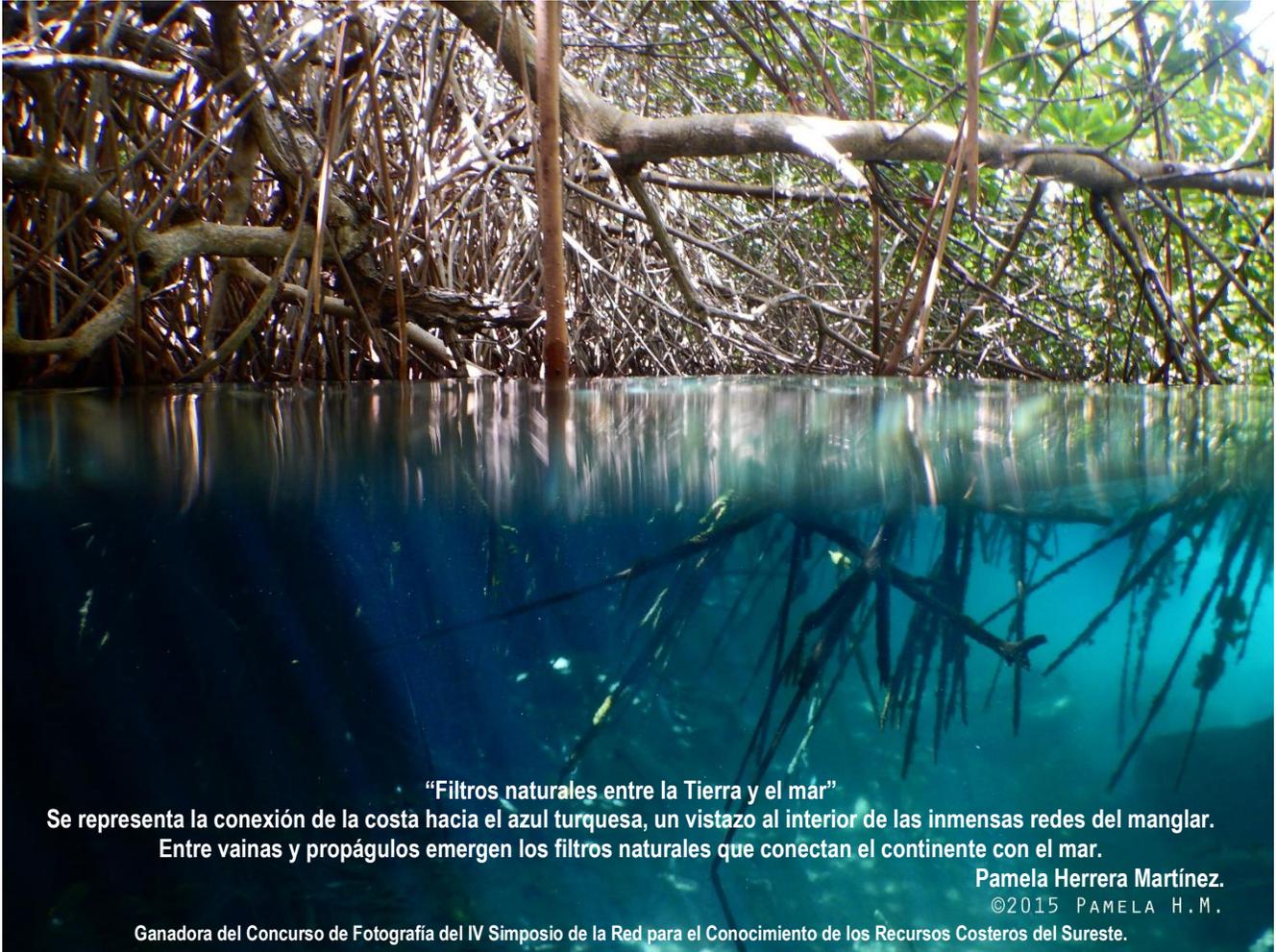


## Responsabilidad para la sustentabilidad de la Zona Costera



**Número Especial No.4.  
Año 6. No.11. Enero a Junio de 2016.**



ISSN 2007-5782



**UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**



---

## RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA

---

### COMITÉ ORGANIZADOR

**Universidad Autónoma Metropolitana-  
Xochimilco  
Departamento El Hombre y su Ambiente**

Dr. Luis Amado Ayala Pérez (Coordinador)  
Dr. Gilberto Vela Correa (Jefe de Departamento)  
Dra. Celia Bulit Gámez  
Dr. Javier Aldeco Ramírez  
Dr. Jorge Castro Mejía  
Dr. Javier Almeyda Artigas  
M. en C. María Guadalupe Figueroa Torres  
M. en SIG. Gilberto Binnquist Cervantes  
M. en C. Arturo Aguirre León  
M. en C. Alejandro Meléndez Herrada  
Biól. Orson Vasco Villa

**Universidad Autónoma de Yucatán**  
Dra. Ileana Ortigón Aznar

**Universidad Autónoma de Campeche  
Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía  
del Golfo de México**  
M. en C. Guillermo Villalobos Zapata

**Universidad Autónoma del Carmen  
Centro de Investigación en Ciencias Ambientales**  
Dra. Emma Guevara Carrió

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
Dr. Xavier Chiappa Carrara  
M. en C. Alejandro Gómez Ponce

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
División Académica de Ciencias Biológicas**  
Dr. Alberto Sánchez Martínez  
M. en C. Rosa Amanda Florido Araujo

**El Colegio de la Frontera Sur Unidad  
Villahermosa**  
Dr. Everardo Barba Macías

**El Colegio de la Frontera Sur Unidad  
Campeche**  
Dr. Daniel Pech Pool

**Instituto Politécnico Nacional  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados,  
Unidad Mérida**  
Dra. María Eugenia Vega Cendejas

**Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Unidad de Ciencias del Agua**  
Dr. Adán Caballero Vázquez

**Universidad de Quintana Roo Sede Chetumal**  
Dr. Ricardo Torres Lara

**Universidad Anáhuac Mayab**  
Dr. Jaime Saldivar Rae

**Número Especial No.4.  
Año 6. No.11. Enero a Junio de 2016.**

4 SIMPOSIO: RED PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS COSTEROS DEL SURESTE

Recibido: 01 de febrero de 2016

Aceptado: 16 de mayo de 2016

Publicado: 30 de Junio de 2016

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**

---

# Contenido

	<b>Página</b>
<b>Presentación</b>	1
<b>Artículos</b>	
CARACTERIZACIÓN DE LA PESQUERÍA DE JAIBA EN SISAL, YUCATÁN, MÉXICO Bravo-Calderón Arturo, López-Rocha Jorge y Cisneros-Reyes Hector	3-21
BOSQUES DE <i>Sargassum</i> spp. Y SU RELACIÓN CON ESPECIES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN BAHÍA CONCEPCIÓN Y BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO. Cruz-Vázquez Carlos, López-Rocha Jorge y Rioja-Nieto Rodolfo	22-34
VARIACIONES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD EN EL SISTEMA LAGUNAR LA CARBONERA, YUCATÁN, MÉXICO Marín Coria Eitzaguery Janeth y Enríquez Ortiz Cecilia	35-45
REGISTRO DE BAJOS NIVELES DE OXÍGENO DISUELTO EN LA COSTA DE YUCATÁN, MÉXICO Real-De-León Elizabeth, Granados-Puerto Silvia y Valdés-Lozano David Sergio	46-55
EFICIENCIA DE CASITAS CUBANAS PARA LANGOSTA ESPINOSA <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804) EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE ALACRANES, YUCATÁN. Santana-Cisneros Mariana, Tuz-Sulub Armin y Velázquez-Abunader José Iván.	56-73

**Número Especial No.4.**

**Año 6. No.11. Enero a Junio de 2016.**

4 SIMPOSIO: RED PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS COSTEROS DEL SURESTE



ISSN 2007-5782



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



---

RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA

---

# Contenido (continuación..)

	<b>Página</b>
RECURSOS PESQUEROS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS PETENES, CAMPECHE: UN MODELO DE SIMULACIÓN Terán González Greicy Janet, Ayala-Pérez Luis Amado, Reyes Enrique, Zetina Manuel y Vega Rodríguez Brenda Iliana.	74-94
ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE CIANOPROCARIONTES BÉNTICOS MARINOS DE LA COSTA ATLÁNTICA MEXICANA León Tejera Hilda Patricia, González-Resendiz L, Cabrera Becerril Ernesto, García García Annie May Ek, Martínez-Yerena J, Ramírez-Padilla B y Peralta-Caballero M.	95-101
VARIACIÓN TERMOHALINA EN EL ESTUARIO XEL-HÁ EN RELACIÓN A LAS MAREAS Robles Camacho Javier y Enriquez Ortiz Cecilia	102-109
LA DIVERSIDAD DE MACROMICETOS DE LA ISLA DEL CARMEN, CAMPECHE: RESULTADOS PRELIMINARES. Amador-del Ángel Luis Enrique, Quintana Chávez Samuel David, Cascante Ballester Abigail, Endañú Huerta Esthela, López Contreras José Enrique.	110-121

**Número Especial No.4.**

**Año 6. No.11. Enero a Junio de 2016.**

4 SIMPOSIO: RED PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS COSTEROS DEL SURESTE

Recibido: 01 de febrero de 2016

Aceptado: 16 de mayo de 2016

Publicado: 30 de Junio de 2016

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## Presentación

La Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste (RECORECOS) ha demostrado a través de diferentes acciones la colaboración interinstitucional y el intercambio científico, docente y estudiantil en torno al estudio de los ecosistemas y recursos costeros del país.

Un ejemplo de esta colaboración han sido los simposios organizados por la Red, de los cuales la cuarta edición, encabezada por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco se realizó del 20 al 26 de junio de 2015.

El objetivo del simposio fue promover la interacción académica interinstitucional para el desarrollo de proyectos de investigación y el fortalecimiento de la formación de recursos humanos así como difundir los resultados de las investigaciones desarrolladas en la región sureste de México.

Dicho objetivo fue alcanzado bajo el desarrollo de cinco temas donde se integraron 129 trabajos presentados en forma de ponencia y de cartel. Los temas fueron:

- Biológico-ecológico: Investigaciones sobre la estructura y función de las poblaciones, comunidades y ecosistemas costeros.
- Ambiental: Diagnósticos sobre la relación sociedad-naturaleza y sus impactos sobre la integridad de la zona costera.
- Socio-económico: Estudios relativos al desarrollo histórico de la zona costera, su estructura y funcionamiento económico.
- Cultural: Análisis, diagnósticos y estrategias de acción resultantes de manifestaciones e interacciones de grupos sociales definidos cultural o funcionalmente según su devenir histórico.
- Normativo: Análisis y reflexiones sobre el diseño e instrumentación de las políticas públicas que han orientado el actual desarrollo de la zona costera.

Adicionalmente se desarrollaron seis talleres de trabajo coordinados por profesores miembros de la red y titulados:

- Cambio climático y vulnerabilidad de la zona costero-marina del sureste de México.
- Sistemas de información geográfica para el análisis y manejo de sistemas costeros.
- Análisis de las variaciones espaciales y temporales en sistemas costeros: consideraciones teóricas y metodológicas.
- Atención a varamientos de mamíferos acuáticos.
- Humedales tropicales: manejo y beneficios del agua.
- Lineamientos técnicos para la restauración ecológica del ecosistema manglar.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

También se desarrollaron tres mesas de debate tituladas: Posgrados PNPC en instituciones del sureste; Redes y Políticas Científicas y Horizontes de la investigación científica costera en el sureste de México, donde se contó con la participación de distinguidos investigadores nacionales.

La participación de alumnos de licenciatura y posgrado fue activa lo cual se refleja en el registro de 14 trabajos en el concurso de mejor trabajo estudiantil, entre los cuales se distinguieron los siguientes títulos:

- El turismo en Xcalak, Quintana Roo ¿rumbo a la sustentabilidad?
- Caracterización de la pesquería de jaiba en el puerto de Sisal, Yucatán.
- Ecología trófica y reproductiva del pez sapo *Sanopus reticulatus* endémico de la costa norte de Yucatán.
- Hidrodinámica del sistema lagunar La Carbonera, Yucatán.

Otra actividad importante realizada en el cuarto simposio fue la presentación de dos libros que son resultado de la colaboración interinstitucional titulados:

- Ictiofauna marina y costera de Campeche. Editado por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco y la Universidad Autónoma de Campeche
- Catálogo ilustrado de árboles y arbustos del jardín botánico. Editado por la Universidad Autónoma del Carmen

Finalmente, se realizó un concurso de fotografía con el tema: “Recursos Costeros: Potencialidades y Riesgos”, en donde se registraron seis trabajos de entre los cuales las fotografías ganadoras fueron:

- “Filtros naturales entre la Tierra y el mar” Autor: Pamela Herrera Martínez. Que se presenta en la portada de este volumen especial
- “Pulperos” Autor Pseudónimo: Argus

Es un honor presentar este volumen especial de la revista E-Bios que integra nueve trabajos que fueron sometidos por los participantes del Cuarto Simposio, que se ajustaron a las normas editoriales de la revista y que fueron evaluados por pares académicos. Estos trabajos son un reflejo de las diversas actividades de investigación que se desarrollan en la zona costera del país y particularmente en la región sureste.

Al igual que otros productos que ha generado la RECORECOS, este volumen especial constituye una aportación útil para compartir resultados de la investigación pero también para el fortalecimiento de las acciones de formación de recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado.

**Dr. Luis Amado Ayala Pérez**  
Coordinador del Comité Organizador  
Cuarto Simposio RECORECOS

## CARACTERIZACIÓN DE LA PESQUERÍA DE JAIBA EN SISAL, YUCATÁN, MÉXICO

Bravo-Calderón Arturo, López-Rocha Jorge y Cisneros-Reyes Hector.

Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Puerto de abrigo s/n, Sisal, Yucatán, 97356, México.

\*Email: [jorgelopezrocha@ciencias.unam.mx](mailto:jorgelopezrocha@ciencias.unam.mx)

---

### RESUMEN

En México las jaibas son un recurso comercial muy importante ya que el valor de sus capturas se encuentra ubicado en el décimo lugar a nivel nacional. En Yucatán es uno de los recursos que menos información se tiene en comparación con otros recursos de importancia económica, como el pulpo o el mero, por lo que se desconocen los impactos ambientales y socioeconómicos de su explotación pesquera. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar aspectos biológico-pesqueros y socioeconómicos de la pesquería de jaiba en Sisal, Yucatán, para aportar elementos que puedan contribuir a su aprovechamiento sustentable. De agosto de 2014 a abril de 2015, se realizaron muestreos bimensuales de las capturas de jaibas de los pescadores de Sisal, Yucatán. Se determinó la composición por especies, la captura por unidad de esfuerzo, las relaciones peso – ancho de caparazón, la proporción sexual y la talla de primera captura. Para describir las condiciones socioeconómicas de los pescadores así como su opinión respecto a la pesquería de jaiba, se realizó observación no participante así como ocho entrevistas semi-estructuradas a pescadores. La pesca en Sisal se lleva a cabo tanto en la zona marina como en la Ciénega, en la primera por medio de trampas y en la segunda utilizando un jamo. La captura se compuso principalmente de *Callinectes sapidus* (68%) y *C. simillis* (20%), ésta última solo se capturó en la zona marina. La talla de *C. sapidus* varió de 100 a 180 mm de ancho de caparazón (AC) y de 60 a 130 mm de AC en el caso de *C. simillis*. Se determinó un crecimiento de tipo alométrico positivo para *C. sapidus* e isométrico para *C. simillis*. La talla de primera captura se estableció en 128.1 y 136.9 mm de AC para *C. sapidus* en la zona marina y ciénega respectivamente y de 79.04 mm de AC para *C. simillis*. La importancia socioeconómica de la pesca de jaiba en Sisal se basa en la utilización de la jaiba como carnada para la pesca de pulpo.

**Palabras clave:** Pesca, *Callinectes sapidus*, *Callinectes similis*, Jaibas, Yucatán.

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## ABSTRACT

Crabs are an important commercial resource in Mexico. Their catch value is located in the tenth position nationally and in Yucatan is considered one of the resources that have less information compared to other important economic resources, such as octopus or red grouper, thus, environmental and socioeconomic impacts of the fishery exploitation are unknown. The aim of this study was to characterize biological-fishing and socio-economic aspects of the crab fishery in Sisal, Yucatan, in order to provide elements that can contribute to its sustainable exploitation. From August 2014 to April 2015, bi-monthly sampling of crab catches of Sisal fishermen were made. Species composition, catch per unit of effort, weight – carapace width relationship, sex ratio and the size at the first capture were determined. Semi-structured interviews and no participant observation were performed in order to describe the socioeconomic conditions of the fishermen, as well as their point of view on the crab fishery. Fishing in Sisal takes place both in the marine area and in the swamp, traps are used in the marine area, and they use a jamo in the swamp. The catch is mainly composed by *Callinectes sapidus* (68%) and *C. simillis* (20%), this later was captured only in the marine area. The size of *C. sapidus* ranged from 100-180 mm carapace width (AC) and 60 to 130 mm AC in the case of *C. simillis*. Allometric positive growth for *C. sapidus* and isometric growth to *C. simillis* were determined. The size at first capture was set at 128.1 and 136.9 mm AC for *C. sapidus* on marine and swamp area respectively and 79.04 mm AC for *C. simillis*. The socioeconomic importance of crab fishing in Sisal relies heavily on the use of the crab as bait for octopus fishing.

**Keywords:** Fishery, *Callinectes sapidus*, *Callinectes similis*, Crabs, Yucatan.

## INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos son recursos que pueden soportar pesquerías comerciales por su valor económico, además de que presentan un papel primordial en la cadena trófica, ya que son presa para diversas especies y, a su vez, depredadores de otras (Moreno et al. 2011).

En México, la jaiba es un recurso de la pesca artesanal o ribereña, compuesto al menos de 18 especies de jaibas (de las cuales 10 pertenecen al género *Callinectes*) y cangrejos (destacando *Menippe mercenaria* y *Libinia dubia*). Este recurso es explotado con mayor intensidad en el litoral del Pacífico, mientras que la pesca en el Golfo y el Caribe es menos intensa (Rosas-Correa y De Jesús-Navarrete 2008).

Esta pesquería representa una actividad muy importante en el ámbito socioeconómico a lo largo de la zona costera de México, ya que emplea a un gran número de pescadores, tan solo en los estados de Sonora y Sinaloa se estima que ocupa al menos a 20,000 pescadores (DOF 2014). Su captura total en el 2013 ascendió a 26,878 t. Se encuentra posicionada en el décimo lugar en cuanto a volumen y valor en

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

la producción pesquera nacional, con una tasa media de crecimiento anual de la producción en los últimos 10 años es de 3.38% (CONAPESCA 2014).

La captura se realiza a lo largo de la zona costera en aguas marinas y lagunas costeras del Golfo de México y Pacífico Mexicano (DOF 2012). La pesca se lleva a cabo mediante trampas, aros jaiberos, nasas y jamos (Salas et al. 2006; Mexicano-Cíntora 2007).

En cuanto al manejo de este recurso, la pesquería en el Pacífico mexicano se encuentra más regulada en número y tipos de medidas de manejo en comparación con el litoral del Golfo de México. La pesquería en el Pacífico está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-039-PESC-2003 desde el 2006 y recientemente se cuenta con el Plan de Manejo Pesquero de Jaiba (*Callinectes spp.*) de Sinaloa y Sonora (DOF 2014), mientras en el Golfo de México, la Carta Nacional Pesquera (DOF 2012) recomienda establecer una Norma Oficial Mexicana (NOM) que regule aspectos clave como la talla mínima de pesca por especie o áreas restringidas a la pesca de hembras ovígeras y juveniles, pues actualmente se carece de ella. Únicamente existe una regulación basada en permisos de pesca comercial en donde se define que la talla mínima legal para la explotación de la jaiba (sin especificar especies) en el Golfo de México es de 110 mm de ancho de caparazón.

En Yucatán esta pesquería se considera como alternativa y de poca importancia comercial, debido a que está sustentada por organismos de talla y valor reducido (Rosas-Correa y De Jesús-Navarrete 2008). En el año 2103 Yucatán presentó un registro oficial de sólo 11 t, lo que equivalió a un valor de \$53 000.00 pesos. Esto es solo 0.04% del total de la captura (9 809 t) reportada para el Golfo de México en ese año (CONAPESCA 2014).

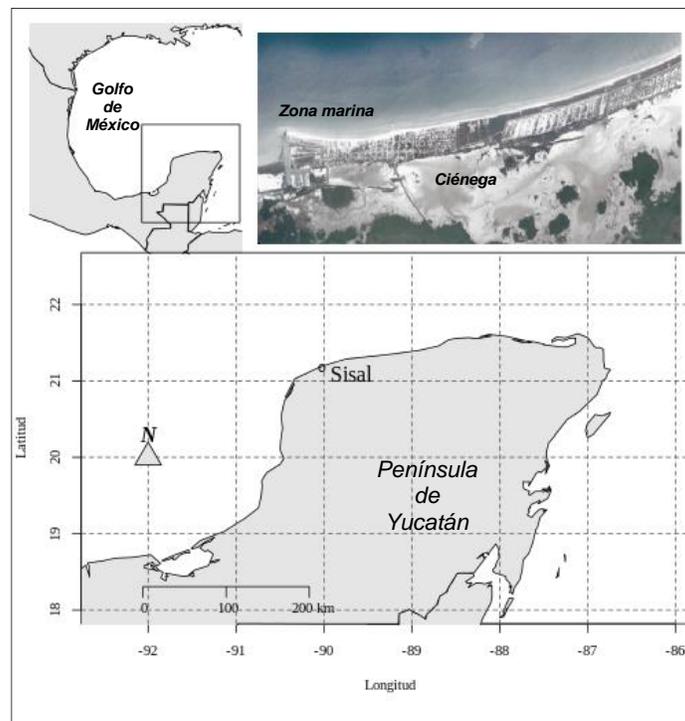
Pese a lo anterior, en Yucatán la pesca de jaibas (junto con los cangrejos asociados a esta) cobra importancia para los pescadores dada su calidad de carnada para la pesca de pulpo, particularmente de *Octopus maya* (Voss y Solís 1966), la cual por el volumen de captura y el nivel de precios, es el principal recurso natural generador de ingresos para las comunidades costeras de la península, donde participan aproximadamente 15 000 pescadores (DOF 2012).

En este contexto y dada la evidente carencia de información el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la pesquería de jaiba en el puerto de Sisal, Yucatán, considerando aspectos como la descripción de las operaciones de pesca, la composición específica de la captura, captura por unidad de esfuerzo, relaciones peso – longitud, proporción sexual, talla de primera captura, además de aspectos socioeconómicos clave, con la intención de proporcionar información que contribuya a generar recomendaciones para su desarrollo y manejo sustentable.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Sisal es una comisaría del municipio de Hunucmá, cuenta con una población es de 1,837 habitantes y se encuentra ubicado en el norponiente del estado, a 21°09'55" latitud oeste, 90°01'50" longitud norte (INEGI 2005), con una extensión de 27.5 km de playa (SEFOE 2010), además de colindar con el límite nororiental de la Reserva Estatal de El Palmar (Fig. 1). Actualmente, se realizan principalmente actividades como la pesca artesanal y el turismo veraniego (intensivo en la temporada de marzo-abril y julio-agosto). Las actividades como el comercio y los servicios están fuertemente vinculadas a la pesca y turismo. La agricultura y ganadería no están dentro de los ejes de su economía, por ello, el sector primario gira alrededor de la actividad pesquera (Fraga 2004), de la cual, Sisal se encuentra entre los ocho puertos pesqueros más importantes del estado (Salas et al. 2006).



**Fig. 1:** Área de estudio. Zonas de captura de jaiba en el puerto de Sisal, Yucatán.

La pesca de jaibas en Sisal se realiza en dos zonas distintas: en la zona marina frente al puerto mediante embarcaciones menores con motor fuera de borda y trampas; y en la cienega aledaña mediante

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

pequeñas embarcaciones sin motor y jamos (redes tipo cuchara).

Los muestreos de la captura y esfuerzo de pesca de la zona marina se llevaron a cabo en el puerto de abrigo en agosto, octubre, diciembre de 2014 y febrero de 2015. En la zona de ciénega se realizaron cinco muestreos entre septiembre de 2014 y abril de 2015.

De cada viaje (zona marina) o jornada de pesca (zona de ciénega) se tomó una muestra de la captura para determinar las especies y tomar las medidas de ancho de caparazón (AC) tomando la longitud entre las bases de las espinas más distantes del caparazón, con una regla con precisión de un centímetro, así como el peso total con una balanza digital con precisión de 10 gramos. En cada muestreo se entrevistó al pescador para recabar información sobre la captura total, esfuerzo de pesca en número de horas de remojo de las trampas en caso de la zona marina y duración de la jornada de pesca en el caso de la ciénega, así como la temporada de pesca, los costos derivados del viaje (gasolina, carnada, alimentos) y el precio de venta por kilogramo. Para determinar la composición específica de la captura se utilizó la clasificación de Raz-Guzmán et al. (1992).

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se determinó a partir de las encuestas realizadas a los pescadores y se midió en kilogramos por hora-trampa ( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) en el caso de la pesca de la zona marina; y en kilogramos por tiempo efectivo de pesca ( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) en el caso de la pesca en la Ciénega. Se realizó un análisis de la variación temporal de la CPUE en la zona marina considerando agosto y octubre como temporada de lluvias y diciembre y febrero como temporada de nortes; mientras que los datos de la zona de ciénega se analizaron globalmente.

La determinación del sexo de los organismos capturados se realizó con base en las características morfológicas externas (forma del abdomen). Se calculó la proporción macho – hembra y se aplicó la prueba Ji-cuadrada ( $X^2$ ,  $\alpha = 0.05$ ) para determinar proporción por sexos diferente a 1:1.

La relación peso – ancho de caparazón se estableció mediante el modelo:

$$P_t = \alpha AC^\beta$$

donde:  $P_t$  = peso total en g;  $AC$  = ancho del caparazón en cm,  $\alpha$  = constante de regresión y  $\beta$  = coeficiente de regresión.

Se evaluó estadísticamente el valor del coeficiente de regresión ( $\beta$ ) por medio de la prueba “t” de Student (Zar 1999) para determinar el tipo de crecimiento que exhibe la especie; si  $\beta \neq 3$  el crecimiento es alométrico, si  $\beta = 3$  el crecimiento es isométrico (Ricker 1975), planteándose las hipótesis:  $H_0 : \beta = 3$  y  $H_a : \beta \neq 3$ .

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Para la estimación de la talla de primera captura ( $L_{50}$ ), es decir la talla en la cual el 50% de los ejemplares son retenidos por el arte de pesca, se utilizó el modelo de selectividad de acuerdo a:

$$r(AC) = \frac{\exp(b_0 + b_1 AC)}{1 + \exp(b_0 + b_1 AC)}$$

Dónde:  $r(AC)$  es la probabilidad de retención del  $AC$  dado,  $b_0$  y  $b_1$  son parámetros del modelo. El modelo se ajustó a los datos observados mediante un proceso iterativo no lineal (Crawley, 2012) utilizando el algoritmo de mínimos cuadrados como criterio de ajuste.

La estimación de la talla de primera captura se calculó por:  $L_{50} = -b_0 / b_1$ .

Para la obtención de datos cualitativos para describir las condiciones económicas y sociales de los pescadores, así como su opinión respecto a la pesquería de jaiba, se realizaron durante marzo y abril (2015), ocho entrevistas semi-estructuradas a pescadores de jaiba (jaiberos) en zona marina y en la ciénaga, además de observación no participante durante el desembarque, preparación y arreglado de las trampas y del manejo de los artes de pesca en ambas zonas recabando información sobre tres apartados principales: la organización productiva y relaciones sociales, la importancia económica relativa y las condiciones de vida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona marina la pesca se realiza por medio de trampas rectangulares, se midieron las de ocho pescadores con promedios de: 33.1 cm de ancho, 47 cm de largo y 23.8 cm de alto, 2.6 cm de luz de malla, y un diámetro y una profundidad de cono (boca de entrada) de 12.75 y 15.35 cm respectivamente. En cada viaje de pesca se utilizan entre 16 y 90 trampas, con un promedio de 58 trampas por viaje de pesca. Las trampas son colocadas entre las 15:00 y las 19:30 hrs y operan en promedio 13.2 horas. Se pesca con embarcaciones de siete metros de eslora en promedio y motores fuera de borda de entre 40 y 60 caballos de fuerza. Los pescadores utilizan en promedio 22.2 kg de carnada por viaje (0.44 kg por trampa), la cual está conformada por cabezas de pescado de distintas especies y sobras de pesca de escama obtenida gratuitamente gracias a relaciones de reciprocidad o de agradecimiento entre pescadores o a un costo que no sobrepasa los cinco pesos el kilogramo. Para cada viaje, utilizan entre 10 y 30 litros de gasolina. El precio de la captura varía entre \$25.00 y \$45.00 pesos por kilogramo. La zona de pesca se extiende desde la reserva estatal El Palmar, en un sitio localmente conocido como “Punta piedra”,

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

hasta la zona oriente del poblado cerca de la zona alguna vez ocupada por “Industrias PECIS”, los sitios tienen una profundidad de  $2.5 \pm 0.8$  m y se localizan a 3.1 km en promedio del puerto de abrigo.

Las trampas utilizadas en Sisal, Yucatán son de menor tamaño que las utilizadas en el Pacífico, donde se utilizan generalmente trampas y aros jaiberos. En Sinaloa y Sonora, Huato-Soberanis et al. (2006) reportaron trampas con dimensiones de 55.5 x 57.7 x 36 cm (largo, ancho, alto), menores a las medidas reportadas por Torre et al. (2005) y el Plan de Manejo Pesquero (DOF 2014) de 60 x 60 x 40 cm (largo, ancho, alto) para ambos estados, siendo también las máximas registradas en la Carta Nacional Pesquera (DOF 2012) para todo el Pacífico. Estas artes tienen la ventaja de que no dañan el hábitat del fondo durante su operación y pueden ser altamente selectivas, pues el producto atrapado permanece vivo y puede ser devuelto al mar si su tamaño es pequeño (Huato-Soberanis et al. 2006).

En la Ciénega los pesadores inician la captura entre las 5:30 y 8:00 hrs y la jornada de pesca dura en promedio cinco horas. Se utiliza como arte de pesca un jamo con un tamaño de malla de 3 o 6 cm, un diámetro promedio de aro de  $28.75 \pm 5.9$  cm y el largo de bastón de entre 30 y 107 cm. Los pescadores se transportan en un alijo, pequeña embarcación sin motor, localmente conocido como “chalam”, de entre 2.5 y 3 m de eslora y se mueven únicamente con apoyo de una rama de mangle. Se utiliza en promedio 6.3 kg de carnada por jornada, la cual está conformada al igual que la pesca en el mar, por sobras de pesca de escama, está la proveen gratuitamente familiares o amigos de los mismos. Los sitios de pesca en la ciénega son en promedio de poca profundidad ( $43 \pm 10$  cm). El viaje de pesca no tiene costo alguno derivado de gasolina, aceite, o mantenimiento del motor. El promedio de tiempo de cada viaje es de 36.6,  $\pm 12.1$  minutos y el precio de venta varía entre \$20.00 y \$30.00 por kilogramo.

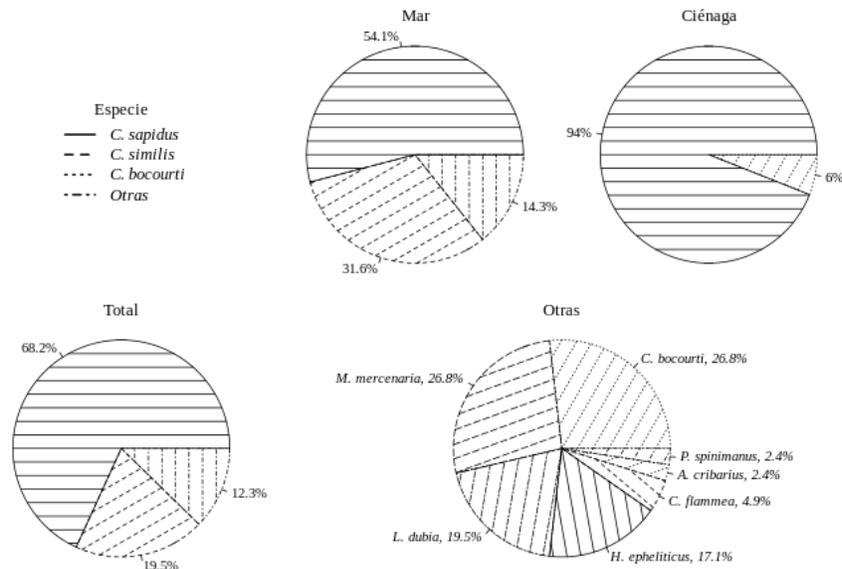
El jamo utilizado en la Ciénega no se menciona en la CNP, pero ha sido reportado para la pesca de *L. dubia* en San Felipe, de elaboración casera y de aproximadamente 1.5 m de longitud de bastón, donde la operación pesquera es similar a la realizada en la ciénega de Sisal, en sitios que van de los 0.2 a 1 m de profundidad, pero se realiza por la noche con ayuda de linternas y solo obedece a la demanda de carnada para la pesca de pulpo, llevándose a cabo solo durante su temporada de pesca (Galvador 2004).

Se realizaron 16 muestreos de la captura de pescadores en el puerto de abrigo y seis muestreos en la ciénega. Se identificaron por especie y se obtuvieron las medidas morfométricas de un total de 333 organismos en ambas zonas. Para la zona marina se registraron 209 organismos pertenecientes a nueve especies; y en la Ciénega se registraron 124 organismos pertenecientes a dos especies.

Del total recolectado, *C. sapidus* fue la especie más abundante (68% del total, 54.1% en la zona marina y 94% en la ciénega), seguida de *C. similis* (20% del total, 31.1% en la zona marina) (Fig. 2). Debido a que estas especies fueron las más representativas en la captura, los posteriores análisis se enfocaron únicamente a ellas. El restante 12% de las capturas estuvo compuesta por *C. bocourti*, *M. mercenaria*, *L. dubia* y en menor medida por *C. flammea*, *Arenaeus cribarius*, *Portunus spinimanus* y *H.*

RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

*epheliticus* en la zona marina, mientras que en la ciénaga aparte de *C. sapidus* se capturó *C. bocourti* (6 %) (Fig. 2).



**Fig. 2:** Composición específica en zona marina y ciénaga, de la captura de jaibas en el puerto de Sisal, Yucatán. La gráfica de otras especies corresponde a la zona marina.

La especie dominante en la zona marina en el presente estudio fue *C. sapidus*, seguida por *C. similis*, *M. mercenaria* y *L. dubia*, estos resultados concuerdan con los presentados por Celis-Sánchez et al. (2014). En la Carta Nacional Pesquera (DOF 2012) no se encuentran cinco de las seis especies de cangrejos incidentales identificados: *L. dubia*, *C. flammea*, *A. cribarius*, *P. spinimanus* y *H. epheliticus*, de las cuales, *L. dubia* es la única que constituye una buena carnada para la pesca de pulpo estando incluso documentado el particular caso de las “maxquileras” de San Felipe (Uc 2004; Gavaldón y Fraga 2006) donde su captura, a pesar de ser vista por la autoridad normativa del sector como una actividad no relevante, para la comunidad es un eslabón clave en la cadena de la pesquería del pulpo (Galvador 2004).

La CPUE en la zona marina varió de 0.005 kg \* h<sup>-1</sup> a 0.05 kg \* h<sup>-1</sup>, con un promedio de 0.019 kg \* h<sup>-1</sup> y con una tendencia de incremento del primer al último período (Tabla 1). En la Ciénaga la CPUE varió de 0.6 kg \* h<sup>-1</sup> a 2.2 kg \* h<sup>-1</sup>, con un promedio de 1.7 kg \* h<sup>-1</sup>. La CNP (DOF 2012) dicta no incrementar el esfuerzo pesquero, pero no esclarece datos al respecto en el Golfo de México y el mar

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

Caribe. Ortiz-León et al. (2007) reportan en la bahía de Chetumal una CPUE que durante la época de nortes (enero-febrero) tuvo sus valores más bajos, resultados que no concuerdan con los obtenidos en este trabajo. La CPUE observada en este trabajo fue mayor en temporada de nortes que en la de lluvias (Tabla 1). En este sentido, los pescadores mencionaron durante las entrevistas que durante la temporada de “nortes” es común que el agua se encuentre turbia, factor que consideran primordial para una buena captura. Por su ubicación geográfica, la costa de Yucatán se encuentra expuesta continuamente al efecto de tormentas tropicales, huracanes y Nortes, fenómenos naturales donde se observan olas de mayor altura y periodo, que intensifican los efectos de los procesos de transporte de sedimento y causan cambios importantes en la morfología de las playas (Cuevas–Jiménez y Euán–Ávila 2009).

**Tabla 1:** Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por periodos, en la zona marina de la pesca de jaibas en el puerto de Sisal, Yucatán.

Mes	Temporada	Captura total (kg)	No. de Trampas	Tiempo (hr)	Esfuerzo (hr-T)	CPUE (kg *h-t <sup>-1</sup> )
Agosto	Lluvias	59	206	59	12,051	0.005
Octubre	Lluvias	279	555	107	59,108	0.005
Diciembre	Nortes	60	140	26	3,570	0.017
Febrero	Nortes	23	20	23	460	0.050

Los resultados de la prueba Ji-cuadrada mostraron una proporción de hembras significativamente mayor respecto a una relación 1:1 (M:H) en el total general de ambas especies en la zona marina, mientras que en la zona de ciénaga se presentó una proporción significativamente mayor de machos que de hembras para *C. sapidus* ( $\alpha = 0.05$ ) (Tabla 2). Aunque *C. sapidus* puede encontrarse en salinidades que van desde 1.9 a 38 UPS (Gómez-Luna et al. 2009), los machos tienden a permanecer en áreas de más baja salinidad que las hembras (Ortiz-León et al. 2007). Existe una división de hábitat por sexo, donde la proporción de sexos de los organismos adultos difiere espacialmente con respecto al pico de apareamiento y migración de las hembras a zonas de mayor salinidad (Hines et al. 1987). Otros estudios realizados en la región, han reportado que *C. sapidus* ocurre con mayor frecuencia en época de lluvias (Andrade 1996; Ortiz-León et al. 2007), éste comportamiento podría explicar las diferencias significativas en la zona marina y en la zona de la ciénaga, donde se mostró una dominancia significativamente mayor de hembras y machos respectivamente. Los resultados en cuanto a la proporción sexual del presente estudio concuerdan con los presentados por Celis-Sánchez et al. (2014) en donde la relación obtenida fue 1:4.8 (M:H) para *C. sapidus*, pero difieren para *C. similis*, en el que no reportaron diferencias significativas, asimismo con Gómez-Luna et al. (2008) en Santiago de Cuba,

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

donde la proporción de hembras fue significativamente mayor para *C. sapidus* y viceversa para *C. similis*. En el caso de la ciénega, Ortiz-León et al. (2007) reportaron en la bahía de Chetumal una proporción significativamente mayor de machos que de hembras de *C. sapidus*, lo que concuerda con los resultados de la zona estuarina de este trabajo.

**Tabla 2:** Proporción macho – hembra de *C. sapidus* y *C. similis* por zonas y periodos, en la pesca de jaibas en el puerto de Sisal, Yucatán. \*Proporción significativamente diferente de 1:1,  $\alpha=0.05$ .

Especie	Zona	Periodo	Hembra	Macho	Proporción Macho:Hembra	X <sup>2</sup>
<i>C. sapidus</i>	Mar	I	21	2	01:10.5	15.6*
		II	30	2	01:15.0	24.5*
		III	36	3	01:12.0	27.9*
		IV	10	7	01:01.4	0.5
		Total	97	14	01:06.9	62.0*
	Ciénega	-	43	73	01:00.5	7.7*
		Total general	140	87	01:01.6	32.4*
<i>C. similis</i>	Mar	I	20	2	01:10.0	14.7*
		II	22	4	01:05.5	12.4*
		III	10	3	01:03.3	3.7
		IV	0	4	-	-
		Total	52	13	01:04.0	23.4*

El ancho de caparazón de *C. sapidus* osciló entre 70 y 180 mm (media  $13.79 \pm 2.17$ ) y su peso entre 50 y 380 g (media  $189.7 \pm 67.39$ ). Mientras que el ancho de caparazón de *C. similis* varió entre 60 y 130 mm (media  $8.59 \pm 2.06$ ) y su peso entre 20 y 250 g (media  $85.23 \pm 51.54$ ).

El coeficiente de regresión ( $\beta$ ) fue estadísticamente mayor a 3 para *C. sapidus* y no hubo diferencia significativa para *C. similis*, determinándose una tendencia de crecimiento de tipo alométrico positivo para el primero e isométrico para el segundo (Tabla 3). Estos resultados concuerdan para *C.*

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

*sapidus* con los reportados por Celis-Sánchez et al. (2014), así como con estudios realizados en otras regiones (Amador et al. 2003). En los braquiuros parece ser una generalidad asociada con el proceso reproductivo, debido a que hembras detienen su crecimiento para destinar gran parte de la energía a la reproducción, mientras que los machos continúan creciendo aún después de alcanzar la madurez sexual y la cópula se realiza cuando la hembra está mudada y mientras regenera el exoesqueleto, el macho que la toma debe tener mayor tamaño para protegerla de depredadores (Sastrý 1983).

**Tabla 3:** Relación peso – ancho de caparazón de *C. sapidus* y *C. similis*, por zonas en la pesca de jaibas en el puerto de Sisal, Yucatán. \*Coeficiente significativamente diferente de 3,  $\alpha = 0.05$ .

Zona	Especie	Sexo	n	$\alpha$	$\beta$	R <sup>2</sup>	P
Ciénega	<i>C. sapidus</i>	Hembras	43	1.64	1.753*	0.74	0.000
		Machos	73	1.04	1.98*	0.71	0.000
Mar	<i>C. similis</i>		116	0.93	2.00*	0.72	0.000
		Ambos	111	3.13	1.53*	0.47	0.000
			65	0.20	2.71	0.59	0.000

Las tallas estimadas de primera captura ( $L_{50}$ ) fueron 128.1 y 136.9 mm de ancho de caparazón para *C. sapidus* en zona marina y de ciénega respectivamente y de 79.04 mm de ancho de caparazón para *C. similis*. Estas tallas se encuentran por debajo de las reportadas por Celis-Sánchez et al. (2014) en la zona marina para *C. sapidus* y *C. similis* (147.90 y 90.17 mm de ancho de caparazón respectivamente). Las tallas de primera captura ( $L_{50}$ ) de las especies explotadas pueden servir como punto de referencia para la ordenación pesquera y asegurar que los recursos pesqueros se hayan reproducido al menos una vez en su ciclo de vida, antes de ser capturados (Arellano-Torres et al. 2006). La talla de madurez sexual estimada para *C. sapidus* es de 12.5 cm AC (Defeo et al. 2005), por lo que la talla de primera captura de esta especie tanto en la zona marina de Sisal como en la Ciénega, se encuentra por arriba de la talla de madurez sexual, sin embargo los resultados muestran que la captura de esta especie empieza desde los 70 mm de AC.

En el Golfo de México la talla mínima de captura oficial es de 110 mm de AC para todas las especies de jaibas, pero no diferencia entre especies (DOF 1974), es importante considerar estas diferencias y evaluar los artes de pesca en concordancia, evitando especies de tallas menores y sin valor comercial o de carnada para el pulpo como lo son *C. flammea*, *A. cribarius*, *P. spinimanus* y *H.*

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

*epheliticus*.

Los jaiberos no se alternan en sus áreas de pesca, es decir los pescadores de mar no pescan en la Ciénega y viceversa. Además difieren entre sí en sus características socio-económicas y en sus opiniones respecto del estado actual de la pesquería, algunas diferencias y características de ambos grupos se presentan en la Tabla 4. Son aproximadamente 27 los pescadores dedicados a la jaiba (16 en la zona marina y 11 en la ciénega), ellos aprenden esta actividad durante su juventud, debido a la relativa facilidad de este tipo de pesca en comparación a la captura de otras especies, particularmente en la zona de la ciénega, donde la pesca se realiza como complemento al ingreso familiar e incluso comienzan a pescar siendo infantes, por recreación y porque no es necesaria inversión económica alguna para su realización.

La pesca es realizada principalmente durante la temporada de pulpo. El 44% de los pescadores entrevistados vende su captura a comerciantes que a su vez proveen a otros pescadores; también, es común que vendan a otros pescadores con los que mantienen una relación de parentesco familiar, de trabajo o de amistad y en menor medida a cooperativas pesqueras, y a “pulperos” que se acercan cuando se desembarca la captura. Sin embargo, la mayor parte de la jaiba adquirida en Sisal para la pesca de pulpo o proviene de otros poblados, particularmente de Tabasco y Campeche, pero también de Yucatán. Durante el periodo de estudio, no se identificaron las especies provenientes de estos proveedores, los cuales, a decir de los jaiberos, arriban a Sisal en camionetas cargadas con cantidades que superan una tonelada de jaibas y cangrejos, que venden a las cooperativas pesqueras y el sobrante a pescadores libres.

No obstante, la totalidad de los pescadores entrevistados reportó que dichas jaibas “no duran” para la pesca de pulpo, pues al engancharlas a la línea pulpera o al intentar recuperarlas cuando se ha pescado un pulpo, estas se quiebran en pedazos por lo que resulta imposible su posterior uso. El comentario común es que las jaibas “no están frescas, están muy flojas” pues se pescan con días de anticipación antes de su traslado a Sisal y las malas condiciones para su conservación propician su pronta descomposición.

Cuando comienza la veda de pulpo, gran parte de los jaiberos deja de pescar jaiba, dedicándose a la pesca de otro recurso (escama, langosta, etc.) y en el caso de algunos pescadores -jóvenes- de la zona de ciénega, a actividades como albañilería, plomería y limpieza de terrenos. La minoría que continúa pescando regularmente, lo hace debido al establecimiento de contratos verbales, que les garantiza un precio fijo, o por encargo particular de algún comerciante proveniente de Sisal, Hunucmá o Mérida, pues durante la veda del pulpo la demanda de jaiba disminuye drásticamente.

Para los pescadores de Sisal, las jaibas representan un recurso pesquero importante, particularmente por su importancia como carnada para la pesca de pulpo. No obstante, su importancia se encuentra determinada por su talla. Así, las especies de tallas pequeñas, particularmente *H. epheliticus* (Linnaeus, 1763) *C. flammea* (Herbst 1794) y ejemplares de pequeñas tallas de *C. similis*, al ser inútiles

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

para la pesca de pulpo, son generalmente descartadas por los pescadores, de tal forma que *C. similis* a pesar de tener mayor abundancia, es por lo general una especie de menor importancia para los pescadores que *C. bocourti* y especies asociadas de cangrejos de mayor tamaño como *M. mercenaria* o *L. dubia*. Asimismo, debido a la gran demanda de jaiba para la pesca de pulpo, y a la poca apertura de un mercado para la comercialización de jaiba diferente a su venta como carnada en Sisal, los organismos de tallas grandes (particularmente de *C. sapidus* y *C. bocourti*), son vendidos a un menor precio a los pescadores de pulpo (pulperos).

**Tabla 4:** Resumen de características socio-económicas y opiniones respecto a la pesquería de jaiba, de los pescadores de la zona marina y ciénega en el puerto de Sisal, Yucatán.

Característica /opinión	Zona marina	Zona Ciénega
Número pescadores	16 (aprox.)	11 (aprox.)
Edades	Entre 32 y 62 años	Menor a 25 y mayor a 60 años
Incentivo para pescar jaiba	Ahorro económico de carnada para pulpo	Apoyo económico familiar, recreación
Inversión económica	Gasolina, mantenimiento de embarcación, carnada	Carnada, transporte, alimentos
Venta de producto	Comerciantes, pescadores (principalmente de Sisal)	Principalmente comerciantes
Temporalidad	Temporada de pesca de pulpo (1 de agosto – 15 de diciembre), por encargo	Temporada de pulpo, por encargo, limitada por condiciones ambientales (principalmente profundidad)
Conflictos	Robo de trampas, colocación de trampas en zonas muy cercanas a trampas ajenas	Robo de alijos, incremento del esfuerzo pesquero en zonas concurridas
Situación de la pesquería	Relativa estabilidad de capturas	Aumento de esfuerzo pesquero
Normas y regulaciones	Poco necesarias	Se requieren
Cambios propuestos	Protección de zonas de crianza, mallas más grandes, descarte de hembras ovígeras	Talla mínima, veda para proteger reproducción, descarte de hembras ovígeras, cuotas de captura

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

El recurso jaiba, funge como actividad complementaria al ingreso de los pescadores, en especial durante la “pulpeada”. Sin embargo, también es considerado por ellos como una actividad económicamente importante, pues permite la realización de otras actividades que contribuyen a elevar su ingreso diario, particularmente para los pescadores en zona marina (quienes también se dedican a la pesca de otras especies, principalmente pulpo), la pesca de jaiba también provee carnada de buena calidad para la pesca de pulpo. Así, un pescador coloca sus trampas entre las 15:00 y 18:30 hrs y las recoge entre las 4:30 y 6:00 hrs, para posteriormente utilizar una porción de su captura como carnada para la pesca de pulpo, el excedente –cuando hay- se ocupa generalmente como alimento.

En relación a los costos y ganancias de la pesca, los pescadores de la zona marina reportan un costo que va desde \$250.00 a los \$350.00 pesos en promedio por viaje de pesca y una ganancia neta de entre \$250.00 a \$300.00 pesos cuando hay veda de pulpo (del 16 de diciembre al 31 de julio) y hasta los \$800.00 pesos durante la temporada de pesca de pulpo. Los pescadores en la Ciénega por su parte no requieren de gastos relacionados con gasolina o mantenimiento de su embarcación, los únicos gastos realizados son de alimento, transporte (taxi para quienes pescan en zonas más alejadas) o incluso nulos y no ascienden a más de \$50.00 pesos. Ellos obtienen una ganancia que en promedio va de los \$200.00 a los \$300.00 pesos por jornada de pesca.

Los pescadores de jaiba en la zona marina tienen entre 32 y 62 años, mientras en la zona de la ciénega los pescadores son menores a los 25 o mayores a los 60 años de edad. Todos los entrevistados reportaron viviendas con agua potable, luz eléctrica y fosa séptica. No obstante, los pescadores en la zona de ciénega comparten hogar con por lo menos 7 personas y se localizan en su mayoría en las casas adyacentes al cuerpo de agua en el extremo oriente del pueblo, de menor tamaño y gran parte con techo de lámina de asbesto, no poseen embarcaciones de mayor calado, ni motores y algunos no son dueños de los alijos (pequeñas embarcaciones sin motor) que utilizan para pescar.

En general tienen una buena relación entre ellos, se conocen y tienen relaciones de amistad o familiar, pero solo con los que se dedican a pescar en la misma zona que ellos, salvo algunas excepciones. Es decir, los pescadores de zona marina se conocen entre ellos, pero no a los pescadores en la ciénega y viceversa. No se reportaron conflictos importantes entre pescadores, ni entre pescadores y autoridades, salvo aislados actos de hurto de trampas entre pescadores de la zona marina y de alijos entre pescadores de la zona del humedal. Los problemas respecto al hurto de trampas o el colocado de trampas de distintos pescadores en zonas muy cercanas entre sí, pueden estar relacionados al costo económico que representa pescar en una zona con mayor profundidad o más alejada, en la que a decir de ellos, su captura no aumentaría suficiente para volver redituable la operación, por lo que la pesca se centra en zonas con poca profundidad. Mientras que los hurtos de alijos pueden estar asociados con el nivel de ingresos y marginación de la población que radica en el extremo oriente del poblado, pues la venta de un alijo puede alcanzar los \$2,000.00 pesos.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Cuando se les preguntó a los pescadores sobre la situación del recurso y la pesquería, se encontraron diversas opiniones pero que coinciden en la estabilidad de las capturas en la zona marina y en el aumento del esfuerzo de pesca en la zona de la Ciénega. Los pescadores no tienen conocimiento sobre normas o leyes que regulen la captura de jaiba y las opiniones sobre si es necesaria mayor regulación de la pesca son divididas. Sin embargo, existe cierta concordancia entre el discurso de los pescadores en zona marina y de Ciénega. Los primeros coinciden sobre la poca necesidad de normas que regulen la pesca, dado el poco desarrollo de la misma debido a la poca demanda durante la veda del pulpo; mientras que los segundos coinciden en la posible vulnerabilidad del recurso dado el acelerado incremento del esfuerzo pesquero en la ciénega. En la Ciénega no se puede pescar durante todo el año, pues la disponibilidad de la jaiba así como la profundidad mínima requerida para poder navegar se ven condicionadas a la temporada climática, por lo que el creciente esfuerzo pesquero se concentra en determinadas zonas y periodos. Debido a esto, los pescadores de la Ciénega tienen una mayor apertura hacia las medidas de manejo.

Adicionalmente, se mencionó un posible impacto en la abundancia de las jaibas relacionado con las condiciones hidrológicas de la ciénega, pues “anteriormente no se secaba” por lo que “había más jaiba”. En cuanto a cambios propuestos por los pescadores, se menciona la necesidad de tener certeza sobre periodos de reproducción, vedas temporales y espaciales para garantizar el estado de la población de jaiba, el descarte de jaibas ovígeras, el establecimiento de tallas mínimas y de tamaño de malla.

Reportan también jaiba con hueva durante todo el año, pero particularmente en los meses de enero-febrero y agosto-septiembre, durante los muestreos hubo presencia de hueva de *C. sapidus* de noviembre a febrero (en la zona marina), de *C. similis* en octubre y de *M. mercenaria* en febrero. En la costa este de EEUU, Wilcox (2007) encontró que la reproducción de *C. sapidus* ocurre de mayo a octubre en aguas someras salobres justo después de la muda o ecdisis de las hembras. Sin embargo, en el Golfo de México, las hembras se aparean (a los 12 o 18 meses) aparentemente sólo una vez en su vida pero pueden conservar el esperma durante varios años en un receptáculo seminal especializado; luego de dos a nueve meses del apareamiento pueden liberar huevos fertilizados más de una vez al año, durante dos o más años (Velázquez-de la Cruz et al. 2011), lo que implica en términos de manejo pesquero, que todas las hembras adultas debieran ser consideradas como parte de la población de reproductores, independientemente de si tengan o no masa ovígera visible (Darnell et al. 2010).

Para los pescadores, la mejor pesca se realiza cuando el agua presenta poca visibilidad, a pocos metros de la costa para el caso de *C. similis* y *L. dubia* y un poco más lejos para el caso de *C. sapidus* y *M. mercenaria*, en zonas lodosas marinas, mientras que en la zona de ciénega la mejor temporada para la pesca es durante los primeros meses de la temporada de secas, pues la profundidad del cuerpo de agua descende, permitiendo así una mayor visibilidad del fondo, facilitando la observación y captura del organismo.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## CONCLUSIONES

La pesquería de jaiba en Sisal se realiza de manera artesanal por un reducido grupo de pescadores (27) en la zona marina frente al puerto y en la Ciénega aledaña. La captura se compuso de nueve especies, donde *C. sapidus* y *C. similis* constituyeron el 88% de la captura total.

La talla de primera captura de *C. sapidus* fue mayor a los 110 mm de AC establecida como la talla mínima de captura. La talla de primera captura de *C. similis* se ubicó por debajo de los 110 mm de AC.

Se recomienda establecer regulaciones que diferencien entre ambas zonas de pesca, que especifiquen tallas mínimas de captura por especie, particularmente para *C. sapidus* y *C. similis*, así como llevar un registro de capturas en ambas zonas, y esclarecer el origen y especies de las jaibas provenientes de otros poblados.

Dada su importancia para la pesca de pulpo, la jaiba es considerada de importancia económica por los pescadores, al ser una comunidad reducida y sin grandes conflictos, es factible la gestión pesquera con enfoque de responsabilidad compartida, mediante implementación de medidas que promuevan la autogestión comunitaria.

Asimismo, investigación que proporcione información sobre la disponibilidad de la jaiba que valide la factibilidad de fomentar el crecimiento del mercado local y regional de jaiba y su venta en otras presentaciones (pulpa, suave, etc.) durante la veda de pulpo, pues lograría mayores beneficios económicos a la comunidad en una temporada particularmente complicada para los pescadores.

## AGRADECIMIENTOS

A los jaiberos Sisalenses. A los alumnos de la Unidad Académica Sisal (UAS-UNAM) por su apoyo en el trabajo de campo. A Perla Becerra, Carmen Corona, Jeanine González y Alejandro Herrera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amador del Ángel LE, Tejero G, Damián I, Miss F, Cabrera-Rodríguez P y Rivera-Molina A. 2003. Algunos aspectos poblacionales de la jaiba azul (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) en un centro productor de jaiba suave en la Isla del Carmen. II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA) de Campeche, México. pp. 252–256.
- Andrade M. 1996. Aspectos sobre la biología y ecología de las jaibas del género *Callinectes* de la laguna Ría Celestún, Yucatán, México. Tesis de maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Mérida, México. 95 p
- Arellano-Torres A, Pérez-Castañeda R y Defeo O. 2006. Effects of fishing gear on artisanal multispecific penaeid

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- fishery in a coastal lagoon of Mexico: mesh size, selectivity and management implications. *Fisheries Management and Ecology* 13: 309-317.
- Celis-Sánchez JA, Estrella-Canto A, Poot-López GR, González-Salas C y López-Rocha JA. 2014. Abundancia estacional de crustáceos asociados a la captura artesanal de jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en Sisal, Yucatán, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 6: 75-89.
- CONAPESCA 2014. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013. Comisión Nacional de Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, México D.F. 295 p.
- Crawley JM. 2002. Statistical computing an introduction to data analysis using S-Plus. Wiley, UK. 761 pp.
- Cuevas-Jiménez A y Euán-Ávila J. 2009. Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la Península de Yucatán. *Ciencias marinas* 35: 307-319.
- Darnell MZ, Darnell KM, McDowell RE y Rittschof D. 2010. Postcapture survival and future reproductive potential of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus* caught in the central North Carolina pot fishery. *Transactions of the American Fisheries Society* 139:1677-1687.
- Defeo O, Andrade-Hernández M, Pérez-Castañeda R y Cabrera-Pérez JL. 2005. Pautas para el manejo de la pesquería de jaiba y camarón en un área natural protegida: el caso de la ría Celestún, Yucatán-Campeche. CINVESTAV. CONABIO. PRONATURA. México. 79 pp.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. México, México D.F. pp. 21-128.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2014. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Jaiba (*Callinectes* spp.) de Sinaloa y Sonora. México, México D.F. pp. 1-42.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 1974. Acuerdo por el que se fija la talla mínima para la captura de jaiba en el Golfo de México. México, México D.F.
- Fraga J. 2004. Los habitantes de la zona costera de Yucatán: entre la tradición y la modernidad. En ER Arriaga et al. (eds.) *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo., pp. 471-479.
- Gavaldón AC y Fraga J. 2006. Nuevos esquemas de uso y acceso a recursos marinos: el enfoque de género para la integración del trabajo y ecosistemas. En Salas S, Cabrera MA, Ramos J, Flores D y Sánchez J. (eds). *Memorias primera conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones*. Mérida, Yucatán, 4-8 Octubre, 2004, pp 132-141.
- Gavaldón AC. 2004. Género, pesquerías e instituciones: Estudio de caso en un puerto de Yucatán. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias, en la especialidad de Ecología Humana. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida. 162 p.
- Gómez-Luna L, Sosa-Montano A, Moreno-Castillo I y Jover-Capote A. 2009. Biodiversidad, morfometría y alimentación de los cangrejos del género *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) en Santiago de Cuba. *Revista de Biología Tropical* 57: 671-686.
-

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Hines A, Lipcius R y Haddon A. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a sub-estuary of central Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series 36: 55–64.
- Huato-Soberanis L, Haro-Garay MJ, Ramírez-Félix E y López-González LC. 2006. Informe final. Estudio socio-económico de la pesquería de jaiba en Sinaloa y Sonora. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. La Paz, BCS. 30 pp.
- INEGI. 2005. México en Cifras. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Acceso: Octubre 2, 2014. Página electrónica: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>
- Mexicano-Cíntora G, Leonce-Valencia C, Salas S y Vega-Cendejas ME. 2007. Recursos pesqueros de Yucatán: fichas técnicas y referencias bibliográficas. México. 140 p.
- Moreno C, Graziani C, Núñez JG y Villaroel E. 2011. Caracterización bioecológica y poblacional de tres comunidades de crustáceos decápodos en la costa noroccidental del Estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Tropical 29: 29-47.
- Ortiz-León HJ, De Jesús-Navarrete A y Cordero ES. 2007. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical 55: 235-245.
- Raz-Guzmán A, Sánchez A y Soto L. 1992. Catálogo ilustrado de cangrejos Braquiuros y Anomuros (Crustacea) de laguna de Alvarado, Veracruz. México. México, México D.F. Instituto de Biología, UNAM: Editorial Universitaria. 3 – 51 pp.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fishery Bulletin Research Board of Canada, 191- 395 pp.
- Rosas-Correa CO y De Jesús-Navarrete A. 2008. Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Revista de Biología Marina y Oceanográfica 43: 247–253.
- Salas S, Mexicano-Cíntora G y Cabrera MA. 2006. ¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias, Retos y Perspectivas, Centro de Investigación y Estudios Avanzados Departamento de Recursos del Mar. Unidad Mérida. México. 97 p.
- Sastry AN. 1983. Ecological aspects of reproduction. En Vernberg FJ y Vernberg WB (eds.) The biology of crustacean. New York, EE.UU. Academic Press. pp. 179-270.
- SEFOE. 2010. Municipio de Hunucmá. Secretaría de Fomento Económico. Acceso: Agosto 29, 2014. Página electrónica: <http://www.sefoe.yucatan.gob.mx>.
- Torre J, Bourillón L y Weaver AH. 2004. La Pesquería de la jaiba verde (*Callinectes bellicosus*) en la región de Bahía de Kino y Canal de Infiernillo entre 1998 y 2002. Informe Interno. Comunidad y Biodiversidad, A.C. (COBI). 48 p.
-



ISSN 2007-5782



---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Uc M. 2004. Las relaciones de género en la comercialización del maxquil. Tesis de licenciatura en Antropología Social Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- Velázquez-de la Cruz G, Ramírez-de León JA, Pérez-Castañeda R, Reyes-López MA y Martínez-Vázquez AV. 2011. Aprovechamiento de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre de Tamaulipas. Plaza y Valdez (ed). 98 pp
- Wilcox WM. 2007. Blue Crab (*Callinectes sapidus*) Ecology: Review and Discussion Regarding Tisbury Great Pond. Martha's Vineyard Commission. 67 pp.
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 63 pp.

# BOSQUES DE *Sargassum* spp. Y SU RELACIÓN CON ESPECIES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN BAHÍA CONCEPCIÓN Y BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

Cruz-Vázquez Carlos, López-Rocha Jorge y Rioja-Nieto Rodolfo

Unidad Académica-Sisal, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto de Abrigo s/n, Sisal, Yucatán, México CP. 97355, México.

Email responsable: [rrioja@ciencias.unam.mx](mailto:rrioja@ciencias.unam.mx)

---

## RESUMEN

Los bosques de *Sargassum* spp constituyen ecosistemas que proporcionan importantes servicios ambientales relacionados con la alta diversidad de especies que mantienen. Entre estos servicios, destaca su función como sitios de reclutamiento y alimentación de especies. Este estudio describe la variación espacio-temporal de la cobertura de los bosques de *Sargassum* spp durante un periodo de siete años (2004-2011) en Bahía Concepción y Bahía de la Paz, Baja California Sur y su relación con el volumen de captura de especies de importancia comercial. Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de clasificación supervisada y no supervisada, de imágenes satelitales de alta y mediana resolución, se determinó la distribución espacial de los bosques para cada uno de los años de estudio. Se llevó a cabo un análisis de autocorrelación de la cobertura con datos de captura de especies, asociadas a este hábitat y observadas en campo, obtenidos de los registros de los avisos de arribo de capturas de la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura (CONAPESCA). Se encontró que para Bahía Concepción la mayor cobertura fue en el 2008 con 9.95 km<sup>2</sup> mientras que la menor cobertura correspondió al año 2006 con 1.86 km<sup>2</sup>. En Bahía de La Paz la mayor cobertura se encontró en 2010 con 8.26 km<sup>2</sup> y la menor área cubierta se registró en el 2008, con 3.91 km<sup>2</sup>. En Bahía Concepción las especies *Octopus* sp (Cuvier, 1797), *Calamus brachysomus* (Lockington, 1880) y *Balistes polylepis* (Steindachner, 1876) presentan una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) con la cobertura de las macroalgas para el periodo de estudio. Los resultados destacan la importancia de este ecosistema como sitio de reclutamiento de especies de importancia comercial y por tanto la necesidad de medidas adecuadas de manejo para su conservación.

**Palabras clave:** Bosques de *Sargassum* spp, Servicios Ecosistémicos, Pesquerías

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## ABSTRACT

*Sargassum* spp forests are ecosystems that provide important environmental services. This study describes the spatial and temporal variation of *Sargassum* spp forests, in Bahía Concepción and Bahía de la Paz (Baja California Sur), over a period of seven years (2004-2011), and explores the relationship between the macroalgae coverage change with landings reported by fishermen to the National Commission of Aquaculture and Fisheries (CONAPESCA). Geographic Information Systems (GIS) coupled with satellite images, were used to characterize the spatial and temporal distribution of forests. Autocorrelation analyses were then used to assess the relationship between *Sargassum* spp coverage and landings over time. In Bahía Concepción, the year with the highest coverage of the macroalgae was 2008, with 9.95 km<sup>2</sup>. The year with the lowest coverage (1.86 km<sup>2</sup>) was 2006. Bahía de la Paz showed the highest coverage in 2010 (8.26 km<sup>2</sup>) and the lowest coverage in 2008 (3.91 km<sup>2</sup>). Three species in Bahía Concepción showed a significant correlation ( $p < 0.05$ ) with the *Sargassum* spp coverage: *Octopus* sp (Cuvier, 1797), *Calamus brachysomus* (Lockington, 1880) and *Balistes polylepis* (Steindachner, 1876). Our results show the importance of this ecosystem as a habitat for the recruitment of commercially important species and the need of adequate management and conservation strategies that guarantee their persistence.

**Keywords:** *Sargassum* spp. forest, Ecosystem Services, Fisheries

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Sargassum* spp proporcionan distintos servicios ambientales tales como barreras naturales que disminuyen la fuerza destructora de las olas y protegen la línea de costa, contribuyen a la fijación de carbono, producen materia orgánica y energía, mantienen la calidad del agua y estabilizan el sustrato marino. Así mismo, funcionan como hábitat crítico para diversas especies de invertebrados y peces al proveerles de alimentación, sitios de reproducción y anidación (Suárez-Castillo et al. 2013). La región de Baja California es importante por su actividad pesquera, con altos volúmenes de captura de peces (ej. sardina y atún) e invertebrados como camarón, langosta y distintas especies de bivalvos (Trejo et al. 2008). Sin embargo, existen pocos estudios sobre las pesquerías asociadas al *Sargassum* spp como hábitat crítico de desarrollo. Se conoce que las larvas de cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*) prefieren este tipo de hábitat como refugio y el reclutamiento de la especie disminuye con la ausencia de estas macroalgas (Aburto-Oropeza 2007).

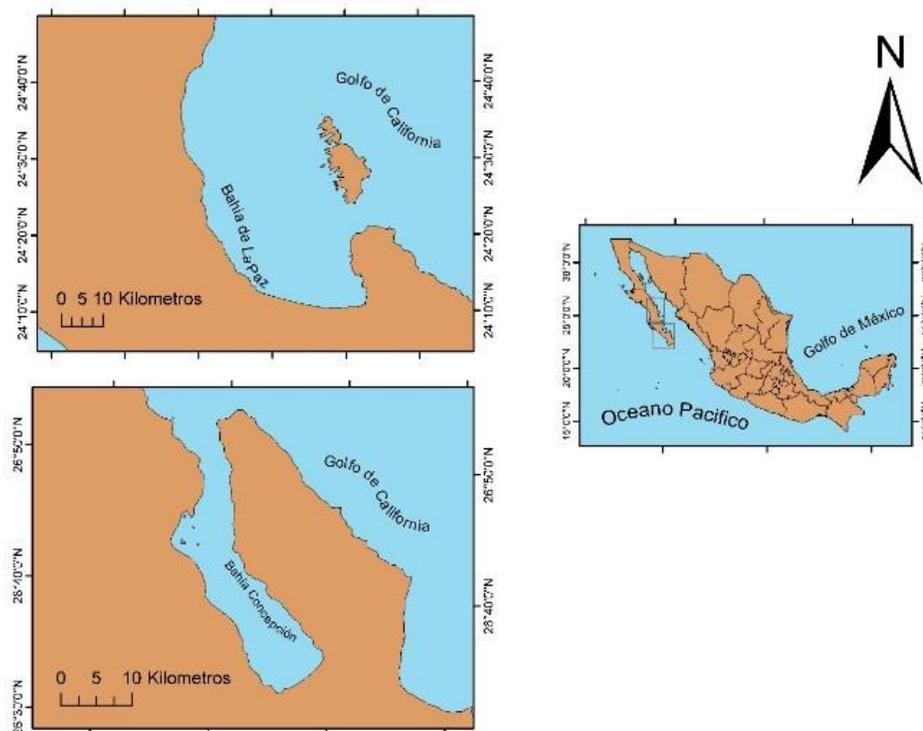
Debido al crecimiento de las actividades humanas en la zona costera y la presión que éstas ejercen sobre los ecosistemas, es necesario tener información adecuada que permita diseñar estrategias que ayuden a mitigar las perturbaciones antropogénicas, con el objetivo de asegurar el mantenimiento de los

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

recursos costeros en el tiempo. Este trabajo explora la relación entre el bosque de *Sargassum* spp y la captura local de especies de importancia comercial en dos bahías del Golfo de California, región que posee características ecológicas específicas que le atribuyen interés comercial y turístico.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Bahía Concepción y Bahía de la Paz se localizan en la costa oriental de la península de Baja California (Fig. 1). Son regiones de importancia pesquera tanto por los volúmenes de captura como por la derrama económica (Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez 1993; Rodríguez-Romero et al. 1994; Ramírez-Rodríguez 1997; Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera 2000; Vázquez-Hurtado et al. 2010).



**Fig. 1:** Área de estudio en Baja California Sur, México.  
 Arriba Bahía Concepción, abajo Bahía de La Paz.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Se obtuvieron escenas satelitales con resolución de 30 m por píxel, de la plataforma Landsat 7 en color natural (RGB) del sitio <http://glovis.usgs.gov/>. Las imágenes corresponden al periodo 2004-2011 (una escena por año, por bahía de estudio) entre los meses de marzo-junio que corresponde al periodo de mayor desarrollo de la macroalga (Muñeton-Gómez y Hernández-Carmona 1993). En total se obtuvieron ocho imágenes para Bahía de La Paz y ocho para Bahía Concepción. La mayoría de las imágenes disponibles (a excepción de aquellas correspondientes a los años 2006, 2008, 2011 para Bahía la Paz y 2008 para Bahía Concepción) presentaron franjas paralelas con ausencia de datos.

Las escenas obtenidas se georreferenciaron al sistema de coordenadas UTM (datum WGS84, Zona 12). Se generó una máscara del área de interés (AOI) en cada una de las bahías de estudio mediante la utilización del modelo General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO 08), cartas marinas de la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR) y visitas en campo para así eliminar los lugares de profundidad mayor a 10 m y áreas en tierra que no son de interés. Finalmente, se creó un archivo vectorial del AOI para cada una de las 16 imágenes.

Se utilizaron mapas temáticos de los fondos bentónicos marinos en Bahía Concepción y Bahía de la Paz generados en el marco del proyecto SEMARNAT-CONACyT 108464 (Rioja-Nieto e Hinojosa-Arango 2013), para delimitar la ubicación espacial y extensión de los parches (polígonos) que correspondían a bosques de *Sargassum* spp caracterizados en el año 2011, en adelante referida como cobertura reciente. Los mapas se obtuvieron a partir de una clasificación supervisada de un mosaico de imágenes en color natural (RGB) de alta resolución de la plataforma Geoeye-1 agrupando los distintos substratos bentónicos encontrados de acuerdo a su grado de similitud (Rioja-Nieto y Sheppard 2008; Rioja-Nieto et al. 2013; Hinojosa-Arango et al. 2014). Para determinar la cobertura histórica, en cada una de las imágenes Landsat 7 pre-procesadas, se llevó a cabo una clasificación no supervisada con el algoritmo isodata (Green et al. 2000; Schowengerdt 2011). En este proceso se utilizaron 12 clases para Bahía de la Paz y 16 clases para Bahía Concepción. El número de clases para cada una de las bahías se definió con base a la caracterización del hábitat bentónico realizada como parte del proceso de construcción de los mapas temáticos recientes de los fondos marinos. La clasificación no supervisada permitió agrupar en clases a los píxeles en cada una de las imágenes por separado, con base en la similitud en sus características espectrales y generar una imagen temática (raster).

Utilizando los rasters temáticos históricos y la cobertura reciente de *Sargassum* spp, se llevó a cabo un análisis de extracción de píxeles (ESRI 2010) para obtener aquellos píxeles “históricos” que se ubicaran completamente dentro de los polígonos correspondientes a la cobertura reciente. Posteriormente, se analizó la identidad de los píxeles extraídos y se identificaron aquellas clases representativas por imagen pre-procesada, cuyos píxeles se encontraran en una alta proporción y formaran agrupaciones homogéneas cercanas a la costa (área donde se sabe se distribuyen los bosques de *Sargassum* spp). Mediante técnicas de enmascaramiento, las clases representativas identificadas se

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

utilizaron para determinar en toda la imagen temática aquellas áreas cubiertas por bosques de *Sargassum* spp correspondiente a cada año analizado. Los rasters de cobertura histórica (2004-2011) obtenidos para Bahía de La Paz y Bahía Concepción fueron transformados a archivos vectoriales (polígonos) y exportados a un SIG (ArcGIS 10.0) para el análisis. Con ayuda del programa ArcGIS 10.0 en conjunto con la extensión de análisis espacial se realizaron los análisis de extracción de píxeles e identificación de clases representativas. Se utilizó el software ERDAS 2011 para el pre-procesamiento y enmascaramiento de las imágenes satelitales.

Utilizando como base los SIG, se calculó la cobertura total de *Sargassum* spp por año por bahía mediante la sumatoria de las áreas de los polígonos identificados. Con el fin de estandarizar el área analizada en cada una de las imágenes, para los años 2006, 2008 y 2011 (en Bahía de la Paz) y 2008 en Bahía Concepción, años donde las imágenes fueron modificadas *a priori* por la fuente de origen y no presentaban franjas con ausencia de datos, se restó de la sumatoria el 20 %, que corresponde aproximadamente al área corregida (Rodríguez 2009). Los datos no presentaron una distribución normal ( $p < 0.05$ ) por lo que se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis con la técnica de comparación múltiple de Tukey no paramétrica (Zar 2010) para determinar si existía variación en la cobertura del alga a lo largo del tiempo e identificar aquellos años con distinta cobertura en cada una de las bahías. Así mismo, se llevó a cabo un análisis de correlación de Spearman (Crawley 2002) con el objetivo de evaluar si la variación de la cobertura total de las macroalgas presentaba relación entre las bahías de estudio a lo largo del tiempo.

Para la identificación de las especies de importancia comercial asociadas a los bosques de *Sargassum* spp, se comparó la lista de especies de peces e invertebrados obtenida a partir de muestreos experimentales en el área de estudio (Rioja-Nieto e Hinojosa-Arango 2013) con los registros de los avisos de arribo de capturas de organismos marinos de la CONAPESCA correspondiente al periodo 2004-2009. Se obtuvo el volumen de pesca (kg) de las especies de interés considerando solamente los sitios de pesca localizados en Bahía Concepción y Bahía de La Paz, identificados a partir del atlas de localidades pesqueras de Baja California Sur (Ramírez-Rodríguez et al. 2004). Para asociar los nombres comunes de las especies con el nombre científico correspondiente se utilizó la base de datos *Fishbase* ([www.fishbase.org/search.php](http://www.fishbase.org/search.php)).

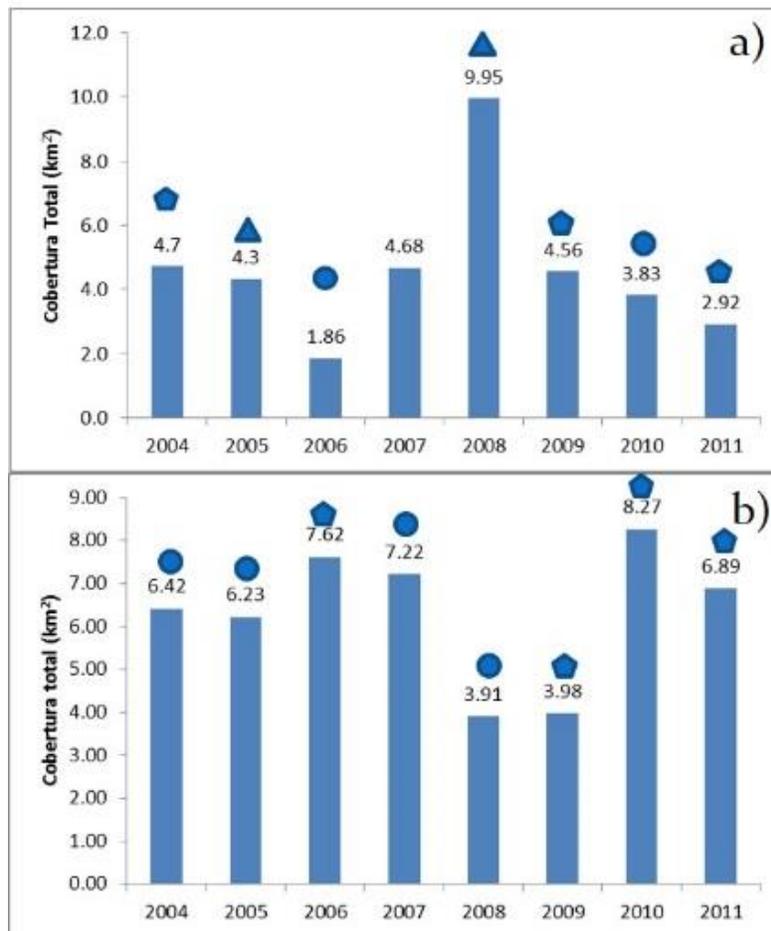
Se llevó a cabo un análisis de autocorrelación (Crawley 2002) para explorar la relación del volumen de pesca a lo largo del tiempo de especies de importancia comercial que utilizan el bosque de *Sargassum* spp como hábitat y la variación temporal de la cobertura total de las macroalgas en cada una de las bahías de estudio.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**RESULTADOS**

En Bahía Concepción (Fig. 2a) la cobertura del bosque de *Sargassum* spp se mantiene relativamente homogénea. Sin embargo, en 2006 la cobertura total disminuyó a 1.86 km<sup>2</sup>, y en 2008 se observa un aumento considerable a 9.95 km<sup>2</sup>.

En Bahía de La Paz (Fig. 2b) existe variación en la cobertura a lo largo del tiempo. En 2010 se observa la mayor cobertura con 8.26 km<sup>2</sup> y en 2008 la menor con un área total de 3.91 km<sup>2</sup>. La variación espacio temporal de los bosques de *Sargassum* spp, es independiente entre las bahías de estudio (p>0.05).



**Fig. 2:** Variación de la cobertura de *Sargassum* spp a lo largo del tiempo. a) Bahía Concepción, b) Bahía de La Paz. Las figuras iguales indican años semejantes entre sí (p>0.05).

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

De acuerdo con la base de datos de CONAPESCA y a observaciones de fauna (peces e invertebrados) asociada a los bosques de *Sargassum* spp en campo, se identificaron 25 especies en Bahía Concepción y 18 especies en Bahía de la Paz que son utilizadas para consumo humano (Tabla 1). Las especies que se utilizaron para llevar a cabo los análisis corresponden a aquellas que contaran con al menos cuatro años continuos con información de captura en la estadística oficial. De este modo, se identificaron 8 especies en Bahía Concepción y 7 para Bahía de la Paz (Tabla 2).

De acuerdo con el análisis de correlación se observa que la captura de *Octopus* sp, *Calamus brachysomus* y *Balistes polylepis*, en Bahía Concepción, esta correlacionada ( $p < 0.05$ ) con la cobertura de *Sargassum* spp presente dos años anteriores al tiempo de captura. En los otros casos no se encontró una correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

La combinación de técnicas de clasificación supervisada y no supervisada de imágenes satelitales de alta y mediana resolución, permitió describir la distribución espacial y estimar el área de cobertura histórica de los bosques de *Sargassum* spp. Métodos similares se han utilizado para evaluar la variación espacio-temporal de la cobertura de bosques de manglar relacionada con pesca artesanal (Carrasquilla-Henao 2013).

Se observó que ambas bahías presentan distinta cobertura de bosques de *Sargassum* spp. En promedio, considerando todos los años de estudio se encontró que Bahía de la Paz presenta una mayor cobertura general de *Sargassum* spp ( $\sim 6.3 \text{ km}^2$ ) en comparación con Bahía Concepción ( $\sim 4.6 \text{ km}^2$ ). Así mismo, la variación de la cobertura de las macroalgas a lo largo del tiempo no está correlacionada entre las bahías. Estas diferencias pueden atribuirse al distinto tamaño y forma de las zonas de estudio (Casas-Valdez et al. 1993; Obeso-Nieblas 2003), a los patrones de temperatura dentro del golfo de California, donde ésta disminuye latitudinalmente de la Boca hacia la región norte (García 2008), y/o intervención humana. En Bahía Concepción, las actividades económicas principales son la pesca y turismo de bajo impacto que sostienen a una población de  $\sim 3\,800$  habitantes, mientras que en la Bahía de la Paz (con 251 871 habitantes), existe una extensa actividad turística, pesquera, agropecuaria, minera y de servicios (INEGI 2010).

Se observó una correlación positiva y significativa ( $p < 0.05$ ) entre la cobertura de *Sargassum* spp y la captura de tres especies de importancia comercial (*Balistes polylepis*, *Calamus brachysomus* y *Octopus* sp) a lo largo del tiempo. La presencia de bosques de *Sargassum* spp incrementa la disponibilidad de hábitat de desarrollo y/o disponibilidad de alimento (Aburto-Oropeza et al. 2007). Las observaciones encontradas a partir del análisis de autocorrelación coinciden con los estudios de Crowder

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**Tabla 1:** Especies de importancia comercial identificadas a partir del análisis de las bases de datos de CONAPESCA y observaciones en campo para ambas Bahías. X denota que la especie no fue observada en la bahía de estudio.

	Bahía Concepción	Bahía de La Paz
<b>Invertebrados</b>	<i>Argopecten</i> spp	<i>Argopecten circularis</i> (Sowerby II 1842)
	<i>Megapitaria squalida</i> (Sowerby 1835)	<i>Megapitaria squalida</i>
	<i>Atrina</i> spp (Sowerby 1835)	X
	<i>Octopus</i> spp.	X
<b>Peces</b>	<i>Anisotremus interruptus</i> (Gill 1862)	<i>Anisotremus interruptus</i>
	<i>Mycteroperca prionura</i> (Rosenblatt & Zahuranec 1967)	<i>Balistes polylepis</i>
	<i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill 1862)	<i>Bodianus diplotaenia</i>
	<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns 1842)	<i>Calamus brachysomus</i>
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner 1868)	<i>Epinephelus analogus</i> (Gill 1863)
	<i>Kyphosus analogus</i> (Gill 1862)	<i>Epinephelus</i> spp (Bloch 1793)
	<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters 1869)	<i>Gnathanodon speciosus</i>
	<i>Balistes polylepis</i>	<i>Haemulon</i> spp
	<i>Hoplopagrus guentherii</i> (Gill 1862)	<i>Hoplopagrus guentherii</i>
	<i>Mycteroperca jordani</i> (Jenkins & Evermann 1889)	<i>Kyphosus analogus</i>
	<i>Mycteroperca xenarcha</i> (Jordan 1888)	<i>Lutjanus argentiventris</i>
	<i>Haemulon</i> spp (Cuvier 1829)	<i>Mugil cephalus</i>
	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus 1758)	<i>Mugil</i> spp
	<i>Mugil</i> spp (Linnaeus 1758)	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>
	<i>Paralabrax auroguttatus</i> (Walford 1936)	<i>Scarus</i> spp
	<i>Calamus brachysomus</i>	<i>Sphoeroides annulatus</i>
	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> (Gill 1862)	X
	<i>Gnathanodon speciosus</i> (Forsskål 1775)	X
	<i>Scarus</i> spp.	X
	<i>Bodianus diplotaenia</i> (Gill 1862)	X
<i>Semicossyphus pulcher</i> (Ayres 1854)	X	

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**Tabla 2:** Valores de autocorrelación para la cobertura de *Sargassum* spp y las especies que tuvieron observaciones durante al menos cuatro años consecutivos, entre paréntesis se presenta el valor de desfase. \* Indica una correlación significativa.

Especie	Bahía Concepción	Bahía de La Paz
	Valor de autocorrelación	Valor de autocorrelación
<b>Pulpo (<i>Octopus</i> sp)</b>	0.81(2)*	0.70(0)
<b>Almeja Chocolate (<i>Megapitaria squalida</i>)</b>		0.62(1)
<b>Baqueta (<i>Mycteroperca prionura</i>)</b>	0.48(3)	
<b>Perico (<i>Scarus</i> sp)</b>	0.62(3)	
<b>Cabrilla (<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>)</b>	0.57(2)	0.43(3)
<b>Vieja (<i>Spheroides annulatus</i>)</b>	0.58(3)	
<b>Pargo Mulato (<i>Lutjanus novemfasciatus</i>)</b>	0.23(2)	0.57(0)
<b>Mojarra (<i>Calamus brachysomus</i>)</b>	0.85(2)*	0.65(3)
<b>Botete (<i>Balistes polylepis</i>)</b>	0.84(2)*	0.79(0)
<b>Bacoco (<i>Anisotremus interruptus</i>)</b>		0.53(2)

(2005); Shelton (2010) y Flores (2010), donde se destaca la importancia de los bosques de estas macroalgas como sitios de reclutamiento de especies de importancia comercial.

El periodo de tiempo de dos años que transcurre entre el reclutamiento y la captura de los organismos (efecto lag) donde se encontró una autocorrelación significativa, coincide con información conocida sobre los ciclos de vida de estas especies. Las tres especies presentan reclutamiento anual (Fitch y Lavenberg 1971; De la Cruz-Agüero et al. 1997; Castellanos-Martínez et al. 2007; Pliego-Cárdenas et al. 2011). El pulpo (*Octopus* sp) en Baja California Sur alcanza una talla de captura a partir del año y medio de vida (López 2006) y la mojarra (*Calamus brachysomus*) y botete (*Balistes polylepis*) tardan ~2 años para alcanzar la talla deseada de captura 50-55 cm (Martínez 1985; Barroso-Soto et al. 2007).

Las mismas especies que presentaron correlación en Bahía Concepción, no la mostraron en Bahía de La Paz. Esto probablemente podría deberse a la disponibilidad de hábitat y alimento, así como factores geográficos relacionados con la extensión de las bahías, y/o perturbación antropogénica. También, es importante considerar la incertidumbre de la información proporcionada por los pescadores, a partir de la cual se completa la base de datos de pesca en CONAPESCA.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Dada la relación volumen de pesca-cobertura de *Sargassum* spp descrita, este estudio proporciona información preliminar para generar modelos que permitan estimar la captura de algunas especies en función de la cobertura de la macroalga observada. Sin embargo, es necesario contar con un mayor número de observaciones así como describir los mecanismos específicos que determinan el reclutamiento de estas especies considerando las relaciones ecológicas (ej. competencia intraespecífica e interespecífica), factores ambientales (ej. temperatura de la columna de agua) y desarrollo de la pesquería (ej. intensidad del esfuerzo de pesca, artes de pesca, zonas de pesca, etc.), lo cual permita tener una visión integral sobre la utilización de los recursos en ambas bahías.

## CONCLUSIÓN

Se encontró que la relación entre el volumen de captura de peces con importancia comercial con respecto a la cobertura de *Sargassum* spp encontrada en Bahía Concepción, fue positiva y significativa ( $p < 0.05$ ) para tres especies: *Balistes polylepis*, *Calamus brachysomus* y *Octopus* sp. La captura de un año en particular presenta relación con la cobertura de *Sargassum* spp presente dos años previos al tiempo de pesca de las especies. Para Bahía de La Paz no se encontraron resultados significativos ( $p > 0.05$ ).

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto 108464 fondo Sectorial SEMARNAT-CONACyT por la beca otorgada. A la CONAPESCA por la información de las capturas de pesca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aburto-Oropeza O, Sala E, Paredes G, Mendoza A y Ballesteros E. 2007. Predictability of reef fish recruitment in a highly variable nursery habitat. *Ecology* 88(9) 2220-2228
- Barroso-Soto I, Castillo-Gallardo E, Quiñonez-Velázquez C y Morán-Angulo RE 2007. Age and growth of the finescale tigerfish, *Balistes polylepis* (Teleostei: Balistidae), on the coast of Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Pacific Science* 61(1):121-127.
- Carrasquilla-Henao M, González Ocampo HA, Luna González A y Rodríguez Quiroz G. 2013. Mangrove forest and artisanal fishery in the southern part of the Gulf of California, México. *Ocean & Coastal Management* 83:75-80.
- Casas-Valdez MM, Sánchez-Rodríguez I y Hernández-Carmona G. 1993. Evaluación de *Sargassum* spp. en la costa oeste de Bahía Concepción, B.C.S. *Inv. Mar. CICIMAR* 8(2): 61-69.
- Castellanos-Martínez S, Arellano-Martínez M, Ceballos-Vázquez BP, García-Domínguez F, Villalejo-Fuerte M, Danemann GD y Torreblanca-Ramírez E. 2007. Aspectos reproductivos del pulpo café *Octopus*

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- bimaculatus* Verrill, 1883 en Bahía de los Ángeles, Baja California, México. Pp 252-254. En: Ríos-Jara E, Esqueda-González MC y Galván-Villa CM. (eds). Estudios sobre la malacología y conquiología en México. Universidad de Guadalajara, México. 286pp.
- Crawley MJ 2002. Statistical computing: An introduction to data analysis using S-Plus. John Wiley & Sons. Nueva York. 761pp.
- Crowder LB. 2005. Back to the future in marine conservation. In: Norse EA y Crowder LB. Marine conservation biology. The science of maintaining the sea's biodiversity. Washington, D.C., Island Press. 470pp.
- De la Cruz-Agüero J, Arellano-Martínez M, Cota-Gómez VM, y De la Cruz-Agüero G. 1997. Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur. CICIMAR-IPN, CoNaBio. 340 pp.
- ESRI 2010. ArcMap help manual, in: ESRI (Ed.), 10.0 ed.
- Fitch JE y Lavenberg RJ. 1971. Marine food and game fishes of California. California Natural History Guides: 28. Univ. Calif. Press. 179 pp.
- Flores PML. 2010. Fauna asociada a cuatro especies del Género *Sargassum* C. Agardh del litoral rocoso de Villa Rica, Municipio de Actopan, Ver. México. Tesis de Trabajo de Experiencia Recepcional. Facultad de Biológica, Universidad Veracruzana. 67pp.
- García MR 2008. Análisis de la variabilidad superficial de mesoescala en el Golfo de California y su relación con la distribución y abundancia relativa de Mysticetos (2005-2006). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.137pp.
- Green EP, Mumby PJ, Edwards AJ y Clark CD 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 316pp.
- Hinojosa-Arango G, Rioja-Nieto R, Suárez-Castillo AN y Riosmena-Rodríguez R 2014. Using GIS methods to evaluate rhodolith and Sargassum beds as critical habitats for commercially important marine species in Bahía Concepción, B.C.S., Mexico. Cryptogamie, Algologie 35(1): 49-65.
- INEGI. 2010. Censo de Población y vivienda, 2010. Consultado en Agosto, 2013. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est#>.
- López UE. 2006. Ciclo vital y pesca del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) en la costa de Jalisco, México. Tesis Doctorado en ciencias biológicas. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 208pp.
- Martínez J. 1985. Estudio sobre la edad y crecimiento de la Palma *Calamus brachysomus* (Lockington)(Pisces: Sparidae) en aguas ecuatorianas. Boletín Científico y Técnico 8 (4):51-62.
- Muñeton-Gómez M y Hernández-Carmona G. 1993. Crecimiento estacional de *Sargassum horridum* (Setchell y Gardner) Phaeophyta, en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR 8(1): 23-31.
- Obeso-Nieblas M. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la bahía de la paz, B.C.S., México. Tesis de doctorado. CICIMAR, IPN. La Paz, B.C.S., México. 337pp.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Pliego-Cárdenas R, García-Domínguez FA, Ceballos-Vázquez BP, Villalejo-Fuerte M y Arellano-Martínez M. 2011. Aspectos reproductivos de *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopodidae) en la Isla Espíritu Santo, sur del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*. 37: 23-32.
- Ramírez-Rodríguez M y Hernández-Herrera A. 2000. Pesca artesanal en la costa oriental de Baja California Sur, México (1996–1997). In: Aburto-Oropeza O y Sánchez-Ortiz C. (eds.), *Recursos Arrecifales del Golfo de California: Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Baja California Sur, México. pp. 18–29.
- Ramírez-Rodríguez M, López-Ferreira C y Hernández HA. 2004. *Atlas de Localidades Pesqueras: Baja California, Baja California Sur y Sonora*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 302pp.
- Ramírez-Rodríguez M. 1997. La producción pesquera en la Bahía de La Paz, BCS. In: Urbán-Ramírez J, Ramírez-Rodríguez M. (eds.), *La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, SCRIPPS Institution of Oceanography, pp 273–281.
- Rioja-Nieto R y Hinojosa-Arango G. 2013. Reporte técnico proyecto “Caracterización y mapeo de las áreas de *Sargassum* spp en tres regiones de Baja California Sur: Bahía Magdalena, Bahía Concepción y Bahía de la Paz mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sensores remotos. Fondo SEMARNAT-CONACyT. Proyecto No. 108464. 25pp.
- Rioja-Nieto R y Sheppard C. 2008. Effects of management strategies on the landscape ecology of a Marine Protected Area. *Ocean & Coastal Management* 51: 397-404.
- Rioja-Nieto R, Barrera Falcón E, Hinojosa-Arango G y Riosmena-Rodríguez R. 2013. Benthic habitat  $\beta$ -diversity modeling and landscape metrics for the selection of priority conservation areas using a systematic approach: Magdalena Bay, Mexico as a case study. *Ocean & Coastal Management*. 82:95-103.
- Rodríguez RN 2009. Rellenado de los gaps provocados por la falla del Scan Line Corrector en las imágenes Landsat 7 ETM+. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Computación. Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. 49pp.
- Rodríguez-Romero J, Abitia-Cárdenas LA, Galván-Magaña F y Chávez-Ramos H 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 20 (3): 321- 350.
- Schowengerdt RA 2011. *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*. Tercera edición. Academic Press. EUA. 515pp.
- Shelton AO 2010. Temperature and community consequences of the loss of foundation species: Surfgrass (*Phyllospadix* spp., Hooker) in tidepools. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 391: 35-42.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Suárez Castillo AN, Riosmena Rodríguez R, Rojo Amaya M, Torre Cosío J, Rioja Nieto R, Hudson Weaver A y Figueroa Cárdenas A 2013. Bosques de algas pardas en el Golfo de California: Sargassum, un hábitat esencial. *Biodiversitas* 108: 12–16.
- Trejo Barajas D, González Cruz E y Fernández Altable A. 2008. Historia general de Baja California Sur. La Paz: UABCS. 599 pp.
- Vázquez-Hurtado M, Maldonado-García M, Lechuga-Devéze CH, Acosta-Salmón H y Ortega-Rubio A 2010. La pesquería artesanal en la Bahía de La Paz y su área oceánica adyacente (Golfo de California, México). *Ciencias Marinas* 36: 433-444.
- Villalejo-Fuerte M y Ochoa-Báez RI. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja Catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*. 19 (2): 181- 202.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5 Edición. Pearson. EUA. 960 pp.

# VARIACIONES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD EN EL SISTEMA LAGUNAR LA CARBONERA, YUCATÁN, MÉXICO

Marín Coria Etzaguery Janeth<sup>1</sup>, Enríquez Ortiz Cecilia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Sisal. Universidad Nacional Autónoma de México. Ave. Colón 503-F x Ave. Reforma y Calle 62, Col. Centro, Mérida, Yucatán. CP 97000. janeth.marin.coria@gmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias, Unidad Académica Sisal. Universidad Nacional Autónoma de México.

Email responsable: [cenriqz@ciencias.unam.mx](mailto:cenriqz@ciencias.unam.mx)

---

## RESUMEN

La franja costera del estado de Yucatán tiene relieve poco pronunciado y somero, condiciones climáticas extremas y una geología kárstica. En el año de 2002, el Huracán Isidoro abrió la barra de arena de la costa permitiendo el intercambio de agua entre el mar y el humedal costero, en una región que presenta importantes descargas submarinas del acuífero (DSA). Como resultado se creó un sistema lagunar (La Carbonera), cuyas características termohalinas tienen un rango de variación extremadamente amplio. Resultados de mediciones *in situ* muestran la distribución espacial y temporal de las masas de agua y la dinámica de La Carbonera ante las fuerzas de marea, viento y gradientes de densidad. Este pequeño sistema tiene una región que desarrolla condiciones hiperhalinas extremas (>80 ups), una región dominada por agua marina (central) y una región con un afluente considerable de agua dulce. Las variaciones temporales de temperatura tienen también diferencias importantes en las distintas regiones de la laguna: temperatura baja y constante en la zona de descarga directa del acuífero y variaciones diurnas intensas (hasta 5 grados/día) por radiación solar en el resto de la laguna.

**Palabras clave:** hidrodinámica, gradientes termohalinos, Yucatán, DSA.

## ABSTRACT

The coastal zone of the Yucatan state has low elevation and smooth topography, extreme weather conditions and karst geology. In 2002, hurricane Isidore breached the coastal sandbar in a region with important submarine groundwater discharges (sgd) from the aquifer allowing water exchange between

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

the sea and the wetland. As a result, a coastal lagoon was created (La Carbonera) whose thermohaline characteristics have extraordinary wide ranges. Results of *in situ* measurements show the spatial and temporal distribution of water masses inside La Carbonera and dynamics due to tides, wind and density gradients. Within this small system the eastern region develops extreme hypersaline conditions (> 80 ups), the central region is ocean dominated and the western region has an important freshwater affluent. Temporal variations in temperature also have spatial differences in the lagoon: low and constant temperature in sgd at the west and intense diurnal variations (up to 5 degrees/day) due to extreme solar radiation in the rest of the lagoon.

**Keywords:** hydrodynamic, thermohaline gradients, Yucatan, SGD.

## INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son sitios de importancia ecológica y gran diversidad, entre sus funciones se distingue ser hábitat para albergar un gran número de estadios larvales y juveniles de diferentes especies; la protección del litoral (por la presencia de mangle) ante fuerzas como el viento y el oleaje; contribuyen también al mantenimiento de la calidad del agua, debido a la constante mezcla e intercambio de agua entre la laguna y el mar costero adyacente; mantienen una alta productividad primaria y son una fuente importante de recursos pesqueros (Barbier et al. 1994).

A lo largo de la costa norte de la Península de Yucatán se localizan alrededor de 12 lagunas costeras. Una de las diferencias entre ellas es el variable aporte de agua dulce que reciben a través de ojos de agua (descargas puntuales) o fisuras presentes en el sustrato kárstico que caracteriza la geología de la Península (Mariño-Tapia y Enríquez 2011). Estas lagunas costeras están influenciadas por las condiciones climáticas de la región, que se distinguen de manera dominante por los vientos Alisios provenientes del este y noreste, y que localmente se modulan y modifican por un sistema de brisas costeras. Adicionalmente la región recibe sistemas atmosféricos de corta duración que modifican este patrón: durante el verano con la presencia de huracanes y tormentas tropicales, y durante el invierno con el paso de frentes fríos o “Nortes” (Vidal 2005; Núñez-Fernández 2012).

La laguna la Carbonera es de origen reciente, está conectado con el mar por una boca estrecha que se formó durante el paso del huracán Gilberto que azotó las costas yucatecas en 1988 rompiendo la isla de barrera que separaba el mar de la Ciénega. En septiembre de 2002, producto del impacto del huracán Isidoro, la forma de la Carbonera fue modificada con la desaparición del cordón arenoso que la formaba, quedando la Ciénega en contacto directo con el mar. En los años siguientes la barra de arena se

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

ha ido restableciendo gradualmente recobrando su forma original (Palacios-Sánchez y Vega-Cendejas 2010; Jerónimo et al. 2012).

La laguna costera La Carbonera, es un sitio somero (<1m) donde en una área reducida (16.5 Km<sup>2</sup>) confluyen características estuarinas e hiperhalinas. Esto ocurre debido a un aporte intenso de agua continental a través de un ojo de agua localizado al suroeste del sistema, mientras que la región del este se encuentra sujeta a una intensa radiación solar, comunicación restringida con el mar y escasos aportes de agua continental. Es un sitio de gran complejidad y hasta el momento se desconocen muchos aspectos tanto de su hidrodinámica como de los distintos forzantes que lo controlan, como son los gradientes de densidad.

Los estudios hidrodinámicos realizados en lagunas costeras del estado de Yucatán son escasos debido a las complicaciones que se presentan en las lagunas, entre las que destacan: (i) la ausencia de una frontera bien definida al estar bordeadas de humedal costero y manglar, cuyos límites son poco claros y variables en el tiempo; (ii) aportes de agua continental ocultos y dispersos en el suelo kárstico de la Península; (iii) un terreno bajo con relieve plano que permite grandes cambios en las áreas de inundación con pequeños cambios en el nivel del mar. En este estudio se muestran resultados de observaciones de temperatura y salinidad en la laguna La Carbonera con el objetivo de conocer las variaciones temporales y espaciales de las características termohalinas en el sistema en relación a algunos forzantes como la marea.

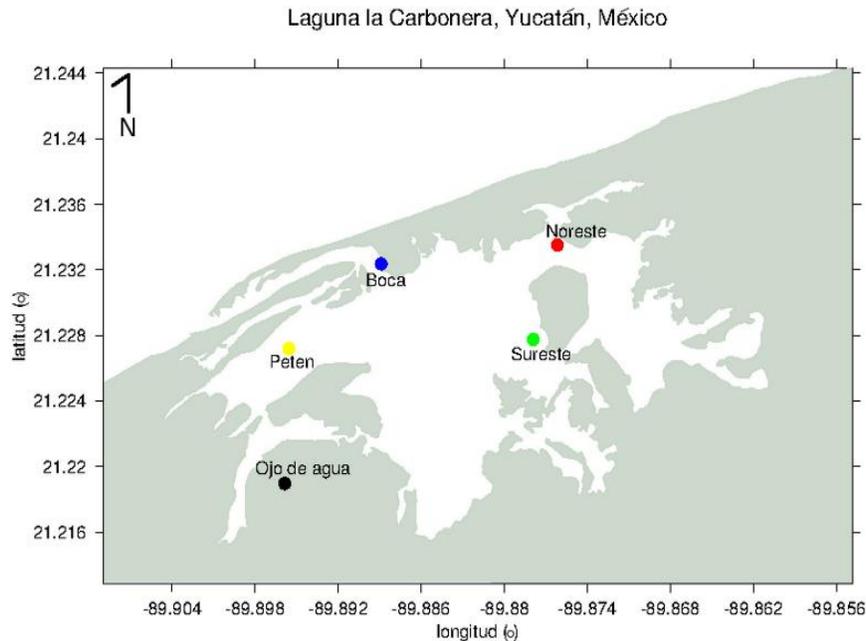
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Desde el 5 de septiembre del 2014 y hasta el 8 de mayo de 2015 se recopilaron datos de marea, atmosféricos, registros de conductividad y temperatura para avanzar en el entendimiento de la hidrodinámica de La Carbonera, Yucatán. La base de datos está conformada por mediciones de viento, precipitación, evaporación y presión atmosférica de una estación meteorológica ubicada en la Unidad Académica Sisal (UAS) de la UNAM. Registros del nivel del mar de la estación mareográfica ubicada en el puerto de abrigo de Sisal y datos continuos de salinidad, temperatura y nivel del agua colectados con CTD *divers* instalados en la laguna La Carbonera. Se colocaron cinco anclajes de CTD ubicados en la boca de la laguna, en el principal ojo de agua de DSA, en la parte central entre el ojo y la boca, al noreste y al sureste de la laguna (Fig. 1). Durante diversas campañas de campo se extrajeron los datos de los instrumentos y se les dio mantenimiento. Con los registros de presión absoluta y conductividad obtenidos por los CTD's se calculó el nivel del agua y la salinidad de cada sitio con programas de procesamiento generados para este fin mediante el software Matlab.

Los datos atmosféricos y de mareas fueron también procesados en Matlab para generar las bases de datos de clima marino y atmosférico. Se generaron gráficos de series de tiempo de cada variable (nivel,

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

salinidad y temperatura) en los cinco puntos de instalación de CTD's y su comportamiento temporal se relacionó con las distintas variables atmosféricas.



**Fig. 1:** Localización de instrumentos (CTD's) en el sistema lagunar La Carbonera, Yucatán. Los distintos colores hacen referencia a los colores en los gráficos de salinidad y temperatura (Figs. 2 y 3) para cada sitio de medición.

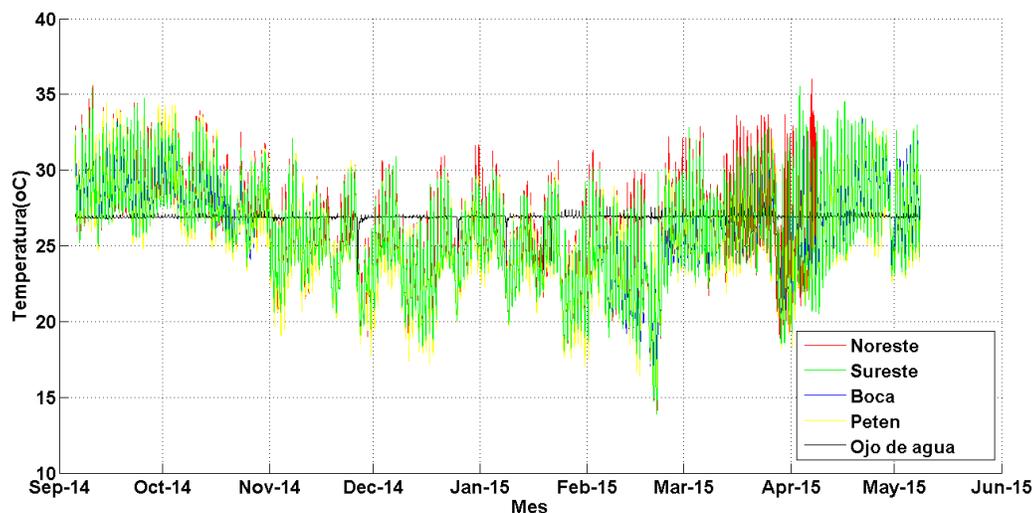
**RESULTADOS**

La Carbonera tiene una marcada variación espacial en cuanto a sus características termohalinas. Las distintas localidades instrumentadas con CTD's mostraron variaciones propias influenciadas por las características de su ubicación espacial en la laguna y por la variación del clima atmosférico a lo largo del año.

Las variaciones de la temperatura en los cinco puntos de muestreo son mostradas en la Fig. 2. Durante el tiempo de registro, la temperatura mostró variaciones entre los 15°C a los 37°C. El ojo de agua mostró una temperatura prácticamente constante durante todo el año, alrededor de los 25°C y 26°C, con algunos momentos de una disminución abrupta y de corta duración. Los valores máximos registrados

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

se presentaron al sureste de la laguna, con valores de 37°C. Durante los meses de noviembre a marzo toda la laguna, excepto en la zona del ojo de agua, muestra una ligera disminución de la temperatura (~4°C) con respecto a los meses de primavera y verano. El comportamiento de la temperatura registrada en las cuatro estaciones de la laguna (excluyendo la estación del ojo de agua) es muy similar en sus variaciones diarias. Es importante el hecho de que la variación diurna en la temperatura (5-10°C) supera a la variación estacional (3-6°C).

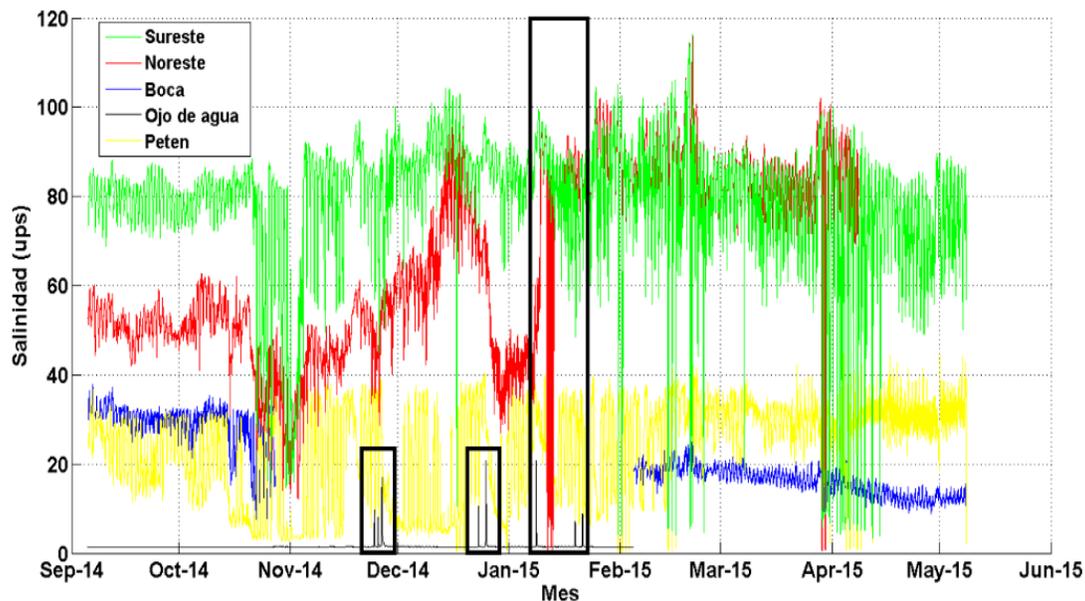


**Fig. 2:** Serie de tiempo de temperatura registrada por CTD's instalados en las localidades de La Carbonera, indicadas en la Fig. 1.

Los datos de salinidad (Fig. 3) muestran que existe una variación espacial importante dentro de la laguna con tres zonas diferenciadas en cuanto a este parámetro: condiciones de agua dulce en la zona del ojo de agua, una zona con características de estuario en la parte central desde la boca hacia el ojo de agua donde el agua marina tiene un claro gradiente de salinidad horizontal con variaciones diurnas pronunciadas; finalmente una zona dominada por una condición hiperhalina en el noreste y sureste de la laguna. Los valores registrados en estas zonas alcanzaron el máximo límite de detección del sensor de conductividad, que al ser convertido a salinidad e incorporar los valores de presión y temperatura registrados, sugieren datos de salinidad que fluctúan alrededor de 80 y ocasionalmente superan las 100 unidades (ups). El sitio del sureste registró la mayor salinidad (120 ups) durante la serie de tiempo,

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

mientras que el sitio del noreste mostró momentos de una marcada disminución en la salinidad durante enero, desde una condición hiperhalina (>80) hasta salinidad característica del agua marina (35 ups) y posteriormente aproximándose a adquirir características de agua dulce (salinidad cercana a cero). La menor variabilidad se presenta en sitio del ojo de agua donde se registró agua dulce prácticamente todo el tiempo. Sin embargo, en ese sitio se registran momentos de un incremento abrupto de salinidad desde agua dulce hasta alcanzar valores de alrededor de 20 ups. Las mayores variaciones de alta frecuencia (amplitud de oscilación de 15-40 ups en la salinidad) se observan en la región central, entre la boca y el ojo de agua. El anclaje instalado en esa región refleja que esa localidad es diariamente afectada tanto por agua marina como por agua dulce dependiendo de los distintos momentos de la marea. En contraste, las zonas al sureste y noreste presentan condiciones predominantemente hiperhalinas pero con frecuente dilución por agua marina y en ocasiones por agua dulce (Fig. 3).

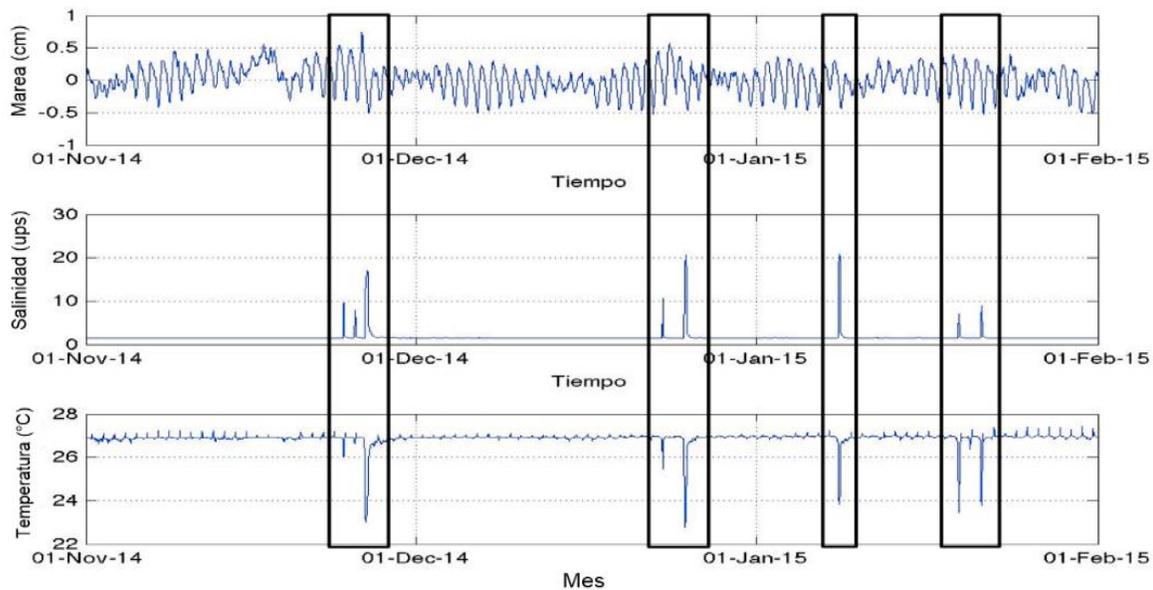


**Fig. 3:** Serie de tiempo de salinidad registrada por CTD's instalados en las localidades de La Carbonera, indicadas en la Fig. 1.

La hidrodinámica está influenciada por fenómenos meteorológicos que provocan cambios en las condiciones de temperatura, salinidad y nivel del agua.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

En el sitio del ojo de agua se muestran eventos abruptos de aumento de salinidad en distintos momentos de la serie de tiempo (Fig. 3). Este comportamiento está asociado al cambio en el nivel del agua y de acuerdo a los datos de marea registrados por el mareógrafo ubicado en el Puerto de Abrigo de Sisal; se observa que los niveles máximos del nivel del mar se relacionan a los momentos en los que el sensor localizado en el ojo de agua registra la presencia de agua marina. Esto tiene implicaciones importantes, siendo un riesgo de contaminación del agua dulce por intrusión salina como se discutirá en la siguiente sección. Estos eventos se presentaron durante mareas vivas y están asociados a disminuciones en la temperatura del agua en este sitio (Fig. 4).



**Fig. 4:** Relación entre las variaciones del nivel del mar y los eventos indicativos de intrusión salina a través del ojo de agua en La Carbonera: nivel del mar medido en la estación mareográfica de Sisal, Yucatán (arriba); registros de salinidad (medio) y temperatura (abajo) en el ojo de agua de La Carbonera.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## DISCUSIÓN

Las variaciones temporales y espaciales en la temperatura y salinidad fueron registradas en la laguna La Carbonera durante ocho meses. Para ambas variables los resultados muestran zonas de grandes variaciones a lo largo de la laguna. La mayor amplitud de oscilación se presenta en la parte central de la laguna. Jerónimo et al. (2012) reportaron que esta zona tiene variaciones de baja frecuencia en la temperatura y salinidad y sugieren que ésta es una zona de mezcla entre la zona dominada por el intercambio de agua con el mar (boca de la laguna) y la zona dominada por los aportes de agua subterránea (zona del ojo de agua); señalaron valores de amplitud de oscilación de hasta 16°C en la temperatura y de 20-40 ups en la salinidad, que son comparables con la amplitud de oscilación en la salinidad reportada en el presente trabajo.

Los valores máximos de temperatura encontrados durante el presente estudio se registraron al sureste de la laguna, mientras que los máximos valores de temperatura registrados por Jerónimo et al. (2012) fueron de 38°C, en la zona noreste. En cuanto a la salinidad, los valores más altos registrados por dichos autores están reportados para las partes más orientales de la laguna donde su máximo registro fue de 50 ups, dato que está por debajo de los registros del presente estudio (mayores a 80 ups). Esto puede deberse a que sus mediciones se realizaron en un sitio más cercano a la boca de la laguna mientras que para este estudio se fijaron dos estaciones en la parte oriental y ambas se situaron más retiradas de la boca lagunar.

Estudios disponibles de otras lagunas costeras del estado de Yucatán sugieren que de manera general la salinidad varía en gran medida dependiendo de la cantidad de agua dulce que entra al sistema en diferentes temporadas (secas y lluvias), y de la alta evaporación típica de zonas tropicales. Se han reportado valores máximos de salinidad de hasta 35 ppm para la laguna Celestún en temporada de secas (Ordóñez-López 1997). Un estudio exploratorio en algunas lagunas del estado reportó valores de hasta 45 ups en temporada de secas en la laguna Chelem, cercanos a los 40 ups en la laguna de Telchac en los meses de junio y julio, y valores de casi 40 ups en Bocas de Dzilam en marzo, teniendo todas ellas zonas con características hiperhalinas al menos en alguna temporada del año (Mariño y Enríquez 2011).

La región de la boca de La Carbonera presentó variabilidad intermedia en los valores de salinidad y temperatura (zona de influencia de agua marina), en concordancia con lo reportado por Jerónimo et al. (2012) quienes atribuyen esta escasa variación a la influencia de la marea astronómica registrada para dicha zona. Del mismo modo, la menor variabilidad tanto en temperatura como en salinidad encontrada en la zona oeste de la laguna (ojo de agua) coincidió con los valores reportados por Jerónimo et al. 2012 para la misma zona (cambios de alrededor de 1°C en la temperatura y de 0 a 8 ups en la salinidad). Esta estabilidad es posible debido a que la descarga del ojo de agua es un aporte directo del acuífero, ya que está en el subsuelo y se encuentra resguardado de los efectos de enfriamiento y calentamiento atmosférico. En este mismo sitio se registraron cambios abruptos en las señales de salinidad y

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

temperatura. Estos registros confirman intrusión salina, que ocurren en diferentes temporadas del año durante mareas vivas y se presentan como picos de incremento en la salinidad y disminución de temperatura. Este fenómeno ha sido reportado en otros sitios de la Península de Yucatán, en particular en un ojo de agua localizado en una laguna arrecifal en Quintana Roo, donde se observó la entrada de agua marina hacia el acuífero durante los picos más altos en la marea de sicigia (mareas vivas) (Parra et al. 2015) cuando el gradiente de presión hidráulico entre el acuífero y el océano es menor. La intrusión salina en este tipo de sitios (DSAs) depende tanto del gradiente de presión hidráulico como de los gradientes de densidad entre el océano y el acuífero y representa un riesgo grave de contaminación del agua dulce, especialmente ante la perspectiva del aumento en el nivel del mar y de la posible disminución del nivel del acuífero por la extracción excesiva de agua dulce (ACASA 2011; Werner et al. 2013).

En zonas kársticas y de bajo relieve, donde la alta permeabilidad y la porosidad de las rocas favorecen la penetración de sal, el riesgo de contaminación del agua dulce por intrusión salina ha sido reportado como un problema (Graniel et al. 2004; Vera et al. 2012). Estos eventos se deben a la disminución del gradiente de presión hidráulica del continente hacia el mar, debido a la sobreexplotación causada por la demanda de agua y a las anomalías de elevación del nivel del mar por marea y fenómenos meteorológicos.

La perspectiva de un aumento en el nivel del mar por cambio climático aumentaría la incidencia de estos eventos de intrusión salina (Van y Lee 2014).

## CONCLUSIONES

En la laguna La Carbonera existen tres zonas diferenciadas por sus valores de salinidad y temperatura. La zona del ojo de agua con salinidades típicas de agua dulce y temperatura menor que en el resto de la laguna durante la mayor parte del año. La zona central que presenta las mayores variaciones en dichos parámetros al recibir diariamente influencia del mar y de descargas continentales (del ojo de agua) dependiendo del distinto nivel de la marea. Y una zona que adquiere gradualmente características hiperhalinas durante la época de secas (parte oriental de la laguna). Los valores de salinidad registrados en este sistema superan los valores reportados para otros cuerpos costeros de Yucatán. En el ojo de agua, la descarga de agua del acuífero ocurre durante todo el año, interrumpida ocasionalmente durante eventos súbitos de corta duración que ocurrieron en la época de invierno. En esos momentos se observan incrementos puntuales intensos en los registros de salinidad en el ojo de agua (indicativos de intrusión salina), que coinciden con picos de disminución de temperatura. Un factor común a todos ellos fue el de ser precedidos por un momento de máximo nivel del mar durante mareas de sicigia.

Las DSAs modulan su intensidad de flujo (e incluso pueden invertirse) cuando gradiente hidráulico establecido entre el acuífero y el océano se disminuye. Este gradiente de presión responde a

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

una variedad de procesos incluyendo mareas, extracción de agua, recarga estacional y aumento del nivel del mar. Cada uno de estos procesos tiene un comportamiento particular en cada localidad que es necesario estudiar y conocer debido a que un aumento en la frecuencia y/o intensidad de eventos de intrusión salina representa un riesgo de contaminación para el agua dulce del acuífero.

## AGRADECIMIENTOS

A la Unidad Académica Sisal y al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. A Israel Medina y Alberto Sosa por el apoyo en trabajo de campo. A Xavier Chiappa Carrara y Javier Aldeco por la asesoría.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACASA (Atlantic Climate Adaptation Solutions Association). 2011. Saltwater intrusion and climate change. Prince Edward Island Department of Environment. Canada. 30 p.
- Barbier E, Constanza R y Twilley R. 1994. Lineamientos para la evaluación de humedales tropicales. Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central. Turrialba, Costa Rica. 63p.
- Grael E, Vera I y González L. 2004. Dinámica de la interface salina y calidad del agua en costa nororiental de Yucatán. Ingeniería. 8(3):15-25.
- Jerónimo G, Gómez-Valdés J, Badillo M, López-Aguilar K, Galindo C, Gallardo A, Loera J, Arrollo-Pedraza L y Chiappa-Carrara X. 2012. Variación estacional de temperatura y salinidad en la laguna la Carbonera, Yucatán, 2009-2010. En Recursos acuáticos costeros del sureste vol. II. Fondo mixto – CONACYT – Gobierno del estado de Yucatán. ISBN 978-607-9060-08-4. 71-88p.
- Mariño I y Enríquez C. 2011. Estudios batimétricos, hidrodinámicos y de calidad de agua en lagunas costeras de Yucatán. Reporte Técnico, Fondo mixto – CONACYT – Gobierno del estado de Yucatán, Clave: 00000000066254. 121p.
- Núñez-Fernández T. 2012. Contribuciones de las componentes astronómicas, meteorológicas y oceanográficas en el nivel del mar en el noroeste de la Península de Yucatán. Tesis de maestría. CINVESTAV-IPN.
- Ordóñez-López U. 1997. Análisis del ictiopláncton del sistema costero de Celestún, Yucatán. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y Estudios Avanzados- Mérida. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. B020. México, D. F. 72 p.
- Palacios-Sánchez SE y Vega-Cendejas ME 2010. Hábitos alimenticios en tres especies de *Spherooides* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) posterior al huracán Isidoro en bocana de la Carbonera, sureste del gofo de México. Revista de Biología Tropical. 58(4):1223-1235.
- Parra S, Valle-Levinson A, Mariño-Tapia I y Enríquez C. 2015. Salt intrusion at a submarine spring in a fringing reef lagoon. Journal of Geophysical Research, Oceans. 120:2736-2750. doi:10.1002/2014JC010459.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Van H y Lee S. 2014. Assessment of seawater intrusion potential from sea-level rise and groundwater extraction in a coastal aquifer. *Desalination and Water Treatment*. 53:2324-2338.
- Vera I, Mariño-Tapia I y Enríquez C. 2012. Effects of drought and subtidal sea-level variability on salt intrusion in a coastal karst aquifer. *Marine and Freshwater Research*. 63: 485-493.
- Vidal R. 2005. Regiones climáticas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de geografía. México. 216 p.
- Werner A, Bakker M, Post V, Vandenbohede A, Lu C, Ataie-Ashtiani B, Simmons C y Barry D. 2013. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Advances in water resources*. 51:3-26.

# REGISTRO DE BAJOS NIVELES DE OXÍGENO DISUELTO EN LA COSTA DE YUCATÁN, MÉXICO

Real-De-León Elizabeth, Granados-Puerto Silvia y Valdés-Lozano David  
Sergio

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida, Departamento Recursos del Mar. Km 6 Antigua Carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, México.

Email responsable: [dvaldes@mda.cinvestav.mx](mailto:dvaldes@mda.cinvestav.mx)

---

## RESUMEN

Se realizó una campaña en la región de la Plataforma Continental de la Península de Yucatán en 2011 para establecer la línea de base. A bordo del B/O Justo Sierra se tomaron muestras a 10 m de profundidad en 80 estaciones mediante botellas Niskin y registros de CTD. El oxígeno disuelto se midió con el CTD (Sea Bird) con el fluorómetro también se obtuvieron perfiles de pigmentos. Además en las muestras colectadas se determinó el oxígeno disuelto a bordo con un oxímetro YSI 5000 y el pH con potenciómetro y electrodo marca Orion. En las muestras transportadas al Cinvestav Mérida se analizó carbono orgánico disuelto y particulado y el nitrógeno total mediante demanda de oxígeno, oxidación ácida con Persulfato y métodos colorimétricos y gravimétricos. Carbono disuelto, particulado y nitrógeno total presentaron valores normales ( $0.25 \pm 0.18$ ,  $0.27 \pm 0.13$  y  $0.31 \pm 0.39$  mg/l respectivamente). En esta campaña del 2011 fue detectada una zona con niveles bajos de pH y oxígeno disuelto que abarcó cinco estaciones frente a Isla Holbox, en particular la estación N-66 con  $\text{pH}=7.72$ , oxígeno disuelto=0.53 mg/l y saturación de este gas de 7.7%. El fluorómetro registró valores mayores a  $10 \text{ mg/m}^3$  en toda la columna de agua de esta estación. Este registro de niveles bajos de oxígeno disuelto y pH es una señal de que en esta región las concentraciones de la materia orgánica disuelta y suspendida se elevaron en ciertas zonas en ciertos períodos de tiempo, muy probablemente por florecimientos algales. Debe de continuarse con la vigilancia y ampliarse con más indicadores.

**Palabras clave:** Golfo de México, pH, Oxígeno disuelto, carbono orgánico.

## ABSTRACT

A study in the Continental Shelf of the Yucatán Peninsula was carried out in 2011 in order to obtain a base line. Aboard the R/V Justo Sierra water samples were taken at 10 m depth in 80 stations and CTD

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

records. Dissolved oxygen and pigment profiles were obtained with CTD. Beside in the collected water samples the dissolved oxygen was measured on board with an YSI 5000 oxygen instrument and pH with an Orion potentiometer and electrode. At CINVESTAV Mérida laboratory, the dissolved and particulate organic carbon and total nitrogen were estimated by means of biochemical oxygen demand, acid oxidation with persulfate and colorimetric and gravimetric methods. Dissolved and particulate organic carbon and total nitrogen were in the normal range ( $0.25 \pm 0.18$ ,  $0.27 \pm 0.13$  y  $0.31 \pm 0.39$  mg/l in that order). The study detected a zone with very low levels of pH and dissolved oxygen that covered five coastal stations front Holbox Island, in particular N-66 station with pH=7.72, dissolved oxygen =0.53 mg/l and 7.7% saturation. The CTD fluorometer recorded values over  $10 \text{ mg/m}^3$  in the entire column of this station. Those levels were probably generated by algal blooms, organic matter accumulation and its decomposition in determined moments and local points. The monitoring must continue with more indicators.

**Keywords:** Gulf of Mexico, pH, dissolved oxygen, organic carbon.

## INTRODUCCION

A nivel global las aguas de los océanos se caracterizan por tener oxígeno disuelto en concentraciones muy cerca de la saturación (Broecker 1974). Por otro lado, el estudio detallado ha revelado la existencia de zonas de hipoxia, las cuales son cada vez más frecuentes a nivel mundial. En el Golfo de México también se presentan y una de las mas estudiadas es la que está contigua a la desembocadura del río Mississippi (Rabalais et al. 2002). También en las costas de Tabasco se han encontrado niveles bajos de oxígeno asociados a las desembocaduras de ríos (Signoret et al. 2006).

La hidrología, calidad del agua y condiciones ambientales generales de los ecosistemas de la zona costera, son importantes factores para la ecología y las actividades humanas. Estas actividades tienen el común denominador de modificar el sistema hidrológico desbalanceando los procesos de aporte-acumulación y procesamiento-exportación de nutrientes con cambios en la calidad de agua, la cual se refleja generalmente en forma de un aumento desproporcionado en la producción primaria y condiciones de hipoxia en las zonas costeras someras (Diaz y Rosenberg 2008), originando menor calidad ambiental para un adecuado funcionamiento del ecosistema, conociéndose a este proceso como eutrofización (Herrera-Silveira et al. 1998).

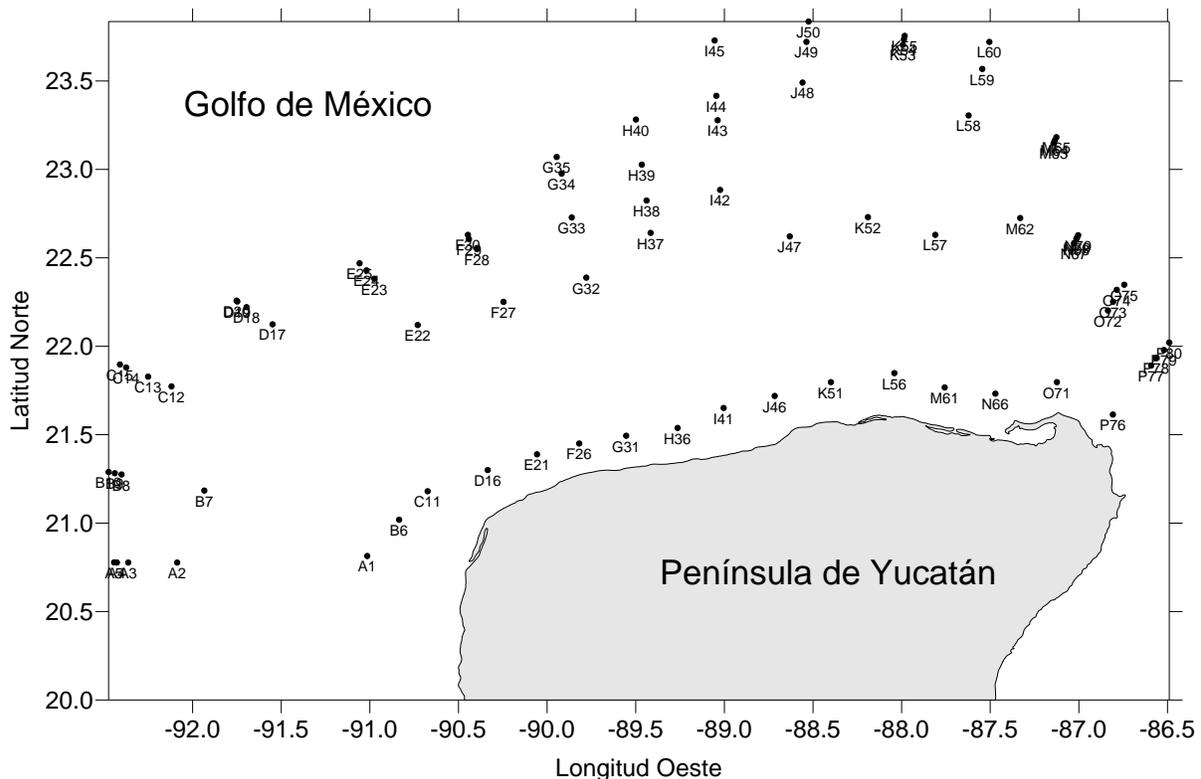
Por lo anterior el objetivo del presente estudio es analizar las variaciones espaciales de oxígeno disuelto, pH, carbono orgánico y nitrógeno total, en la zona de la plataforma de la Península de Yucatán ocurridas en 2011. Identificar las relaciones entre los registros obtenidos y las posibles causas de los valores bajos de pH y oxígeno encontrados.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**MATERIAL Y MÉTODO**

El área de estudio, las aguas sobre la Plataforma Continental de la Península de Yucatán, se caracterizan por ser someras (menos de 200 m), temperaturas cálidas (25-30 °C) con elevada salinidad entre 35 y 37 y corrientes permanentes hacia el oeste (UNAM, 1990). Frente a Cabo Catoche se presenta una surgencia estacional que lleva nutrientes a la región y favorece la producción primaria (Merino 1997, Ruiz-Renteria1979).

Del 23 septiembre al 3 octubre de 2011 se realizó la campaña GOMEX-2011 a bordo del B/O Justo Sierra. En ella se muestrearon 80 estaciones en 16 transectos perpendiculares a la costa, comenzando frente a Celestún en el lado poniente de la península y terminando frente a Cabo Catoche en el oriente. Los sitios de muestreo (Fig. 1), se determinaron en base a la profundidad, buscando las isobatas de 15, 50, 100, 150 y 200 m.



**Fig. 1:** Zona de estudio de la campaña Gomex 2011 y las estaciones muestreadas.

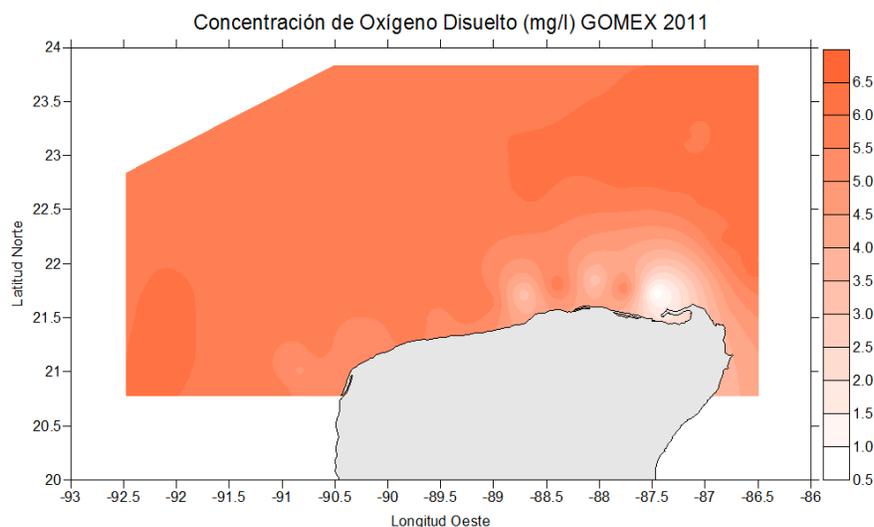
**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

En cada estación se lanzó la roseta y se tomaron muestras a 10 m de profundidad mediante botellas Niskin y registros de CTD. El oxígeno disuelto se midió con el CTD (Sea Bird) con el fluorómetro también se obtuvieron perfiles de pigmentos y además en las muestras colectadas se determinó el oxígeno disuelto a bordo con un oxímetro YSI 5000 y también el pH con potenciómetro y electrodo marca Orion,. En las muestras transportadas al CINVESTAV Mérida se analizó carbono orgánico disuelto y particulado y el nitrógeno total mediante demanda de oxígeno, oxidación ácida con persulfato y métodos colorimétricos y gravimétricos (Strickland y Parsons 1972; Stirling 1985; Parsons et al. 1984).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

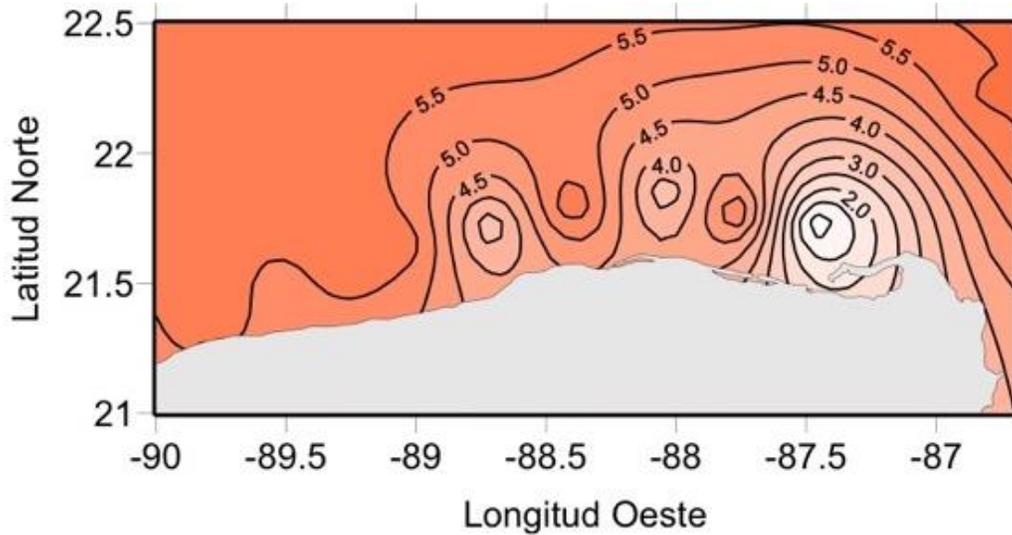
Carbono orgánico disuelto, particulado y nitrógeno total presentaron valores altos de manera general ( $0.25 \pm 0.18$ ,  $0.27 \pm 0.13$  y  $0.31 \pm 0.39$  mg/l respectivamente). Estudios recientes a nivel global, reportan que el carbono orgánico disuelto tiene concentraciones en aguas superficiales del Atlántico alrededor de 0.08 mg/l (Hansell et al. 2009; Martiny et al. 2014).

En este estudio se encontró una zona con niveles bajos de pH y oxígeno disuelto que abarcó cinco estaciones frente a Isla Holbox, en particular la estación N-66 con pH=7.72, oxígeno disuelto=0.53 mg/l y saturación de este gas de 7.7%. En la campaña estas variables tuvieron valor medio y desviación estándar de: pH= $8.00 \pm 0.11$ , oxígeno disuelto= $5.71 \pm 0.86$  mg/l y saturación de este gas de  $87.8 \pm 13.6\%$ . Las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 muestran la distribución espacial de estas variables y del carbono orgánico disuelto.

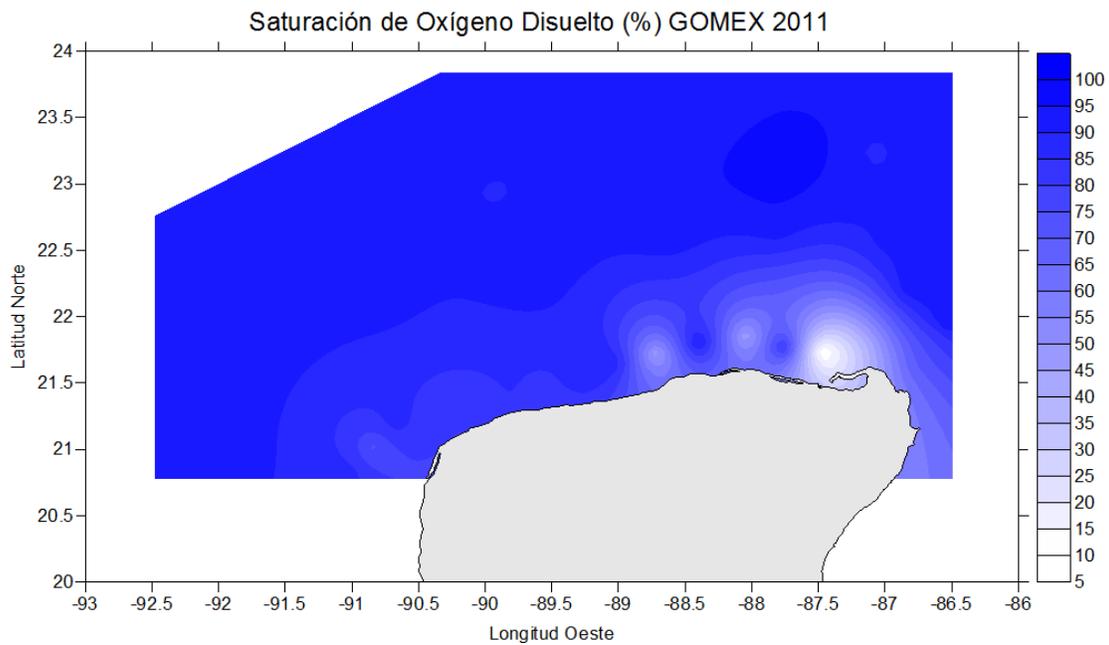


**Fig. 2:** Mapa de las concentraciones de oxígeno disuelto en la campaña Gomex 2011.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

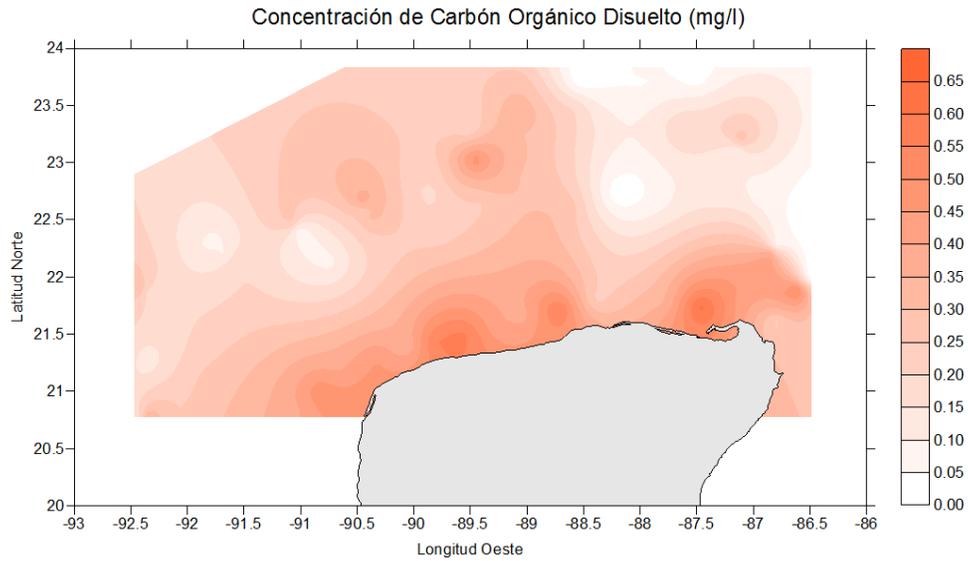


**Fig. 3:** Mapa de las concentraciones de oxígeno disuelto en la región que presentó bajos niveles.

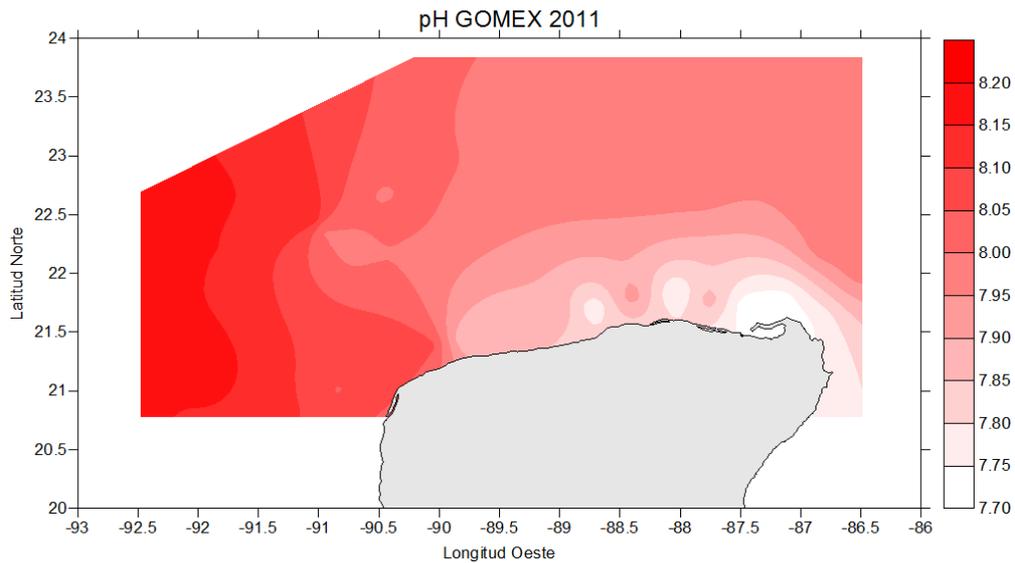


**Fig. 4:** Mapa de las niveles de saturación de oxígeno disuelto en la campaña GOMEX 2011.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 5:** Mapa de las concentraciones de carbono orgánico disuelto en la campaña Gomex 2011.



**Fig. 6:** Mapa de los niveles de pH en la campaña Gomex 2011.

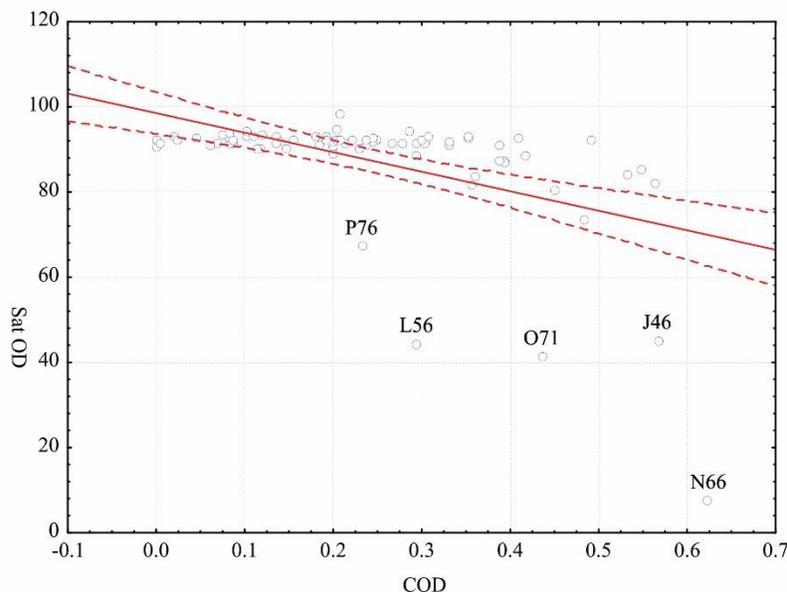
**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

El análisis estadístico multivariado mediante técnica Cluster, usando las variables pH y saturación de oxígeno, separó claramente la estación N66 del resto y también agrupó las estaciones O71, L56, P76 y J46. Estas cinco estaciones, además de estar en la misma región costera cercana a Cabo Catoche presentaron valores de pH menores a 7.8 y saturación menor de 65%.

Las correlaciones entre pH, oxígeno disuelto y concentraciones de carbono disuelto y particulado fueron significativas. Destacan entre las más altas pH-Saturación de oxígeno ( $r=0.61$ ) y entre Carbono orgánico disuelto y Saturación de oxígeno ( $r=-0.51$ ) como puede observarse en las figuras 7 y 8.

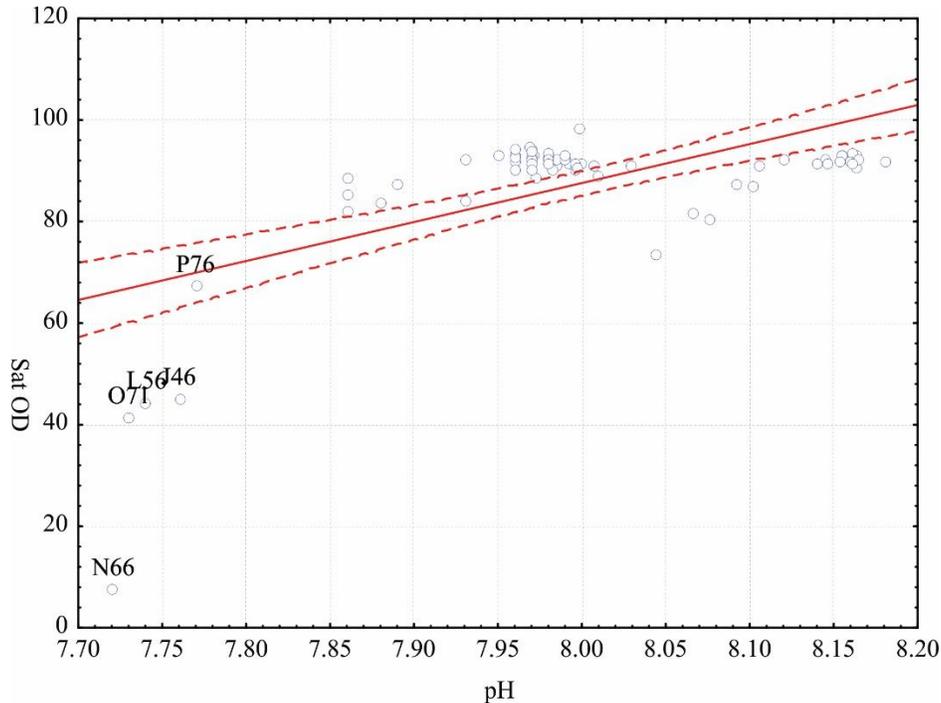
En la estación N66, que tuvo los mínimos de pH y oxígeno disuelto, el fluorómetro del CTD registró valores de pigmentos mayores a  $10 \text{ mg/m}^3$  en toda la columna de agua. Las concentraciones de nitrógeno total, carbono orgánico disuelto y particulado fueron 0.62, 0.62 y 1.03 mg/l, las tres arriba del promedio de la campaña y la del carbono orgánico disuelto fue el valor máximo de todas las estaciones.

Estos bajos niveles de oxígeno y pH pudieran ser debidas a intrusiones naturales de masas de agua con esas características (Booth et al. 2012) aunque es más probable que se generaron por florecimientos algales, los cuales son frecuentes en esta región (Herrera-Silveira 2013; Hu et al. 2011; Ortigón et al. 2011; Hernández-Becerril et al. 2007; Cortes et al. 1995) y que a su vez provocaron acumulación de materia orgánica y su degradación consumiendo oxígeno y liberando bióxido de carbono el cual al convertirse en ácido carbónico baja el pH (Gobler et al. 2014).



**Fig. 7:** Gráfico mostrando la correlación significativa entre los niveles de saturación de oxígeno (%) y las concentraciones del carbono orgánico disuelto (mg/l) en la campaña Gomex 2011. Se muestran las estaciones que presentaron las saturaciones menores.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 8:** Gráfico mostrando la correlación significativa entre los niveles de saturación de oxígeno (%) y los niveles de pH en la campaña Gomex 2011. Se muestran las estaciones que presentaron las saturaciones y los valores de pH menores.

Para la región de estudio la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios del gobierno de México, reportó “Marea Roja” del 22 de julio al 16 de diciembre de 2011, en la costa de Yucatán, identificando las especies *Scrippsiella trochoidea* *Pleurosigma* y *Cylindrotheca closterium* (COFEPRIS 2011). Imágenes de satélite del color de los océanos, registraron las altas concentraciones de clorofila en la costa de la Península de Yucatán en este período (NOAA 2011) y que se confirmaron directamente en el campo (Ortegón et al. 2011).

Las zonas de hipoxia son cada vez más frecuentes a nivel mundial (Diaz y Rosenberg 2008). En el Golfo de México se presentan cerca de la desembocadura del Mississippi, ocurren cada verano y tiene una extensión que fluctúa entre 200 y 250 mn (Rabalais et al. 2002). En las costas de Tabasco también se han encontrado niveles bajos de oxígeno asociados a las desembocaduras de ríos (Signoret et al. 2006). En este estudio la región con los valores bajos de oxígeno disuelto alcanzó 100 mn entre las estaciones J46 y P76.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## CONCLUSION

En la campaña realizada en el Golfo de México al norte de la Península de Yucatán en el año 2011 fue detectada una amplia zona con niveles bajos de pH y oxígeno disuelto que abarcó cuatro estaciones frente a Isla Holbox, en particular la estación N-66 con pH=7.72, oxígeno disuelto=0.53 mg/l y saturación de este gas de 7.7%. El fluorómetro registró valores mayores a 10 mg/m<sup>3</sup> en toda la columna de agua de esta estación. Las concentraciones de nitrógeno total, carbono orgánico disuelto y particulado fueron 0.62, 0.62 y 1.03 mg/l en la mencionada estación, las tres arriba del promedio de la campaña y la del carbono orgánico disuelto máximo de todas las estaciones. Estos niveles de pH y oxígeno disuelto son preocupantes y probablemente se generaron por florecimientos algales, acumulación de materia orgánica y su degradación. Este registro de niveles bajos de oxígeno disuelto y pH es una señal de que en esta región las concentraciones de la materia orgánica disuelta y suspendida se elevaron en ciertas zonas en ciertos períodos de tiempo. Debe de continuarse con la vigilancia y ampliarse con más indicadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Booth JAT, McPhee-Shaw E, Chua P, Kingsley E, Denny M, Phillips R, Bograd S, Zeidberg L y Gilly W. 2012. Natural intrusions of hypoxic, low pH water into near shore marine environments on the California coast. *Continental Shelf Research* 45, 108–115.
- Broecker WS. 1974. *Chemical Oceanography*. H.B. Jovanovich Inc. 214 p.
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios). 2011. <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Documents/MareaRoja/FAN2011.pdf>
- Cortes-Altamirano R, Hernández-Becerril DU y Luna-Soria R. 1995. Red tides in Mexico: a review. *Rev Latinoam Microbiol* 1995 Oct-Dec;37(4):343-52.
- Diaz RJ y Rosenberg R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321, 926. DOI: 10.1126/science.1156401.
- Gobler CJ, DePasquale EL, Griffith AW, Baumann H. 2014. Hypoxia and acidification have additive and synergistic negative effects on the growth, survival, and metamorphosis of early life stage bivalves. *PLoS ONE* 9(1): e83648. doi: 10.1371/journal.pone.0083648
- Hansell DA, Carlson CA, Repeta DJ y Schlitzer R. 2009. Dissolved organic matter in the ocean: New insights stimulated by a controversy. *Oceanography*, 22: 52-61.
- Hernández-Becerril DU, Alonso-Rodríguez R, Álvarez-Gongora C, Barón-Campis S, Ceballos-Corona G, Herrera-Silveira J, Del Castillo M, Juárez-Ruiz N, Merino-Virgilio F, Morales-Blake A, Ochoa J, Orellana-Cepeda E, Ramírez-Camarena C y Rodríguez-Salvadoro R. 2007. Toxic and harmful marine phytoplankton and microalgae (HABs) in Mexican Coasts. *J. Environ. Sci. Health Part A—Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.* 42 (10), 1349–1363.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Herrera-Silveira JA, Comín FA, López S y Sánchez I. 1998. Limnological characterization of aquatic ecosystems in Yucatan (SE Mexico). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1348-1351.
- Herrera-Silveira JA. 2013. Mareas rojas en las costas de Yucatán. <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap6/02 Mareas rojas.f>
- Hu C, Cannizzaro J, Carder KL, Lee Z, Muller-Karger FE y Soto I. 2011. Red tide detection in the Eastern Gulf of Mexico using MODIS imagery. En: Morales J, Stuart V, Platt T y Sathyendranath S. (Eds.). *Handbook of Satellite Remote Sensing Image Interpretation: Applications for Marine Living Resources Conservation and Management*, EU PRESPO and IOCCG, Dartmouth, Canada.
- Martiny AC, Vrugt JA y Lomas MW. 2014. Concentrations and ratios of particulate organic carbon, nitrogen, and phosphorus in the global ocean. *Sci. Data* 1:140048 doi: 10.1038/sdata.2014.48.
- Merino M. 1997. Upwelling on the Yucatan Shelf: Hydrographic evidence. *J. Mar. Syst.* 13 (1–4),101–121.
- NOAA. 2011. <http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/color.html>
- Ortegón I, Rosado A, Arjona A y Aguilar A. 2011. La marea roja en la costa norte de la Península de Yucatán. *Bioagrobiencias*. Vol. 4. No. 2, julio - diciembre de 2011.
- Parsons TR, Maita Y y Lalli CM. 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press. England. 173 pp.
- Rabalais NN, Turner RE, Dortch Q, Justic D, Bierman VJ y Wiseman JW. 2002. Nutrient-enhanced productivity in the northern Gulf of Mexico: past, present and future. *Hydrobiologia*. 475/476: 39–63.
- Ruiz-Renteria F.1979.Upwelling north of the Yucatan Peninsula. *MSc. Thesis. Texas A&M University*. 86pp.
- Signoret M, Monreal-Gómez MA, Aldeco J, Salas-De-León DA. 2006. Hydrography, oxygen saturation, suspended particulate matter, and chlorophyll-a fluorescence in an oceanic region under freshwater influence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69 153-164.
- Stirling HP. 1985. *Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculturalists*. Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling FK94LA Scotland. 118 pp.
- Strickland JDH y Parsons TR. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (Second Edition), 310 pp.
- UNAM. 1990. Instituto de Geografía. UNAM. *Atlas Nacional de México*. IV.9.1. Naturaleza. Oceanografía. Oceanografía Física 1 y 2, Oceanografía Química. Mapas de Masas de Agua y Mareas de los Mares Mexicanos.

## EFICIENCIA DE CASITAS CUBANAS PARA LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804) EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE ALACRANES, YUCATÁN.

Santana-Cisneros Mariana<sup>1</sup>, Tuz-Sulub Armin<sup>1</sup> y Velázquez-Abunader José  
Iván<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 15.5 carretera Mérida- Xmatkuil, Apartado postal 4-116, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida. Km. 6 Antigua carretera a Progreso, Apartado postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

Email responsable: [santana.cisneros.ml@gmail.com](mailto:santana.cisneros.ml@gmail.com)

---

### RESUMEN

La evaluación de stocks, en especies de alto valor pesquero, es fundamental para su gestión. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la captura de langosta espinosa *Panulirus argus* a través de casitas cubanas en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA). Para los estudios de la langosta espinosa en PNAA se utilizaron 47 casitas cubanas las cuales fueron instaladas en tres tipos de sustrato obteniendo la siguiente distribución: 21 casitas en coral de baja densidad, 18 casitas en pastos marinos y 8 casitas en coral de alta densidad. Se realizaron muestreos mensuales durante un ciclo anual (julio 2014-Septiembre 2015). Se evaluó la capturabilidad de la langosta espinosa con las casitas cubanas, esto con la finalidad de determinar la eficiencia de este arte de pesca en el PNAA. Los resultados registraron una marcada preferencia de las langostas a las casitas colocadas en sitios con pastos marinos y coral con baja densidad. Se encontró que la baja captura de langosta espinosa al inicio del muestreo, a través de casitas cubanas, pudo deberse al inicio de la temporada de pesca de este recurso (julio- febrero), las características de hábitats que presenta el PNAA, así como la altura de la casita cubana y el sitio elegido donde fueron colocadas, lo que pudo ocasionar la remoción de los ejemplares o en su caso la poca selección de la casita cubana por las langostas.

**Palabras clave:** Capturabilidad, cobertura marina, *Panulirus argus*

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

**ABSTRACT**

Stock assessment in fishing species of high value, it is essential for management. This study aims to assess the spiny lobster catch *Panulirus argus* through casitas cubanas in the Arrecife Alacranes National Park (AANP). For studies of spiny lobster in AANP were used 47 casitas cubanas which were installed in three types of substrate the following distribution: 8 in high density coral, 21 low density coral and 18 in seagrasses. Sampling were made monthly during an annual cycle (July 2014-September 2015). Catchability spiny lobster was evaluated with casitas cubanas, to determine the efficiency of this gear in the AANP. It was found that the low catch spiny lobster to start sampling, through casitas cubanas, could be due to the start of the open season of this resource (July-February), the characteristics of habitats presented by NAPA and the height of casitas cubanas and the sampling saies, which could result in removal of specimens, or the small selection of casitas cubanas by spiny lobster individuals.

**Keywords:** Catchability, marine coverage, *Panulirus argus*.

**INTRODUCCIÓN**

La langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille 1804) representa una pesquería de alto valor económico (Tourinho et al. 2012) ya que genera cerca de 500 millones de dólares anuales, con capturas que fluctúan entre las 35,000 y 40,000 toneladas en el océano Atlántico occidental (Cruz 2002). En México, en particular en el estado de Yucatán, esta pesquería ocupa el tercer lugar de importancia pesquera con un ingreso aproximado de seis millones de dólares anuales (Ríos-Lara y Salas 2009). La pesquería de langosta espinosa en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) aporta entre el 15 y 20% de la captura total de esta pesquería en Yucatán (Colás et al. 2002; Bello-Pineda et al. 2005).

La langosta espinosa presenta una vida bentónica, asociada fuertemente a los arrecifes de coral y rocas (Evans et al. 1995), por lo que su distribución y abundancia están influenciadas mayormente por este tipo de hábitats (Wynne y Cote 2007). Una de las técnicas de captura, a profundidades no mayores de los 10 metros, es mediante buceo semiautónomo y/o libre, con ayuda de un gancho o de casitas cubanas. Para su captura en sitios con profundidades mayores a los 10 metros se usan trampas plegables (Tewfik et al. 1998; Ríos-Lara et al. 2013). Los refugios artificiales tipo “casitas cubanas” son estructuras construidas por el hombre e instaladas en el ambiente marino, en la actualidad se han utilizado para aumentar los volúmenes de captura de las langostas, ya que al imitar grandes refugios de tipo hendidura permiten un mayor reclutamiento. En México esta técnica de captura es aplicada para captura comercial en Quintana Roo (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 2001).

La tecnología pesquera está en continua evolución y la eficiencia de las capturas aumenta constantemente; debido a lo anterior, la evaluación y gestión de las poblaciones pesqueras han adquirido

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

mayor importancia (FAO 1997). El excesivo esfuerzo pesquero, representado tanto en el número de trampas utilizadas como por la eficiencia individual (números de organismos capturados) de cada una de ellas (Arana 1983; Arana y Vega 2000), así como la extracción de ejemplares bajo la talla mínima legal, son parámetros a considerar para el efecto que puede tener en el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros (Silva y Cerda 1984; Arana 1985; 1987; Arana y Vega 2000).

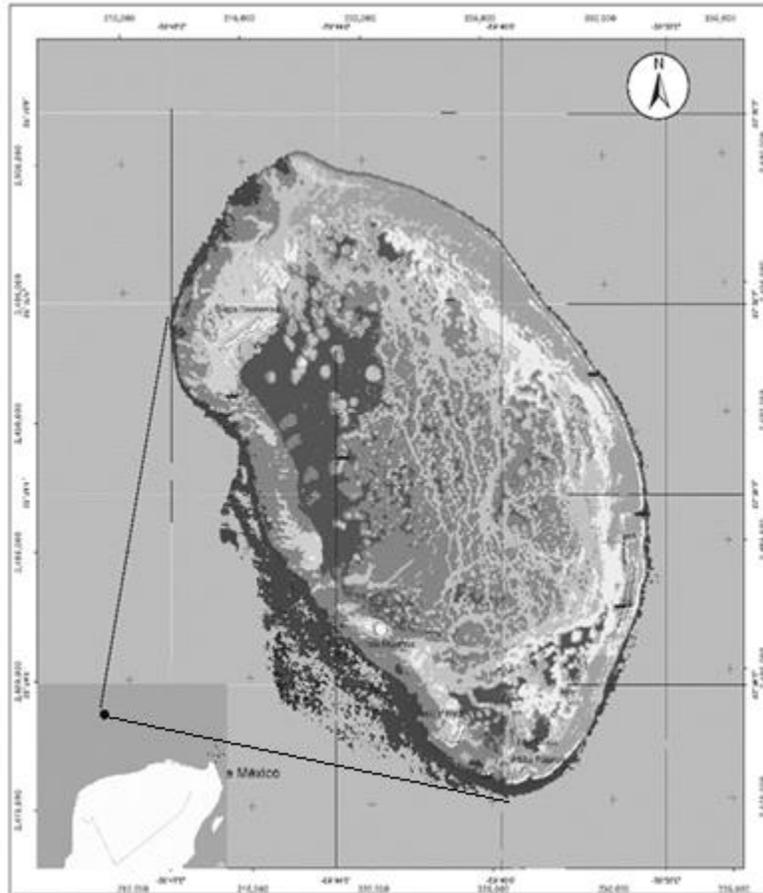
La capturabilidad  $q$  es un parámetro biológico-pesquero clave, se ha definido como una medida de la interacción entre la abundancia de los recursos y el esfuerzo de pesca y fue desarrollada para conocer la eficiencia de las artes de pesca o para encontrar la relación entre el tamaño de la población y el esfuerzo pesquero (Arreguín-Sánchez 1996). La capturabilidad no puede ser constante, sino que presenta diversas fuentes de variación que están asociadas con la abundancia, comportamiento de los organismos, la biología de poblaciones, su dinámica, la calidad y la cantidad de esfuerzo de pesca, la estrategia de pesca y las condiciones ambientales, entre otros factores que interactúan con el coeficiente de capturabilidad. El supuesto común en la evaluación de pesquerías es que  $q$  permanece constante a través del tiempo, el tamaño del individuo y el espacio lo que podría enmascarar el efecto de las artes de pesca o flota, en su caso, el comportamiento de los organismos (Velázquez-Abunader et al. 2013). El objetivo de este estudio fue analizar la capturabilidad de las casitas cubanas para la langosta espinosa con la finalidad de evaluar su eficiencia en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), ya que su instalación en el 2014 se realizó para proporcionar a los pescadores una mejor técnica de captura.

## **MATERIAL Y METODO**

El Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) (Fig. 1), es un Área Natural Protegida (ANP) que se encuentra localizada en la parte central de la plataforma de Yucatán aproximadamente a 140 km al norte del puerto de Progreso, Yucatán, entre los paralelos 22°21' - 22°34' de latitud norte y los meridianos 89°36' - 89°47' de longitud oeste. Constituye el mayor complejo arrecifal del sureste del Golfo de México, catalogado como un arrecife coralino de tipo emergente y de forma oval que cubre un área aproximada de 390 km<sup>2</sup>, con una longitud y anchura máximas de 26.5 y 14.8 km, respectivamente (De la Cruz-Aguero et al. 1993; Bello-Pineda 1998). Esta área marina es una importante zona para la reproducción, refugio y alimentación de diversas especies, varias de ellas de gran valor económico para la región como lo son la langosta espinosa, el pulpo y el mero (Colás et al. 2002).

El monitoreo mensual de casitas cubanas se realizó de julio 2014 a septiembre 2015. Del cual se obtuvieron langostas en diciembre, marzo, abril, agosto y septiembre. Debido al bajo número de captura, las langostas fueron clasificadas en dos periodos el primero abarcando de diciembre a abril y el segundo agosto y septiembre, esto para poder realizar el análisis de capturabilidad.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig.1:** Ubicación del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán (Bello-Pineda 1998).

Previamente para la instalación de casitas cubanas se definieron 47 sitios en zonas relevantes para el proyecto basado en la clasificación de Bello-Pineda (1998) para los tipos de fondo en PNAA, lo anterior con la intención de evaluar las zonas óptimas de captura de langosta en el PNAA mediante este dispositivo. En este estudio se tomó la decisión de colocar casitas cubanas en zonas de alta densidad de coral debido a que son las zonas en las que obtienen langosta los pescadores con gancho y por ser el hábitat que se caracteriza por una mayor abundancia de langostas, de igual forma se decidió colocar casitas cubanas en zonas de coral de baja densidad y en pastos marinos para la evaluación de la eficiencia de este dispositivo en el PNAA. Cada sitio fue georreferenciado con un GPS (Global Positioning

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

System). De lo cual se obtuvo la siguiente distribución: 21 casitas en coral de baja densidad, 18 casitas en pastos marinos y ocho casitas en coral de alta densidad.

Cada unidad de casita cubana tiene las siguientes características: un área de ocupación de 0.81 m<sup>2</sup> (0.90cm x 0.90 cm), una altura de 20 cm y 15 cm de sombra y un peso aproximado de 60 kg.

Los sitios de estudio de casitas cubanas registraron un intervalo batimétrico de 0.5 a 6 m. En cada muestreo se registró el tiempo de inmersión (el cual fue cuando el buzo se sumergía y salía con la langosta), la profundidad con una sonda portátil sumergible PS-7.

Se recolectaron muestras de la langosta espinosa en las casitas cubanas mediante la ayuda de una red tipo jamo. Se determinaron las variables morfológicas de longitud abdominal y sexo de las langostas para un posterior análisis de acuerdo a los criterios de Holthius (1991) y Cruz (2002).

El análisis de información permitió determinar la proporción macho-hembra (M:H), con la finalidad de establecer si la proporción difiere significativamente de 1:1, aplicando una prueba de bondad de ajuste, usando el estadístico de chi-cuadrada ( $\chi^2$ ) con un  $\alpha = 0.05$ .

Se utilizó un análisis de capturabilidad ( $q$ ) tomando en cuenta los criterios de Arreguín-Sánchez (1996); Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999); López-Rocha y Arreguín-Sánchez (2008) y Velázquez-Abunader et al. (2013). Determinando los intervalos de tallas de la LA para las langostas capturadas por casitas cubanas y utilizando la CPUE (número de langostas capturadas por casitas en una hora de pesca). Para la realización de las estimaciones se utilizó el programa Catchability (Martínez-Aguilar et al. 1999).

Los valores de  $q$  por tamaño se estimaron según Arreguín-Sánchez (1996) y Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999), que se basa en la matriz de transición Leslie's (Shepherd 1987) en la forma:

$$N(\ell, t + 1) = A(\ell, k)N(\ell, t) \dots (1)$$

Donde:

$k$  y  $\ell$  fueron los intervalos sucesivos de la longitud abdominal (LA),

$N(\ell, t)$  es el tamaño de la población en el momento  $t$ ,

$A$  será la matriz de transición, que depende directamente de crecimiento y mortalidad.

Para llevar a cabo este análisis, la distribución mensual de frecuencia LA de *P. argus* se estimó por la técnica de captura. La distribución de frecuencias de LA se expresará en términos de CPUE y se utilizó  $A$  en lugar de  $N$ . Para este caso CPUE se definió como el número de organismo para el intervalo de tallas capturado por casita en una hora de pesca.

De acuerdo con Shepherd 1987 se utilizó la siguiente ecuación para estimar  $A$ :

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

$$A(\ell, k) = G(\ell, k)S(k) \dots\dots(2)$$

Donde

$G$  fue la matriz que indica el efecto del crecimiento en ausencia de mortalidad

$S(k)$  será la supervivencia y el efecto de la técnica de captura para el intervalo de tamaño de orden  $k$ .

Con el fin de estimar  $G$ , se asumió que la langosta presentó un crecimiento que puede ser explicado por la ecuación de von Bertalanffy, y la matriz se construyó mediante la asignación de las probabilidades de crecimiento para cada uno de los intervalos LA de acuerdo con los criterios propuestos por Shepherd (1987).

Por otro lado, la matriz de supervivencia  $S(k)$  se estimó en términos de mortalidad:

$$S(k) = e^{-Z(k)t} = e^{-[M+q(k,t)s(k)f(t)]} \dots\dots(3)$$

Donde

$Z(k, t)$  fue la tasa de mortalidad instantánea para el intervalo de LA en el momento  $t$ ;

$M$  es la mortalidad natural, que se supone que es constante a través del tiempo, se utilizó el valor  $L_{\infty} = 32$  cm,  $K = 0.29$  y  $M = 0.28$  (González-Cano 1991; Zetina y Ríos-Lara 1998);

$s(k)$  es el parámetro de selección de la técnica de captura, que para este caso se supuso que será constante ( $s = 1$ );

$f(t)$  es el esfuerzo pesquero expresado en horas de pesca eficaces en el momento  $t$ ;

$q(k, t)$  es la capturabilidad diferenciada para el intervalo de LA.

Por sustitución simple, la ecuación final se convierte en:

$$N(\ell, t + 1) = \sum_k G(\ell, k) e^{-[M+q(k,t)s(k)f(t)]} N(k, t) \dots\dots(4)$$

Con el conocimiento de todos los componentes en la ecuación 4, el valor de  $q(k, t)$  se estimó por aproximación numérica hasta que se encuentre el valor de  $q$  igual a la ecuación (Martínez-Aguilar et al. 1999).

Del mismo modo, se realizó un análisis para cada  $q$  en el tamaño propuesto por Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) con respecto a la media de cada técnica de captura para cada mes; esto se calculó a través de:

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

$$\ln[CPUE(\ell)/CPUE(\ell,\bullet)] = \ln[q(\ell)/q(\ell,\bullet)]\dots\dots(5)$$

Donde:

CPUE ( $\ell$ ) será la Captura por Unidad de Esfuerzo para cada intervalo de LA, CPUE ( $\ell,\bullet$ ) fue el promedio de captura por unidad de esfuerzo para cada intervalo de LA,

$q(\ell)$  será la capturabilidad para cada intervalo de LA y  $q(\ell,\bullet)$  fue la capturabilidad media para cada intervalo de LA.

Arreguín-Sánchez (1996) propone que la relación entre la CPUE y  $q$  es lineal como una función del tamaño y por lo tanto se puede representar:

$$\ln[CPUE(\ell)/CPUE(\ell,\bullet)] = \alpha + \beta\ell\dots\dots(6)$$

Donde:

$$\text{la pendiente } (\beta): \beta = \ln[q(\ell + 1t)/q(\ell, t)] - \ln[q(\ell + 1\bullet)/q(\ell,\bullet)]\dots\dots(7)$$

Aquí, la intersección ( $\alpha$ ) se interpretó como la vulnerabilidad relativa de pequeñas langostas y la pendiente ( $\beta$ ) es la tasa de cambio de  $q$  para el tamaño del tiempo  $t$  con respecto a la media. Por lo tanto, si la tendencia de los datos es negativa ( $-\beta$ ) los organismos de tamaño pequeño serán más vulnerables, mientras que lo contrario indica una mayor vulnerabilidad de los ejemplares de mayor tamaño.

## RESULTADOS

Se obtuvieron 34 langostas espinosas capturadas con casitas cubanas (Tabla 1). Se realizó un esfuerzo total de 6 horas y 1 buzo para casitas cubanas. El CPUE general para las casitas cubanas fue de 5 langostas capturadas en una hora. Aunque el muestreo se realizó desde julio del 2014, fue hasta diciembre que se empezaron a obtener capturas de langosta espinosa en las casitas cubanas, obteniendo una mayor captura de marzo a septiembre.

Las mayores capturas de langosta en las casitas cubanas se obtuvieron en dos zonas del estudio. La primera con presencia de pastos marinos y con 14 casitas cubanas y la segunda con la presencia de coral de baja densidad y 14 casitas cubanas. El total de langostas obtenidas en el sitio de pastos marinos fue de 20 langostas, para coral de baja densidad se obtuvieron 12 langostas, y para las casitas que fueron colocadas cerca de corales de alta densidad se obtuvieron 2 langostas. La profundidad en la que se capturó

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

langosta osciló entre los 2 a 6 m, aunque hubieron 12 casitas colocadas en profundidades de 0.5 a 1.5 m, las cuales no tuvieron langostas. Las casitas presentaron pequeños azolvamientos y fueron movidas en cada muestreo para evitar más hundimiento. El intervalo de la longitud abdominal de la langosta para casita cubana fue 5.5 cm a 20.5 cm de LA. (Fig. 2).

**Tabla1:** Langostas *P. argus* capturas por casitas cubanas y clasificadas por tipo de fondo en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

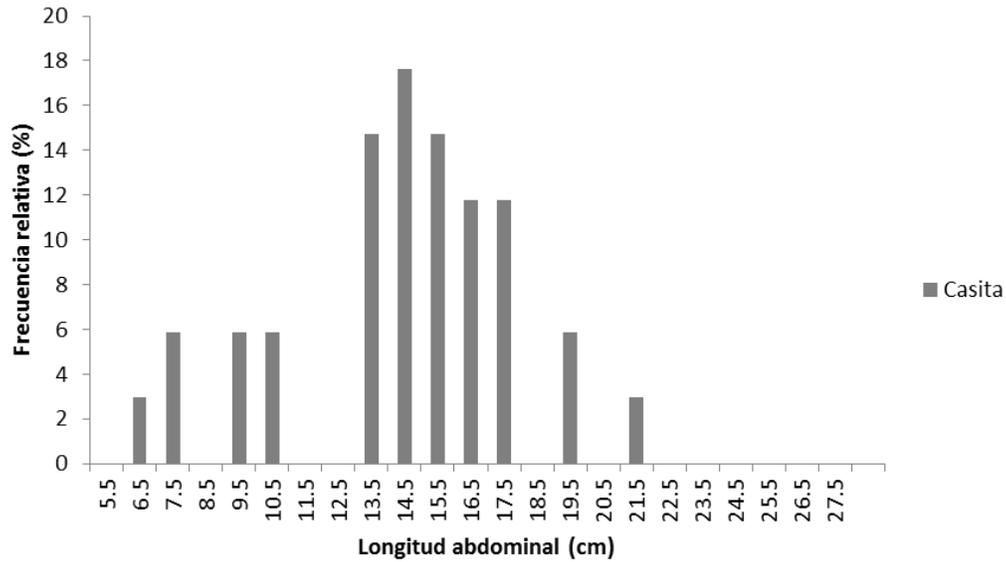
Mes	CASITA CUBANA		
	Coral de alta densidad (No. organismos)	Coral de baja densidad (No. organismos)	Pastos marinos (No. organismos)
<b>Primer periodo</b>			
Diciembre	1	1	
Marzo		1	2
Abril		3	5
Julio			
<b>Segundo periodo</b>			
Agosto		4	4
Septiembre	1	3	9

La proporción en sexos esperada, para los organismos capturados, no presentó diferencia significativa ( $\chi^2 = 0.11, P > 0.05$ ), a pesar de registrarse un porcentaje de 47% de machos y 53% de hembras en las casitas cubanas.

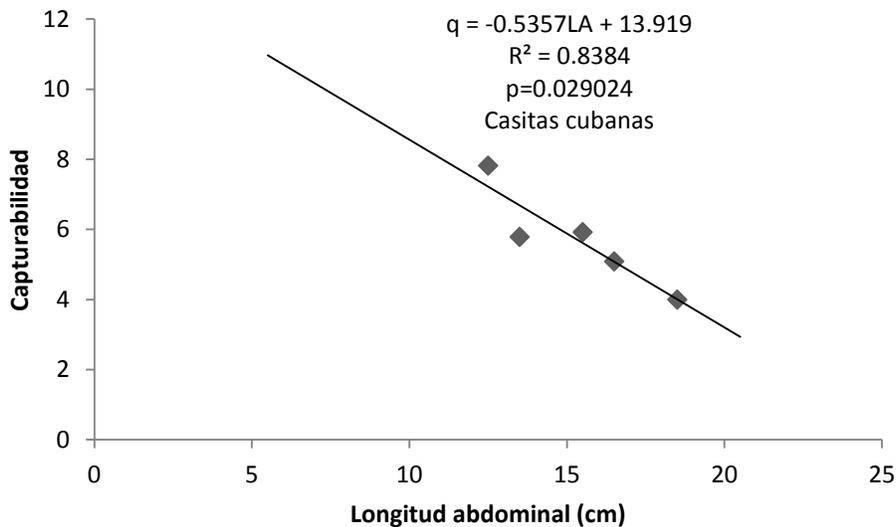
Debido a lo anterior se infiere que el método de captura analizado no presenta una preferencia, con respecto al sexo, de los organismos aprovechados.

Se evaluó la capturabilidad variable con la talla para casitas cubanas. Registrando bajos valores de capturabilidad para la técnica de captura con las casitas cubanas (Fig. 3). La capturabilidad por talla (longitud abdominal) para casitas cubanas presentó una tendencia de disminución ( $P < 0.05$ ) (Fig. 3).

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



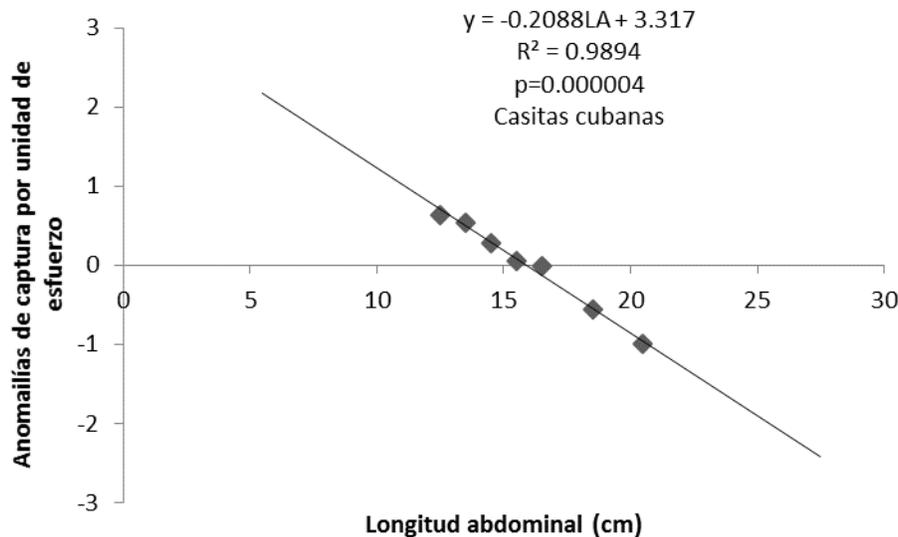
**Fig. 2:** Distribución de tallas de capturas por casitas cubanas para la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.



**Fig. 3:** Capturabilidad de la langosta *Panulirus argus* por casitas cubanas en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

La ecuación (5) de capturabilidad tuvo el fin de estandarizar una media y obtener las desviaciones de la media obtenida, por lo cual se obtienen las anomalías de captura por unidad de esfuerzo. Los valores negativos del parámetro  $\beta$  para casitas cubanas ( $\beta=-0.2088$ ) indican una vulnerabilidad a capturar tallas pequeñas (Fig. 4). El modelo fue estadísticamente significativo ( $P<0.05$ ) para casitas cubanas.



**Fig. 4:** Vulnerabilidad relativa de la langosta *Panulirus argus* por casitas cubanas en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

## DISCUSIÓN

La captura por unidad de esfuerzo a menudo se considera como un índice de abundancia relativa de la población. Sin embargo, la captura o la mortalidad por pesca depende tanto de la abundancia de recursos y la eficiencia de los artes de pesca (Arreguín-Sánchez 1996; Ziegler et al. 2002).

El bajo número de langostas obtenidas por casitas cubanas en PNAA puede deberse al esfuerzo empleado, ya que el número de casitas y buzos empleados en el estudio pudo ser un factor clave en el bajo rendimiento de los refugios artificiales. Otro punto importante a considerar es que para la casita cubana obtenga su éxito (obtenga mayores abundancias) dependerá de otros factores, como por ejemplo: la construcción de un número bastante significativo de casitas cubanas, y una selección óptima del sitio

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

donde se instalaran, factores que pudieron ocasionar que las casitas cubanas en este estudio obtengan capturas muy bajas.

La profundidad a la que se ubicaron las casitas parece ser un factor importante a considerar para futuros proyectos de aplicación de casitas cubanas. El presente estudio determinó que las estructuras colocadas entre 0.5 y 1.5 m de profundidad no registraron langostas mientras que aquellas colocadas a profundidades de 2 m, caracterizándose por la presencia de pastos marinos, y las colocadas a 6 m de profundidad, fueron las que registraron una mayor presencia de langosta espinosa. Esto puede deberse a que se ha comprobado que las langostas son menos activas con el aumento de la luz (Jernakoff et al. 1987).

Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001), encontraron que la menor abundancia de langostas espinosas en casitas cubanas en Quintana Roo, ocurrió en invierno y la mayor en verano. De acuerdo con lo anterior, el presente estudio de casitas cubanas en el PNAA registró una mayor abundancia de langosta espinosa en casitas cubanas durante verano, puesto que los meses de mayores capturas fueron de marzo a septiembre, coincidiendo con la temporada de veda y los primeros tres meses de la temporada de langosta espinosa. Esto puede ser un factor determinante ya que no hay pescadores de langosta en esta época en PNAA y por tanto aumenta la probabilidad de presencia de langostas en casitas cubanas. Esto puede confirmar lo mencionado por Frusher (1997) quien sugiere que la densidad poblacional y la estructura de tallas varían entre regiones y periodos de tiempo. Ríos-Lara (2000) detectó langostas espinosas en casitas cubanas después de 100 días de haber iniciado la veda, por lo que las temporadas son un factor clave en la presencia de langosta en los refugios artificiales, ya que el término de la temporada de pesca muestra mayor abundancia de las langostas espinosas en las casitas cubanas.

Se sugiere que la presencia de otras especies podría ocasionar la ausencia de langosta espinosa en las casitas cubanas (Bohnsack 1989; Lozano- Álvarez et al. 1994). Los depredadores juegan un papel importante, directa e indirectamente, en la distribución de una gran variedad de organismos móviles en los diferentes hábitats marinos, provocando que la presa se agregue en refugios sociales, físicos, o el caso contrario, que se dispersen para minimizar la depredación (Pulliam 1989; Gristina et al. 2009; Eggleston y Lipcius 1992). Si bien el presente estudio en PNAA no realizó análisis de fauna relacionada con la presencia de langosta, en particular las casitas cubanas presentaron presencia de peces con antecedentes de depredación de langosta, caso particular: el mero y canane, localizados en algunas casitas colocadas cerca de corales de alta densidad (Eggleston et al. 1990; Smith y Herrnkind 1992; Mintz et al. 1994; Ríos-Lara et al. 1995; Herrera e Ibarzábal 1995; Sosa-Cordero et al. 1998; Cruz y Phillips 2000; Lavalli y Herrnkind 2009; Ríos-Lara et al. 2013).

La teoría de proporción de sexos predice que la selección natural favorece una proporción 1:1 en los descendientes machos y hembras de una población (Uscudun 2014). La proporción hembra:macho en las langostas capturadas en la plataforma de Yucatán ha sido reportada igual a 1:1 por varios autores

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

(Fuentes 1988; Fuentes et al. 1991; Ríos-Lara y Monroy 2007). Sin embargo, Ríos-Lara (2009) determinó que la proporción macho-hembra fue variable, en particular para el PNAA que obtuvo una mayor captura de machos que hembras. Sin embargo, en este estudio no hubo diferencias significativas con la técnica de captura de casitas cubanas. Esto puede asociarse a posibles migraciones, siendo una especie que se caracteriza por agregarse en su etapa adulta (Gómez et al. 2007; Briones-Fourzán et al. 2013).

Se ha encontrado que las langostas más grandes tienen tasas de captura mayores, y que los machos, de menor tamaño, son capturados más frecuentemente que las hembras, de menor tamaño (Miller 1990). Sin embargo, el análisis de la CPUE por tallas de langostas capturadas en las casitas cubanas en el PNAA registraron una vulnerabilidad para langostas pequeñas, mientras. Esto puede deberse a que las casitas cubanas tienen una altura de 20 cm y 15 cm de sombra, aparte que debido a sus características (cemento) se hunden, lo que pudo ocasionar que las langostas de menor tamaño entraran a la casita cubana (Richards et al. 1983; Eggleston et al. 1990; Miller y Addison 1995; Addison y Bannister 1998; Frusher y Hoenig 2001). Otro punto a considerar es que la mayor abundancia de langosta capturadas en las casitas se obtuvo en pastos marinos y de acuerdo a su biología, los juveniles son los que suelen encontrarse en esta zona (Butler 2003; Bertelsen et al. 2009; Ríos-Lara et al. 2007; Briones-Fourzán et al. 2013). Por tanto, los factores ambientales y biológicos afectan la posibilidad de langostas en trampas (Richards et al. 1983). Por su parte, Addison (1995) y Miller (1979; 1990) sugirieron que la pesca elimina a las langostas de mayor tamaño, ocasionando un cambio en la distribución, ya que esto origina que las langostas de menor tamaño entren en las trampas durante los periodos de pesca.

De igual forma, coincide con el estudio realizado por Briones-Fourzán et al. (2007) en donde la vulnerabilidad de las casitas cubanas en Quintana Roo también se inclinó a los organismos pequeños o juveniles. Por su parte Ríos-Lara (2000) obtuvo una talla media 10.4 cm de longitud abdominal, en las langostas obtenidas con casitas cubanas en Yucatán. Eggleston y Lipcius (1992) determinaron un reclutamiento mayor de juveniles en comparación con adultos en las casitas cubanas de Quintana Roo. En el caso particular el PNAA coincide con los realizados en Quintana Roo, ya que las casitas cubanas muestran ser eficientes reclutando juveniles. Otro punto a considerar son las características que presenta el refugio artificial, en caso particular, la altura de la casita cubana y el azolvamiento que puede llegar a presentar, ya que en este estudio en el PNAA algunas casitas presentaron pequeños azolvamientos lo que puede ocasionar que las langostas pequeñas fueran reclutadas (Miller 1990; Eggleston y Lipcius 1992; Eggleston et al. 1994; Addison y Bannister 1998; Frusher y Hoenig 2001). Confirmando lo anterior en un estudio realizado por Bombace et al. (1994) determinaron que los arrecifes artificiales son efectivos en los sitios alejados de arrecifes naturales, ya que propician la aparición y el aumento de las capturas, en sitios donde no existía refugio propiciando abundancia de animales asociados a arrecifes (Frazer y Lindberg 1994).

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Aunque en Quintana Roo las casitas cubanas han funcionado de manera exitosa para la pesca comercial, en el caso particular del PNAA los resultados indican que hasta el momento de su instalación no es viable por los volúmenes registrados. Los resultados de este estudio coinciden con los realizados en la Florida, que revelan que la gran presencia de arrecife de coral, hace que los refugios artificiales no sean seleccionados y por lo tanto la pesca comercial mediante este arte de pesca no sea viable. Lo que podría coincidir con las características que presenta el PNAA en el uso de casitas cubanas como arrecife artificial (Huntsman 1981; Ambrose y Swarbrick 1989; Bohnsack 1989; Bombace et al. 1994). Por tanto la evaluación de las características fisiográficas del lugar donde pretenden ser instalados los refugios artificiales debe ser un requisito clave para su instalación (Salas et al. 2008).

## CONCLUSIÓN

En este estudio los bajos volúmenes de captura, y tallas menores, permiten concluir que las casitas cubanas en el PNAA como técnica de captura comercial para *P. argus* no es redituable. Sin embargo, se recomienda como método de reclutamiento para investigaciones futuras a la población juvenil de langosta espinosa *Panulirus argus*, tomando en cuenta un mayor número de casitas cubanas en zonas con presencia de pastos marinos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Addison JT y Bannister RCA. 1998. Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment: modeling and experimental approaches. Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 167-77.
- Addison JT. 1995. Influence of behavioural interactions on lobster distribution and abundance as inferred from pot-caught samples. ICES Mar. Sci. Symp. 199: 294-300.
- Ambrose RF y Swarbrick SA. 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. Bull. Mar. Sci. 44: 718-733.
- Arana P y Vega R. 2000. Esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), durante la temporada de pesca 1996-1997. Investigaciones Marinas. 28: 117-133.
- Arana P. 1983. Estado en que se encuentra la pesquería de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Análisis de pesquerías chilenas. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso. 77-111.
- Arana P. 1985. Análisis y recomendaciones sobre medidas de regulación en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 291-300.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Arreguín-Sánchez F y Pitcher TJ. 1999. Catchability estimates and their application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery of the Campeche Bank, Mexico. Fish. Bull. 97: 746-757.
- Arreguín-Sánchez F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. Rev. Fish Biol. Fish. 6:1-22
- Bello-Pineda J, Ríos V, Liceaga CMA, Zetina C, Cervera K, Arceo P y Hernández H. 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes Reef, Yucatan, Mexico. Fish. Res. 73:37-47.
- Bello-Pineda J. 1998. Sistema de clasificación para los tipos de fondo del Arrecife alacranes compatible con una imagen Landsat TM. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. 107 pp.
- Bertelsen RD, Butler IV MJ, Herrnkind WF y Hunt J. 2009. Regional characterisation of hard-bottom nursery habitat for juvenile Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) using rapid assessment techniques. New Zeal. J. Mar. Fresh. 43(1): 299-312.
- Bohnsack JA. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference?. Bull. Mar. Sci. 44: 631-645.
- Bombace G, Fabi G, Fiorentini L y Speranza S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in live different areas of the Adriatic Sea. Bull. Mar. Sci. 55 (2-3): 559-580.
- Briones Fourzán P, Lozano-Álvarez E y Eggleston D B. 2000. The use of artificial shelters (Casitas) in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. Spiny Lobsters: Fisheries and Culture. 2: 420-446.
- Briones-Fourzán P y Lozano-Álvarez E. 2001. Effects of artificial shelters (Casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in a habitat-limited tropical reef lagoon. Mar Ecol-Prog Ser. 221-232.
- Briones-Fourzán P, Lozano-Álvarez E, Negrete SF y Barradas OC. 2007. Enhancement of juvenile Caribbean spiny lobsters: an evaluation of changes in multiple response variables with the addition of large artificial shelters. Oecologia 151: 401-416.
- Briones-Fourzán P, Magallón GE y Lozano-Álvarez E. 2013. Increased reproductive opportunity: a potential benefit of seasonal aggregation for a little-gregarious and highly sedentary spiny lobster. Mar. Biol. Res. 9: 77-87.
- Briones-Fourzán, P, Magallón GE y Lozano-Álvarez E. 2013. Increased reproductive opportunity: a potential benefit of seasonal aggregation for a little-gregarious and highly sedentary spiny lobster. Mar Biol Res. 9: 77-87.
- Butler MJ. 2003. Incorporating ecological process and environmental change into spiny lobster population models using a spatially-explicit, individual-based approach. Fish. Res. 65:1-3.
- Colás MT, Tuz A y Brulé T. 2002. Observaciones preliminares sobre la pesquería de meros (Serranidae: Epinephelinae) en el Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes", Yucatán, México. Proc Gulf Carib Fish Inst. 53:431-459.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Cruz R y Phillips BF. 2000. The artificial shelters (pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. Spiny Lobster Management. Fishing News Books (Blackwell), Oxford. 400-419.
- Cruz R, Baisre JA, Díaz E, Brito R, García C, Blanco W y Carrodegas C. 1987. Atlas biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba. 125p.
- Cruz R. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. FAO. 399: 1-43.
- De la Cruz-Agüero E, Martínez O y Muñoz C. 1993. Propuesta de zonificación del Arrecife Alacranes, Yucatán. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, 22 pp. Manuscrito no publicado.
- Eggleston DB y Lipcius RN. 1992. Shelter selection by spiny lobster under variable predation risk, social conditions, and shelter size. Ecology. 73(3):992-1011.
- Eggleston DB, Lipcius RN y Miller DL. 1994. Artificial shelters and the survival of juvenile Caribbean spiny lobster: spatial, habitat and lobster size effects. Bull. Mar. Sci. 55: 2-3.
- Eggleston DB, Lipcius RN, Miller DL y Coba-Cetina L. 1990. Shelter scaling regulates survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. Mar Ecol-Prog Ser. 62(1):79-88.
- Evans CR, Lockwood APM, Evans AJ y Free E. 1995. Field studies of the reproductive biology of the spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille) and *P. guttatus* (Latreille) at Bermuda. J. Shellfish Res. 14: 371-381.
- FAO. 1997. Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies. Roma.
- Frazer TK y Lindberg WJ. 1994. Refuge spacing similarly affects reef associated species from three phyla. Bull. Mar. Sci. 55(2-3): 388-400.
- Frusher SD y Hoenig JM. 2001. Impact of size related dominance hierarchies on selectivity of traps for southern rock lobster (*Jasus edwardsii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 2482-2489.
- Frusher SD. 1997. Stock assessment report: rock lobster. Department of primary industry and fisheries Tasmania internal (Department of Primary Industry and Fisheries: Hobart, Tasmania).
- Fuentes D, Arceo P y Salas S. 1991. Consideraciones preliminares para el manejo de la pesquería de langosta en Yucatán. Taller regional sobre manejo de la pesquería de langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. 1:65-74.
- Fuentes D. 1988. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe mexicano. Los recursos pesqueros del País. SEPESCA. Mexico. 441-462.
- Gómez G, Guzmán R y Barrios A. 2007. Aspectos biométricos y dinámica reproductiva de la langosta espinosa, *Panulirus argus*, en áreas de pesca de la costa norte de la Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Trop. V. 25 n.3.
- González-Cano J. 1991. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster (*Panulirus argus*) in the Mexican Caribbean. Tesis Doctoral. INP. México. 448p.
- Gristina M, Fiorentino F, Garofalo G y Badalamenti F. 2009. Shelter preference in captive juveniles of European spiny lobster *Panulirus elephas* (Fabricius, 1787). Mar. Biol. 156(10): 2097-2105.
-

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Herrera A y Ibarzábal D. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. *Revista de Investigaciones Marinas* 19(1): 59-63.
- Holthuis LB. 1991. Marine Lobsters of the World. FAO Species Catalogue Volume 13. FAO Fishery Synopsis 125: 229-253.
- Huntsman GR. 1981. Ecological considerations influencing the management of reef fishes. *Artificial Reefs: Conference Proceedings. Florida Sea Grant College Report 41, Florida.* 167-175.
- Jernakoff P, Phillips BF y Maller RA. 1987. A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George. *J. Exp. Mar. Ecol.* 113: 9-21.
- Lavalli KL y Herrnkind WF. 2009. Collectives defense by spiny lobster (*Panulirus argus*) against triggerfish (*Balistes capriscus*): effects of number of attackers and defenders. *New Zeal J Mar Fresh.* 43: 15-28.
- López-Rocha JA y Arreguín-Sánchez F. 2008. Spatial distribution of red grouper *Epinephelus morio* (Serranidae) catchability on the Campeche Bank of Mexico. *J. Appl. Ichthyol.* 24, 282-289.
- Lozano-Álvarez E, Briones-Fourzán P y Negrete-Soto F. 1994. Occurrence and seasonal variations of spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille), on the shelf outside Bahía de la Ascensión, México. *Fish. Bull.* 808-815.
- Martínez-Aguilar S, Morales-Bojórquez E, Arreguín- Sánchez F y de Anda-Montañez JA. 1999. Catchability: programa computarizado para estimar el coeficiente de capturabilidad en función de la longitud. Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz del INP-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Bolivia. 16pp.
- Miller RJ y Addison JT. 1995. Trapping interactions of crabs and American lobster in laboratory tanks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 315–324.
- Miller RJ. 1979. Saturation of crab traps: reduced entry and escapement. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 38: 338–345.
- Miller RJ. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1228–1251.
- Mintz JD, Lipcius RN, Eggleston DB y Seebo MS. 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effects of shelter size, geographic location, and conspecific abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 255–266.
- Pulliam HR. 1989. Individual behavior and the procurement of essential resources. *Perspectives in ecological theory.* Princeton University 25-38.
- Richards RA, Cobb JS y Fogart MJ. 1983. Effects of behavioral interactions on the catchability of American Lobster, *Homarus americanus*, and two species of cancer crab. *Fish Bull.* 81: 51-60.
- Ríos-Lara GV, Zetina CM y Cervera KC. 1995. Evaluación de “casitas” o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 19(2): 50-56.
- Ríos-Lara V y Monroy G. 2007. Situación actual y explotación de escenarios de manejo para la pesquería de langosta *Panulirus argus* en la costa de Yucatán. I foro regional de langosta espinosa *Panulirus argus* de la Península de Yucatán. Cancún, Quintana Roo. INAPESCA-Gob. Edo. de Quintana Roo, México.
-

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Ríos-Lara V y Salas S. 2009. Modelo estructurado por edades para la evaluación de la población de langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 61:162-175.
- Ríos-Lara V, Espinoza MJ, Zetina MC, Aguilar CC y Ramírez EA. 2013. La pesquería de langosta *Panulirus argus* en el Golfo de México y Mar Caribe Mexicano. Instituto Nacional de Pesca 1: 1-117.
- Ríos-Lara V, Salas S y Bello PJ. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes Reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential habitat. Fish. Res. 87:35-45.
- Ríos-Lara V. 2000. Evaluación del funcionamiento del pesquero levable como arte de pesca para la captura de langosta *Panulirus argus* en la costa oriente del Estado de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. México. 82 pp.
- Salas S, Cabrera MA, Zapata C, Euan JI y Maldonado A. 2008. ¿Son los refugios artificiales una opción para mejorar la pesquería de langosta? el caso de la pesquería de Yucatán. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 198-208.
- Shepherd JG. 1987. A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data. Length based methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings. Manila, Philippines: ICLARM. 113-119.
- Silva M y Cerda D. 1984. Informe de la Comisión de estudio sobre el archipiélago de Juan Fernández: antecedentes y proposiciones de desarrollo. SERNAP-SUBPESCA, In litteris.
- Smith KN y Herrnkind WF. 1992. Predation on early juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 157: 3-18
- Sosa-Cordero E, Arce AM, Aguilar W y Ramírez GD. 1998. Artificial shelters for spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): an evaluation of occupancy in different benthic habitats. J Exp. Mar. Biol. Ecol. 229:1-18.
- Sosa-Cordero E, Ramírez GA y Domínguez VM. 1996. La explotación de langosta *Panulirus argus* en Bahía Espíritu Santo, Quintana Roo, México: un estudio descriptivo. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 45: 820-839.
- Tewfik A, Guzman HM y Jacome G. (1998) Distribution and abundance of the spiny lobster populations (*Panulirus argus* and *P. guttatus*) in Cayos Cochinos, Honduras. Revista de Biología Tropical. 46: 125-136.
- Tourinho JL, Solé CA y Lazoski C. 2012. Cryptic species within the commercially most important lobster in the tropical Atlantic, the spiny lobster *Panulirus argus*. Mar. Biol. 159(9): 1897-1906.
- Uscudun MG. 2014. Estrategia reproductiva del cangrejo Sirí *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae), en la laguna de Rocha, Uruguay. Tesis de Maestría, Universidad de la República Uruguay. 1-52 pp.
- Velázquez-Abunader I, Salas S y Cabrera MA. 2013. Differential catchability by zone, fleet, and size: the case of the red octopus (*Octopus maya*) and common octopus (*Octopus vulgaris*) fishery in Yucatan, Mexico. J. Shellfish Res. 32 (3): 845-854.



ISSN 2007-5782



---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Wynne SP y Cote IM. 2007. Effects of habitat quality and fishing on Caribbean spotted spiny lobster populations. *J. Appl. Ecol.* 44: 488-494.
- Zetina MC y Ríos-Lara V. 1998. Estimación del tamaño de la población de la langosta *Panulirus argus* en las Costas de Yucatán, usando diferentes modelos de evaluación. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 162-175.
- Ziegler PE, Johnson CR, Frusher SD y Gardner C. 2002. Catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii*. II. Effects of size. *Mar. Freshwater Res.* 53: 1149-1159.

# **RECURSOS PESQUEROS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS PETENES, CAMPECHE: UN MODELO DE SIMULACIÓN**

Terán González Greicy Janet<sup>1</sup>, Ayala-Pérez Luis Amado<sup>1</sup>, Reyes Enrique<sup>2</sup>,  
Zetina Manuel<sup>3</sup> y Vega Rodríguez Brenda Iliana<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Calz. del Hueso 1100 Col. Villaquietud, Coyoacán, 04960, México, D.F.

<sup>2</sup> Department of Biology. East Carolina University. USA.

<sup>3</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional.

Email responsable: [yani.comfish@yahoo.com.mx](mailto:yani.comfish@yahoo.com.mx)

---

## **RESUMEN**

La Reserva de la Biosfera los Petenes (RBLP) tiene una diversa y abundante comunidad biológica con importantes recursos pesqueros. Este estudio presenta un modelo de simulación que describe la dinámica de aprovechamiento de los cuatro principales recursos pesqueros de la RBLP (pulpo, corvina, pargo y huachinango, y cazón) integrando aspectos ecológicos como de variabilidad ambiental, disponibilidad de alimento y reclutamiento, así como aspectos pesqueros como esfuerzo, regulación y mercado. Se realizaron muestreos biológicos de mayo de 2009 a abril de 2010 en 24 sitios de la RBLP, y se tomaron los registros de temperatura, precipitación, captura y esfuerzo pesquero, normatividad regulatoria y precios, como variables de entrada para el modelo. El modelo se construyó con ayuda del software STELLA e integra la biomasa de cada recurso como variables de estado. Los flujos representan el reclutamiento regulado por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional que a su vez responde a la variabilidad ambiental y a la capacidad de carga condicionada por la disponibilidad de alimento. Cada variable de estado además tiene dos flujos de salida que representan la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, ésta última involucrando el esfuerzo pesquero y los periodos de veda, según sea el caso. La tercera parte del modelo conceptualiza el proceso económico de venta de la captura (cosecha), donde se definen las ganancias. El recurso pesquero que soporta un mayor esfuerzo de pesca es el pulpo, dada su relevancia económica y el periodo de veda que lo protege. El modelo muestra un comportamiento congruente con las tendencias y valores de la estadística oficial.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

**Palabras clave:** Recursos pesqueros, Petenes, Campeche, Modelo de simulación, Aproximación sistémica.

## ABSTRACT

The Biosphere Reserve Los Petenes (RBLP) has a diverse and abundant biological community with important fishing resources. This study presents a simulation model that describes the dynamics of utilization of four main fisheries resources of the RBLP (octopus, croaker, snapper and red snapper, and dogfish). The model integrates ecological aspects and environmental variability, availability of food and recruitment, as well as fisheries aspects such as effort, regulation and market. Biological samplings were conducted from May 2009 to April 2010 in 24 sites of the RBLP, and parameters of temperature, precipitation, catch and fishing effort, regulatory norms and prices, were compiled and integrated the model as input variables. The model was built with the Stella software and integrates the biomass of each resource as state variables. The flows represent the recruitment regulated by the population intrinsic growth rate and the environmental variability, as well as the carrying capacity determined by the availability of food. Each variable of state also has two output flows that represent the natural mortality and fishing mortality, the fishing mortality involving the fishing effort and the periods of fishing prohibition. The third part of the model conceptualizes the economic process of sale of the catch (harvest), where the profits are defined. The fishery resource that support a larger fishing effort is the octopus, given its economic importance and the fishing prohibition period that protects it. The model shows a behavior consistent with the trends and values of the official statistics.

**Keywords:** Fishery resources, Petenes, Campeche, Simulation model, Systemic approach.

## INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera los Petenes (RBLP), ubicada en la costa norte del estado de Campeche, es un sistema con características ambientales particulares que sostiene una alta diversidad de hábitat y especies, entre los que destacan los Petenes (islas de vegetación arbórea), las praderas de pastos marinos, los manglares de borde y múltiples especies de moluscos, crustáceos, peces, reptiles y aves como, entre otras (Rendón von-Osten et al. 2010; Villalobos-Zapata y Mendoza 2010)

La pesca es una de las actividades productivas más importantes que se desarrolla en diversos municipios de la costa norte del Estado (Calkini, Hecelchakan, Tenabo y Campeche), y ya sea para autoconsumo o para fines comerciales, los principales recursos que se extraen son: pulpo, corvina pinta,

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

pargo, huachinango, cazón, carito, chac-chí, pámpano y sierra y se estima que la derrama económica en 2012 superó los mil millones de pesos (CONANP 2006; INEGI 2007a).

Las diversas actividades antropogénicas en la zona costera, el uso de los recursos pesqueros y su valor económico, deben interactuar en armonía con los esfuerzos de conservación del Área Natural Protegida. Para analizar estas complejas interacciones, una estrategia de investigación es la aplicación del enfoque sistémico basado en la teoría general de sistemas, donde se estudia al sistema como entidades más que como conglomerados de partes, de modo que se abran interacciones para examinar segmentos complejos (Ruíz y Oregui 2001). Para realizar este trabajo, una herramienta importante es la creación de modelos, que ayudan a predecir el comportamiento del sistema bajo distintas condiciones ambientales y de explotación de recursos.

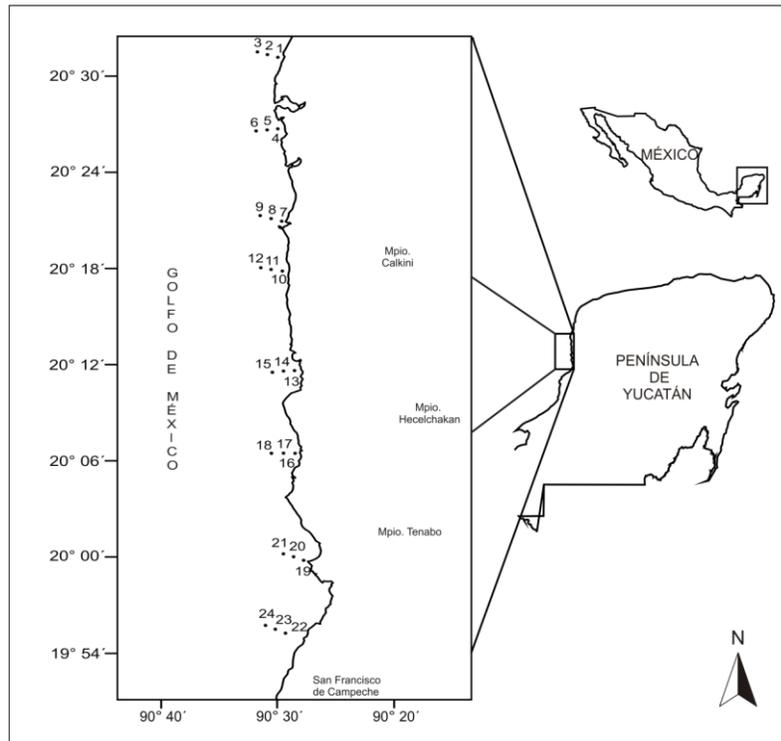
Este estudio presenta un modelo de simulación que integra la dinámica de aprovechamiento de los principales recursos pesqueros de la RBLP (pulpo, corvina, pargo, huachinango y cazón) como variables de estado que están condicionadas por flujos de variabilidad ambiental, disponibilidad de alimento, estrategias de reclutamiento, así como de las actividades pesqueras que consideran al esfuerzo, regulación y mercado. La construcción del modelo permitió integrar factores ecológicos, sociales y económicos, buscando contribuir en la exploración de escenarios que ayuden en la toma de decisiones para el aprovechamiento y cuidado de los recursos.

## MATERIAL Y MÉTODO

La Reserva de la Biósfera los Petenes (RBLP) se ubica en una llanura costera kárstica, con tierras bajas resultantes de procesos acumulativos y susceptibles a inundaciones. Queda comprendida entre los 20°51'30" y 19°49'00" N y los 90°45'15" y 90°20'00" W; ocupa una extensión de 282,857.00 ha. Su límite norte colinda con la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, al oeste con el Golfo de México sobre los límites del mar territorial, al este con los municipios de Tenabo, Hecelchakán y Calkiní, y al sur con la ciudad de San Francisco de Campeche (Fig. 1).

El clima predominante en la zona centro-sur de la RBLP es Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano), mientras que en su extremo norte es del tipo BS'h'w (semiseco y seco cálido). La temperatura media anual oscila entre 26.4 y 27.8°C y la precipitación media anual entre 700 y 1100 mm. Presenta además un breve período de sequía durante lo más acentuado de las lluvias (sequía intraestival o canícula). Se identifican dos épocas climáticas para la región, la época de secas, que abarca de noviembre a abril y la época de lluvias, de mayo a octubre. Durante la época de secas, la temperatura y precipitación mensual promedio es de 25.5 °C y 23 mm respectivamente y de 28.4 °C y 139.9 mm para la temporada de lluvias (CONANP 2006).

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 1:** Área de estudio y localización de los sitios de muestreo en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, México.

Se recabaron datos sobre registros climatológicos de temperatura y precipitación, a través del extractor de datos ERIC del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA 2009). Se consideró un periodo de diez años para calcular promedios y valores de dispersión mensual. Las estaciones meteorológicas usadas fueron: Isla Arena-Calkiní, Pomuch-Hecelchacan y Campeche- Campeche.

Se realizaron muestreos experimentales en 24 sitios a lo largo de la RBLP con una frecuencia mensual a partir de mayo de 2009 a abril de 2010. En cada sitio de muestreo se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura (°C) y salinidad (UPS), empleando una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 y se hicieron recolectas biológicas del necton utilizando una red de arrastre de prueba camaronesa de 5 m de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 19 mm de luz de malla operada por 12 minutos, a una velocidad promedio de 2.5 nudos, cubriendo una superficie aproximada de 2000 m<sup>2</sup> por lance.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Los organismos capturados se almacenaron en bolsas de plástico previamente etiquetadas y se conservaron en hielo para su posterior procesamiento en laboratorio. La identificación taxonómica de las especies se realizó con las claves propuestas por Castro-Aguirre (1999), Fischer (1978) y Miller (2005). Todos los organismos se midieron individualmente, registrando talla total, talla estándar y peso total siguiendo las recomendaciones de Laevastu (1971).

Las especies capturadas se agruparon como recurso pesquero de acuerdo con la carta nacional pesquera (DOF 2010). Se recopiló información del volumen de producción pesquera mensual y anual (peso vivo); y se realizó una búsqueda bibliográfica del esfuerzo pesquero definido por el número de embarcaciones, equipos y arte de pesca empleados, número de pescadores, jornada laboral. También se tomó en consideración la temporada de veda para el pulpo y los precios de los productos se obtuvieron de acuerdo al valor comercial final en los mercados de Campeche y La Nueva Viga en la Ciudad de México. Y el costo del esfuerzo, a partir de la consulta de registros oficiales.

Se desarrolló un modelo de simulación utilizando el programa STELLA (9.1.4), que proporcionó un marco de referencia y una interface gráfica para la observación e interacción cuantitativa de las variables del sistema. La integración del modelo y las pruebas de simulación se realizaron mediante el uso de variables de estado, que son variables bióticas o abióticas que describen el estado o condición del sistema ecológico; también se integraron las funciones de fuerza, las cuales son de carácter externo que controlan la estructura y dinámica del sistema; y la determinación de los flujos, que indican la transferencia de energía de un compartimiento a otro en una unidad de tiempo. Las variables fueron representadas por conectores y convertidores que el programa tiene como herramientas. Entre la literatura de apoyo que se empleó para la construcción del modelo de simulación fue: Reyes et al. (1994); Gibson et al. (1996); Barbier & Strand (1998); Blanc et al. (2001) y Odum (2002).

Se cuantificaron los valores de inicio de las variables de estado considerando la estadísticas pesquera y los resultados del muestreo experimental, los coeficientes de transferencia se estimaron considerando lo reportado en literatura especializada, y mediante pruebas de ensayo y error, el modelo se ajustó a respuestas lógicas.

Para describir el crecimiento poblacional de los recursos pesqueros se empleó la ecuación logística propuesta por Verhulst (Tsoularis y Wallace 2002), de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$\frac{dB}{dt} = rB_t \left( -1 \frac{B_t}{K} \right)$$

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Dónde:

$r$  = tasa intrínseca de crecimiento poblacional,

$B(t)$  = biomasa de la población en el tiempo  $t$

$K$  = capacidad de carga.

La tasa de captura fue basada en el modelo de Schaefer (Sparre y Venema 1995; Seijo et al. 1997):

$$C_t = q * f_t * B_t$$

Donde:

La captura  $C(t)$  mantiene una relación proporcional dependiente del esfuerzo  $f(t)$ ,

biomasa  $B(t)$  y coeficiente de captura  $q$ , a su vez definido como la fracción de la población que es extraída por unidad de esfuerzo.

Para la parte económica se usó el modelo de Gordon- Schaefer (Seijo et al. 1997), donde los ingresos netos  $\pi$  derivados de la actividad pesquera son función de los ingresos totales sostenibles (ITS) menos los costos totales (CT).

$$\pi = ITS - CT$$

La simulación se realizó utilizando el método de integración de Runge-Kutta 4, un método iterativo, para la resolución numérica de sistemas de ecuaciones diferenciales.

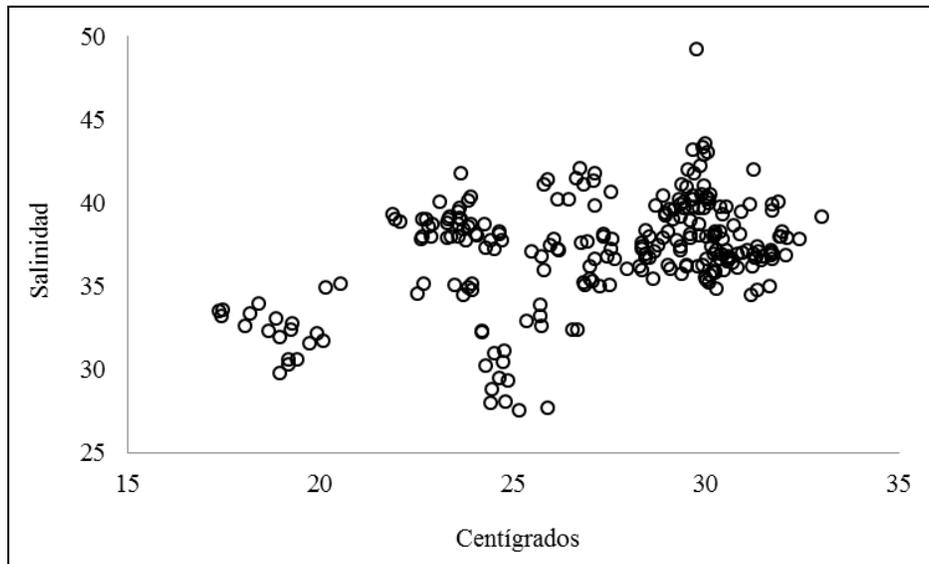
El proceso de validación del modelo se realizó comparando los resultados de la simulación con estadísticas oficiales, literatura científica y por retroalimentación con actores de la pesca de la zona e investigadores expertos.

## RESULTADOS

La variabilidad ambiental de la RBLP fue representada por la relación entre temperatura y salinidad usando los registros del muestreo experimental (Fig. 2). El intervalo de variación de la temperatura es de 17.34 °C en enero a 37.49 °C en abril con una mediana de 28.4. La salinidad oscila

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

entre 25.93UPS en diciembre y 49.23 UPS en mayo con una mediana de 37.3 UPS. En el periodo de diciembre a marzo se registraron los valores de menor salinidad.



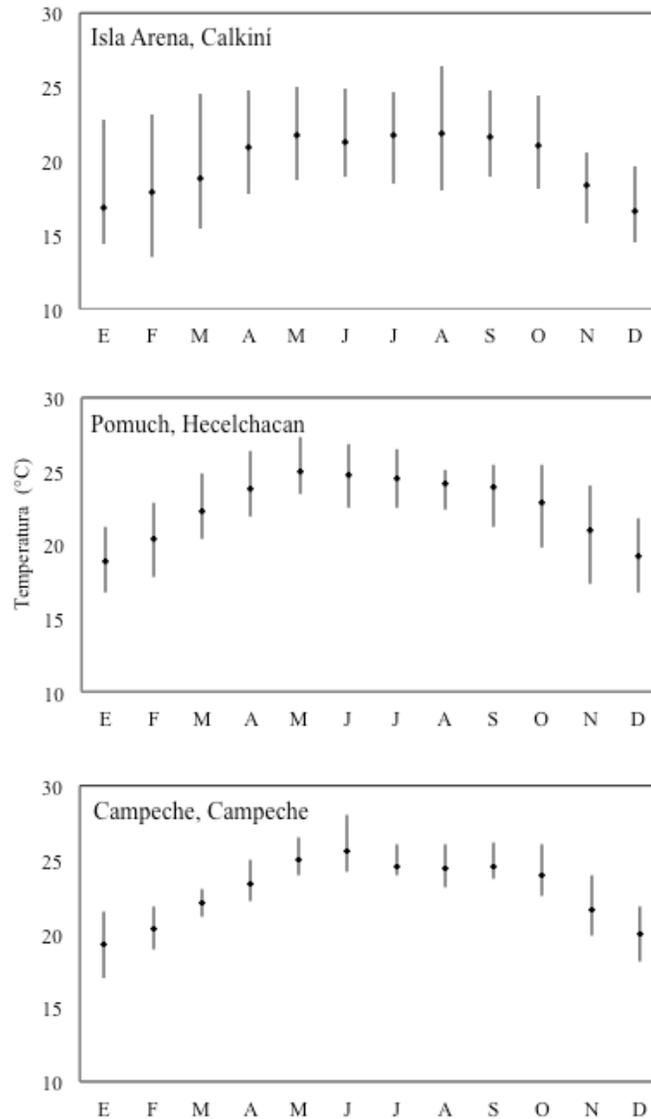
**Fig. 2:** Relación de la temperatura y salinidad del muestreo experimental en la RBLP.

La variación histórica de la temperatura ambiente en las tres estaciones climatológicas seleccionadas (Isla Arena-Calkiní, Hecelchacan y Campeche) se observan pulsos significativos de mayo a octubre. La temperatura ambiente promedio más alta se registró en mayo y junio con 26.7 °C y la más baja se presentó en diciembre y enero con valores de 19.7 °C y 19.4 °C respectivamente (Fig. 3).

La variación histórica de la precipitación diaria en las tres estaciones climatológicas muestra valores máximos de mayo a octubre, destacando septiembre con 175 mm y 213 mm en Isla Arena-Calkiní y Campeche respectivamente, y junio con 193.4 mm en Hecelchacan. La precipitación promedio más alta para las tres estaciones fue de 292.6 mm en septiembre. Los valores mínimos de precipitación van de noviembre a abril, enfatizando marzo con 8 mm de precipitación (Fig. 4).

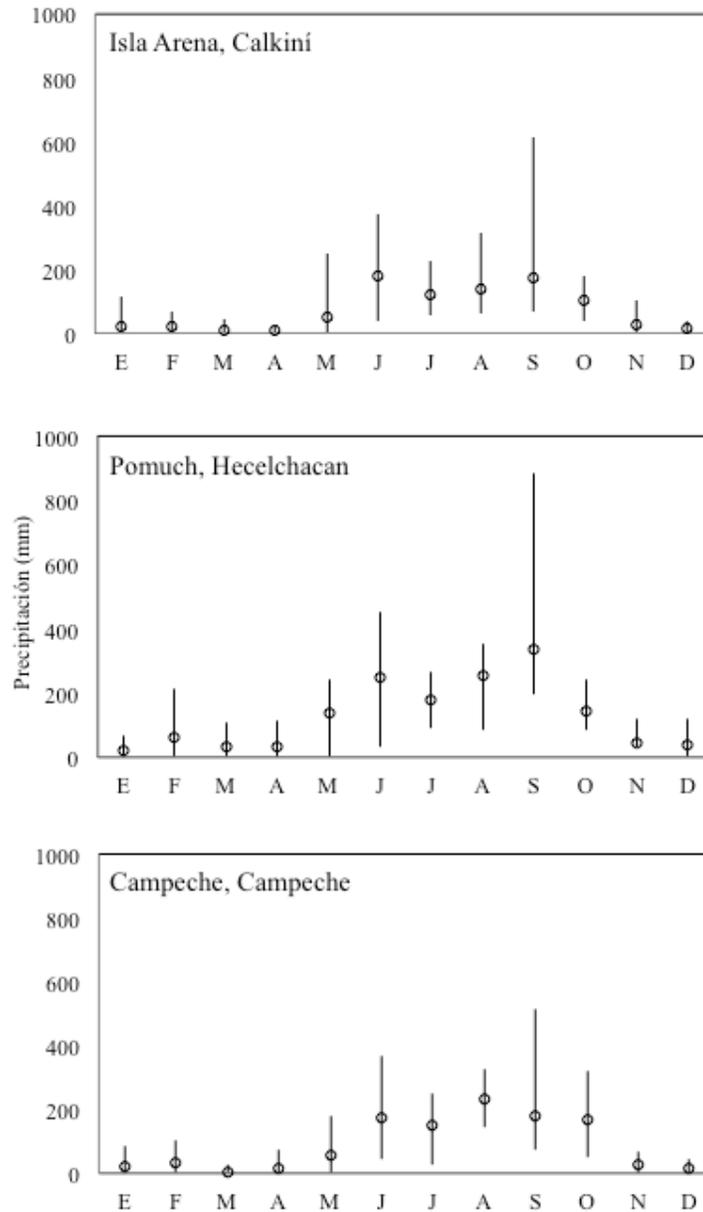
En los muestreos experimentales se registró la presencia de las especies *Corvula batabana*, *Cynoscion nebulosus* y *Bairdiella chrysoura*, *Lutjanus analis*, *L. griseus* y *L. synagris* que de acuerdo con la Carta Nacional Pesquera se integraron a los recursos Corvina y Pargos-Huachinangos.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 3:** Variación mensual de la temperatura observada diaria en las estaciones climatológicas Isla Arena, Calkiní; Pomuch, Hecelchacan y Campeche, Campeche durante el periodo de 2000 a 2009.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



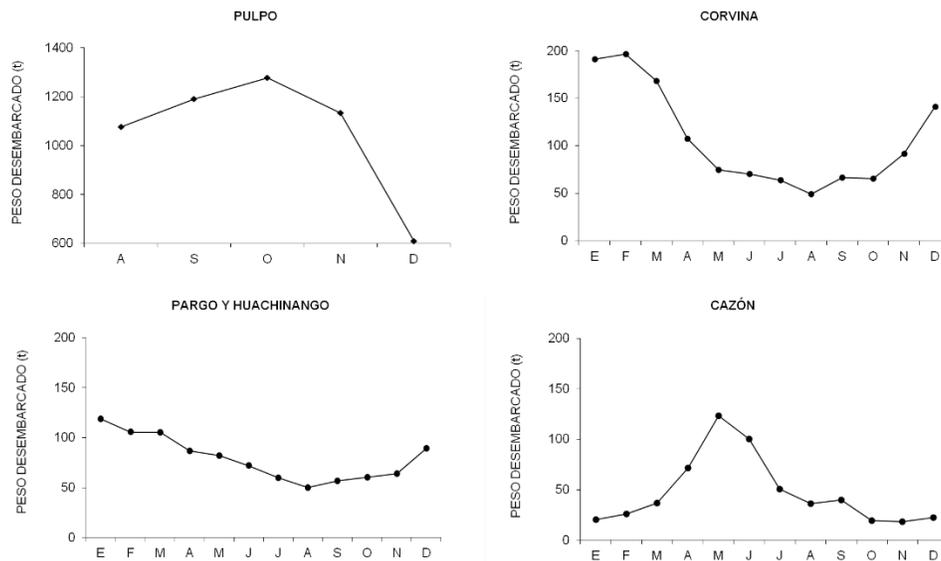
**Fig. 4:** Variación mensual de la precipitación diaria, de las estaciones climatológicas asociadas a la RBLP durante el periodo de 2000 a 2009.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

*C. batabana*, *C. nebulosus* y *B. chrysoura* que se integran al recurso corvina, se identificaron 93 organismos con un peso conjunto de 2.91 Kg. Su captura se registró de mayo a agosto con un pulso máximo en junio con 39 organismos y 3.06 Kg.

Las especies *L. analis*, *L. griseus* y *L. synagris* que se integraron al recurso pargo-huachinango, se capturaron en conjunto 634 organismos con un peso de 17.58 Kg. La mayor captura fue de 144 organismos en diciembre.

La estadística pesquera para Campeche en 2012 reporta una producción de pulpo de 9 619 t, de corvina de 1 063 t, pargo-huachinango de 1 320 t y cazón de 399 t. La producción pesquera mensual promedio de estos recursos para el periodo 2003 al 2010 muestra una variabilidad estacional donde la temporada de pesca de pulpo ocurre de agosto a diciembre, con una captura máxima en octubre con 1 277 t, mientras que para diciembre disminuye hasta 611 t (Fig. 5). En cuanto al recurso corvina la pesca se efectúa durante todo el año, la mayor captura se registra en febrero con 196.5 t y la menor captura en agosto con 49.37 t. La captura de pargo y huachinango se desarrolla durante todo el año con un intervalo de 50.12 a 118.75 t, el periodo de mayor captura es de diciembre a marzo. El recurso cazón también es capturado durante todo el año, muestra pulsos de captura máxima entre mayo y junio con más de 100 t, en tanto que su abundancia disminuye hacia noviembre.



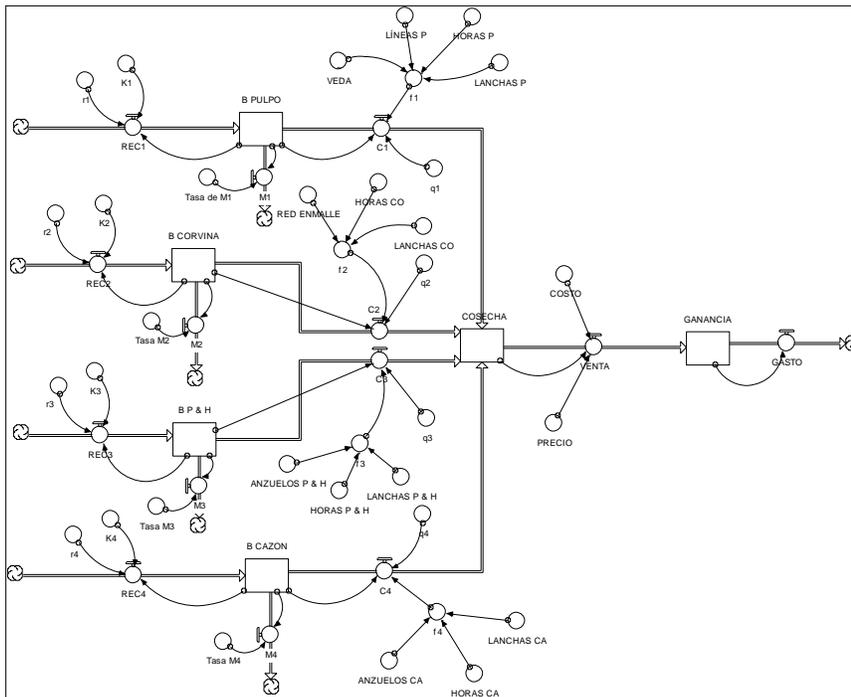
**Fig. 5:** Variación mensual de la captura por tonelada del recurso: a) pulpo, b) corvina, c) pargo, huachinango y d) cazón a partir del año 2003 al 2010.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

De acuerdo con los registros oficiales del precio de los recursos pesqueros a partir del año 2003 al 2010, se observa que el precio por kilogramo de pulpo es el mayor comparado con los demás recursos y alcanza un máximo de \$83.18. El pargo y huachinango alcanza los \$68.31 pesos y el cazón los \$40.22 pesos. No se encontraron registros históricos oficiales del precio de la corvina y solo se cuenta con datos del Mercado 7 de Agosto en Campeche obtenidos en el 2011, que oscilan normalmente entre \$18.0 y \$30.0 pesos por kilogramo, sin embargo cuando el producto es escaso su precio puede llegar hasta los \$81.0 pesos por kilogramo al mayoreo y \$140 al menudeo.

El modelo de simulación del aprovechamiento de los cuatro recursos pesqueros en la RBLP se desarrolló a partir de la conceptualización de los procesos involucrados, considerando la biomasa de cada recurso como una variable de estado (Fig. 6); los flujos de entrada representan al reclutamiento que es regulado por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_1, r_2, r_3$  y  $r_4$ ) la cual se considera reflejo de la variabilidad ambiental, y por la capacidad de carga ( $K_1, K_2, K_3$  y  $K_4$ ) que está vinculada a la disponibilidad de alimento. Cada compartimiento de biomasa tiene dos flujos de salidas: la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, ésta última expresa la parte social del modelo ya que representa la captura ( $C_1, C_2, C_3$  y  $C_4$ ), involucra el esfuerzo pesquero regulado por la veda, número de líneas, anzuelos o redes de enmalle, horas de trabajo y número de lanchas empleadas, según sea el caso para cada recurso; la captura total de los cuatro recursos es almacenada en la variable de estado cosecha. La

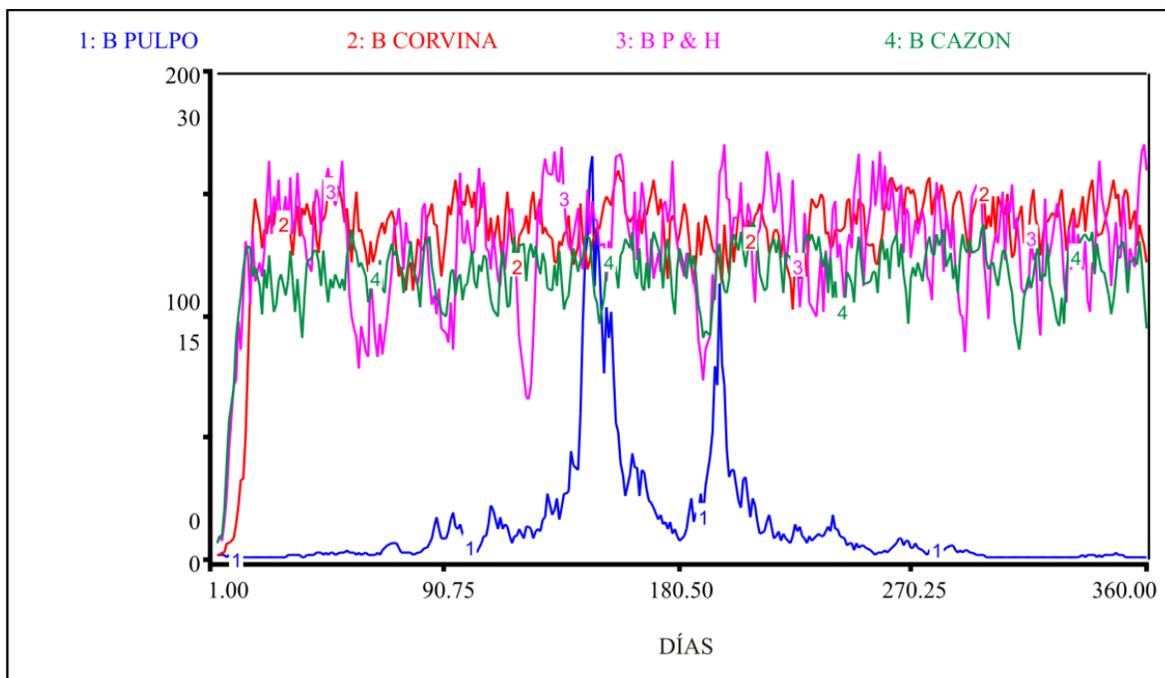
tercera parte del modelo conceptualiza la parte económica, la salida de la cosecha simboliza la venta de los recursos, donde se obtiene una ganancia que es la diferencia entre el precio y el costo, y finalmente se observa el gasto como un flujo de salida.



**Fig. 6:** Modelo diagramático de la estructura y función del aprovechamiento de recursos pesqueros en la RBLP.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

La respuesta del modelo de simulación a los cambios de biomasa de los principales recursos pesqueros de la RBLP se muestra en la Fig.7, donde se destaca que la mayor producción de biomasa para el recurso pulpo es de marzo a septiembre, con pulsos significativos en mayo, junio y julio, decrementos de enero a mayo y de septiembre a diciembre. La biomasa máxima del recurso corvina, pargo y huachinango, no excede a las 30 t diarias, y se observan oscilaciones constantes.

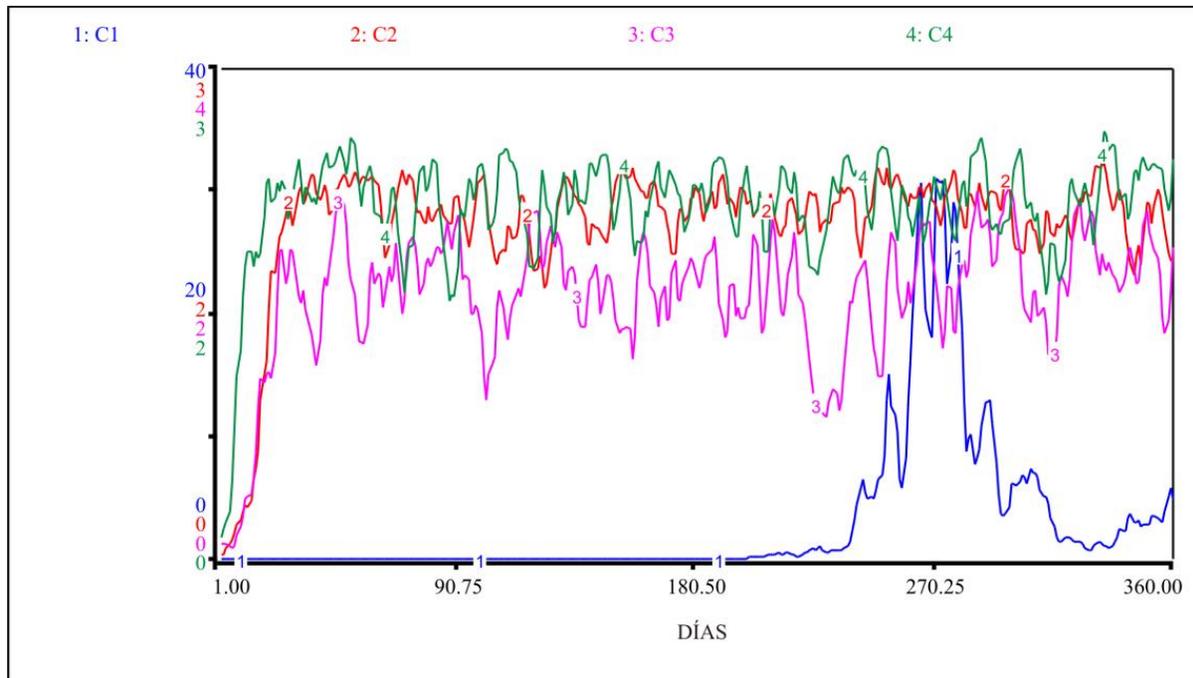


**Fig. 7:** Respuesta del modelo de simulación de los cambios en la biomasa de los recursos pesqueros de la RBLP.

La captura simulada se presenta en la Fig. 8, la captura de pulpo (C1) va de agosto a diciembre, mostrando pulsos significativos en septiembre y octubre, con valores aproximados a 30 t diarias; de enero a julio no hay captura coincidiendo con la época de veda. La máxima captura de la corvina (C2) está alrededor de las 2.6 t diarias; la captura máxima de pargo y huachinango (C3) es de 3 t diarias, y muestra un decremento significativo en agosto y septiembre, cuando la época de captura de pulpo está próxima. Finalmente la captura máxima del cazón (C4) es de 2.7 t diarias. En el modelo se esperaba un respuesta de simulación donde la captura de los recursos corvina, pargo y huachinango, y cazón decreciera de

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

agosto a diciembre por la redirección del esfuerzo pesquero hacia el pulpo, esta condición se aprecia ligeramente para el recurso pargo y huachinango y de esta manera es posible generar la hipótesis de una aplicación diferencial y constante del esfuerzo.



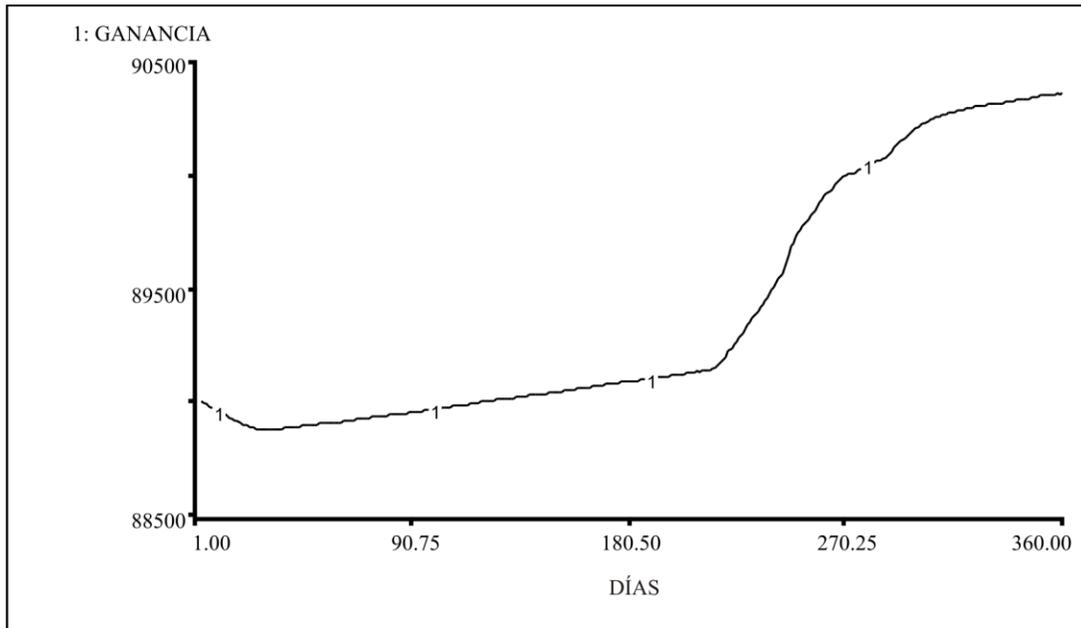
**Fig. 8:** Respuesta del modelo de simulación al comportamiento de la captura del pulpo (C1), corvina (C2), pargo y huachinango (C3) y cazón (C4).

Para los rendimientos económicos de la captura de los cuatro recursos pesqueros proyectada, se observa que de enero a julio la ganancia se mantiene constante, con un ligero incremento, y de agosto a diciembre aumenta significativamente por la incorporación de la pesca del pulpo (Fig. 9).

## DISCUSIÓN

La aplicación de la teoría general de sistemas, así como la utilización de modelos para representar y entender problemáticas complejas es una alternativa de investigación que tiene como ventaja la capacidad de examinar alternativas de gestión y experimentación de políticas pesqueras. Para la RBLP la prioridad de conservación contrasta con una fuerte utilización de los recursos naturales debido a su alto valor

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 9:** Respuesta del modelo de simulación sobre la ganancia de la actividad pesquera en la RBLP.

económico. Este contraste indica la necesidad de describir holísticamente el sustento de estos recursos pesqueros así como su fragilidad biológica.

Dentro de los diversos estudios de la integración funcional del ecosistema con una visión holística destacan los trabajos de Reyes et al. (1994) y Ayala-Pérez (2006) realizados en la Laguna de Términos. Sin y Wetzel (2002) y Odum (2002), recalcan la importancia de seleccionar cuidadosamente los componentes del sistema, de manera que el modelo resulte sencillo y comprensible, pero que a su vez represente fielmente los procesos del sistema.

Los resultados del comportamiento ambiental a partir de registros meteorológicos permiten describir el marco ambiental de la zona de estudio y explicar la alta diversidad de hábitat y por consiguiente de especies, coincidiendo con lo reportado por Ayala-Pérez et al. (2012).

Otra de las funciones de fuerza considerada en el modelo es la capacidad de carga, vinculada a la disponibilidad de alimento, ya que a través de su incorporación permitió simular la disminución de la competencia intraespecífica y por tanto ampliar la posibilidad de crecimiento poblacional de cada recurso pesquero.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Estrechamente vinculado a la variabilidad ambiental y a la disponibilidad de alimento se ha considerado que los procesos de reclutamiento de los recursos pesqueros de la RBLP constituyen una de las principales funciones de fuerza. En este estudio se asumió que el reclutamiento es continuo y por tanto existe una repartición temporal y espacial para compartir el hábitat (Sánchez-Gil 2009).

Las actividades de pesca en la RBLP van desde la de subsistencia hasta la clandestina; a pesar de las acciones de vigilancia, la búsqueda de consenso para una regulación pesquera y las acciones gubernamentales de control de precios, la presión antropogénica para la extracción es muy poderosa, lo cual hace compleja una estimación precisa del esfuerzo pesquero.

La mayor parte de los estudios pesqueros en la península de Yucatán y en otros sitios de Latinoamérica, se centran en la evaluación de recursos pesqueros, más que en el componente del esfuerzo y de los rendimientos económicos que esta actividad genera (Salas et al. 2007; Arreguín-Sánchez et al. 1997; Pérez-Pérez et al. 2007).

El recurso pesquero que soporta un mayor esfuerzo de pesca es el pulpo, dada su relevancia económica y el periodo de veda que lo protege (Pérez-Pérez et al. 2008). En el modelo se integró una interacción entre la aplicación del esfuerzo y el periodo de veda que permitió una simulación acorde a lo observado.

Los estudios realizados con especies pertenecientes al recurso corvina en el Golfo de México se enfocan a aspectos biológicos y poblacionales (Peterson et al. 2002; Ayala-Pérez et al. 2006; Grammer et al. 2009). La unidad de esfuerzo determinada para la corvina (número de redes de enmalle y tiempo de operación) no coincide con las unidades de esfuerzo manejadas por Carroza et al. (2004), quienes consideran el tiempo de arrastre por el número de horas; sin embargo los resultados demuestran que la unidad que empleamos es funcional.

Por su parte, la mayoría de las pesquerías de elasmobranquios a nivel mundial carecen de regulación y sus registros de capturas, tienden a ser muy generalizados, sin detalles sobre el esfuerzo (Musick et al. 2000; Stevens et al. 2000). Sin embargo en éste estudio se define el esfuerzo pesquero del recurso cazón.

Para simular la captura de cada recurso fue necesario conocer el volumen de la producción pesquera, al revisar las tendencias históricas se observó la concentración del esfuerzo pesquero a través de las fluctuaciones temporales y anuales. Se sabe que la captura depende del esfuerzo hasta un determinado límite, es decir, mientras se incrementa el esfuerzo existe mayor captura (Fraga et al. 2008).

A través del análisis del peso desembarcado y de la literatura consultada (CONAPESCA, 2010; Rodríguez-Serna y Carmona-Osalde 2008; Pérez-Pérez et al. 2008; Pérez-Pérez et al. 2007; Pérez-Pérez et al. 2004), se sabe que los pescadores centran su esfuerzo en el recurso pulpo durante los meses de Agosto a Diciembre ya que las capturas por tonelada son superiores al resto de los recursos, con un

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

promedio mensual máximo en octubre de 1 277 t. Por tanto, el aprovechamiento de los recursos pesqueros está en función de la época de veda y pesca del pulpo.

Debido a la importancia del pulpo a nivel social y económico, la captura se encuentra regulada por dos Normas Oficiales Mexicanas (NOM-PESC-008-1993 y NOM-PESC-009-1993). Esta normatividad ha dado buenos resultados, ya que permite la reproducción de la especie; se reporta que en febrero concluye su periodo reproductivo (Solís 1967; Rosas et al. 2006).

El manejo de un recurso pesquero es un proceso complejo que requiere la integración de su biología y ecología con los factores sociales y económicos. Los planes de manejo han mejorado a través del tiempo, gracias a la obtención de series históricas y a la elaboración de modelos como los realizados por Chen y Twilley (1999); Lonin y Tuchkovenko (2001); Jorgensen et al. (2002); Sin y Wetzel (2002) BenDor et al. (2009). Sin embargo, muchos recursos pesqueros críticos siguen siendo sobreexplotados (Ludwig et al. 1993).

En el presente estudio el modelo de simulación de la biomasa del pulpo mostró incrementos de marzo a septiembre, destacando los meses de mayo a julio (veda del 16 de diciembre a 31 de julio). Mientras que durante la temporada de captura (agosto a diciembre) se aprecia el efecto de la pesca. Este comportamiento está asociado a la reproducción ya que de acuerdo con Rosas et al. (2006) en enero es frecuente encontrar huevos recién eclosionados. En los meses posteriores existe un incremento en la biomasa de los organismos y en diciembre han alcanzado la talla mínima de captura (110 mm longitud al manto).

Pérez-Pérez et al. (2006) señalan que el pulpo *O. maya* se ha mantenido en niveles estables de biomasa durante los últimos ocho años, cercano al rendimiento máximo sostenible y han estimado que la biomasa total de la población de pulpo en la Península de Yucatán es de 20,753 t con un intervalo de confianza al 95 % de 17,669 a 27,255 t. Lo cual implica que el recurso es vulnerable a cualquier cambio en su aprovechamiento.

Mediante la simulación de la captura del pulpo se observó un incremento de agosto a diciembre, coincidiendo con la época de captura que establece el DOF (1993 b), el modelo estimó una captura de 30 t diarias; cifra que se acerca a lo analizado en la serie histórica, donde se reporta un intervalo de captura de 4,098 a 6,807 t anuales (CONAPESCA 2012).

En la simulación se estimó que la captura del recurso corvina está alrededor de las 2.6 t diarias, la del pargo y huachinango de 3 t diarias, lo que coincidió con las series históricas analizadas de CONAPESCA (2012) porque se reporta una captura anual de 656 a 2,285 t y 556 a 1,428 respectivamente. El único recurso que mostró diferencias fue el cazón (2.7 t) ya que en la simulación se excede a lo reportado por el anuario estadístico de acuicultura y pesca (378 a 824 t anuales).

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

A pesar de que durante la temporada de pesca del pulpo buena parte del esfuerzo se concentra en su captura, el volumen de captura de los demás recursos pesqueros no se aprecia en mayor medida afectado. Este comportamiento se explica como una hipótesis donde la excelente calidad de la carne y alto valor comercial de dichos recursos pesqueros mantiene una redituable captura con una disminución de esfuerzo (Cervigón et al. 1992).

## CONCLUSIONES

Los recursos pesqueros de la porción costero-marina RBLP son determinantes para las actividades de subsistencia y las pesquerías artesanales. El modelo conceptual permitió representar los componentes más importantes del sistema así como su vinculación con otros componentes estructurales del ecosistema.

El modelo permitió analizar y discutir la dinámica de los recursos pesqueros, en particular los efectos que tiene la modificación de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional y la mortalidad natural, parámetros que se asocian a las condiciones ambientales y ecológicas.

El incremento en el esfuerzo pesquero puede afectar a los parámetros de reclutamiento de las especies que constituyen importantes recursos pesqueros.

La ganancia por la cosecha se incrementó en la época de captura del pulpo.

El modelo permitió representar las tendencias observadas en los recursos pesqueros analizados, por ello puede ser útil para explorar escenarios futuros y analizar su respuesta ante diversos escenarios de conservación o explotación pesquera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arreguín-Sánchez F, Contreras M, Moreno V, Valdez R y Burgos R. 1997. Biología y pesquería del mero (*Epinephelus morio*) de la Sonda de Campeche, México. 307-332 pp. *In*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica 7. 496 p.
- Ayala Pérez LA. 2010. Humedales costeros. 116-125 pp. *In*: Villalobos-Zapata GJ y Mendoza Vega J. (Coords.). 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.
- Ayala-Pérez LA. 2006. Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos Campeche, México. Tesis de Doctorado de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana. 212 p.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Ayala-Pérez LA, Terán-González GJ, Ramos-Miranda J y Flores-Hernández D. 2012. Cambios interanuales en la abundancia de la comunidad de peces en la costa occidental de Campeche, México. *Ciencias Marinas* 38(2): 395-410.
- Ayala-Pérez LA, Ramos-Miranda J, Tapia-García M, Salgado-Ugarte IH y Miranda G. 2006. Distribution of silver perch *Bairdiella chrysoura* (Lacepede, 1982) (Pisces: Sciaenidae) in Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Thalassas*, 22:9-18.
- Barbier EB y Strand I. 1998. Valuing mangrove-fishery linkages: A case study of Campeche, Mexico. *Environmental y Resource Economics*, 12: 151-166.
- BenDor T, Scheffran J y Hannon B. 2009. Ecological and economic sustainability in shery management: A multiple agent model for under-standing competition and cooperation. *Ecological Economic*, 68: 1061-1073.
- Blanc L, Aliaume C, Zerbi A y Lasserre G. 2001. Spatial and temporal co-structure analyses between ichthyofauna and environment: an example in the tropics. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie.*, 324 (7): 635-646.
- Carozza C, Fernández Aráoz N, Ruarte CO, Massa A, Hozbor N y Jaureguizar A. 2004. Definición de una zona de reproducción y cría de especies demersales costeras en la costa sur de la provincia de Buenos Aires. Informe Técnico (84/04). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- Castro-Aguirre JL 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. México. Noriega-Limusa, 711 pp.
- Cervigón F, Cipriani R, Fischer W, Garibaldi L, Hendrickx M, Lemus A, Márquez R, Poutiers J, Robaina G y Rodríguez B. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. CCE y NORAD. Roma. 513 p.
- Chen R y Twilley RR. 1998. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. *Journal of Ecology* 86 (1): 37-51.
- CONANP. 2006. Programa de conservación y manejo Reserva de la Biósfera Los Petenes. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, 203 p.
- CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México, 80 p.
- CONAPESCA. 2010. Seguimiento oportuno de la producción pesquera. Cifras de cierre 2009 - Enero del 2010. Boletín. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Dirección general de planeación, programación y evaluación. 19 p.
- CONAPESCA. 2012. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. México. [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario\\_2012\\_zip](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2012_zip) [Consulta 23 agosto 2013]
- DOF, 1993a. Norma Oficial Mexicana-008-PESC-1993. Diario Oficial de la Federación. México.
-

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- DOF. 1993b. Norma Oficial Mexicana -009-PESC-1993. Diario Oficial de la Federación. México.
- DOF. 2010. Diario Oficial de la Federación. Carta Nacional Pesquera. 2010. CONAPESCA-SAGARPA Segunda sección. México, 128 pp.
- Fischer W. 1978. Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic.FAO. Rome. Vol I-VII.
- Fraga J, Salas S y Mexicano-Cíntora G. 2008. La pesca en Yucatán: de la abundancia a la escasez, a la fragilidad de las estructuras institucionales. 179-201 pp. *In*: Fraga J, Villalobos GJ, Doyon S y García A. (Eds.) Descentralización y manejo ambiental. Gobernanza costera en México, México, Plaza y Valdés. 392 p.
- Gibson RN, Robb L, Burrows MT y Ansell AD. 1996. Tidal, dial and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 130: 1-17.
- González y De La Rosa ME, Santos J y Solís MJ.1998. Evaluación del pulpo (*Octopus maya*) en la costa norte de Campeche. México. *El Timón. Secretaría de Pesca* 1(2): 4-7.
- Grammer GL, Brown-Peterson NJ, Peterson MS y Comyns BH. 2009. Life history of silver perch *Bairdiella chrysoura* (Lacepede, 1803) in North-Central Gulf of Mexico estuaries. *Gulf of Mexico Science*, 1: 62-73.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2009. ERIC III. Extractor rápido de información climatológica. Base de datos climatológica. México.
- INEGI. 2012. Sistema para la consulta del anuario estadístico de Campeche 2012. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae12/estatal/cam/default.htm> [Consulta: 23 agosto 2013].
- Jorgensen SE, Marques J y Nielsen SN. 2002. Structural changes in an estuary, described by models and using exergy as orientor. *Ecological Modelling* 158: 233-240 p.
- Laevastu T. 1971. Manual de métodos de biología pesquera. Editorial Acribia. Zaragoza. 214p.
- Lonin SA y Tuchkovenko YS. 2001. Water quality modelling for the ecosystem of the Ciénaga de Tesca coastal lagoon. *Ecological Modelling*, 144: 279-293.
- Ludwig D, Hilborn R y Walters C. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. *Science* 260: 17-36.
- Márquez FF, Castillo GL & Rodríguez de la Cruz MC. 1998. Demografía del cazón Pech (*Sphyrna tiburo*) (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 24 (1): 13-34.
- Miller RR. 2005. Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press.490 p.
- Musick JA, Burgess G, Cailliet G, Camhi M y Fordham S. 2000. Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries* 25: 9–13.
- Odum HT. 1983. Systems ecology: an introduction. John Wiley, NY. 644 p.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Odum HT. 2002. Explanations of ecological relationships with energy systems concepts. *Ecological Modelling* 158: 201-211.
- Pérez-Pérez M, Santos J, Burgos R y Wakida A. 2004. Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán 2004. Informe de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Yucalpetén, Yuc.; Lerma, Camp.; y Puerto Morelos, Q.R. SAGARPA-INP. Doc. Interno. 13 p.
- Pérez-Pérez M, Santos J, Burgos R, Wakida A, Cervera K, Espinosa JC, Mena C, Cob E y Medina M. 2007. Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán. Informe de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca. Doc. Interno. 11p.
- Pérez-Pérez M, Santos J, Burgos R y Espinoza JC. 2008. Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán 2008. Informe de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Yucalpetén, Yuc.; Lerma, Camp. SAGARPA-INP. Doc. Interno. 11p.
- Pérez-Pérez M, Burgos R, Wakida A y Santos J. 2006. Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán 2006. Informe de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Yucalpetén, Yuc. y Lerma, Camp. Instituto Nacional de la Pesca. Doc. Interno. 11 p.
- Peterson MS, Nieland DL, Murphy MD, Taylor RG y Warren JR. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout *Cynoscion nebulosus* in the Gulf of Mexico: differences among estuaries? *Environ. Biol. Fish.* 63:405-415.
- Rendón von-Osten J, Valdespino C, González M, Memije M y Salame A. 2010. Área Natural Protegida pero no de contaminantes orgánicos persistentes: El caso de Laguna de Términos y Los Petenes. *Revista Jaina* 21(1): 49-53.
- Reyes E, Day JW y Sklar FH. 1994. Ecosystem models of aquatic primary production and fish migration in Laguna de Terminos, Mexico. 519-536 pp. En: Mitsch WJ. (Ed). *Global Wetlands: Old World and New*. Elsevier Science. 967 p.
- Rodríguez-Serna M y Carmona-Osalde C. 2008. Crecimiento y supervivencia de crías de pulpo (*Octopus maya*): alimentados con dietas inertes bajo condiciones de laboratorio en Yucatán, México. *Hidrobiológica*, 18 (3): 209-214
- Rosas C, Caamal C, Cázares R, Rodríguez D, Romero M y Chay D. 2006. Manual preliminar para el cultivo de pulpo *Octopus maya*. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación. Facultad de Ciencias, UNAM, Sisal, Yucatán. Secretaría de Desarrollo Rural y Pesca, Gobierno de Yucatán. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- Ruíz LA y Madrid VJ. 1997. Análisis comparativo de tres sistemas de pesca artesanal. *Región y sociedad*, 8(13-14):77-98.
- Ruiz R y Oregui LM. 2001. El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal: revisión bibliográfica. *Invest. Agr: Prod. Sanid. Anim.* Vol. 16 (1).
- Salas S, Mexicano-Cíntora G y Cabrera MA. 2006. ¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? *Tendencias, Retos y Perspectivas*. CINVESTAV Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México. 97 p.
-

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Salas S, Chuenpagdee R, Seijo JC y Charles A. 2007. Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries Research* 87:5-16.
- Sánchez-Gil MJP. 2009. Ecología demersal tropical: grupos funcionales y patrones de utilización en hábitats costeros (sur del Golfo de México). Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. 110p.
- Seijo JC, Defeo O y Salas S. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca 368. Roma. 106 p.
- Sin Y y Wetzel RL. 2002. Ecosystem modelling analysis of size-structured phytoplankton dynamics in the York River estuary, Virginia (USA). I. Development of a plankton ecosystem model with explicit feedback controls and hydrodynamics. *Marine Ecology Progress Series* 228: 75–90 p.
- Solis MJ. 1967. Aspectos biológicos del pulpo *Octopus maya* Voss y Solis. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. Publicación Num. 18, 90 p.
- Sparre P y Venema SC. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca 306/1. Valparaiso, Chile. 420p.
- Stevens JD, Bonfíl R, Dulvy NK y Walker PA. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476–494.
- Tsoularis A y Wallace J. 2002. Analysis of logistic growth models. *Mathematical Biosciences* 179: 21–55
- Villalobos-Zapata GJ y Mendoza Vega J (Coords.). 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.

## ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE CIANOPROCARIONTES BÉNTICOS MARINOS DE LA COSTA ATLÁNTICA MEXICANA

León Tejera Hilda Patricia, González-Resendiz L, Cabrera Becerril Ernesto,  
García García Annie May Ek, Martínez-Yerena J, Ramírez-Padilla B y  
Peralta-Caballero M.

Laboratorio de Ficología Marina, Facultad de Ciencias, UNAM. Av. Universidad 3000. Coyoacán  
04510. México, D.F. Tel. 56224914.

Email responsable: [hileont@gmail.com](mailto:hileont@gmail.com)

---

### RESUMEN

Se presenta el análisis de la integración de los reportes de cianoprocariontes marinos bénticos del Golfo de México y Caribe Mexicano, a partir de la recopilación bibliográfica publicada hasta 2014 y de varias colecciones nacionales y del extranjero. Un total de 148 nombres de especies (126 válidos), de 57 géneros y 19 familias en 5 órdenes se han reportado, donde *Lyngbya* sp. C. Agardh ex Gomont (1892), es la especie más referida en la bibliografía, mientras que aquellas con la distribución geográfica más amplia son: *Schizothrix* sp. Kütz ex Gomont (1892), *Schizothrix mexicana* Gomont (1892), *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont (1892), *Entophysalis conferta* (Kütz.) Drouet FE y Daily WA (1948), *Microcoleus* sp. Desm ex Gomont (1892), *Leibleinia* sp. Desm ex Gomont (1892), *Blennothrix lyngbyacea* (Kütz ex Gomont) Anagnostidis y Komárek (1988) y *Lyngbya* sp. Las entidades con un mayor número de nombres de especies reportados son Yucatán (90) y Quintana Roo (65), mientras que Campeche presenta 17 y Tabasco no cuenta con ningún reporte. Este análisis arroja que quedan considerables zonas sin estudiar, la mayor parte de los registros son listados sin descripción o imágenes por lo que es necesario fortalecer el desarrollo de estudios taxonómicos del grupo con un enfoque multidisciplinario en nuestros litorales.

**Palabras clave:** Cyanophyta, taxonomía, inventario.

### ABSTRACT

We present the results of the integration of the bibliography on marine benthic cyanoprocariota reported for the Gulf of México and Mexican Caribbean published until 2014 and including several national as

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

well as foreign collections. A total of 148 names of species (126 valid) of 57 genera and 19 families of 5 orders have been reported. *Lyngbya* sp. is the most reported species in the literature, whereas those with the widest geographic distribution are: *Schizothrix mexicana*, *Spirulina subsalsa*, *Entophysalis conferta*, *Microcoleus* sp., *Leibleinia* sp., *Blennothrix lyngbyacea*, *Schizothrix* sp. and *Lyngbya* sp. The states with the highest number of species names are Yucatán (90) and Quintana Roo (65), whereas Campeche (17) and Tabasco without records. This analysis shows that considerable geographic areas have not been studied, and most records are from floristic lists without descriptions or images. It is clearly necessary to reinforce the development of taxonomic multidisciplinary studies of this group in our littoral.

**Keywords:** Cyanophyta, taxonomy, inventory

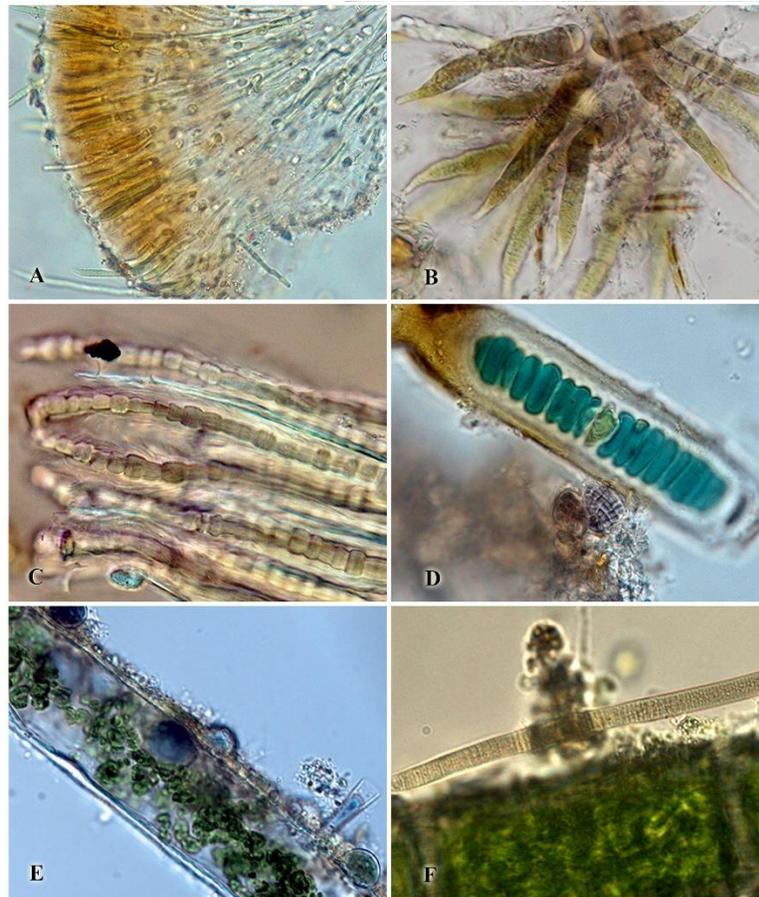
## INTRODUCCIÓN

Los cianoprocariontes son un grupo de procariontes fotoautotróficos muy antiguos, que presentan características ultraestructurales de la pared celular del tipo gram negativo. Pueden presentar gran variedad de niveles de organización y manifestarse en muchos ambientes distintos, muchas veces junto o sobre macroalgas, plantas o animales. En la zona litoral las de tipo béntico pueden formar crecimientos visibles desde la zona supralitoral a la sublitoral. Por sus características como productores primarios, revisten gran importancia ecológica incluso en condiciones extremas como son los ambientes hipersalinos, con desecación o con fluctuación ambiental importante donde pueden constituir los organismos fotosintéticos más abundantes (González-Resendiz et al. 2014). Aunque no existe un conocimiento preciso actual sobre la diversidad de este grupo, se cree que la riqueza de especies conocida seguirá aumentando en tanto sean estudiadas muchas áreas geográficas, en especial de zonas tropicales que han sido poco trabajadas o son prácticamente desconocidas (León-Tejera et al. 2009).

La problemática en el estudio de este grupo se ha dado por varios elementos, en especial por su talla generalmente microscópica; el número reducido y tipo de caracteres taxonómicos utilizados para su determinación aunado a la falta de documentación (imágenes, descripciones, colecciones de referencia, etc.) en una parte considerable de trabajos previos realizados en nuestro país. Adicionalmente la carencia de especialistas de este grupo en regiones tropicales y el uso de distintos sistemas de clasificación a lo largo del tiempo (Geitler 1932; Drouet y Daily 1956; Drouet 1968, 1978; Komárek y Anagnostidis 1999, 2005, Komárek 2013), ha propiciado que la mayoría de las identificaciones de especies en zonas tropicales se hayan realizado utilizando claves elaboradas para poblaciones de zonas templadas o ambientes continentales (ej. Geitler 1932). El empleo de un enfoque polifásico para el estudio de este grupo, donde se trata de resolver los problemas taxonómicos y/o de determinación, mediante la elaboración de descripciones morfológicas detalladas, de preferencia apoyadas por imágenes (Fig. 1) y

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

la incorporación de técnicas moleculares y de información ecológica precisa, ha permitido en parte que, en años recientes se confirmara que la mayor parte de las especies no son cosmopolitas, sino que tienen intervalos de tolerancia mas o menos definidos a distintos factores ambientales. Por ello la determinación con nombres de especies descritas para zonas templadas, no debe ser aplicada a poblaciones de zonas tropicales de modo automático y sin un análisis detallado de la morfología, el ambiente, etc., es decir con una aproximación polifásica.



**Fig. 1:** Micrografías de Cyanoprokaryota representativos. A. *Rivularia* sp., corte transversal. B. *Calothrix* sp. C. *Kyrtothrix* sp., filamentos plegados. D. *Petalonema* sp., hormogonio. E. *Dermocarpella* sp. y *Chamaecalyx* sp. epífitos sobre alga verde. F. *Oscillatoria* sp.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

En este trabajo se presenta el análisis de la integración de los reportes bibliográficos publicados hasta 2014 de cianoprocariontes marinos bénticos del Golfo de México y Caribe Mexicano, así como la revisión de varias de las principales colecciones nacionales y del extranjero que cuentan con material de referencia del Atlántico mexicano entre sus acervos. La relevancia de este estudio deriva del escaso conocimiento de este grupo de organismos aunado al auge en el interés sobre el conocimiento de nuestros recursos biológicos, ya sea desde un punto de vista ecológico y/o biotecnológico.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica hasta el año 2014 de artículos, capítulos de libros, catálogos y tesis en los que se reportan nombres de especies de cianoprocariontes bénticos marinos para el Caribe y Golfo de México, donde destaca el catálogo de Ortega et al. (2001). Los registros bibliográficos fueron capturados en el Sistema Biótica 5.0.3, en la base de datos KT016 “Catálogo de Autoridades Taxonómicas de Cyanoprocaryota marinos bentónicos de México” financiado por la CONABIO. Se complementó esta información, mediante la revisión de material de varios herbarios nacionales como la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), Herbario Nacional, UNAM (MEXU-IBT) y Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCME) y la colección de Drouet depositada en el Instituto Smithsonian (US). Para el ordenamiento sistemático se utilizó el sistema de Hoffmann, Komárek y Kastovsky (2005) de orden a género; el de Komárek y Hauer (2015) y Guiry y Guiry (2015) para nivel de especie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

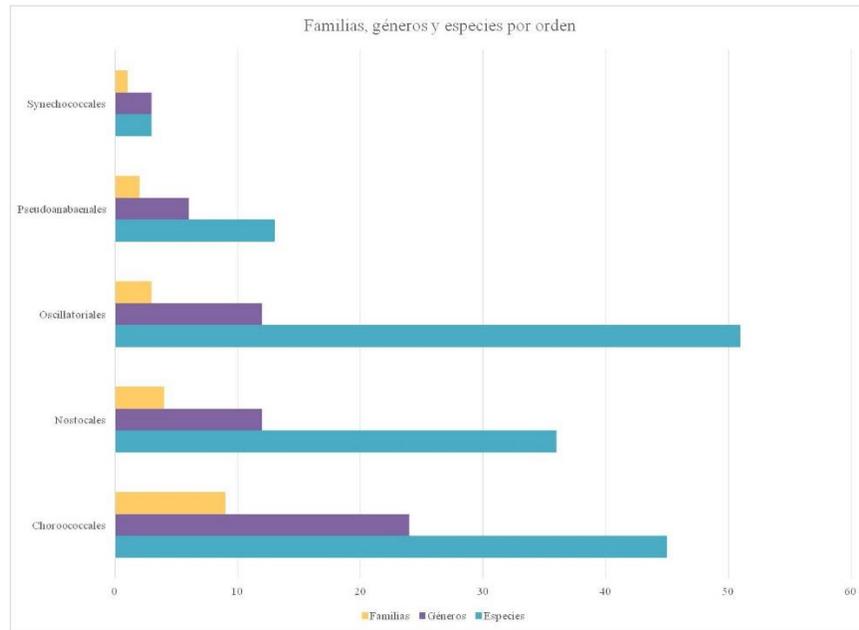
Se reportan para el Atlántico un total de 148 nombres de especies (126 válidos, 46 especies determinadas a nivel de género y el resto sinónimos) de 57 géneros de 19 familias en cinco órdenes. Los datos obtenidos representan una actualización de los reportados por LeónTejera et al. (2009) para nivel de especie donde se registran 78 nombres de especies para el Golfo de México.

En el presente trabajo, el orden mejor representado son los Oscillatoriales con 51 especies y el menos representado es Synechococcales con tres (Fig. 2).

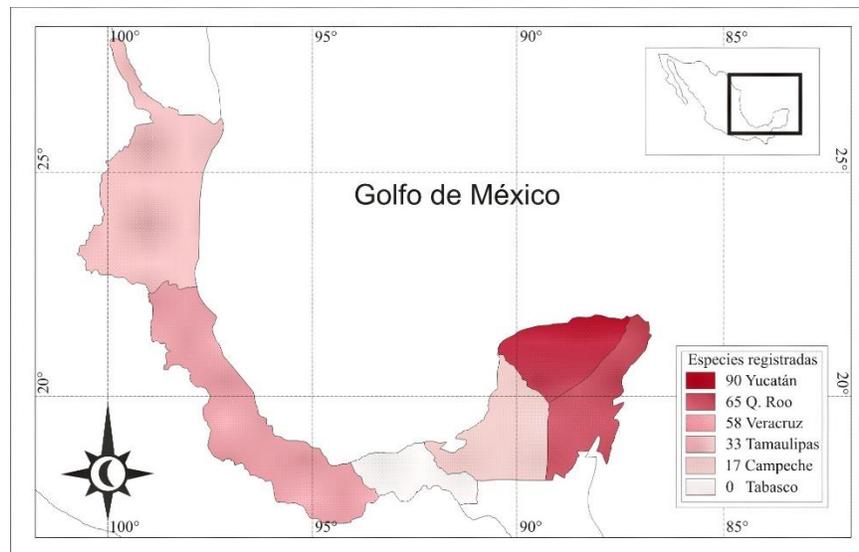
En cuanto a la distribución geográfica, el conocimiento que se tiene de este grupo es muy heterogéneo: las entidades con mayor cantidad de nombres de especies reportadas son Yucatán (90) y Quintana Roo (65), la entidad con menos reportes es Campeche (17), Tabasco no presenta reportes (Fig. 3).

La especie más reportada en la bibliografía es *Lyngbya* sp., las especies con la distribución geográfica más amplia en la costa atlántica son: del orden Pseudoanabaenales *Schizothrix* sp. y *Schizothrix mexicana*; de Chroococcales *Spirulina subsalsa* y *Entophysalis conferta*; de Oscillatoriales *Microcoleus* sp., *Leibleinia* sp., *Blennothrix lyngbyacea* y *Lyngbya* sp.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 2:** Número de familias, géneros y especies en cada orden de Cyanoprokaryota reportados para la costa Atlántica de México.



**Fig. 3:** Distribución de especies de Cyanoprokaryota reportados por entidad federativa.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

A partir del análisis de los datos obtenidos es evidente que el conocimiento de este grupo de organismos en el Golfo de México y el Caribe mexicano es aún incompleto. Aunque el listado de especies obtenido en este trabajo, representa un aumento y actualización considerable del número de nombres de especies de cianoprocariontes marinos bénticos respecto de lo reportado para el Golfo de México por León Tejera et al (2009). Es preciso considerar que en el presente documento, una de las principales fuentes de información ha sido lo que se denomina literatura gris (tesis) y material depositado en varias colecciones. Respecto de la bibliografía consultada, una parte importante de los reportes para cianoprocariontes consisten de reportes incidentales dentro de trabajos florísticos macroalgales, por lo que en su mayoría carecen de descripciones o ilustraciones, elementos que son de gran importancia para certificar la determinación.

En relación a la incorporación de tesis de distintos niveles, destaca la tesis doctoral de Kim (1964) para Arrecife Alacranes, que constituye la obra en la que se registra una mayor riqueza de cianoprocariontes (84) y que representa el 93% de los registros existentes para el estado de Yucatán. Esto puede interpretarse como que la generación de información se debe en su mayoría a estudios individuales y no al resultado del desarrollo de proyectos taxonómicos de largo plazo que pudieran estar relacionados con la formación de especialistas del grupo.

Para completar el conocimiento de la diversidad de cianoprocariontes marinos del país es necesario continuar realizando estudios con distintas orientaciones, tanto florísticos como ecológicos o taxonómicos, pero que produzcan información que permita realizar una adecuada caracterización morfológica de nuestras poblaciones, de las condiciones ambientales de los sitios donde se manifiestan y que generen material de referencia consultable, en forma de ejemplares de herbario o cepas en cultivo que permita entre otros, la caracterización fisiológica y/o molecular de nuestra flora.

## AGRADECIMIENTOS

A CONABIO por el financiamiento del proyecto KT016 “Catálogo de Autoridades Taxonómicas de Cyanoprocaryota marinos bentónicos de México”, a Joaquín Hernández que ha prestado sus imágenes y sin cuya ayuda no se hubiera realizado este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Drouet F y Daily WA. 1956. Revision of the coccoid Myxophyceae. Butler University Botanical Studies. Indianapolis, IN. (12): 1-218 pp.
- Drouet F. 1968. Revision of the classification of the Oscillatoriaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Monographs. Philadelphia, PA. E.U.A., Lancaster. 370 pp.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Drouet F. 1978. Revision of Nostocaceae with constricted trichomas. *Beihefte zur Nova Hedwigia*. (57): 1-258 pp.
- Geitler L. 1932. Cyanophyceae. *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Rabenhorst, L. Eds. Vol. 14. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig. 673-1196.
- Guiry MD y Guiry GM. 2015. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 16 July 2015.
- González-Resendiz L, León-Tejera H, Díaz-Larrea J, Alba-Lois L y Segal-Kischinevzky C. 2013. *Hassallia littoralis* sp. nov. (Cyanobacteria, Microchaetaceae) from Mexico's marine supralittoral based on morphological and molecular evidence. *Phytotaxa* 137: 35–47.
- Hoffman L, Enrek J y Kastovsky J. 2005. System of cyanoprokaryotes (Cyanobacteria)-state in 2004. *Algological Studies (Cyanobacterial research)*. Stuttgart. 117 (6): 95-115 pp.
- Kim CS. 1964. Marine Algae of Alacran Reef, Southern Gulf of México. D. Thesis, Duke University. Durham. 213 pp.
- Komárek J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa vol. 19. Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera. Springer Spektrum, Heidelberg, 1130 pp.
- Komárek J y Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. En Ettl H, Gärtner G, Heynig H, Mollenhauer D. (eds.). *Subwasserflora von Mitteleuropa*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg & Berlin 548 pp.
- Komárek J y Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales. En Budel B, Krienitz L, Gärtner G, Schagerl M. (eds.). 19/2. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.
- Komárek J y Hauer T. 2015. <http://www.cyanodb.cz>. Cyanodb. World-wide electronic publication Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR
- León-Tejera H, Gold-Morgan M y Montejano G. 2009. Benthic Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) of the Gulf of México. Gulf of México. p. 47-56. En Felder DL y DK Camp (eds.). Texas A&M University Press, U.S.A., Texas.
- Ortega M, Godínez-Ortega J y Garduño G. 2001. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Cuadernos del IBUNAM No. 34. UNAM, CONABIO. 594 pp.

# **VARIACIÓN TERMOHALINA EN EL ESTUARIO XEL-HÁ EN RELACIÓN A LAS MAREAS**

Robles Camacho Javier y Enriquez Ortiz Cecilia

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Puerto de Abrigo s/n,  
97356 Sisal, México. Av. Colón 503-F por Calle 62 y Av. Reforma. Col. Centro. CP 97000, Mérida,  
Yucatán.

Email responsable: [javier.rc606@gmail.com](mailto:javier.rc606@gmail.com)

---

## **RESUMEN**

Xel-Há es un parque acuático al sur de la Riviera Maya que cuenta con una laguna costera que recibe importantes flujos de agua continental en formas de descargas de agua subterránea (DSA) que interactúa con agua del Mar Caribe que se adentra en el sistema. Se ha reportado que dadas las características fisicoquímicas de las diferentes aguas, la columna de agua se divide en dos capas, una salobre y la otra salada. Sin embargo, a pesar de la riqueza natural e importancia económica del sistema, no existe en la literatura información de su comportamiento hidrodinámico, del cual depende su salud y condición. Esta contribución presenta las características y distribución termohalina del sistema lagunar, determinadas a partir de mediciones *in situ* de salinidad, temperatura y niveles de agua y su variación en los diferentes momentos de la marea. Los resultados indican que la marea que afecta al sistema es de pequeña amplitud y de frecuencia semidiurna; el nivel del agua sube y baja al mismo tiempo en toda la laguna (en fase) con ligera atenuación de la marea conforme la señal se propaga hacia adentro del sistema. La distribución de salinidad dentro de Xel-Há muestra un sistema de laguna costera con características marcadamente estuarinas; el gradiente de salinidad es permanente en la horizontal y se desarrolla en la vertical durante algunos momentos de la marea. La temperatura, en contraste, no tiene una señal semidiurna, sino una oscilación diurna aumentando durante el día y disminuyendo hacia la noche. De modo que la salinidad del sistema está controlada por los aportes de agua continental y por la marea; mientras que la temperatura es controlada por la radiación solar.

**Palabras clave:** laguna costera, distribución termohalina, marea, descargas de agua subterránea, DSA.

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## ABSTRACT

Xel-Ha is a coastal lagoon located in the Mayan Riviera, which is a popular aquatic park. The lagoon receives important continental water discharges in the form of submarine groundwater discharges, SGDs which interact with the Caribbean seawater that enters and propagates into the system. Previous studies have reported that due to the physicochemical characteristics of the different water masses, the water column is divided in two layers, one surface layer with brackish water and a deep layer with marine water. Despite its natural wealth and economical importance, the hydrodynamics of the system, from which the health and water quality depend, are still unknown. This contribute presents the thermohaline temporal and spatial variability of Xel-Ha, determined from *in situ* measurements of salinity, temperature, and water levels through the different tidal stages. Results indicate the system is affected by tides of small amplitude and semidiurnal frequency; the water level oscillates simultaneously in the whole lagoon (in phase) with moderate tidal attenuation as the signal propagates into the system. Salinity distribution inside Xel-Ha shows a coastal lagoon system with markedly estuarine characteristics; the salinity gradient is present in the horizontal throughout the tidal cycle and developed in the vertical during some tidal stages. The temperature, in contrast, has a diurnal cycle increasing through the day and dropping at night. Hence, the salinity variations are controlled by the continental water discharges and by the tide, while the temperature is controlled by solar radiation.

**Keywords:** coastal lagoon, thermohaline distribution, tide, submarine groundwater discharges, SGD.

## INTRODUCCIÓN

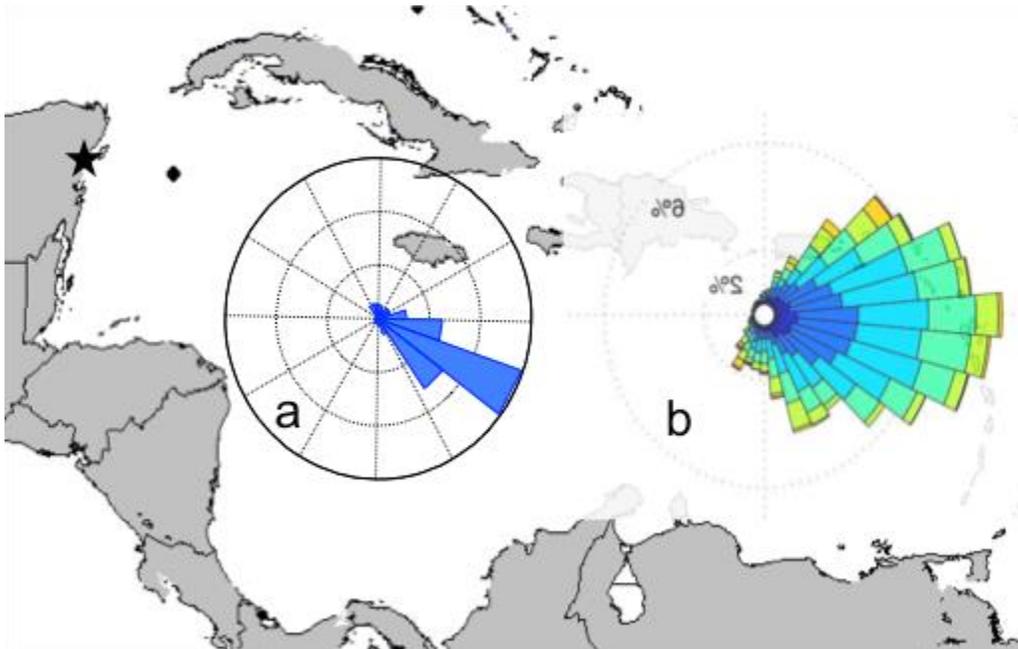
Xel-Há (que en maya significa “donde nace el agua”) es un parque ecoturístico ubicado a 125 km al sur de Cancún, en el Municipio de Tulum, Quintana Roo. Es un área de 84 ha de selva baja subcaducifolia y manglares que rodean una caleta de agua salobre donde confluyen aportes continentales y marinos. Toda la región es de geología cárstica con abundante acervo de agua dulce y numerosos cenotes y ojos de agua. Estas características permiten que en el Parque habiten más de 100 especies de aves, alrededor de 230 especies de plantas, flores y árboles y en el estuario, más de 90 especies de peces. La belleza natural del sitio lo hace un gran atractivo turístico en la Riviera Maya. En promedio, el Parque recibe 2,100 visitantes al día; de modo que genera una cantidad importante de ingresos.

La laguna comprende aproximadamente 14 ha, está conectada al Mar Caribe por una boca de 98 m de largo. Recibe importantes flujos de agua continental en forma de descargas de agua subterránea (DAS) y un aporte principal en el extremo sur de la cabeza lagunar. Back et al. (1979) reportan que debido a las características fisicoquímicas de las diferentes aguas, la columna de agua está dividida en dos

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

capas, una superior de agua dulce (salobre) con 1 m de espesor, y una capa inferior de agua salada; con termoclina y haloclina estables.

La región se encuentra en el Caribe Mexicano, está influenciada por los vientos Alisios que persisten durante todo el año, y se interrumpen en invierno durante el paso de frentes fríos que generan viento del norte de corta duración (2–5 días) (Fig. 1). El mar costero del Caribe Mexicano está sujeto a un régimen micromareal semidiurno, se caracteriza por recibir oleaje moderado (< 1 m) del sureste, y recibe la influencia de la Corriente de Yucatán que es una corriente intensa y dominante que viaja al norte y comunica al Mar Caribe con el Golfo de México a través del Canal de Yucatán.



**Fig. 1:** Localización del estuario Xel-Há en el Mar Caribe mexicano (estrella). La figura muestra la rosa de oleaje (a) proveniente del sureste y la rosa del viento (b) del Este, Noreste y Sureste.

Toda la región es muy atractiva para el turismo nacional e internacional por el clima y su belleza natural. Sin embargo, cualquier sistema lagunar costero destinado a un uso antropogénico está expuesto a ser impactado y modificado. La forma de minimizar los impactos requiere de un conocimiento profundo del funcionamiento natural del sistema.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

El estudio de la hidrodinámica de ecosistemas lagunares costeros es vital para planear y usar adecuadamente el ambiente y permite proponer soluciones viables a los problemas con que se encuentren, ya sean debidos a la acción natural o a la antropogénica (Cárdenas Gámez 2007). La calidad del agua de estos sistemas depende de la hidrodinámica local, que está determinada por la acción combinada de distintos procesos como la marea, el oleaje, el viento, las características batimétricas y la distribución de temperatura y salinidad de las distintas masas de agua.

A pesar de su importancia regional y de su riqueza natural, no existen estudios en la literatura de la hidrodinámica del estuario Xel-Há. Por ello, en esta aportación se presentan resultados de sus características y distribución termohalina, determinados a partir de mediciones *in situ* de salinidad, temperatura y niveles de agua y su variación en los diferentes momentos de la marea.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

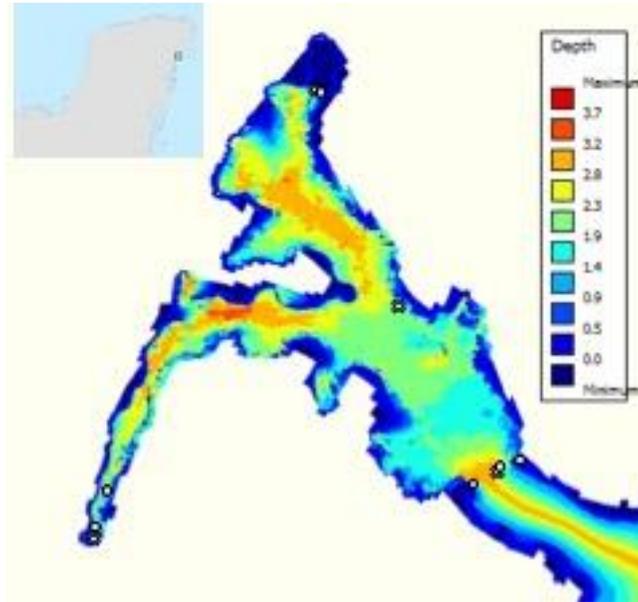
En marzo de 2015 se llevó a cabo una campaña de campo intensiva para medir las variaciones termohalinas a lo largo del ciclo de marea en el estuario de Xel-Há. Se instalaron anclajes instrumentados con CTD *Divers Schlumberger* en puntos estratégicos de la laguna: boca de la laguna, cabeza norte, cabeza sur y centro de la cabeza (Fig. 2). Los sensores registraron cada 10 minutos conductividad, temperatura y presión durante aproximadamente 39 horas. Durante ese periodo de tiempo se instaló un Baro *Diver Schlumberger* que registró la presión atmosférica y temperatura del aire en las instalaciones del Parque Xel-Há. De manera simultánea a los registros continuos en los anclajes mencionados, se realizaron mediciones del perfil vertical de la columna de agua, registrando salinidad, temperatura, profundidad, pH y oxígeno disuelto, de forma continua durante 14 horas en diferentes puntos de la laguna (Fig. 2). De este modo, cada uno de los puntos se medía aproximadamente cada 90 minutos. Estas mediciones se realizaron con una sonda multiparámetros YSI® y con un perfilador CastAway®-CTD. A partir de los datos de conductividad, temperatura y presión, se determinó la salinidad; los datos de presión atmosférica registrados por el barómetro fueron restados de los valores registrados por el sensor de presión en el agua para obtener así los niveles del agua. Los datos se procesaron en Matlab y se generaron series de tiempo de niveles de agua, salinidad y temperatura.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A partir de los resultados del análisis de los datos registrados por los anclajes, se observó una variación de marea semidiurna y de amplitud pequeña; la mayor amplitud del nivel de agua que se registró durante marea viva fue de 35 cm. La variación del nivel oscila simultáneamente en los diferentes sitios de Xel-Há, es decir que, el nivel del agua sube y baja al mismo tiempo en toda la laguna (en fase).

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

Aunque de manera general la amplitud de la oscilación del nivel del agua es casi la misma, se manifestó una ligera atenuación de la marea conforme la señal se propaga hacia adentro de la laguna (Fig. 3a).



**Fig. 2:** Estuario Xel-Há, en Quintana Roo. La figura muestra los sitios de instalación de CTD (cruces) y las estaciones de medición de perfiles verticales de parámetros fisicoquímicos con YSI y CastAway (círculos).

La distribución de salinidad dentro de Xel-Há muestra un sistema de laguna costera con características marcadamente estuarinas. Hay un aporte de agua continental importante en la cabeza sur de la laguna que fluye de forma persistente hasta la parte central de la laguna. El agua de mar penetra y se adentra en el sistema. El gradiente de salinidad es marcado y existe tanto en la horizontal (desde la boca hacia el río) como en la vertical durante algunos momentos de la marea. La estratificación vertical puede apreciarse en los datos registrados con los CTDs anclados en la boca de la laguna. Únicamente en ese sitio se instalaron dos instrumentos en la misma localidad, uno en el fondo y otro en superficie. Los resultados muestran que el instrumento anclado en el fondo registró agua de salinidad marina (~30 psu) durante prácticamente todo el ciclo de marea, excepto por unas horas en las que registró agua salobre (diluida por el agua continental). Esto ocurrió cuando el nivel del mar fue mínimo (Fig. 3b). De forma distinta, la salinidad en la superficie de la boca se ve influenciada tanto por el aporte de agua continental como por el efecto de la marea; de este modo, en marea alta se observa agua marina en toda la columna

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

de agua en la boca lagunar, indicando una columna mezclada en esos momentos; sin embargo, en marea baja la columna de agua se estratifica y se observa agua marina en el fondo y agua salobre (20 psu) en superficie. La variación de salinidad en el agua superficial de la boca de la laguna oscila en fase con la oscilación del nivel de agua. La región de la cabeza al norte de la laguna es la que tiene menor variabilidad presentando salinidad ligeramente menor a la salinidad marina durante todo el ciclo de marea (Fig. 3b). Esto indica que tiene también menor influencia del aporte de agua dulce, lo que concuerda con lo reportado por Back et al. (1979), donde mencionan que el sur de la cabeza es más activo que el norte tanto geoquímicamente como hidrológicamente. Algunas dificultades con los sensores anclados impidieron la adquisición de datos confiables de salinidad en algunos de los sitios, por lo que de este parámetro solo se cuenta con mediciones correspondientes a la boca (fondo y superficie) y al sitio en el norte de la cabeza.

El comportamiento de la temperatura en toda la laguna es muy similar, con excepción del sitio donde ocurre la descarga de agua continental (Fig. 3c). Tanto al norte y parte central de la cabeza lagunar como en la boca (fondo y superficie), muestran una variación diurna con un incremento de temperatura durante el día (a partir de las 9:00) alcanzando el pico máximo alrededor de las 15:00 horas. La temperatura desciende cerca de las 18:00 horas y muestra una temperatura más estable durante la noche. Este comportamiento indica que la temperatura está dominada por el calentamiento diurno por radiación solar.

La región central de la laguna, seguida de la región norte de la cabeza lagunar, son más susceptibles al calentamiento diurno. En estos sitios el rango de variación durante el periodo de las mediciones alcanzó los 2 °C mientras que en la boca fue de ~1 °C.

De toda la laguna, la menor temperatura registrada fue en la cabeza sur además de ser la que se mantiene más constante. Esto se debe a que en ese punto ocurre la descarga de agua continental, que aflora del subsuelo como descarga submarina del acuífero (DSA). Dado que el origen de esta agua es subterráneo y que no está expuesto a la radiación solar directa, tiene una menor temperatura que el agua de la laguna y la del mar (Fig. 3c).

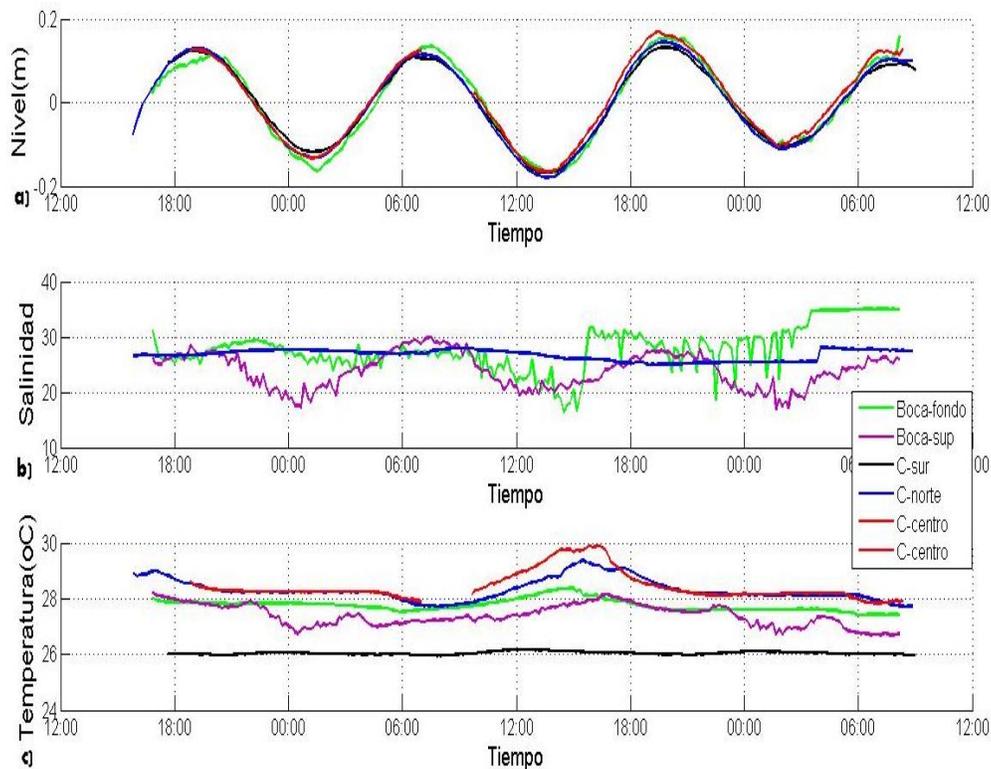
En la boca se registró menor temperatura en el agua superficial que en el agua del fondo lo que concuerda con las mediciones de salinidad, indicando la influencia del agua de aportes continentales en la superficie, que son de menor salinidad y menor temperatura

## CONCLUSIONES

La laguna Xel-Há tiene características estuarinas, donde confluyen el agua del Mar Caribe y agua de descarga continental generando un sistema con claros gradientes de densidad. La marea que afecta al sistema es de pequeña amplitud y de frecuencia semidiurna. Esta marea se propaga a todo el sistema

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

prácticamente sin desfases y con muy poca atenuación. El estuario presenta estratificación vertical durante algunas etapas de la marea desde la boca y hasta la cabeza sur, lugar donde ocurre una importante descarga de agua del acuífero. La salinidad del sistema está controlada por los aportes de agua continental y por la marea; mientras que la temperatura es controlada por la radiación solar y tiene una variación diurna.



**Fig. 3:** Mediciones con los sensores CTD instalados en sitios específicos de Xel-Há (Fig. 2) del 18 al 20 de marzo de 2015 durante mareas vivas. a) nivel de agua. b) salinidad. c) temperatura.

**AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al personal del Parque Xel-Há por el apoyo logístico y facilidades que brindó durante los días de muestreo.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Back W, Hanshaw BB, Pyle TE, Plummer LN y Weidie AE. 1979. Geochemical significance of groundwater discharge and carbonate solution to the formation of Caleta Xel Ha, Quinta Roo, Mexico. *Water Resources Research*, 15: 1521-1535.
- Cárdenas GS. 2007. Modelación hidrodinámica de la laguna costera El Colorado, Ahome, Sinaloa. Tesis de Maestría. CIIDIR-Sinaloa, IPN. México.

## **LA DIVERSIDAD DE MACROMICETOS DE LA ISLA DEL CARMEN, CAMPECHE: RESULTADOS PRELIMINARES.**

Amador-del Ángel Luis Enrique<sup>1</sup>, Quintana Chávez Samuel David<sup>2</sup>, Cascante Ballester Abigail<sup>2</sup>, Endañú Huerta Esthela<sup>3</sup>, López Contreras José Enrique<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Investigación de Ciencias Ambientales (CICA), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen. Av. Laguna de Términos s/n Col. Renovación 2da. Sección C.P. 24155 Ciudad del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México Tel. 9383811018 ext. 1806.

<sup>2</sup> Licenciatura en Biología Marina, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>3</sup> Herbario Regional de Referencia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen. Av. Laguna de Términos s/n Col. Renovación 2da. Sección C.P. 24155 Ciudad del Carmen, Campeche, México.

\*Email responsable: [leamador@yahoo.com.mx](mailto:leamador@yahoo.com.mx)

---

### **RESUMEN**

Los macromicetos son uno de los grupos de organismos más diversos, sin embargo su estudio está poco desarrollado, en especial en los trópicos. Tomando en cuenta este escaso conocimiento, el presente trabajo tiene como objeto conocer los principales hongos macroscópicos que crecen en la Isla del Carmen, Campeche ubicada dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Se realizaron tres exploraciones micológicas entre marzo de 2014 y marzo de 2015, identificándose 26 especies de hongos macromicetos, (un Ascomycota y 25 Basidiomycota). El orden con mayor número de taxa son los Polyporales con 10; la familia mejor representada es Polyporaceae (ocho especies). El sustrato más frecuente fue la madera en descomposición (55.85 %). Se determinaron cuatro especies (13.79 %) potencialmente utilizables para el consumo humano.

**Palabras clave:** Polyporales, Ascomycota, Basidiomycota, hongos silvestres, diversidad fúngica.

---

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

## ABSTRACT

Macromycetes are one of the most diverse groups of organisms, but its study is underdeveloped, particularly in the tropics. Given this limited knowledge, the present study aims to know the main macroscopic fungi growing on the Carmen's Island, Campeche located inside the Flora and Fauna Protected Area Terminos Lagoon. Three mycological explorations between March 2014 and March 2015 were conducted, identifying 26 species of fungi macromycetes, (1 Ascomycota and 25 Basidiomycota). The order with the highest number of taxa is Polyporales with 10; the best-represented family is Polyporaceae (eight species). Rot wood was found to be the most frequently used substratum (53.85 %). Four potentially useful species (13.79 %) for human consumption were determined.

**Key words:** Polyporales, Ascomycota, Basidiomycota, wild fungi, fungal diversity.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la biodiversidad es de gran importancia para entender la estructura y función de la vida en nuestro planeta. En cuanto a hongos se refiere, la pérdida de la biodiversidad también es grande, pero no evidente, debido al bajo número de especies descritas en relación con las que se calcula que existen (Hawksworth 1991).

A nivel mundial se han reconocido 68,666 especies de hongos y se estima que pudiesen alcanzar entre 1.0 y 2.7 millones de especies (Mueller y Schimit 2007). México tiene una gran riqueza fúngica, inclusive se ha propuesto que ocupa el quinto lugar a nivel mundial con una cifra estimada de entre 120 000 y 140 000 especies de hongos (Guzmán 1995); sin embargo, hasta el momento se conocen 7,000 especies, de las cuales 3,813 son clasificadas como macromicetos (CONABIO 2015).

Los hongos han sido importantes desde tiempos prehispánicos, tanto por su utilidad en diversas ceremonias, como en la cura de algunas enfermedades; así como en la alimentación. El impacto de los hongos en el ambiente se debe a su papel central como desintegradores de la materia orgánica y a las asociaciones parasitarias o simbióticas que establecen con muchos organismos. Actualmente nos proveen una serie de beneficios tanto ecológicos como económicos. A pesar de estos beneficios y que los macromicetos son uno de los grupos de organismos más diversos, su estudio está poco desarrollado, en especial en los trópicos (Cappello y Hernández-Trejo 1990), donde se esperaría que las selvas fueran la más ricas fuentes de la diversidad fúngica, ambientes que se encuentran amenazados por la tala indiscriminada, el cambio climático y en el caso de la Isla del Carmen el fuerte crecimiento urbano.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

Tomando en cuenta este escaso conocimiento, el presente trabajo tiene como objeto contribuir al conocimiento de los principales hongos macroscópicos que crecen en la Isla del Carmen, Campeche ubicada dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos.

## MÉTODO

La Isla del Carmen, Campeche, está situada en la provincia florística Península de Yucatán, correspondiente a la región Caribe (Rzedowski 1981). Geográficamente se encuentran entre los meridianos 91° 49' 51" y 91° 29' 51" de longitud oeste y entre 18° 38' 36" y 18° 47' 23" de latitud norte. Con una altitud entre 0 y 5 msnm, suelo dominante de tipo regosol calcárico, clima Aw''0(w) (i'g, temperatura media anual de 27.3°C y una precipitación anual de 1,400 mm.

El Jardín Botánico Regional Carmen de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), se localiza en la Isla del Carmen dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (Fig. 1). Tiene una superficie de 30 hectáreas, de las cuales 25 corresponden a la reserva el humedal conformada por selva baja subcaducifolia con relictos de selva mediana subperennifolia y vegetación de manglar, dentro de la zona urbana de Ciudad del Carmen, Campeche.

Se realizaron tres exploraciones micológicas por un periodo de seis horas cada una (9 am a 3 pm) entre marzo de 2014 y marzo de 2015 en los cinco senderos ubicados dentro de la reserva del humedal. Se registraron los macromicetos presentes, anotándose las características percederas como el color, hábito de crecimiento, forma de unión del hongo al sustrato y tipo de sustrato para la identificación posterior, fotografiándose *in situ* y georreferenciándolos.

Los ejemplares fueron procesados con las técnicas de recolecta, etiquetado y herborizado recomendadas por Cifuentes et al. (1986); mientras que la identificación se efectuó mediante las claves de Guzmán y Madrigal (1967), Guzmán (1977), Guzmán (1985), Pérez-Silva et al. (1992), Chacón et al. (1995), Cappello (2006), Pompa-González et al. (2011). En cuanto a los nombres científicos válidos y los autores se consultó el Index Fungorum (CABI Bioscience y Landcare Research 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 140 ejemplares de hongos macromicetos procedentes del Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR. Se determinó más del 90% de los ejemplares a nivel Phylum y Clase, 75% a nivel de orden, alrededor de 50% para familia, género y a nivel específico. En total se determinaron 26 especies, de las cuales una pertenece a la división Ascomycota y 25 a Basidiomycota (Tabla 1).

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 1:** Área de estudio. Ubicación del Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR en la Isla del Carmen, Campeche, México.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

**Tabla 1:** Lista de las especies identificadas de macromicetos en el Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, Isla del Carmen, Campeche, México. De acuerdo a la clasificación de Kirk et al. 2008.

**Reino Fungi**

**Phylum Ascomycota**

**Clase Sordariomycetes**

**Orden Xylariales**

**Familia Xylariaceae**

*Daldinia eschscholzii* (Ehrenb.) Rehm (1904)

**Phylum Basidiomycota**

**Clase Agaricomycetes**

**Orden Agaricales**

**Familia Agaricaceae**

*Leucocoprinus cepistipes* (Sowerby) Pat. (1889)

**Familia Hygrophoraceae**

*Cuphophyllus virgineus* (Wulfen) Kovalenko, (1989)

**Familia Mycenaceae**

*Heimiomyces neovelutipes* (Hongo) E. Horak, (1980)

*Mycena alphitophora* (Berk.) Sacc. (1887)

**Orden Boletales**

**Familia Boletacea**

*Tylopilus felleus* (Bull.: Fr.) P. Karst.

**Orden Geastrales**

**Familia Geastraceae**

*Geastrum triplex* Jungh. (1840)

**Orden Hymenochaetales**

**Familia Hymenochaetaceae**

*Inocutis porrecta* (Murrill) Baltazar, (2010)

*Inonotus hispidus* (Bull.) P. Karst., (1879)

*Onnia tomentosa* (Fr.) P. Karst., (1889)

**Orden Polyporales**

**Familia Ganodermataceae**

*Polyporus tsugae* (Murrill) Overh., (1915)

**Familia Phanerochaetaceae**

*Antrodiella versicutis* (Berk. & M.A. Curtis) Gilb. & Ryvarden (1986)

**Familia Polyporaceae**

*Funalia floccosa* (Jungh.) Zmitr. & V. Malysheva (2013)

*Funalia polyzona* (Pers.) Niemelä (2003)

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

*Hexagonia hydroides* (Sw.) M. Fidalgo (1968)  
*Hexagonia tenuis* (Hook.) Fr. (1838)  
*Lentinus crinitus* (L.) Fr. (1851)  
*Lentinus levis* (Berk. & M.A. Curtis) Murrill (1915)  
*Pycnoporus coccineus* (Fr.) Bondartsev & Singer, (1941)  
*Trametes variegata* (Berk.) Zmitr., Wasser & Ezhov (2012)

**Orden Russulales**

**Familia Bondarzewiaceae**

*Bondarzewia berkeleyi* (Fr.) Bondartsev & Singer (1941)

**Familia Russulaceae**

*Lactarius piperatus* (L.) Pers. (1797)

**Orden Tricholomatales**

**Familia Pleurotaceae**

*Pleurotus dryinus* (Pers.) P. Kumm. (1871)

**Clase Dacrymycetes**

**Orden Dacrymycetales**

**Familia Dacrymycetaceae**

*Calocera cornea* (Batsch) Fr. (1827)

*Dacryopinax spathularia* (Schwein.) G.W. Martin (1948)

**Clase Tremellomycetes**

**Orden Tremellales**

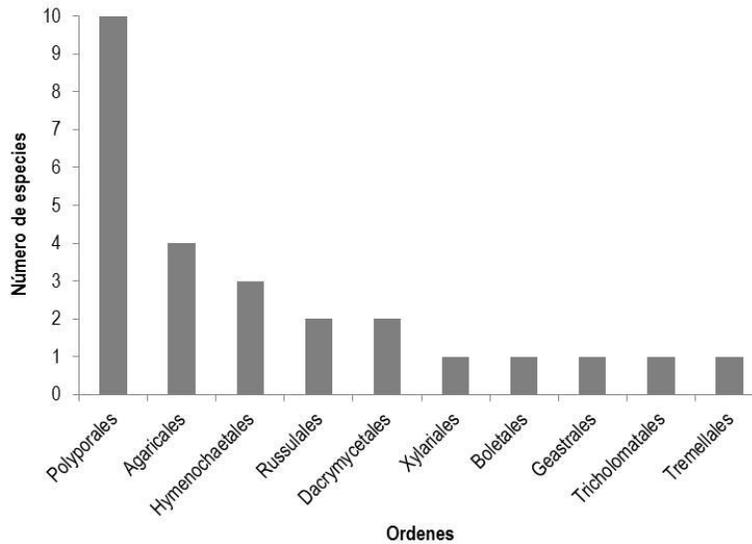
**Familia Tremellaceae**

*Tremella fuciformis* Berk. 1856

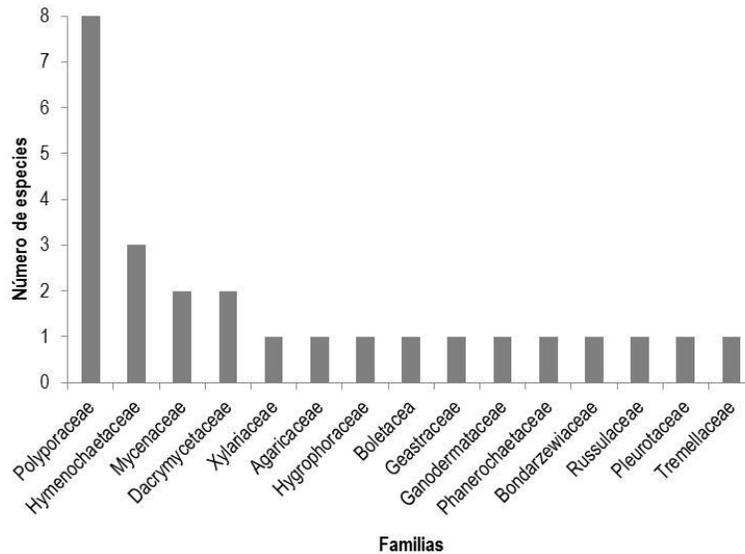
Estudios en diversos ambientes muestran que la proporción de especies de Basidiomicetos respecto a otros Phylum comúnmente se ubica por arriba de 80% (Chanona-Gómez et al. 2007; Pardavé et al. 2007; Villaruel-Ordaz y Cifuentes 2007; Cruz 2009; Guzmán et al. 2009; Islas-Martínez y Roldán-Aragón 2013). Este patrón coincide con lo registrado en el Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, en el cual el 96.15 % de las especies determinadas pertenecen al Phylum Basidiomycota.

El orden con mayor número de taxa son los Polyporales con 10 especies, seguido de los Agaricales con cuatro y los Hymenochaetales con tres. Estos tres órdenes representan el 40.48 % del total de especies registradas (Fig. 2). Las familias mejor representadas son Polyporaceae (ocho especies) e Hymenochaetaceae (tres especies), las cuales representan el 42.31 % del total de especies determinadas (Fig. 3). Por su parte, a nivel de género tres de ellos: *Funalia*, *Hexagonia* y *Lentinus* contaron con dos especies cada uno, representando al 19.35 % de las especies registradas.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.



**Fig. 2:** Ordenes con mayor número de taxa de los hongos del Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, Isla del Carmen, Campeche, México.

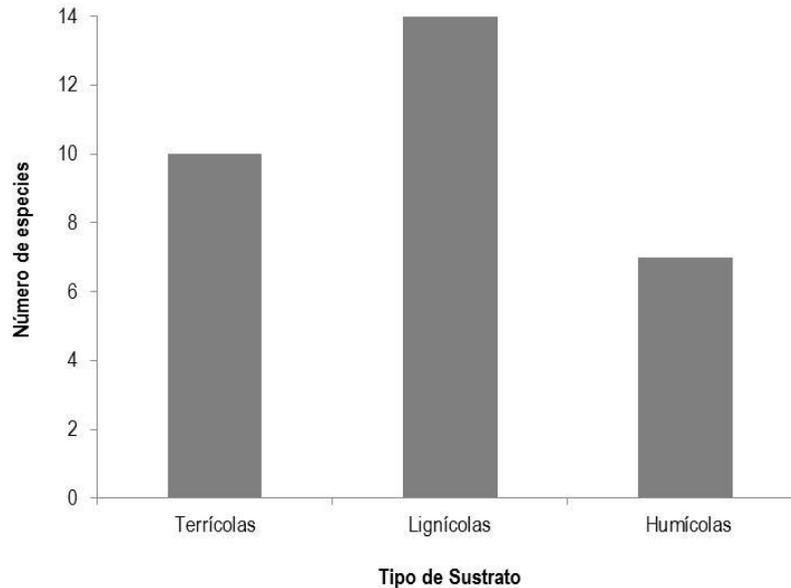


**Fig. 3:** Familias con mayor número de taxa de los hongos del Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, Isla del Carmen, Campeche, México.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
 NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

Al analizar la distribución de los macromicetos en los diferentes tipos de vegetación se observó que el mayor porcentaje corresponde a la selva baja subcaducifolia disminuyendo considerablemente en los restantes (selva mediana subperennifolia y manglar).

En cuanto al tipo de sustrato donde se desarrollan las especies determinadas (Fig. 4), de los 26 taxa la mayoría fueron lignícolas con 14 especies (53.85 %), le siguen los terrícolas con 10 (38.46 %), y en menor proporción se encuentran los humícolas con siete (26.92 %). El alto porcentaje de hongos lignícolas, concuerda con los estudios realizados en zonas tropicales por Welden y Guzmán (1978); Cappello y Hernandez-Trejo (1990); López Bonilla y Cappello (2000).



**Fig. 4:** Tipos de sustrato en los que se desarrollan los hongos del Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, Isla del Carmen, Campeche, México.

Considerando que una especie puede ser observada en distintos sustratos, *Pleurotus dryinus* se encontró en los tres tipos de sustrato, y *Leucocoprinus cepistipes*, *Geastrum triplex* y *Polyporus tsugae* se registraron en dos tipos de sustrato. Finalmente, 22 especies fueron registradas en un solo tipo de sustrato.

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

Se determinaron tres especies medicinales: *Polyporus tsugae*, *Pycnoporus coccineus* y *Trametes variegata* y cuatro especies (13.79 %) potencialmente utilizables para el consumo humano, entre ellos *Cuphophyllus virgineus*, *Lactarius piperatus*, *Lentinus levis* y *Pleurotus dryinus*, que son comunes en el Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR (Tabla 2), pero de las que poco se conoce sobre su valor culinario por los pobladores en la zona y por lo tanto no son aprovechados.

**Tabla 2:** Datos sobre la distribución por tipo de sustrato (T= Terrícola, L= Lignícola, H = Humícola) y usos (C=Comestible, M=Medicinal) de las especies identificadas de macromicetos en el Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR, Isla del Carmen, Campeche, México.

Espece	Tipos de Sustrato	Usos
<i>Daldinia eschscholtzii</i> (Ehrenb.) Rehm (1904)	H	
<i>Leucocoprinus cepistipes</i> (Sowerby) Pat. (1889)	T, L	
<i>Cuphophyllus virgineus</i> (Wulfen) Kovalenko, (1989)	H	C
<i>Heimiomyces neovelutipes</i> (Hongo) E. Horak, (1980)	H	
<i>Mycena alphitophora</i> (Berk.) Sacc., (1887)	L	
<i>Tylophilus felleus</i> (Bull.) P. Karst., (1881)	T	
<i>Gastrum triplex</i> Jungh. (1840)	L,H	
<i>Inocutis porrecta</i> (Murrill) Baltazar, (2010)	T	
<i>Inonotus hispidus</i> (Bull.) P. Karst., (1879)	T	
<i>Onnia tomentosa</i> (Fr.) P. Karst., (1889)	L	
<i>Polyporus tsugae</i> (Murrill) Overh., (1915)	T,L	M
<i>Antrodiella versicutis</i> (Berk. & M.A. Curtis) Gilb. & Ryvarden (1986)	T	
<i>Funalia floccosa</i> (Jungh.) Zmitr. & V. Malysheva (2013)	L	
<i>Funalia polyzona</i> (Pers.) Niemelä (2003)	H	
<i>Hexagonia hydroides</i> (Sw.) M. Fidalgo, (1968)	T	
<i>Hexagonia tenuis</i> (Hook.) Fr., (1838)	L	
<i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr., (1851)	L	

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

**Tabla 2:** Datos sobre la distribución por tipo de sustrato... (Continuación)

Especie	Tipos de Sustrato	Usos
<i>Lentinus levis</i> (Berk. & M.A. Curtis) Murrill, (1915)	L	C
<i>Pycnoporus coccineus</i> (Fr.) Bondartsev & Singer, (1941)	L	M
<i>Trametes variegata</i> (Berk.) Zmitr., Wasser & Ezhov (2012)	H	M
<i>Bondarzewia berkeleyi</i> (Fr.) Bondartsev & Singer (1941)	T	
<i>Lactarius piperatus</i> (L.) Pers., (1797)	L	C
<i>Pleurotus dryinus</i> (Pers.) P. Kumm., (1871)	T,L,H	C
<i>Calocera cornea</i> (Batsch) Fr. (1827)	L	
<i>Dacryopinax spathularia</i> (Schwein.) G.W. Martin (1948)	L	
<i>Tremella fuciformis</i> Berk., (1856)	T	

Este trabajo representa el primer inventario de los hongos en la Isla del Carmen y en el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos; sin embargo, todavía quedan muchas especies por recolectar y determinar, para poder tener un catálogo completo de los hongos que se desarrollan en la región. Cifuentes et al. (1996) mencionan que para considerar un inventario aceptable es necesario realizar un estudio de al menos cinco años, que permita establecer con más certeza los patrones taxonómicos, distribución, temporalidad anual de las especies y su relación con algunas variables ambientales, como lo es la precipitación.

## CONCLUSIONES

La riqueza taxonómica obtenida (26 especies, 23 géneros, 15 familias) en el Jardín Botánico Regional Carmen de la UNACAR es un primer acercamiento a la diversidad de macromicetos existentes en la Isla del Carmen y en el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Es preciso mencionar que el presente trabajo es un estudio preliminar que sirve como base para profundizar en estudios no sólo taxonómicos y biogeográficos sino ecológicos, los cuales requieren de un mayor tiempo y sistematización de los datos, así mismo es necesario continuar con los inventarios, debido a que casi el

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

50% de los hongos observados en la reserva del humedal no fue determinado a nivel específico, lo que nos indica que la diversidad fúngica en el área es superior a la registrada en este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CABI Bioscience CBS y Landcare Research. 2015. Index Fungorum. [www.indexfungorum.org/Names/Names.asp](http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp)  
Consultado 04/07/2015
- Cappello S 2006. Hongos del Yumka'. Guía Ilustrada. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, 105 pp.
- Cappello GS y Hernández Trejo H. 1990. Lista Preliminar de los Hongos (Macromicetos) y Myxomycetes de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 7(13):15-21.
- Chacón S, Guzmán G, Montoya L y Bandala VM. 1995. Guía ilustrada de los hongos del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y áreas circunvecinas. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. 142 p.
- Chanona-Gómez F, Andrade-Gallegos RH, Castellanos-Albores J y Sanchez JE. 2007. Macromicetos del Parque Educativo Laguna Bélgica, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 369- 381.
- Cifuentes J, Villegas MB y Pérez-Ramírez L. 1986. Hongos. En: Lot A y Chiang F. (Eds.) *Manual de Herbario. Consejo Nacional de la Flora en México A. C. México, D.F.*, p. 55-64.
- Cifuentes J, Villegas M, Villarruel-Ordaz JL y Sierra S. 1996. Diversity of Macromycetes in pine-oak forests in the neovolcanic axis, México. In: ME Palm y Chapela IH. (eds.) *Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders*. Parkway Publishers, Inc. Boone, North Carolina
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2015. *Biodiversidad Mexicana. ¿Cuántas especies hay?* Consultado 20/07/2015 en <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html>
- Cruz AJ. 2009. Conocimiento tradicional de los nombres de los hongos en la región Mazahua de Zitácuaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Michoacán, México.
- Guzmán G. 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Limusa, México, D.F. 435 p.
- Guzmán G. 1985. Hongos. Limusa, México, D. F. 75 p.
- Guzmán G. 1995. La diversidad de hongos en México. *Ciencias*. 39:52-57.
- Guzmán G y Madrigal X. 1967. Notas sobre algunos hongos superiores de Escárcega, Campeche. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 28, 23-38.

---

**RESPONSABILIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA**  
NÚMERO ESPECIAL No.4. AÑO 6. No. 11. ENERO A JUNIO DE 2016.

---

- Guzmán G, Medel R y Ramírez-Guillén F. 2009. Hongos. En: Ceballos G, List R, Garduño G, Benítez H, Cruz A y San Román JE. (Coords). La Diversidad Biológica del estado de México. Estudio de Estado. pp. 251-260. México: Gobierno del Estado de México.
- Hawksworth DL. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655
- Islas-Martínez A y Roldán-Aragón IE 2013. Registro de Macromicetos del Centro para la Conservación e Investigación de Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano, Estado de México. *Revista Digital E-Bios* 1(1): 33-41.
- Lopez Bonilla F y Cappello S. 2000. Lista de hongos (Macromicetes y Mixomicetes) de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia*, 15 (30): 51-58.
- Mueller GM y Schimit JP. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation* 16: 1-5.
- Pardavé-Díaz LM, Flores-Pardavé L, Franco-Ruiz Esparza V y Robledo-Cortés M. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Investigación y Ciencias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 37:4-12.
- Pérez-Silva E, Herrera T y Valenzuela R. 1992. Hongos (Macromicetos) de la península de Yucatán. Navarro D y E Suárez (eds.). *Diversidad biológica en la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo, México*. Vol. II. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, pp. 13-22.
- Pompa-González A, Aguirre Acosta E, Encalada Olivas AV, De Anda-Jaureguí A, Cifuentes J y Valenzuela R. 2011. Los Macromicetos del Jardín Botánico de ECOSUR. Dr. Alfredo Barrera Marín, Puerto Morelos, Quintana, Roo. *Corredor Biológico Mesoamericano México*. Serie Diálogos / Número 6. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 108 p.
- Rzedowski J. 1981. *La vegetación de México*. Limusa, México, D.F. 342 p.
- Welden AL y Guzmán G. 1978. Lista Preliminar de Hongos, Líquenes y Mixomicetos de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, Los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (parte de los estados de Veracruz y Oaxaca). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 12: 59-102.
- Villarruel O y Cifuentes B. 2007. Macromicetos de la Cuenca del río Magdalena y zonas adyacentes, Delegación Magdalena Contreras México, D.F. *Revista Mexicana de Micología* 25: 58-69.