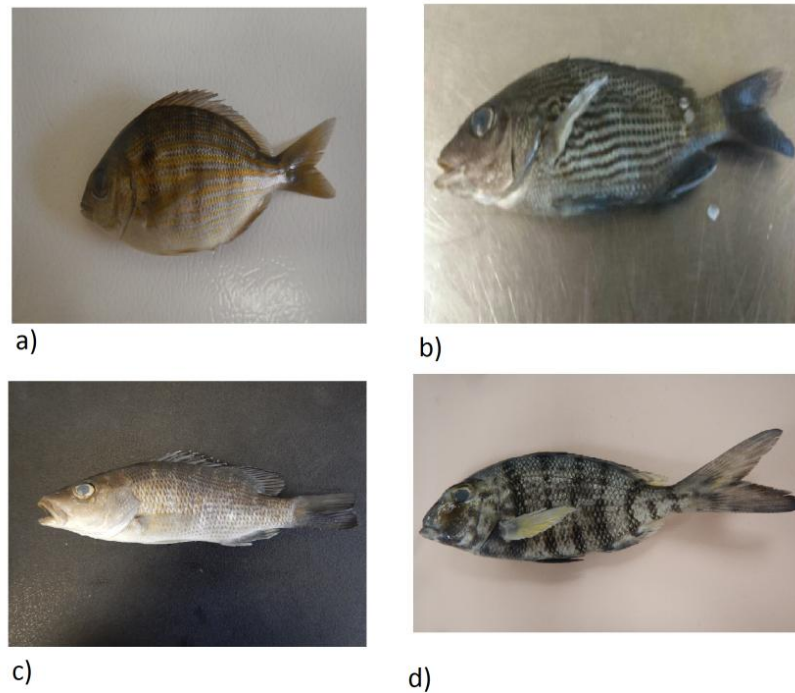


Figura 21. Especies de peces dominantes en la RBLP. a) *L. rhomboides*; b) *H. plumierii*; c) *L. synagris* y d) *C. penna*.

Los resultados de biomasa obtenidos de las cuatro especies dominantes seleccionadas, muestran que *L. rhomboides* obtuvo valores más altos de biomasa en el estrato 1 ($1.69 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) siendo febrero donde se encontró este valor mostrándose atípico. El valor más bajo se presentó en el estrato 2 ($0.01 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), en febrero en algunas estaciones de los estratos 2 y 3 no se registró esta especie. *H. plumieri* presentó el valor más alto de biomasa en el estrato 2 ($1.34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) y el más bajo en el estrato 3 ($0.004 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$); en Octubre fue la recolecta donde se obtuvo la biomasa más alta. *L. synagris* en el estrato 1 presentando el valor más alto de biomasa ($0.14 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) y en el estrato 3 el menor ($0.005 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), siendo octubre en donde se obtuvieron los valores más altos. Por último *C. penna* presentó el valor más alto en el estrato 3 ($0.04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) en septiembre.

Villalobos-Zapata (2004) reporta para la RBLP un total de 68 especies de peces; de las cuales 38 fueron encontradas en esta investigación. En comparación de nuestros resultados con otros estudios, Muños *et al.* (2013) identificaron 46 especies, de las cuales coinciden 32; Ayala-Pérez *et al.* (2014) reportan en su investigación sobre Peces dominantes en la RLBP 44 especies de las cuales 30 coinciden con este trabajo y por último Toro-Ramírez *et al.* (2017)

encuentran 31 especies de las cuales 22 se reportaron en esta investigación; estos contrastes se deben a que cada estudio tuvo diferente esfuerzo de captura y momento de muestreo.

Los valores de biomasa total de peces variaron de 0.01 a 2.84 g m⁻², los más altos se presentaron en los estratos 1 y 2 los cuales son más cercanos a la costa. Estos estratos de igual forma son los que presentaron mayor biomasa de pastos marinos; los comportamientos de biomasa se deben a la presencia de tallas juveniles y preadultos que utilizan el hábitat de pastos marinos como zona de crianza, alimentación y desove.

Muñoz *et al.* (2013) reporta valores de biomasa para la RBLP de 0.2 a 1.072 g m⁻²; tanto en ese estudio como en el presente los valores más altos de biomasa fueron en la temporada de lluvias. Yáñez-Arancibia y Day (1982) señalan que la época de lluvias determina la composición, abundancia y biomasa en la ictiofauna debido a la alta productividad primaria y a la elevada producción de nutrientes.

En cuanto a las especies dominantes en la RBLP los resultados del índice de importancia relativa se obtuvieron 12 especies dominantes; las tres con mayor dominancia fueron *L. rhomboides*, *H. plumierii* y *E. gula*. Muñoz *et al.* (2013) obtienen 11 especies dominantes de las cuales todas coinciden con las obtenidas, y destacan *L. rhomboides*, *H. plumierii* y *A. rhomboidalis*. Mientras que Ayala-Pérez *et al.* (2014) obtienen 14 especies dominantes de las cuales 11 coinciden con los resultados obtenidos, las tres especies con mayor dominancia concuerdan con las de esta investigación. Toro-Ramírez *et al.* (2017) obtuvo 12 especies dominantes de las cuales 10 están presentes en nuestros resultados; las especies con mayor dominancia reportadas fueron: *H. plumierii*, *L. rhomboides* y *O. chrysoptera*.

Sosa-López *et al.* (2010) mencionan que *L. rhomboides* y *H. plumierii* son especies con éxito biológico y un papel significativo en la zona debido a que son especies dominantes en el litoral campechano; representando en su estudio el 25% de la abundancia total con 7 000 individuos y un peso mayor a los 70 kg. Todos los estudios anteriores demuestran la importancia de estas dos especies al aparecer en todos como dominantes.

Asociación entre *T. testudinum* y peces dominantes.

El análisis de correlación de Bray-Curtis obtenido de la comparación de biomasa de *T. testudinum* con las cuatro especies dominantes seleccionadas (*L. rhomboides*, *H. plumierii*, *L. synagris* y *C. penna*) en los tres estratos está representado en la **Figura 22**.

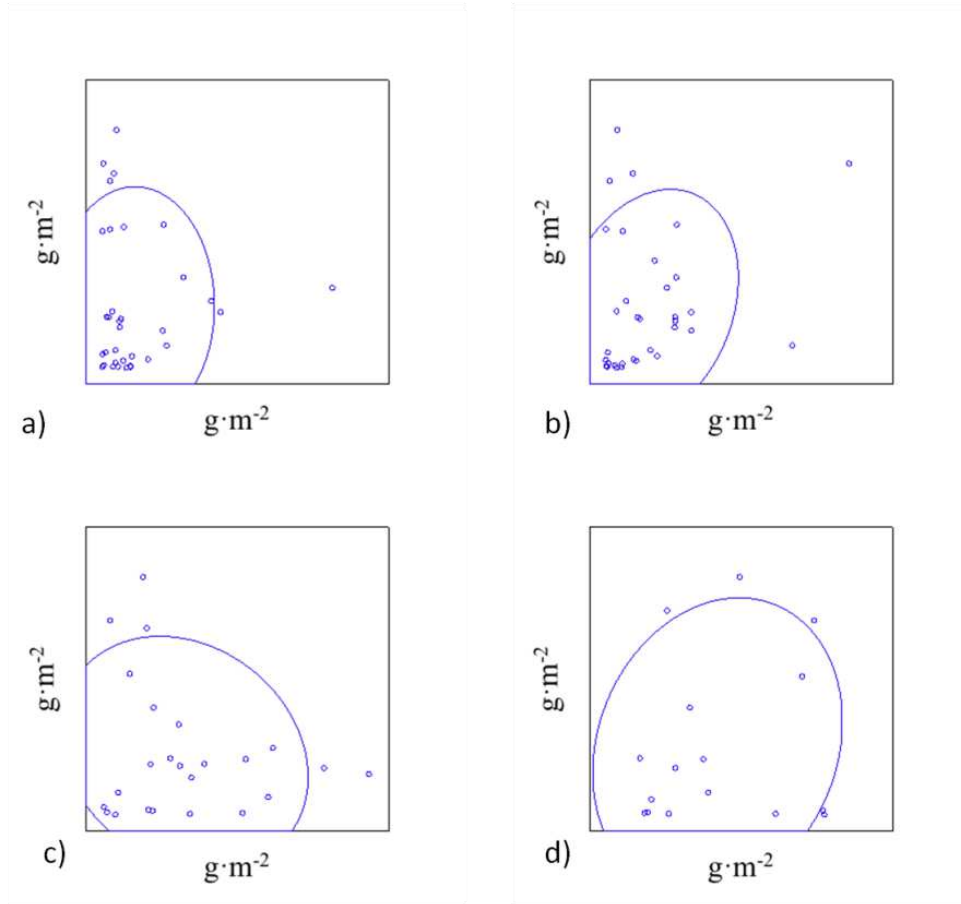


Figura 22. Correlación de Bray-Curtis entre biomasa de *T. testudinum* y biomasa de peces a) *L. rhomboides*, b) *H. plumierii*, c) *L. synagris*, y d) *C. penna*.

En el caso de la relación de biomasa de *T. testudinum* con *L. rhomboides* se puede observar que *L. rhomboides* prefiere los sitios en donde hay una concentración media de pastos. Comparando los datos de las gráficas de biomasa de *T. testudinum* y *L. rhomboides* se observa que los valores más altos de biomasa para esta especie de la familia Sparidae se encuentran en el estrato 1.

L. rhomboides llamada comúnmente Xlavita es común en las bahías, estuarios y lagunas costeras, sobre todo en praderas de *T. testudinum* y en raíces de manglar; suelen agruparse en cardúmenes y se caracteriza por ser una especie omnívora. Tiene una importancia comercial en las pesquerías locales ya que se comercializa entero o en filete (Canto-Maza y Venda–Cendejas 2008). *L. rhomboides* es un depredador visual que persigue activamente a sus presas haciendo la tasa de captura susceptible a los efectos de diferentes densidades de vegetación. La captura de presas por *Lagodon* ha demostrado ser mediada por biomasa de algas marinas (Spitzer *et al.* 2000). Por lo que la concentración de biomasa con mayor valor se encontró en donde la porción de pastos marinos es media. La disminución de la complejidad de hábitat puede reducir los tiempos de búsqueda y dar como resultado una elevada alimentación. Mientras que si el hábitat es más complejo hay un aumento en el tiempo de búsqueda y persecución. Los autores utilizaron recintos de campo para evaluar el efecto del incremento de la densidad de *T. testudinum* y las tasas de crecimiento de juveniles de *Lagodon rhomboides* y los resultados sugieren que la captura de presas era energéticamente más costosa en tratamientos de mayor densidad porque las presas eran más difíciles de capturar en una gran densidad de vegetación; esto puede ser una relación negativa entre la tasa de crecimiento y la complejidad del hábitat.

H. plumierii por otra parte, tiene una alta asociación con *T. testudinum* ya que los valores más altos de biomasa de ambas especies coinciden. En ambos casos dichos valores se encuentran en el estrato 2. *H. plumierii* también conocida como chac-chi es común en zonas de praderas de *T. testudinum*; en estado juvenil se alimenta principalmente de crustáceos bentónicos, gusanos y moluscos, mientras que los adultos se alimentan de camarones, cangrejos y moluscos. La comercialización es local y nacional, este pez se ofrece entero, en filete, eviscerado fresco y congelado (México-Cíntora *et al.* 2007). Ordoñez-López y García–Hernández (2005) señalan relaciones de *H. plumierii* con las características estructurales de *T. testudinum*, sugieren que los pastos son un hábitat vital para su supervivencia; ya que es un área de protección y alimentación para esta especie.

En el caso de *L. synagris* y *C. penna* se observa que estas especies tienen una distribución más amplia a lo largo de los estratos, sin embargo, los valores más altos de

biomasa de encuentran representados en los estratos 1 y 3 donde la biomasa de pastos es media y baja.

L. synagris conocido comúnmente como villajaiba, rubia o pargo biajaiba, importante en pesquerías, importante en acuarismo y en pesca deportiva; habita arrecifes coralinos, áreas de vegetación marina y arenosos, prefiere aguas claras formando grandes grupos especialmente en la etapa de reproducción, se alimenta por la noche de peces pequeños cangrejos, camarones, gusanos gasterópodos y cefalópodos (Ayala-Pérez *et al.* 2015). Luo *et al.* (2009) presentan fotografía y video del movimiento de organismos del género *Lutjanus* entre los hábitats de pastos marinos y manglares, mostrando que esta especie tiene múltiples usos de hábitats costeros, así como movimientos estacionales hacia arrecifes fuera de la costa. En este estudio, la mayor cantidad de peces de esta especie fueron encontrados durante la noche. Por lo cual, con esto se argumenta el porqué en esta investigación se encontró en todos los estratos; sin embargo, los valores más altos de biomasa de este lutjanido se encontraron en los estratos con menor biomasa de peces.

Por otra parte *C. penna* o pluma, habita aguas claras con fondos de arena fina, los juveniles se encuentran en áreas de *T. testudinum*; se alimenta principalmente de crustáceos y moluscos (Ayala-Pérez *et al.* 2015). Debido a que se presentaron organismos de tallas muy pequeñas, prefieren sitios donde la vegetación es baja, de este modo es más fácil llegar a su alimento y huir de su depredador.

CONCLUSIONES

- La Reserva de la Biósfera los Petenes (RBLP) está caracterizada por dos épocas climáticas: Lluvias y Secas. La temporada de lluvias abarca los meses de mayo a octubre y la temporada de secas noviembre a abril.
- La biomasa total de *Thalassia testudinum* fue de $13863 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Siendo el estrato 2 en el que se obtuvo mayor biomasa y septiembre el más representativo.
- De acuerdo con la imagen satelital se calculan 14, 249.07 ha de cobertura de pastos marinos de la RBLP que conforma el 7.1 % de la porción marina.
- La biomasa total de peces fue de $34.64 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. En el estrato 1 se concentró la mayor biomasa en los meses de febrero y mayo siendo *Lagodon rhomboides* y *Haemulon plumierii* las especies con mayor dominancia.
- En las praderas de pastos marinos hay un gran flujo de energía en el cual los peces interactúan con otras especies tomando estas áreas como hábitat de su preferencia.
- Existe una relación de producción en biomasa de *T. testudinum* y especies de peces que presentan dominancia (*L. rhomboides*, *H. plumierii*, *L. synagrus* y *C. penna*). Sin embargo, cada especie presenta una peculiar relación, ya que algunos de estos prefieren áreas que presenten abundancia media de dicha angiosperma marina.

REFERENCIAS

- Adams, S.M. 1976. Feeding ecology of eelgrass fish communities. *Transactions of the American Fisheries Society*. 105(4): 514-519.
- Allen, T., Jiménez, M. y Villafranca, S. 2006. Estructura y categorías tróficas de peces asociados a praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitales, Hydrocharitaceae) en el Golfo de Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela. *Investigaciones marinas*. 34(2): 125-136.
- Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*. 21(3): 431-462.
- Ariza, L.A., Núñez, J.G. y Ruiz, L. 2012. Biodiversidad íctica de praderas de pasto marino de la costa noroeste del Golfo de Cariaco, Venezuela. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 60(2): 635-648.
- Ayala-Pérez, L.A., Ramos-Miranda, J. y Flores-Hernández, D. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 51(3-4): 783-794.
- Ayala-Pérez, L.A., Terán-González, G.J., Flores-Hernández, D., Ramos-Miranda, J. y Sosa-López, A. 2012. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, México. *Latin american journal of aquatic research*. 40(1): 63-78.
- Ayala-Pérez, L.A., Vasco-Villa O., y Sosa-López, A. 2014. Evaluación de las asociaciones de peces dominantes influencias por el ciclo nictimeral y la variación temporal en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Ciencia UAT*. 9(1): 33-43.
- Ayala-Pérez, L.A., Ramos-Miranda, J. Flores-Hernández, D. Sosa-López A. y Martínez Romero, G.E. 2015. *Ictiofauna marina y costera de Campeche*. Universidad Autónoma de Campeche. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México. 502 pp.
- Barreiro, Güemes M. T., y Signoret Poillon, M. 1999. *Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación*. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 46-56.
- Bocanegra-Castillo, N., Abitia-Cárdenas, L.A. and Galván-Magaña, F. 2000. Trophic spectrum of the california kingcroaker *Menticirrhus undulatus* from Ojo de Liebre lagoon, Baja California sur, Mexico. *Ciencias Marinas*. 26(4): 659-675.
- Boström, C., and Bonsdorff, E. 2000. Zoobenthic community establishment and habitat complexity-the importance of seagrass shoot-density, morphology and physical disturbance for faunal recruitment. *Marine Ecology Progress Series*. 205, 123-138.
- Botello, A. V., Gutiérrez, S., Galaviz, J.R., y Villanueva-Fragoso. 2010. *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Gobierno del Estado de Tabasco. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL. Universidad Autónoma de Campeche. México. 514 pp.

- Canto-Maza, W. G., y Vega-Cendejas M.E. 2008. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelm, Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 56(4): 1837-1846.
- Casal, G. 2013. Conceptos físicos básicos para la utilización de teledetección óptica en el cartografiado de hábitats bentónicos costeros. *Revista de Teledetección.* 40: 134-142.
- Castaño- Gallego, A. 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.* 6: 231-251.
- Castro-Aguirre, J.L. 1999. *Ictiofauna estaruina-lagunar y vicaria de México*. Limusa. México. 705 pp.
- Cifuentes-Lemus, J. L., y Cupul-Magaña, F. G. 2002. Un vistazo a la historia de la pesca en México: administración, legislación y esfuerzos para su investigación. *Ciencia ergo sum.* 9(1): 112-118.
- Cervigón, F., Cipriani, R., Ficher, W., Garibaldi, L., Hemdrickx, M., Lemus, A. J., Márquez R., Poutiers J.M., Robaina G., y Rodríguez B. 1992. *Guía de campo de las especies comerciales marinas de aguas salobres de la costa septentrional del sur de América*. FAO. Roma. 513 pp.
- Chuvieco, E. 1995. *Fundamentos de teledetección espacial*. 2ª edición. Ediciones Rialp SA. Madrid, Spain. 449 p.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006. *Programa de conservación y manejo Reserva de la Biósfera Los Petenes*. Dirección General de Manejo para la Conservación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México D.F., México. 203 pp.
- CONAPESCA, 2007. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. México. 233 pp.
- CONAPESCA, 2010. Inspección y vigilancia [en línea] [conapesca.gob.mx] (28/05/15)
- CONAPESCA, 2011. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. México. 305 pp.
- CONAPESCA, 2013. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. México. 295 pp.
- Cox, T.E., Scheone, S., Delille, J., Díaz-Castañeda, V., Alliovane, S., Gattuso, J. P., and Gazeas F. 2015. Effects of ocean acidification on *Posidonia oceanica* epiphytic community and shoot productivity. *Journal of Ecology.* 130(6):1594-1609.
- Daniel Wayne, W. 2014. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 4ª. Edición. Limusa Wiley. México. 755 pp.
- Dawes, C. 1998. Biomass and photosynthetic responses to irradiance by a shadow and a deep water population of *Thalassia testudinum* on the West Coast of Florida. *Buil. Mar. Sci.* 62: 89-96.

- Diario Oficial de la Federación 2010 [en línea] [<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>] (25/06/2015)
- Diario Oficial de la Federación 2014 [en línea] [http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5338728&fecha=28/03/2014] (25/06/2015)
- Díaz Merlano, J. M., Barrios Suárez, L. M., y Gómez López, D. I. 2003. *Las Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y Distribución de un Ecosistema Estratégico*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales. 159 pp.
- Den Hartog C., and Kuo J. 2007. Taxonomy and biogeography of seagrass. In *Seagrasses: biology, ecology and conservation*. Springer Netherlands. 1-23.
- Dekker, A., Brando, V., Anstee, J., Fyfe, S.K., Malthus, T., and. Karpouzli, E. 2006. Remote sensing of seagrass systems: Use of spaceborne and airborne systems. In: Larkum A.W.D, and Duarte C.M. *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Springer Netherlands. 347–359.
- Dierssen, H. M., Ziemmerman, R. C., Leathers, R. A., Downes T. V., and Davis, C. O. 2003. Ocean color remote sensing of seagrass and bathymetry in the Bahamas Banks by high-resolution airborne imagery. *Limnology and oceanography*. 48(1 part 2) 444-455.
- Durán-García R. 1995. Diversidad florística de los Petenes de Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana*. 31: 73-84.
- Espinosa C. T. L., Gaxiola, G. C., Robles P. J. M. y Nájera S.M. 2001. Temperatura, salinidad, nutrientes y clorofila en aguas costeras de la ensenada del sur de California. *Ciencias Marinas*. 27(3): 397-422.
- Ficher W. 1978. *FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic*. (fishing area 31). FAO ROMA. Vol I-VII. No paginado.
- Ferguson, R. L., and Korfmacher, K. 1997. Remote sensing and GIS analysis of seagrass meadows in North Carolina, USA. *Aquatic Botany*. 58(3): 241-258.
- Ferwerda, J.G., De Leeuw, J., Atzberger, C., and Vekerdý Z. 2007. Satellite-based monitoring of tropical seagrass vegetation: Current techniques and future developments. *Hydrobiologia*. 591: 59–71.
- Flores Hernández, D., Markaida, U., Pérez-Jiménez, J.C., y Ramos Miranda, J. 2010. Las pesquerías. En: Villalobos-Zapata, G. J., y Mendoza Vega J. (Coord.). *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 pp.
- Fuentes, A., Gallegos, M. E., y Mandujano, M. C. 2014. Demography of *Caulerpa paspaloides* var. *Wudermanni* (Byopsidales: Caulerpacae) in the coastal zone of Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*. 62(2): 729-741.

- Fyfe, S.K. 2003. Spatial and temporal variation in spectral reflectance: Are seagrass species spectrally distinct? *Limnology and Oceanography*. 48(1): 15.
- Gallegos- Martínez, M. 2010. Pastos marinos. En: Villalobos-Zapata, G. J., y Mendoza Vega, J. (Coord.). *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 pp.
- García-Cubas A., y Reguero, M. 2004. *Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Autónoma de México. 162 pp.
- García-Cubas A., y Reguero, M. 2007. *Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Autónoma de México. 100 pp.
- Gómez López, D. I., Díaz, J.M., y Barrios Suárez, L. M., 2003. Las fanerógamas marinas: Plantas que fundamentan un ecosistema. En: Díaz Merlano, J. M., Barrios Suárez, L. M., y Gómez López, D. I. *Las Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y Distribución de un Ecosistema Estratégico*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales. 159 pp
- González-Gándara, C., Trinidad-Martínez S.D.C., y Chávez-Morales, V. M. 2006. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. *Revista de biología tropical*. 54(1): 189.
- Guevara E., Sánchez A.J., Rosas, C., Mascaró, M., y Brito, R. 2007. Asociación trófica de peces distribuidos en vegetación acuática sumergida en laguna de Términos, sur del Golfo de México. Universidad y Ciencia. *Trópico Húmedo*. 23 (2): 151-166.
- Gullström, M., and Dahlberg, M. 2004. Fish community structure of seagrass meadows around Inhaca Island, southern Mozambique. *Minor Field Study*. 106: 1-26.
- Gutiérrez-Aguirre, M. A., de la Fuente-Betancourt, M. G., y Cervantes-Martínez, A. 2000. Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*. 48(2-3): 313-316.
- Hernández-Zanuy A. C. y Alcolado P. M. (eds). 2014. *Métodos para el estudio de la biodiversidad en ecosistemas marinos tropicales de Iberoamérica para la adaptación de cambio climático*. Red CYTED E. Book. Instituto de Oceanología. La Habana. 272 pp.
- Hill, V. J., Zimmerman, R. C., Bissett, W. P., Dierssen, H., and Kohler, D. D. 2014. Evaluating light availability, seagrass biomass, and productivity using hyperspectral airborne remote sensing in Saint Joseph's Bay, Florida. *Estuaries and Coasts*. 37(6): 1467-1489
- Holmlund, C. M., and Hammer, M. 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological economics*. 29(2): 253-268.

- Ibarra-Obando, S.E., Rios, R., 1993. Ecosistemas de fanerogamas marinas. En: Salazar-Vallejo, S.I., Gonzalez, N.E. (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México. 54–65.
- Koranteng, K. A. 2001. Structure and dynamics of demersal assemblage on the continental shelf and upper slope off Ghana, West Africa. *Marine Environmental Research*. 220: 1-12.
- Krupp L. S., Cortés, J., and Wolff, M. 2009. Growth dynamics and state of the seagrass *Thalassia testudinum* in the Gandoca-Manzanillo National Wildlife Refuge, Caribbean, Costa Rica. *Revsta de Biología Tropical*. 57: 187-201.
- Laguna de Términos Campeche. 2015 [en línea] [<http://www.ecobanca.org/Area/historia.htm>] (20/06/2015).
- Lalli, C., and Parsons, T. R. 1997. *Biological Oceanography: An Introduction*. 2^a ed. Butterworth-Heinemann. Great Britain. 314 pp.
- Lara-Domínguez, A. L. y A. Yáñez-Arancibia. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. En: Yáñez-Arancibia A. y Lara-Domínguez A. L. (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 153-166.
- Lara-Domínguez, A. L. 2005. Pastos marinos. *Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal*, Instituto de Ecología/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Xalapa, Ver. México. 1:266.
- Lara-Lara, J.R., Arenas-Fuentes, V., Bazán-Guzmán, C., Díaz-Castañeda, V., Escobar-Briones, E., García Abad, M. C., Gaxiola-Castro, G., Robles-Jarero, G., Sosa-Ávalos, R., Soto-González, L. A., Tapia-García M., y Valdez-Holguín J. E. 2008. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México. 135-139.
- Lewison, R. L., Crowder, L. B., Read, A. J., and Freeman, S. A. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in Ecology & Evolution*. 19(11): 598-604.
- López Calderón, J., Riosmena Rodríguez R., Rodríguez Baron, J. M., Carrión-Cortéz, J., Torre J., Melling López A., Hinojosa-Arango G., Hernández-Carmona G., and García-Hernández J. 2010. Outsading apparence of *Ruppia marítima* along Baja California Sur, México and influence in thropic neetworks. *Marine biodiversity*. 40(4): 293-300.
- Luo, J., Serafy, J. E., Sponaugle, S., Teare, P. B., and Kieckbusch, D. 2009. Movimient of gray snapper *Lutjanus griseus* among subtropical seagrass mangrove and coral reff habitats. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 380: 255-269.
- Madrid-Vera, J., Amezcua, F., and Morales-Bojórquez, E. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. *Fisheries Research*. 83(1): 81-89.
- Martínez-Muñoz, J., y Díaz-Ponce, A. 2005. *Percepción remota: fundamentos de teledetección espacial*. Comisión Nacional de Agua. 62 p.

- Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Ávila-Ortiz, A.G., y Días-Martínez, S. 2013. Algas marinas bentónicas del litoral del Campeche, México. *Acta botánica mexicana*. (104):53-92.
- Mexicano-Citura, G., Leonce-Valencia, C. O., Salas S., y Vega-Cendejas M. E. 2007. *Recursos pesqueros de Yucatán: fichas técnicas y referencias bibliográficas*. Centro de Investigación y Estudios avanzados del I.P.N (CINVESTAV). Unidad Mérida. México. 150 pp.
- Morris, L. J., and Tomasko, D. A. 1993. *Proceedings and conclusions of workshops on: submerged aquatic vegetation initiative and photosynthetically active radiation*. Special publication SJ93- SP13. Palatka, FL: St. Johns River Water Management District. USA. 310 pp.
- Muñoz-Rojas S., Ayala-Pérez, L.A., Sosa-López A., y Villalobos-Zapata G.J. 2013. Distribución y abundancia de la comunidad de peces en la porción litoral de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*. 61(1): 213-227.
- Nagelkerken, I., and van der Velde, G. 2004. Relative importance of interlinked mangroves and seagrass beds as feeding habitats for juvenile reef fish on a Caribbean island. *Marine Ecology Progress Series*. 274:153-159.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons. Unated States of America. 579 pp.
- Nelson, J.S., Grande T.C., and Wilson, M.V.H. 2016. *Fishes of the World*. Fifth Edition. Wiley & Sons. Unated States of America. 707 pp.
- Newton, A. C., Hill, R. A., Echeverría, C., Golicher, D., Benayas, J. M. R., Cayuela, L., and Hinsley, S. A. 2009. Remote sensing and the future of landscape ecology. *Progress in Physical Geography*. 33(4): 528-546.
- Nielsen-Muñoz, V., y Cortés, J. 2008. Abundancia, biomasa y floración de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae), en el Caribe de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 56(4): 175-189.
- Ogden, J. C., and Ehrlich, P. R. 1977. The behavior of heterotypic resting schools of juvenile grunts (Pomadasysidae). *Marine Biology*. 42(3): 273-280.
- Ordoñez-López, U., y García-Hernández, U.D. 2005. Iciofauna juvenil asociada a *Thalassia testudinum* en laguna Yalahu, Quintana Roo. *Hidrobiologica*. 15(2):195-204.
- Ortega M., Godínez J., y Garduño G. 2001. *Catálogo de algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Autónoma de México. México. 599 pp.
- Ramos-Miranda J., Flores-Hernández, D., Ayala-Pérez, L.A., Álvarez-Guillén H., and Vega-Cendejas, M. E. 2010. Peces Marinos. En: Villalobos-Zapata, G. J., y Mendoza Vega, J. (Coord.). *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Gobierno del Estado de

- Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 pp.
- Robbins, B.D. 1997. Quantifying temporal change in seagrass area coverage: The use of GIS and low resolution aerial photography. *Aquatic Botany*. 58(3–4): 259–267.
- Roelfsema, C. M., Phinn, S. R., Udy, N., and Maxwell, P. 2009. An integrated field and remote sensing approach for mapping seagrass cover, Moreton Bay, Australia. *Journal of Spatial Science*. 54(1), 45-62.
- Rueda, M., and Defeo, O. 2003. A bioeconomic multispecies analysis of an estuarine small-scale fishery: spatial structure of biovalue. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 60(4): 721-732.
- Sánchez O., Herzig, M., Peters, E., Márquez-Huitzil R., y Zambrano L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto de Ecología México. 296 pp.
- Saucedo Lozano, M., González Sansón, G., and Chiappa Carrara, X. 1999. Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Lutjanidae: Peciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*. 25(3): 381-400.
- SEMARNATCAMP (Secretaria del Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable, Campeche) 2015 [en línea] [<http://www.semarnatcam.campeche.gob.mx/anp/reserva-de-la-biosfera-los-petenes/>] (01/07/ 2015)
- Seijo, J.C., Defeo, O., y Salas, S. 1997. *Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 368. Rome, FAO. 176 pp.
- Short, F. T., and Burdick, D. M. 1995. Mesocosm experiments quantify the effects of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina*. *Limnol. Oceanogr*. 40: 740-749.
- Sistema Meteorológico Nacional. [en línea] [<http://smn.cna.gob.mx/es/>] (14/10/2015)
- Spitzer, P.M., Mattila, J., and Heck Jr., K.L. 2000. The effects of vegetation density on the relative growth rates of juvenile pinfish, *Lagodon rhomboides* (linneaus), in Big Lagoon, Florida. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 244:67-86.
- Steverson, D. K. 1982. *Una revisión a los recursos marinos de la región de la Comisión de Pesca para el Atlántico centro-occidental* (COPACO). Doc. TEC. De Pesca 211. FAO. 146 pp.
- Sosa-López, A., Ayala-Pérez, L.A., Ramos-Miranda, J.A., Flores-Hernández, D., Pech-Pool, D., Gómez-Criollo, F., Toro-Ramírez, A., Cu-Quiab, I.E., Sauri-Hernández, J.A., Can-González, M.J., Borges-Jesús, P.A., Rosado-López, J.M., Balán-Calán, C., Uc-Pech, I.C., Cortés-Fuentes, A., Chi-Caamal, R.I., León, M.A., y Ferraez-Campos, N. 2009. *Estudio ecológico de la ictiofauna que inhabita la porción litoral Sur de la Reserva de la Biosfera 'Los Petenes', Sureste de México"* Informe Final- Proyecto CONACyT, Clave: 90316, Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche, 26 pp.

- Thayer, G. W., and Phillips, R. C. 1977. Importance of eelgrass beds in Puget Sound. *Marine Fisheries Review*. 39(11): 18-22.
- Terán González, G. J., Ayala-Pérez, L. A., Reyes Enrique, Z. M. y Vega Rodríguez B. I. 2016. Recursos pesqueros de la Reserva de la Biósfera los Petenes Campeche: Un modelo de simulación. *E-BIOS*. Número especial. 4(6): 74-94.
- Tomilson, P. B. and Posluszny, V. 2001. Generic limits in the seagrass family Zosteraceae. *Taxon*. 429-437.
- Toro-Ramírez A., Sosa-López A., Ayala-Pérez L.A., Pech D., Hinojosa-Garro D., y del Río-Rodríguez R. 2017. Abundancia y diversidad de la ictiofauna en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche México: asociaciones con los ciclos nictimerales y épocas climáticas. *Lat Am. Aquat. Res.* 45(2):311-321.
- van Tussenbroek, B. I., Barba Santos M. A., Ricardo Wong J. G., van Dijk J. K., and Waycott M.. 2010. *Guía de los pastos marinos tropicales del Atlántico oeste*. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.
- Vega-Cendejas, M.E. 1998. *Trama trófica de la comunidad nectónica asociada al ecosistema de manglar en el litoral Norte de Yucatán*. Tesis de Doctorado. Fac. De Ciencias. Univ. Nal. Autón. México. Distrito Federal, México. 170 p.
- Villalobos-Zapata G. J. 2004. *Reservas de la Biósfera: Los Petenes y Ria Celestún. El manejo costero en México*. UAC/CETYS. Universidad/UQROO/SEMARNAT. México. 397-412.
- Villalobos-Zapata, G. J., y Mendoza Vega J. (Coord.), 2010. *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., and Williams, S. L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(30), 12377-12381.
- Wetzel, R. L., and Penhale, P. A. 1983. Production ecology of seagrass communities in the lower Chesapeake Bay. *Marine Technology Society Journal*. 17:22-31
- Wootton, R. J. 1990. Introduction. In: *Ecology of Teleost Fishes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Springer Netherlands. 384 pp.
- Yáñez-Arancibia A. and Day Jr., J. W. 1892. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico. *Oceanol Acta*. 5(4): 431-440
- Yáñez-Arancibia A, y Sánchez Gil, P. 1988. *Ecología de los recursos demersales marinos. Fundamentos tropicales*. AGT EDITOR, S.A. México. 228 p.
- Yáñez-Arancibia A, Twilley, R R., y Lara-Domínguez, A. L. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*. 4(2):3-19.
- Yáñez-Corraeii, A. 1971. Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la bahía de Campeche. *Bio. Soc. Geo. Mexicana*. 32(2): 75-115.

Zieman, J. C. 1982. *Ecology of the seagrasses of south Florida: a community profile* (No. FWS/OBS-82/25). Virginia Univ., Charlottesville (USA). Dept. of Environmental Sciences. 158 pp.

Anexos

Comprobantes de cursos y congresos presentados.

Cursos.

- 2016. “Ecología de Lagunas Costeras”. Universidad Autónoma Metropolitana, en el marco del proyecto de Movilidad ECOS NTE-ANUIES-CONACYT.
- 2016. “Instrumentos para la investigación del Desarrollo Sustentable”. Sistemas Integrales de Conservación A. C.
- 2016. “Diplomado en Sistemas de Información Geográfica. Instituto Potosino de la Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT).

Congresos

- 2016. 1er. Congreso Internacional de Áreas Naturales Protegidas. Ponencia modalidad Cartel titulada: “Variabilidad ambiental de la Reserva de la Biósfera los Petenes (RBLP), Campeche”
- 2016. Ictiología. XV Congreso Nacional/ V Simposio Latinoamericano. Ponencia modalidad Cartel titulada: “Variación espacial y temporal de los pastos marinos y peces en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche”.
- 2017. V Simposio de la Rede para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste (Recorecos). Ponencia modalidad Oral titulada: “Asociaciones productivas de pastos marinos y peces en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche”.



AXA
Casa abierta al tiempo

Se otorga la presente
CONSTANCIA a:
Ariana Magdalena Rosas Valdez
Por su asistencia al curso
“Ecología de Lagunas Costeras”
Llevado a cabo en la **Universidad Autónoma Metropolitana**, unidad
Xochimilco, los días 26 y 27 de enero de 2016, con una duración de 14 hrs.
En el marco del Proyecto de Movilidad ECOS NTE-ANUIES-CONACYT

Dr. Gilberto Vela Correa
Jefe de departamento EI
Hombre y su Ambiente

M. en C. María Guadalupe
Figüeroa Torres
Comité organizador

Dra. María Jesús
Ferrara Guerrero
Comité organizador

IRD
Institut de recherche
pour le développement



Convenio UAM Xochimilco-SIC A.C. 2013-2017

SIC A.C. otorga la presente **CONSTANCIA**

a: **Ariana Magdalena Rosas Valdez**

Por asistir curso “Instrumentos para Investigación del Desarrollo
Sustentable”, del 13 al 15 de junio de 2016, con una duración de 15 horas.


Dra. Heba Reyna Osuna Fernández
Presidenta de SIC A.C.


Dra. Leonor Medoza Vargas
Profesora del curso


Dra. Santa Rodríguez Lorenzo
Profesora del curso



*El Instituto Potosino de Investigación
Científica y Tecnológica, A.C.
Otorga el presente
DIPLOMA*



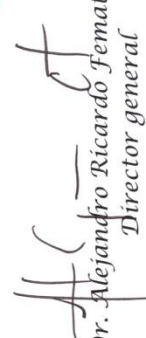
a:

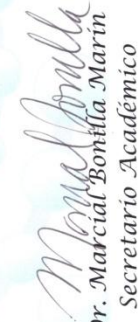
Ariana Magdalena Rosas Valdez

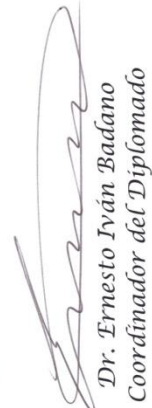
por haber cursado el

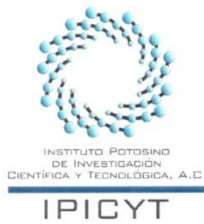
Diplomado en Sistemas de Información Geográfica

Otorgado en la ciudad de San Luis Potosí, México, el 05 de agosto de 2016


Dr. Alejandro Ricardo Femat Flores
Director general


Dr. Marcial Bonilla Marín
Secretario Académico


Dr. Ernesto Iván Badano
Coordinador del Diplomado



CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE DIPLOMADO

El Posgrado del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., hace constar que:

ARIANA MAGDALENA ROSAS VALDEZ

ha cursado integralmente el **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**, habiendo obtenido una calificación final de **9.6 puntos**. De acuerdo a los criterios del Posgrado del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., la calificación mínima aprobatoria es de 7.0 puntos en escala 1.0 a 10.0. Este puntaje queda asentado en el acta de calificaciones del diplomado, el cual tuvo una etapa presencial de 60 horas bajo la conducción de profesores-investigadores (18 al 23 de julio de 2016) y una etapa de 60 horas independientes por parte del participante (25 de julio al 06 de agosto de 2016). Con ello se acredita un valor curricular total de **120 (ciento veinte)** horas de capacitación a favor del interesado.

Habiéndose cumplido todos los requisitos necesarios, se expide la presente constancia en la Ciudad de San Luis Potosí, México, a los 08 días del mes de agosto del año 2016 para los fines que el interesado estime convenientes.


MTRA. IVONNE LIZETTE CUEVAS VELEZ
JEFA DE POSGRADO


DEPARTAMENTO
DEL POSGRADO
IPICYT


DR. ERNESTO I. BADANO
COORDINADOR DEL DIPLOMADO
DIVISIÓN DE CIENCIAS AMBIENTALES

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA A.C.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

La *Sociedad Ictiológica Mexicana A.C.* y la *Universidad Autónoma de Aguascalientes*
a través de su Centro de Ciencias Agropecuarias otorgan la presente



CONSTANCIA

a:

Rosas Valdez A.M., L.A. Ayala Pérez, M.G. Figueroa Torres
y I. E. Roldán Aragón

Por su participación dentro de

ICTIOLOGÍA

XV CONGRESO NACIONAL / V SIMPOSIO LATINOAMERICANO
FIGIS 2016 - I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE GENÓMICA DE PÉCES

Con el cartel:

VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS PASTOS MARINOS Y PECES EN LA RESERVA DE LA
BIOSFERA LOS PETENES, CAMPECHE.

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector de la UAA

Dr. Omar Domínguez Domínguez
Presidente de la SIMAC

M. en CP Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

Aguascalientes, Ags., a 18 de noviembre de 2016



La Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste y la Universidad de Quintana Roo

otorgan la presente CONSTANCIA a

Rosas-Valdez A.M., Ayala-Pérez L.A., Figueroa-Torres M.G., Roldán-Aragón I.E.

Por haber presentado el trabajo “Asociaciones productivas de pastos marinos y peces en la reserva de la biósfera los Petenes, Campeche.”, en la modalidad Ponencia, durante el V Simposio RECORECOS, celebrado en la Universidad de Quintana Roo, Unidad Chetumal, del 15 al 19 de Mayo de 2017.



Dr. Victor Soberanis Cruz
Director de la División de Ciencias e Ingeniería



Dr. Xavier Chiappa Carrara
Coordinador de RECORECOS



Dr. Ricardo Torres Lara
Coordinador del Comité Organizador

