

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la  
Biosfera Los Petenes, Campeche, México

**IRENE MELISSA HERRERA PEREZ**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Director: Dr. Daniel Pech Pool

Asesora: MSc. Rosario Cisneros Burga

Lima, Perú,

2019



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la

Biosfera Los Petenes, Campeche, México

**IRENE MELISSA HERRERA PEREZ**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Director: Dr. Daniel Pech Pool

Asesora: MSc. Rosario Cisneros Burga

Lima, Perú,

2019

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la  
Biosfera Los Petenes, Campeche, México

IRENE MELISSA HERRERA PEREZ

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR Y ASESOR

PRESIDENTE: Dr. José Iannacone Oliver

SECRETARIO: Blgo. Edgar Patrón Faggioni

VOCAL: Blgo. David Montes Iturrizaga

ASESORA: MSc. Rosario Cisneros Burga

## Dedicatoria

La presente investigación es dedicada a mis amores que me procrearon, mis luchadores padres Irene Perez Cubas y José Miguel Herrera Cornejo. Gracias por su paciencia y comprensión. Los amo.

A mis hermanos: mi gemela Irene Marisella Herrera Perez y José Eduardo Herrera Perez por las risas, peleas, reconciliaciones, enseñanzas, su apoyo y amor.

A mis hermosos sobrinos: Camila Herrera Limaco, Lindsay Herrera Lobatón, Brianna Herrera Morales, Alessio Herrera Mora e Irena Jaime Herrera, Antoine y Michelle Herrera. Quiero que sepan que pueden contar con su tía en cualquier momento y me siento feliz de serla.

A mis abuelitas: Irene Cornejo y Teresa Cubas. Gracias por enseñarme a amar la naturaleza a su manera. Las amo.

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la vida, mi familia, amigos y por la oportunidad brindada.

La presente investigación no fue posible sin el apoyo de mi alma máter la Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Académica Profesional de Biología y en especial al Decano Dr. Tomás Agurto, gracias por el apoyo brindado para realizar mi tesis en ECOSUR, Campeche México. También, al Instituto del Mar del Perú en especial al laboratorio de Bentos Marinos por el respaldo correspondiente en las prácticas realizadas enfocadas en la línea de investigación necesaria.

Agradezco, a la doctora María Ana Tovar Hernández por su apoyo, respaldo y consejos para la solicitud de la beca brindada por el Colegio de la Frontera del Sur (ECOSUR), a la doctora Nuria Méndez por el interés presentado en mis investigaciones, al doctor Daniel Pech por creer en mi trabajo realizado y ser considerada como beneficiaria de la beca del programa de investigación sobre Biodiversidad Marina y Cambio Climático (BIOMARCCA) y a el Colegio de la Frontera del Sur (ECOSUR), unidad Campeche, por albergarme en sus instalaciones y poder realizar la investigación en su hermoso país, México.

También, agradezco los integrantes del laboratorio BIOMARCCA, Sara Balan y Anabel Hernández por sus enseñanzas, consejos y sugerencias durante mi pasantía. Así mismo, a mi asesora de tesis, bióloga Rosario Cisneros, gracias por su apoyo.

Finalmente, quiero agradecer a la familia Herrera Pérez: Doris Perez, Guillermo Cornejo, Heidy Herrera, Rocisela Herrera y Eder Herrera por sus ocurrencias, hacerme pasar momentos divertidos y poder contar con ellos en todo momento.

## Índice

Índice de tablas y figuras	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	6
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
5. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1 Comunidad bentónica de fondos blandos.....	7
5.2 La comunidad bentónica en ecosistemas costeros de la Península de Yucatán.....	9
6. ANTECEDENTES.....	11
7. HIPÓTESIS.....	14
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
8.1 Área de estudio.....	15
8.2 Tipo y diseño de investigación.....	17
8.3 Variables.....	17
8.4 Muestreo.....	18

8.5 Trabajo de campo .....	18
8.6 Análisis de laboratorio .....	20
8.6.1 Fauna epibentónica .....	20
8.6.2 Nutrientes de la columna de agua .....	20
8.6.3 Materia orgánica en sedimentos .....	22
8.6.4 Productividad de los pastos marinos .....	23
8.7 Procesamiento y análisis de datos .....	24
9. Aspecto Ético .....	28
10. RESULTADOS .....	29
10.1 Determinación de los índices ecológicos (abundancia, riqueza de especies, diversidad y equidad) de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de las tres épocas climáticas (secas, lluvias y nortes) .....	29
10.2 Determinación de la variabilidad de la macrofauna epibentónica, factores fisicoquímicos de la columna de agua, materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos de la RBLP en función de las tres épocas climáticas .....	34
10.3 Evaluación de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de los factores fisicoquímico, materia orgánica y productividad de los pastos marinos durante las tres épocas climáticas .....	36
11. DISCUSIÓN .....	38
12. CONCLUSIONES .....	44
13. RECOMENDACIONES .....	45

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
--------------------------------------	----

ANEXOS

...;Error! Marcador no definido.

## Índice de tablas y figuras

Figura 1. Reserva de la Biosfera Los Petenes, área de muestreo el Cuyo.

Figura 2. Esquema de las características de la red de barra tipo Renfro (García et al., 1994).

Figura 3. Abundancia (indv./0,1km<sup>2</sup>) ( $1 \pm D.E$ ) de la macrofauna epibentónica en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes, de abril del 2011 a marzo del 2012. ( $p < 0.05$ ).

Figura 4. Riqueza de especies (S) ( $1 \pm D.E$ ) de la macrofauna epibentónica en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012. ( $p < 0.05$ ).

Figura 5. Variación temporal de los factores: temperatura (°C) y salinidad (ups) ( $1 \pm D.E$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012.

Figura 6. Variación temporal del factor potencial redox (mV) y conductividad (mS/cm) ( $1 \pm D.E$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012.

Figura 7. Variación temporal de los factores: sólidos suspendidos totales (mg/l) y productividad de los pastos marinos (%) ( $1 \pm D.E$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012.

Figura 8. Análisis de componentes principales entre los índices ecológicos, factores fisicoquímicos (columna de agua), materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos

marinos de La Reserva de la Biosfera Los Petenes. Representó, el 53.46% de la varianza total: PC1=34.09%, PC2=19.37%.

## RESUMEN

La presente investigación es el primer esfuerzo para determinar la variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México.

El estudio se realizó durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes del 2011 al 2012, en la estación denominada el Cuyo, en el litoral frente a la RBLP. El muestreo se realizó mensualmente utilizando una red de barra tipo Renfro y un tamiz de 500  $\mu\text{m}$  para la obtención de la macrofauna epibentónica; de igual manera se registraron datos fisicoquímicos *in situ* de la columna de agua y se colectaron muestras de sedimento y pastos marinos. Adicionalmente, se colectó una muestra de 500 ml de agua para el análisis de nutrientes.

En términos de abundancia y riqueza de especies el taxón dominante fue Crustacea con 5971 indiv./0,1km<sup>2</sup> (76%) y 89 especies (42%), respectivamente. Se registró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la abundancia, riqueza de especies, factores fisicoquímicos, y productividad de los pastos marinos durante las épocas climáticas. El análisis de PCA explicó el 53.46% de la varianza acumulada, siendo el PC1 el que explicó un 34.09% de la varianza y el PC2 el 19.37%. La abundancia y riqueza de especies presentó mayor asociación con las variables: temperatura, salinidad, conductividad y productividad de los pastos marinos, durante la época de secas y lluvias del 2011. Se concluye que las épocas climáticas influyen en la composición y características ecológicas de la macrofauna epibentónica de la RBLP durante un ciclo anual.

**Palabras clave:** macrofauna epibentónica, épocas climáticas, variables ambientales, Los Petenes, México.

## ABSTRACT

The present study represents the first contribution to the knowledge of the epibenthic community responds to the environmental variability caused by the changes in the physico-chemical factors of the water column, sediment and seagrass productivity in function of the three climatic season occurring in Los Petenes Biosphere Reserve (RBLP), Campeche, Mexico.

The study was conducted during the dry, rainy and northern season from 2011 to 2012, at “El Cuyo” a monitoring site. The sampling was carried out on a monthly basis using a renfro beam trawl net and sieve of 500  $\mu\text{m}$  for epibenthos samples. The physico-chemical factors of the water column, sediments and seagrass were recorded in situ. Additionally, were recorded 500 ml of water was collected for nutrient analysis. In terms of abundance and species richness the dominant taxon was Crustacea with 5971 indiv./0,1km<sup>2</sup> (76%) and 89 species (42%). The abundance and species richness temporal distribution and all the measured environmental variables show significant differences in function of climatic season ( $p < 0.05$ ). The PCA explained 53.46% of the total cumulative variance showing the potential association with the benthic community characteristics. In general, the results showed that the epibenthic community of the Los Petenes Biosphere Reserve (RBLP), could respond to environmental changes caused by seasonal changes in an annual cycle.

**Key words:** epibenthic macrofauna, climatic season, environment variables, Los Petenes, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

La zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, es una ecorregión marina que forma parte de la planicie costera tropical calcárea ubicada en Campeche, México. Es un área de ecosistemas costeros y terrestres relativamente prístinos en el cual habitan especies representativas de la biodiversidad regional, incluyendo endémicas, amenazada o en peligro de extinción como, por ejemplo: flamencos, cocodrilos, caimanes, monos aulladores, entre otros (CONANP, 2006).

La Biosfera Los Petenes incluye la porción sur de la zona costera del estado de Campeche. Se encuentra influenciada por las condiciones climáticas, hidrológicas y geomorfológicas, imperantes en la zona y pueden causar cambios en las características fisicoquímicas de la columna de agua y sedimento (Botello y Villanueva-Fragoso, 2011; Flores-Verdugo, et al., 2011).

A pesar de la importancia ecológica de la porción costera de la reserva, existe escasa información de cómo estos cambios pueden modificar la composición y estructura de la comunidad bentónica.

El bentos está formado por comunidades de organismos que viven en estrecha relación con el sustrato y que pueden ser de tipo vegetales (fitobentos) o animales (zoobentos) y se pueden clasificar según su posición en el sustrato como: epibentos, aquellos organismos que habitan

sobre la superficie del sustrato o endobentos aquellos que habitan dentro del sedimento (Villamar y Cruz 2007).

Las comunidades bentónicas representan uno de los eslabones más importantes en la cadena trófica del ecosistema marino costero (Blanchard et al. 2013) y cumplen un rol fundamental dentro de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes (Bolam et al., 2002; Yupanqui, et al., 2007).

Por ende, el conocimiento de su composición y estructura permitiría avanzar en la comprensión de la funcionalidad y dinámica de los hábitats costeros y marinos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las comunidades bentónicas que se desarrollan en los fondos blandos de la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP) son complejos (Escrivá, 2013; Lara-Lara, et al., 2008) debido a que se desarrollan sobre una planicie costera baja acumulativa, calcárea, con afloramientos de agua subterránea de manto freático (CONANP, 2006) lo que origina una intensa dinámica en la columna de agua, sedimentos y en el flujo de nutrientes (Flores-Verdugo, et al., 2007).

Se ha documentado que la influencia de las condiciones climáticas o ambientales puede ocasionar modificaciones de la comunidad bentónica, en la biogeoquímica de los sedimentos y en los procesos de interacción físico-químicas entre el sedimento y la columna de agua (Coleman y Williams 2002) lo que a su vez podría modificar las tasas de descomposición de la materia orgánica y de la transformación del nitrógeno (Pech, et al., 2015). De manera similar los cambios en las condiciones hidrológicas pueden modificar la composición de especies y la productividad de los pastos marinos, debido a que las comunidades bentónicas forman parte de la red alimenticia de depredadores de importancia comerciales alterando de manera significativa las cadenas alimenticias del ecosistema (Lara-Lara, et al., 2008).

A pesar del rol fundamental que cumplen las comunidades bentónicas en el funcionamiento de los ecosistemas costeros, el estudio sobre la composición de la macrofauna epibentónica frente a temporadas climáticas (secas, lluvias y nortes) durante un año, aún escaso.

Entonces ¿Podrían las condiciones ambientales en función de las tres épocas climáticas (secas, nortes y lluvias) influenciar la composición de la macrofauna epibentónica durante un año?

### 3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El conocimiento sobre las comunidades bentónicas que habitan la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes aún es escaso.

Este conocimiento es importante para entender la funcionalidad y dinámica del ecosistema, pues los macroinvertebrados constituyen uno de los eslabones más importantes en el flujo de materia y energía del ecosistema bentónico costero. Cumplen un rol fundamental dentro de los ciclos biogeoquímicos y en la cadena trófica, respondiendo a cambios en las condiciones del hábitat, lo que permite utilizarlos para conocer el estado de conservación del ecosistema (Martin y Bastidas, 2008; Ramírez, 2012). Por ello, al ser el primer esfuerzo científico que contribuiría al conocimiento de la composición de la biota y su variabilidad en relación a las condiciones ambientales de la RBLP, podría ser considerado como trabajo de línea base para futuros programas de monitoreo, además de ser incluido en los planes de manejo de la reserva, permitiendo su sostenibilidad en actividades pesqueras.

Inclusive de prevenir posible contaminación por residuos domésticos como consecuencia de infraestructura turística, crecimiento demográfico, desarrollo urbano, incremento de asentamientos irregulares, entre otros (amenazas reportadas por Vázquez-Lule, et al., 2009).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la diversidad de la macrofauna epibentónica de La Reserva de la Biosfera Los Petenes durante el ciclo anual.
2. Determinar los índices ecológicos (abundancia, riqueza de especies, diversidad y equidad) de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de las tres épocas climáticas (secas, lluvias y nortes).
3. Determinar la variabilidad de la macrofauna epibentónica, factores fisicoquímicos de la columna de agua, materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos de la RBLP en función de las tres épocas climáticas.
4. Evaluar los índices ecológicos de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de los factores fisicoquímico, materia orgánica y productividad de los pastos marinos durante las tres épocas climáticas.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Comunidad bentónica de fondos blandos

Se denomina comunidad bentónica de fondos blandos a plantas (fitobentos), microorganismos, peces e invertebrados (zoobentos) que habitan el fondo marino (Guzmán et al., 2005; Barrios et al., 2011).

La comunidad puede ser clasificada de acuerdo a la superficie del sustrato (barro, arena, arcillas, cienos y limos). Aquellas que habitan sobre el sustrato se les conocen como epifauna; mientras que los que habitan dentro del sedimento se conocen como infauna (Vegas, 1971; Huber, 2007).

Además, se puede clasificar respecto a su tamaño: macrobentos ( $> 500 \mu\text{m}$ ), meiobentos ( $< 500 \mu\text{m}$  y  $> 63 \mu\text{m}$ ) y microbentos ( $< 63 \mu\text{m}$ ) (Lalli y Parson, 1997; Gómez y Morales, 2012; Pech y Ardisson, 2010; Yáñez, 2015).

Entre los invertebrados que constituyen el macrobentos se encuentran los anélidos (poliquetos), moluscos (bivalvos y gasterópodos), crustáceos (anfípodos, decápodos, braquiuros, isópodos, tanaidáceos, copépodos, carídeos), equinodermos (holoturias) y celentéreos (anemonas) entre otros.

Mientras que los nematodos, crustáceos copépodos, turbelarios (planarias) y gastrotrícos son los dominantes en el meio bentos; finalmente entre los constituyentes del micro bentos se encuentran los protozoos ciliados (Carrasco, 2004; Rivera, 2004).

Según sus hábitos alimenticios los invertebrados bentónicos pueden ser depredadores carnívoros, herbívoros (se alimentan principalmente de plantas), suspensívoros (se alimentan de partículas orgánicas que hay en suspensión en el agua) y detritívoros (se alimentan de materia orgánica en descomposición) catalogándolos como los recicladores del fondo marino (Martínez, 2011).

Entre las diferentes funciones ecológicas que cumple la comunidad bentónica están: la aceleración de la descomposición del detritus (la transformación de nutrientes en compuestos más simples y su liberación a la columna de agua) (Ribeiro y Vieira, 2013); aceleran la transferencia de nutrientes hacia la superficie y zonas adyacentes por medio de la liberación de nutrientes durante las actividades de alimentación, excreción y protección (Covich et al., 1999); son importantes en la producción secundaria (convierten el material vegetal en alimento); metabolismo de contaminantes (Snelgrove, 1998; Breneman et al., 2000; Jayaraj et al., 2007) y son una de las fuentes principales de alimentación de especies de importancia económica como peces e invertebrados (crustáceos, moluscos) (Trama y Mejía 2013).

Debido a esta multiplicidad de funciones, las comunidades bentónicas son utilizadas como indicadores de la calidad ambiental de fondos blandos (Ardisson, 2004; Alonso, 2006; Pérez et al., 2007; Renaud et al., 2007; Palencia, 2011; Díaz, et al., 2013).

## 5.2 La comunidad bentónica en ecosistemas costeros de la Península de Yucatán

La península de Yucatán se encuentra en el extremo sureste del golfo de México (Orvañanos, 2010) y se caracteriza por presentar una complejidad en su estructura geomorfológica que le confiere a la zona marina y costera, condiciones que permiten la presencia de una alta diversidad de hábitat (sustratos blandos fangosos y arenosos, praderas de pastos marinos y/o algas, sustratos duros de origen calcáreo, ojos de agua, etcétera.) y por ende una gran diversidad faunística bentónica (Pech et al., 2010).

La gran biodiversidad de la Península permitió que los gobiernos estatal y federal, así como agencias internacionales de conservación, decretaran ocho áreas naturales protegidas: el parque Nacional Arrecife Alacranes (Pech et al., 2010); las Reservas Estatales de El Palmar, Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre de Yumbalám; y Las Reservas de la Biosfera (Ría Celestún, Ría Lagartos, Bocas de Dzilam, Sian Ka'an y Los Petenes) (Capurro, 2002).

La Reserva de la Biosfera Los Petenes es una zona de ciénega de aproximadamente 1,300 km<sup>2</sup> (Koyoc, 2011), ubicada al occidente de la Península de Yucatán abarcando la franja costera del noroeste del estado de Campeche, en los municipios de Calkiní, Hecelchakan, Tenabo y Campeche (Zamora-Cresencio et al., 2015).

Es un importante sitio de conservación de fauna y flora acuática, y terrestre. Considerada como zona de desarrollo de invertebrados de gran importancia comercial como crustáceos (camarón, cangrejo) y moluscos (caracoles, pulpo); así como refugio de aves migratorias y hábitat para un gran número de mamíferos, reptiles, peces y anfibios, entre otros.

## 6. ANTECEDENTES

Solís-Weiss y Carreño (1986) realizaron un estudio prospectivo de la macrofauna bentónica asociada a praderas de *Thalassia Testudinum* (K.D. Koenig, 1805) en la Laguna de Términos, resultando muy variada y abundante. Los taxa dominantes fueron los Crustáceos (46%), Anélidos Poliquetos (39%) y los Moluscos (14%).

Ardisson (1997), describió la diversidad y abundancia de la macro y meiofauna bentónica de la laguna costera Celestún, durante un ciclo anual, registró un total de 125 especies; el mismo autor (Ardisson, 2004), reporto un total de 58 especies de anélidos, 91 de artrópodos, 68 de moluscos, 7 de equinodermos, 3 de plathelminetos y 7 de otras phyla menores en ambientes intermareal e infralitoral somero de Progreso, Yucatán.

Pech et al. (2007) describió la variabilidad de la comunidad macrobentónica en función del gradiente espacial y temporal durante un ciclo anual registrando que la taxa más abundante fue Mollusca (40,4%), Polychaeta (29,4%) y Crustacea (25,8%), Echinodermata, Clitellata, Sipunculida y Nemertea solo representaron el 4,3%. Los autores concluyeron que espacialmente la salinidad fue el factor principal que influyó en las características de la comunidad bentónica; mientras que temporalmente, las características del sedimento influyeron significativamente en la diversidad de especies.

Hernández-Guevara et al. (2008) describió la variabilidad temporal de la abundancia, diversidad y dominancia de especies en función de la gradiente de salinidad de la columna de agua y sedimento en 12 sitios, durante 1994 y 1995. Se concluyó que la comunidad bentónica de la laguna Celestún es resiliente debido principalmente a la variabilidad climática del ecosistema tropical.

Barrera (2011) caracterizó ambiental y biológicamente los humedales de Puertos Morelos en Quintana Roo, reportó que la infauna estuvo representado por los Moluscos Gasterópodos (98%), seguidos de Moluscos Bivalvos (2%) e Insectos y Crustáceos (1%); mientras que los organismos de la epifauna fueron representados por los Moluscos Gasteropodos (92%), seguidos por los Insectos (4%), Moluscos Bivalvos (3%), Anélidos y Crustáceos (1%).

Martínez (2011) realizó el primer estudio en caracterizar la riqueza de la macrofauna bentónica de la zona costera-marina de La Reserva de la Biosfera de Los Petenes (RBLP) en 8 estaciones localizadas en el litoral frente a la reserva. Determinó que la comunidad de la macrofauna bentónica estuvo constituida por 5 Phylum, 8 clases, 15 órdenes, 36 familias, 40 géneros y 48 especies, totalizando 853 individuos.

Balan-Zetina (2013) estudio la distribución de la abundancia de postlarvas y juveniles de *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) concluyendo que la presencia de postlarvas y juveniles de camarón rosado es continua durante el año presentando mayor abundancia durante la época de nortes, pero muestra una relación negativa con la temperatura y la salinidad; y puede ser considerada como susceptible a modificarse por diversos impactos.

Pech et al. (2015), estudiaron los macro invertebrados bentónicos de laguna de Términos y el ambiente estuarino de Sabancuy, reportando 173 spp. de macroinvertebrados bentónicos pertenecientes a 141 géneros, 91 familias, 28 órdenes, 6 clases y 4 phylum.

## 7. HIPÓTESIS

H<sub>0</sub>: La composición y características ecológicas de la comunidad de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México, varía en función de los factores fisicoquímicos asociadas a la columna de agua, materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos observados en las tres épocas climáticas imperantes en la zona.

H<sub>1</sub>: La composición y características ecológicas de la comunidad de la macrofauna epibentónica de la zona costera de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México, no varía en función de los factores fisicoquímicos asociadas a la columna de agua, materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos observados en las tres épocas climáticas imperantes en la zona.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1 Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP) (Figura 1) se ubica al sureste del Golfo de México, al occidente de la Península de Yucatán abarcando la franja costera del noreste del estado de Campeche (Escarraga-Paredes; 2014; Sitio RAMSAR CONANP, 2006).

En la parte terrestre comprende los municipios de Calkiní, Hecelchakán, Tenabo y Campeche (Ayala-Pérez, 2010). Se ubica en las coordenadas geográficas entre los 20°51'30" y 19°49'00" de latitud norte y los 90°45'15" y 90°20'00" de longitud oeste. Ocupa una extensión de 282 857 ha. La zona marina comprende hasta las 12 millas del Mar Patrimonial (CONANP, 2006). Se caracteriza por asentarse en suelo de origen orgánico de constantes afloramientos del manto freático y una intensa dinámica con el mar (drenaje subterráneo) e influencia mareal (Bautista, 2010).

La zona costera comprende una zona inundable que presenta una superficie plana, con una suave e imperceptible inclinación de sur a norte. Está limitada por suaves cambios en altura sobre el nivel del mar (Domínguez y Cobb, 1988) que contiene ecosistemas de petenes caracterizadas por vegetación de selva mediana subperennifolia y de manglar (Zamora-Crescencio et al., 2015).

El clima predominante en la zona costera de la RBLP se caracteriza por un periodo de secas (aumento de temperatura y altas tasas de evaporación), uno de lluvias (presencia de depresiones tropicales) y uno de nortes (frentes fríos anticiclónicos, fuertes vientos, pocas precipitaciones y temperaturas frescas) (Hernández-Arana, et al., 2003; Day et al., 2004, Hernández-Guevara, et al., 2008; Bello et al., 2009).

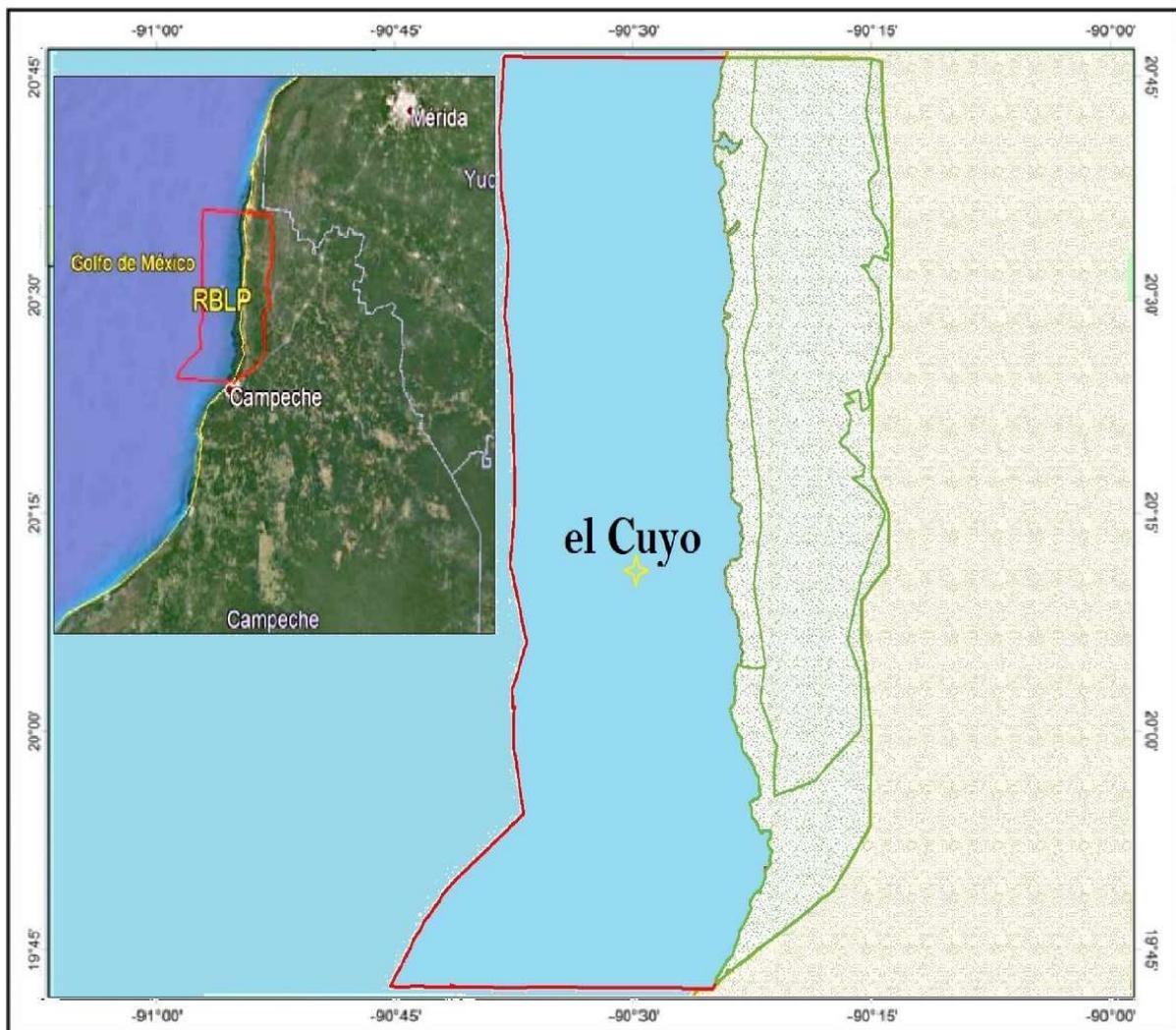


Figura 1. Reserva de la Biosfera Los Petenes, área de muestreo el Cuyo

## 8.2 Tipo y diseño de investigación

En la investigación se aplicó un diseño experimental al azar, mediante la utilización de la red de barra tipo renfro, realizando 3 réplicas, para un análisis de tipo cuantitativo.

Para determinar la variabilidad temporal de la macrofauna epibentónica de la zona de estudio, se elaboró una matriz de especies, abundancias, factores físico-químicos (columna de agua), materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos determinadas mensualmente durante un ciclo anual.

## 8.3 Variables

Las variables son los índices ecológicos: abundancia ( $\text{indv./0,1km}^2$ ), riqueza de especies (número de especies,  $S$ ), diversidad de Shannon Wiener ( $H' \log_2$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ).

Los factores físicoquímicos utilizados son: temperatura( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups), conductividad (CE,  $\text{mS/cm}$ ), potencial redox (Eh,  $\text{mV}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{O}_2$ ,  $\text{mg/l}$ ), pH (concentración de iones hidronio), sólidos suspendidos totales (SST,  $\text{mg/l}$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ ,  $\text{mg/l}$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^{-1}$ ,  $\text{mg/l}$ ), fósforos totales ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{mg/l}$ ), profundidad (m), materia orgánica (%MO) y productividad de los pastos marinos (%PD).

#### 8.4 Muestreo

Se trabajó con datos de la macrofauna epibentónica obtenidos en campo y laboratorio, durante un ciclo anual (épocas climáticas) (abril del 2011 a marzo del 2012), en la estación el Cuyo de La Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México. La unidad muestral fue 0,1 km<sup>2</sup>.

#### 8.5 Trabajo de campo

En el marco del proyecto para evaluar la incidencia de larvas y juveniles de camarón rosado, especie de alto valor comercial en la RBL se estableció una zona de referencia conocida como el Cuyo (Figura 2) en donde la macrofauna epibentónica se colectó por triplicado, con una periodicidad mensual, durante 12 meses, utilizando una red de barra tipo Renfro (García et al., 1994) conformada por una malla de 0.8 mm, 1.8 m de largo por 0.7 m de boca (Figura 2). Las ventajas que presenta la red de barra tipo Renfro son: su bajo costo de obtención, facilidad de manejo y uso tradicional para la colecta de epifauna (García et al., 1994). Cada mes se realizaron arrastres en un transecto de 25 m de longitud orientados perpendicularmente a la línea de costa y en contra de la dirección del oleaje.

Terminado el proceso de arrastre las muestras colectadas fueron pre-fijadas con una solución de cloruro de magnesio (MgCl<sub>2</sub>) al 15% durante 10 minutos lo que permite que los organismos presentes se relajen. Posteriormente se fijaron utilizando formaldehído (CH<sub>2</sub>O) al 5% (Bautista et al., 2004) y se transportaron al laboratorio de Biodiversidad Marina y Cambio Climático (BIOMARCCA) en ECOSUR para su posterior identificación.

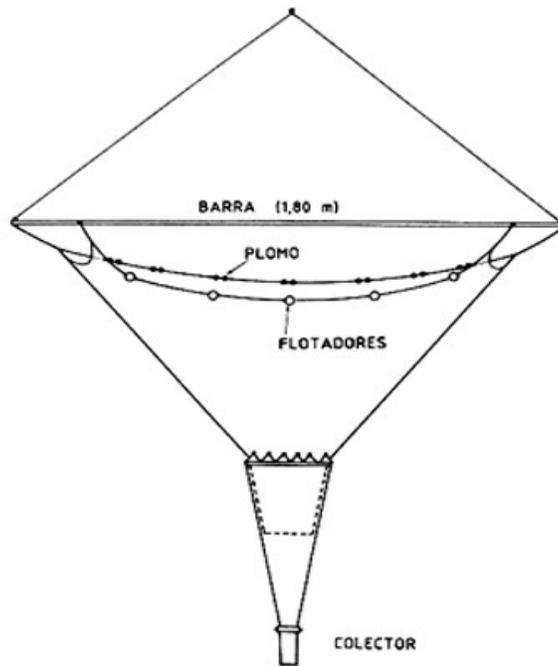


Figura 2. Esquema de la característica de la red de barra tipo Renfro (García et al., 1994)

Las muestras de agua colectadas fueron almacenadas en envases de plástico y preservadas a 0 grados para su posterior análisis en el laboratorio.

La temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups), conductividad (CE,  $\text{mS}/\text{cm}$ ), potencial redox (Eh,  $\text{mV}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{O}_2$ ,  $\text{ml}/\text{l}$ ), pH (concentración de iones hidronio), y sólidos suspendidos totales (SST,  $\text{mg}/\text{l}$ ) de la columna de agua, se registraron *in situ* utilizando una sonda multiparamétrica Hidrolab modelo DS5.

Adicionalmente se colectaron muestras de sedimento mediante la draga tipo Birge-Ekman de  $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$  cubriendo una superficie de  $30\text{ cm}^2$  para la determinación de materia orgánica. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico correctamente rotuladas y preservadas al 4% de formol.

También se colectaron pastos marinos con la ayuda de un cuadrante de PVC de 20x20 cm cubriendo una superficie de 400 cm<sup>2</sup> para la determinación de la productividad primaria en función del carbono orgánico. Las muestras colectadas fueron rotuladas y colocadas en bolsas de plástico al 4% de formol para su preservación.

## 8.6 Análisis de laboratorio

### 8.6.1 Fauna epibentónica

En el laboratorio las muestras de organismos preservadas se lavaron y tamizaron con un tamiz de 500  $\mu\text{m}$  (500  $\mu\text{m}$ ) de apertura de malla. Los organismos retenidos se depositaron en frascos de plástico con alcohol al 70%. La determinación taxonómica se realizó con la ayuda de claves propuestas por Calman et al., 1907; Pérez, 1970; Pérez, 1971; Williams, 1984; Lawrence, et al., 1986; Salazar, et al., 1987; Brusca y Brusca, 1990, Gordon et al., 1995; Solís-Weiss, 1998; Suárez et al., 2004; Hernández-Herrejón et al., 2008 y De León et al., 2009.

### 8.6.2 Nutrientes de la columna de agua

La determinación del contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ , mg/l), en la columna de agua, se realizó mediante el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952), y Grasshoff (1983) (CONAGUA, 1986). Esta técnica consiste en determinar la concentración de nitratos al pasar la muestra de agua de mar por una columna de reducción compuesta de Cd recubierta por Cu (cadmio cuperizado); mientras que para nitritos ( $\text{NO}_2^{-1}$ , mg/l) se utilizó el método de reducción

de nitratos en columna de cadmio descrito en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-081-1986, en la cual se realizó el primer procedimiento mencionado.

Posteriormente, el nitrito así producido se determina por diazotización con sulfanilamina y copulado con N – (1 – naftil) etilendiamina para formar un compuesto altamente colorido al cual se le mide su absorbancia a 543 nm.

La determinación de fósforo totales ( $\text{PO}_4^{3-}$ , mg/l) se realizó mediante la técnica establecida NMX-AA-029-SCFI-2001, Norma Oficial Mexicana. El método se basa en que el fósforo contenido en la muestra debe estar como ión ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) para ser medido en el espectrofotómetro. La materia orgánica de la muestra es destruida por medio de una digestión con persulfato de amonio y ácido sulfúrico, rompiendo las ligaduras orgánicas del fósforo (C-P y/o C-O-P), e hidrolizando los polifosfatos a ortofosfatos. Finalmente, se origina una reacción del fósforo contenido en la muestra como ortofosfato con el ácido molíbdico para formar el ácido 12-molibdofosfórico, el cual es reducido por el cloruro de estaño a azul de molibdeno, compuesto de composición desconocida que contiene una mezcla de Mo (VI) y Mo (V), que absorbe a 690 nm. La intensidad del color azul formado depende de la concentración de fosfatos adicionados al heteropoliácidos.

### 8.6.3 Materia orgánica en sedimento

Para la determinación del contenido de materia orgánica (%MO) en sedimento se realizó usando la técnica de Gaudette et al. (1974), en función del carbono orgánico. Este método consiste en el secado del sedimento en horno a no más de 40 °C durante 48 h. Posteriormente se tamiza en una malla de 62.5 µm. El sedimento retenido se lleva a una oxidación con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado, seguida de una titulación del exceso de dicromato con sulfato ferroso de amonio. Las muestras se procesaron por duplicado y utilizando dos blancos, sin sedimento.

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula, descrita por el autor:

$$\% \text{ Carbono Orgánico (C.O)} = 10 \left( 1 - \left( \frac{T}{S} \right) \right) \left\{ (1.0N)(0.003) \left( \frac{100}{W} \right) \right\}$$

Donde:

T= ml de la solución de sulfato ferroso de amonio utilizados en la titulación de la muestra

S = ml de la solución de sulfato ferroso de amonio utilizados en la titulación del blanco estándar

$$0.003 = \frac{12}{4,000} = \text{peso meq del carbono}$$

1.0 N = normalidad de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

10 = volumen de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> en ml

W = 0.5 g

$$\% \text{ MO} = \% \text{ CO} * 1.724$$

#### 8.6.4 Productividad de los pastos marinos

La productividad se obtuvo de la determinación del carbono orgánico de las muestras de pastos marinos. Los pastos fueron lavados para eliminar todo resto de material adherido. Posteriormente, se determinó el porcentaje de carbono orgánico en peso seco por método de ceniza (Gutiérrez et al., 2000). Este método consiste primero en pesar el crisol de porcelana a utilizar, después se coloca la muestra de pasto marino entre 2.5 a 5 gramos (secado a temperatura ambiente) y se pesa en la balanza electrónica, luego se introduce el crisol en la mufla a una temperatura de 550°C durante dos horas, culminado el tiempo se coloca en un desecador. Finalmente, al encontrarse fría la muestra se vuelve a pesar.

Para determinar el contenido de carbono orgánico se procedió a calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ C.O} = [(A - B) / (B - C)] * 100$$

Donde:

A = peso del pasto marino antes de la calcinación

B = peso del pasto marino después de la calcinación

C = peso del crisol

## 8.7 Procesamiento y análisis de datos

En base a la información de trabajo de campo y laboratorio durante los meses de muestreo iniciados en abril del 2011 y finalizado en marzo del 2012, constituidas por tres replicas durante un año, se elaboró una matriz en el programa EXCEL (vers. 2010) que incluyó los meses ordenados por épocas climáticas y las especies agrupados por los taxa: Mollusca, Polychaeta, Crustacea y taxones menores (Ophiuridea, Asteroidea, Nematoda, Nemertea y Sipunculida). De igual manera, fueron ordenados los factores fisicoquímicos, materia orgánica y productividad de los pastos marinos.

Con el fin de cumplir el primer objetivo, se calcularon los índices ecológicos: riqueza de especies (número de especies,  $S$ ), abundancia ( $\text{indv./0,1km}^2$ ), diversidad de Shannon Wiener ( $H'$   $\log_2$ ) y equidad de Pielou ( $J$ ), utilizando el software estadístico PRIMER (vers.6; Clarke y Gorley, 2006).

### Riqueza de especies ( $S$ )

El número de especies se estimará como el número total de especies presentes en cada momento del muestreo.

Abundancia (N)

Abundancia o densidad absoluta es el número de individuos por unidad de área (indv./0,1km<sup>2</sup>).

$$N = \text{indv.}/0,1 \text{ km}^2$$

Índice de diversidad Shannon Wiener ( $H' \log_2$ )

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, reflejando la heterogeneidad de una comunidad con base a dos factores: el número de especies presentes y su abundancia.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{ni}{N} \right) \log_2 \left( \frac{ni}{N} \right)$$

Donde,

H' = índice de diversidad (bits/individuo)

ni = número de individuos i

N = número total de individuos en la muestra

S = número de especies

## Índice de Pielou (J')

La equidad se estimará por el índice de Pielou (J') la cual representa la uniformidad (equitabilidad) en la distribución numérica entre las diferentes especies del conjunto estudiado en cada periodo de muestreo o también definida como el grado de igualdad de la distribución de la abundancia.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

J' = equidad, distribución de la abundancia entre las especies

H' = índice de diversidad

H'\_{max} = ln(S), índice de diversidad máxima

(Moreno, 2001; Buckup et al., 2007; Holguin et al., 2008; Jaramillo et al., 2008; Spellerberg, 2008; Ortiz, 2010; Muñoz, 2013; Aguillón et al., 2014; Conde, 2014; Hidalgo et al., 2015; Vera, 2012).

Para determinar la variabilidad de la macrofauna epibentónica en función de las tres épocas climáticas, se utilizó los índices ecológicos obtenidos del primer objetivo. Para ello, se realizó el análisis no paramétrico Kruskal-Wallis el cual es una prueba para comparar K medias y su único requisito es que la muestra sea representativa (Álvarez, 1995), realizándose la prueba de comparación *post hoc* de Mann Whitney para conocer de donde provienen las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Para determinar la variabilidad de los factores fisicoquímicos, materia orgánica y productividad de los pastos marinos en función de las tres épocas climáticas, se realizó el análisis de ANOVA de un factor y el test de *post hoc* Tukey ( $p < 0.05$ ) (Clarke y Green, 1988).

Donde las variables dependientes fueron los factores fisico-químicos, materia orgánica y productividad de los pastos marinos; y las variables independientes las épocas climáticas: secas (abril a mayo del 2011 y de febrero a marzo del 2012), lluvias (junio a setiembre del 2011) y nortes (octubre a enero del 2011). Los análisis se realizaron en el software SPSS (vs. 22).

Finalmente, para evaluar los índices ecológicos de la macrofauna epibentónica en función de los factores fisicoquímicos, materia orgánica y productividad de los pastos marinos se procedió a realizar un análisis de componentes principales (PCA, en sus siglas en inglés). Para ello, se realizó una matriz de las variables fisicoquímicas: temperatura(°C), salinidad (ups), conductividad (CE, mS/cm), potencial redox (Eh, mV), oxígeno disuelto (OD, mg/l), pH, sólidos suspendidos totales (SST, mg/l), nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ , mg/l), nitritos ( $\text{NO}_2^{-1}$ , mg/l), fósforos totales ( $\text{PO}_4^{3-}$ , mg/l); materia orgánica (%MO) y productividad de los pastos marinos (%PD) (variables independientes) durante el ciclo anual.

La matriz fue agrupada por épocas climáticas con el fin de ser correlacionadas con los índices ecológicos (variables dependientes): riqueza de especies (número de especies, S), abundancia (indv./0,1km<sup>2</sup>), diversidad de Shannon Wiener ( $H' \log_2$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ). Los análisis se llevaron a cabo utilizando el software PAST 3.25 (Hammer & Harper, 2006).

## 9. Aspecto Ético

El análisis taxonómico se llevó a cabo con la ayuda del personal del laboratorio de biodiversidad marina y cambio climático (BIOMARCCA). El análisis numérico de datos fue realizado por la autora.

## 10. RESULTADOS

10.1 Determinación de los índices ecológicos (abundancia, riqueza de especies, diversidad y equidad) de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de las tres épocas climáticas (secas, lluvias y nortes).

Durante el presente estudio se registró un total de 7,843 individuos, correspondientes a 7 Phyla: Mollusca, Annelida (Polychaeta), Arthropoda (Crustacea), Equinodermata (Asteroidea y Ophiuridea), Nematoda, Nemertea y Sipunculida. Representando un total de 11 clases, 32 órdenes, 98 familias, 143 géneros y 211 especies durante las tres épocas climáticas de abril del 2011 a marzo del 2012. Considerándose para este estudio como taxones menores a: Asteroidea, Nematoda, Nemertea y Sipunculida.

Los resultados de la presente investigación son los primeros registros en la zona de estudio (Anexo 1).

Respecto a la abundancia se registró un total de 7,843 indiv./0,1 km<sup>2</sup>, dominando el taxón Crustacea con 5,971 indiv./0,1 km<sup>2</sup> (76%), seguido del taxón Mollusca con 1477 indiv./0,1 km<sup>2</sup> (19 %), Polychaeta con 315 indiv./0,1 km<sup>2</sup> (4%) y taxones menores con 80 indiv./0,1 km<sup>2</sup> (1%) (Tabla 1).

El taxón Crustacea fue dominante durante todas las épocas climáticas estudiadas, con un total de 5,971 indiv./0,1 km<sup>2</sup>, observándose el mayor número de individuos durante las épocas de lluvias y nortes del 2011, y su posterior disminución hasta la época de secas del 2012.

Se observó una disminución progresiva de los taxones Mollusca, Polychaeta y taxones menores desde finales de la época de secas del 2011 hasta la época de secas del siguiente año: el taxón Mollusca disminuyó de 1,181 indiv./0,1 km<sup>2</sup> a 79 indiv./0,1 km<sup>2</sup>; Polychaeta disminuyó de 156 indiv./0,1 km<sup>2</sup> a 5 indiv./0,1 km<sup>2</sup> y taxones menores de 49 indiv./0,1 km<sup>2</sup> a 3 indiv./0,1 km<sup>2</sup>.

El análisis de estas observaciones mostró que la abundancia del taxón Crustacea no registró diferencias significativas entre las épocas climáticas (K-W,  $p=0.85$ ) a diferencia del taxón Mollusca que mostró diferencias significativas (K-W,  $p=0.002$ ) y taxones menores (K-S,  $p=0.006$ ) durante la época de secas y nortes en el 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p=0.002$  y  $p=0.003$ ), respectivamente (Figura 3). Así mismo, el taxón Polychaeta registró diferencias significativas (K-W,  $p=0.005$ ), durante la época de secas y nortes del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p=0.001$ ), así también entre la época de secas del 2011 y secas 2012 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p=0.008$ ).

En cuanto a la riqueza de especies se registró un total de 211 especies, dominando también el taxón Crustacea con 89 especies (42%), seguido del taxón Polychaeta con 75 especies (36%), Mollusca con 41 especies (19%) y taxones menores con 6 especies (3%) (Tabla 1).

Además, se observó disminución de la macrofauna epibentónica a finales de la época de secas del 2011 hasta la época de secas del siguiente año: Mollusca de 27 a 0 especie, Polychaeta de 45 a 4 especies, Crustacea de 50 a 9 especies, taxones menores de 5 a 0 especies, respectivamente.

El análisis de estas observaciones mostró que, a diferencia de la abundancia, la riqueza de especies del taxón Crustacea registró diferencias significativas (K-W,  $p= 0.019$ ) entre la época de secas y nortes del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.003$ ). Así mismo, el taxón Mollusca registró diferencias significativas (K-W,  $p= 0.000$ ) entre épocas climáticas: secas y lluvias del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.004$ ); secas y nortes del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.001$ ); y, secas del 2011 y secas del 2012 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.002$ ). Igualmente, los taxones menores registraron diferencias significativas (K-W,  $p= 0.009$ ) entre las épocas climáticas: secas y lluvias del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.039$ ); y, secas y nortes del 2011 (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p= 0.009$ ). El taxón Polychaeta no registró diferencias significativas entre épocas climáticas (K-W,  $p= 0.230$ ) (Figura 4).

La diversidad ( $p= 0.122$ ), y equidad ( $p= 0.70$ ) no registraron diferencias significativas entre taxones por épocas (Tabla 1).

Tabla 1

Índices ecológicos de la macrofauna epibentónica durante las épocas climáticas y meses, de abril del 2011 a marzo del 2012.

Épocas	Meses	Ab Moll	Ab Poly	Ab Crust	Ab tax	Rq Moll	Rq Poly	Rq Crust	Rq tax	H'(log <sub>2</sub> )	J'
secas-2011	Abr-11	1149	140	311	45	18	39	44	5	2.851	0.497
secas-2011	May-11	32	16	289	4	9	6	6	0	3.157	0.667
lluvias-2011	Jun-11	8	0	150	0	3	0	4	0	2.439	0.713
lluvias-2011	Jul-11	44	132	1206	16	5	16	15	0	3.155	0.545
lluvias-2011	Ago-11	120	4	615	2	2	1	4	1	2.427	0.583
lluvias-2011	Set-11	18	10	66	8	0	3	1	0	2.779	0.730
nortes-2011	Oct-11	0	3	79	2	0	2	1	0	2.406	0.496
nortes-2011	Nov-11	5	0	1058	0	0	1	1	0	1.716	0.591
nortes-2011	Dic-11	7	1	936	0	0	1	3	0	2.291	0.574
nortes-2011	Ene-12	15	4	462	0	4	2	1	0	2.457	0.607
secas-2012	Feb-12	27	4	264	3	0	4	8	0	3.361	0.761
secas-2012	Mar-12	52	1	535	0	0	0	1	0	1.566	0.380

Ab= Abundancia, Rq= Riqueza de especies, H'= Diversidad y J'= Equidad. Moll= Mollusca, Poly.=Polychaeta, Crust.=Crustacea y tax= taxones menores

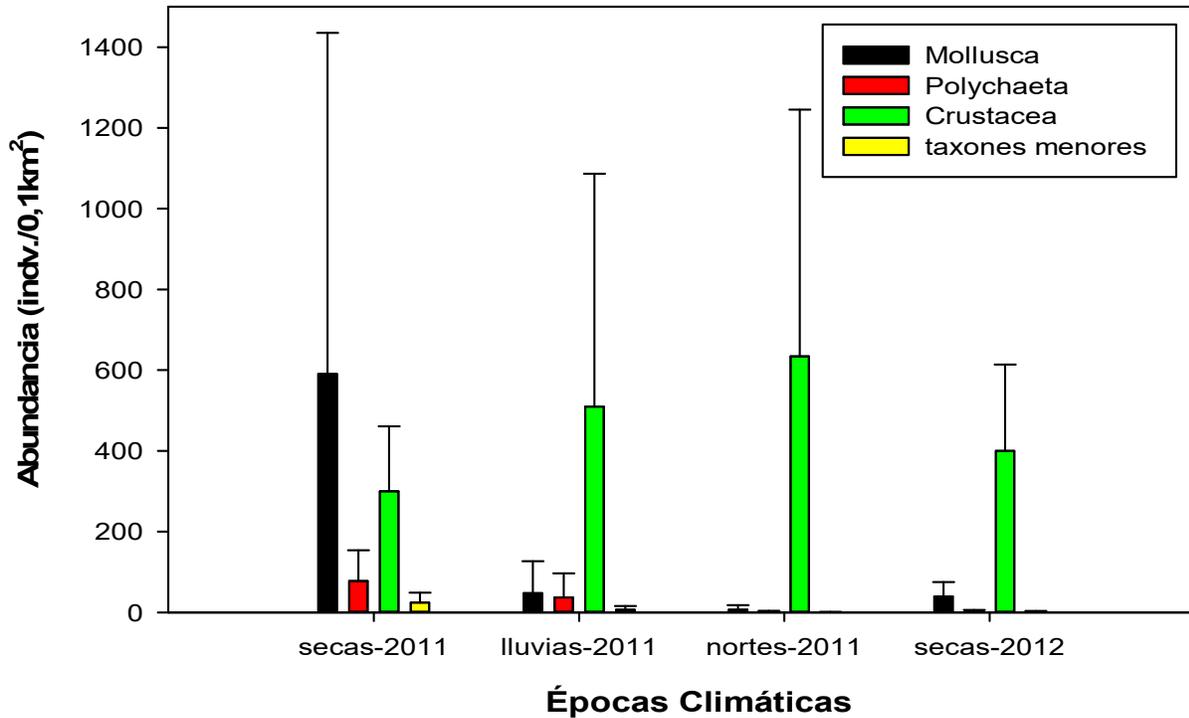


Figura 3. Abundancia (indiv./0,1km<sup>2</sup>) ( $1 \pm D.E$ ) de la macrofauna epibentónica en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes, de abril del 2011 a marzo del 2012 ( $p < 0.05$ ).

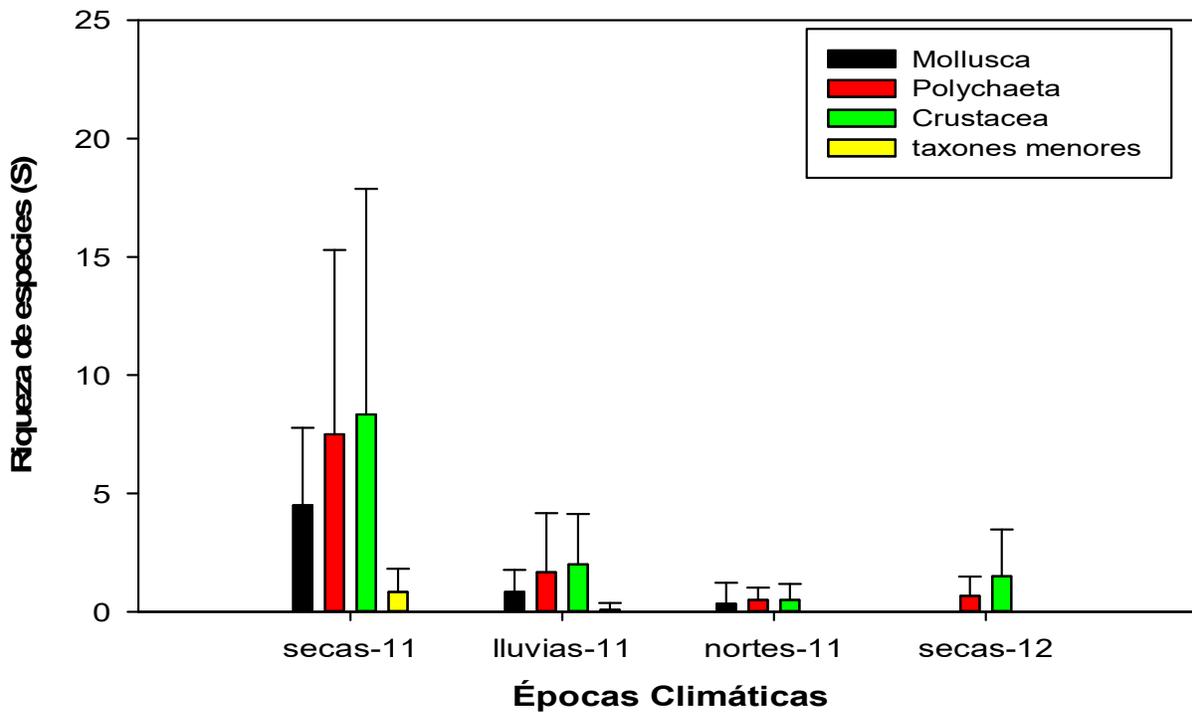


Figura 4. Riqueza de especies (S) ( $1 \pm D.E$ ) de la macrofauna epibentónica en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes, de abril del 2011 a marzo del 2012 ( $p < 0.05$ ).

10.2 Determinación de la variabilidad de la macrofauna epibentónica, factores fisicoquímicos de la columna de agua, materia orgánica (sedimento) y productividad de los pastos marinos de la RBLP en función de las tres épocas climáticas.

Las pruebas de ANOVA de un factor mostraron diferencias significativas en los valores de temperatura ( $p=0.000$ ) entre la época de secas y lluvias del 2011 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 5); salinidad ( $p=0.002$ ) entre la época de secas del 2011 y secas 2012 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 5); potencial redox ( $p=0.005$ ) entre la época de nortes del 2011 y secas del 2012 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 6); conductividad ( $p=0.003$ ) entre la época de secas del 2011 y 2012 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 6); sólidos suspendidos totales ( $p=0.002$ ) durante la época de secas del 2011 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 7) y productividad de los pastos marinos ( $p=0.043$ ) entre la época de secas, lluvias y nortes del 2011 (Tukey,  $p < 0.05$ ) (Figura 7).

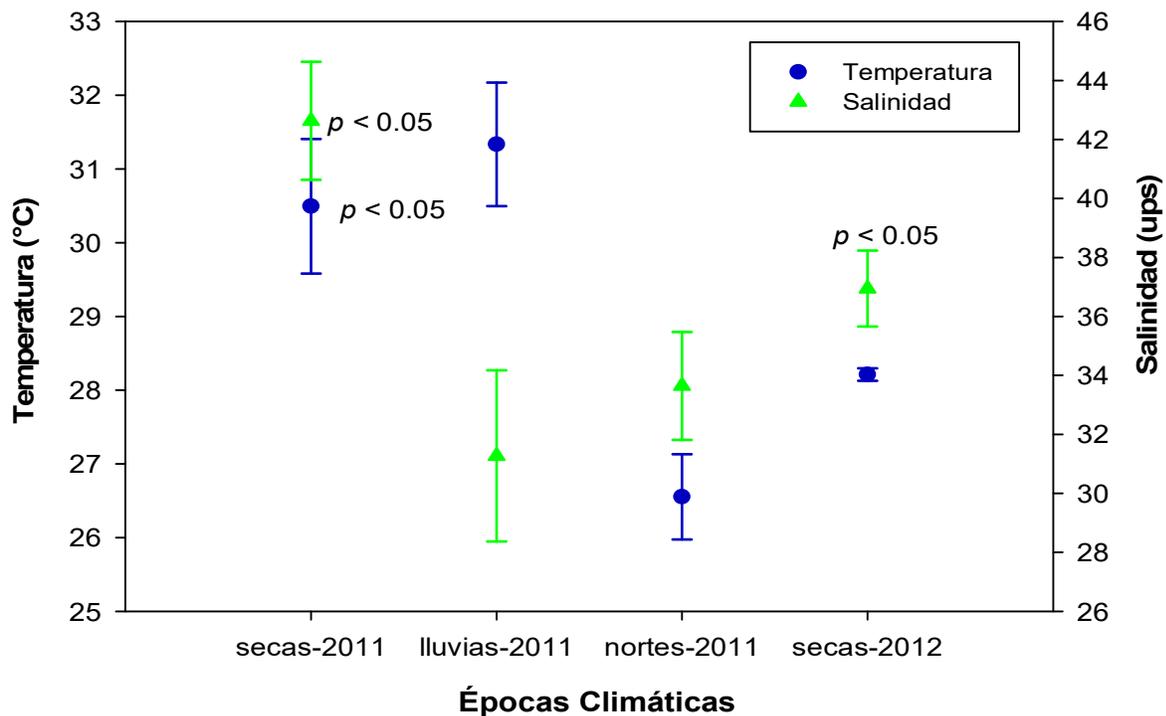


Figura 5. Variación temporal de los factores: temperatura (°C) y salinidad (ups) ( $1 \pm D.E.$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012 ( $p < 0.05$ ).

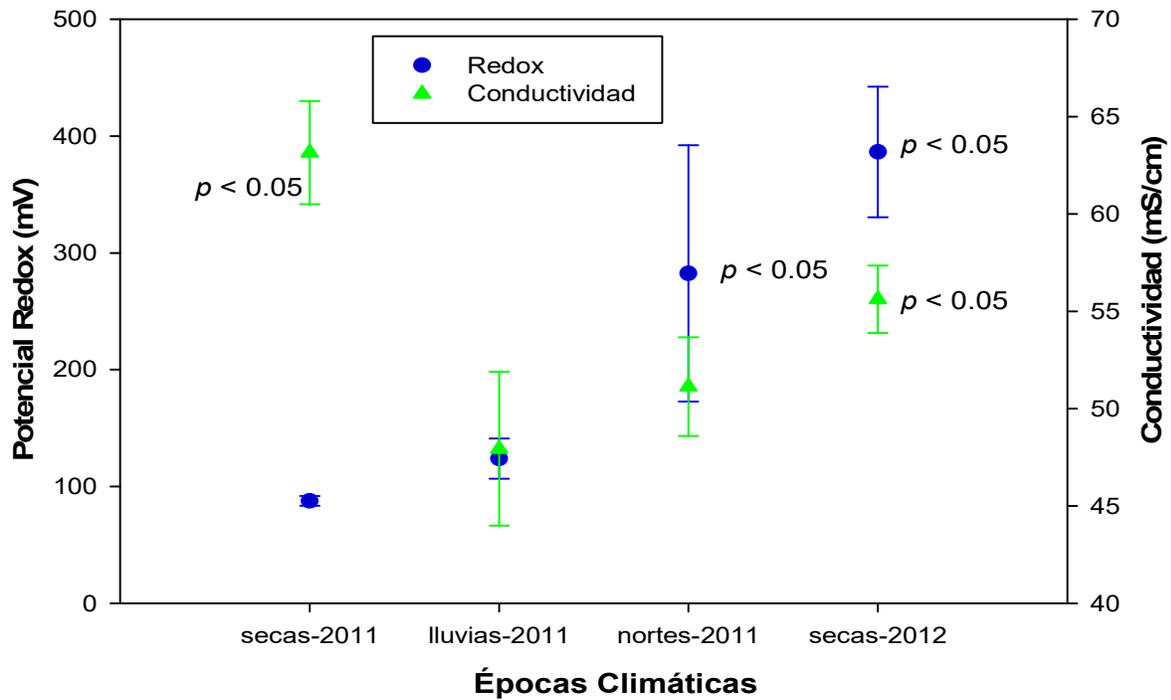


Figura 6. Variación temporal de los factores: potencial redox (mV) y conductividad (mS/cm) ( $1 \pm D.E$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012 ( $p < 0.05$ ).

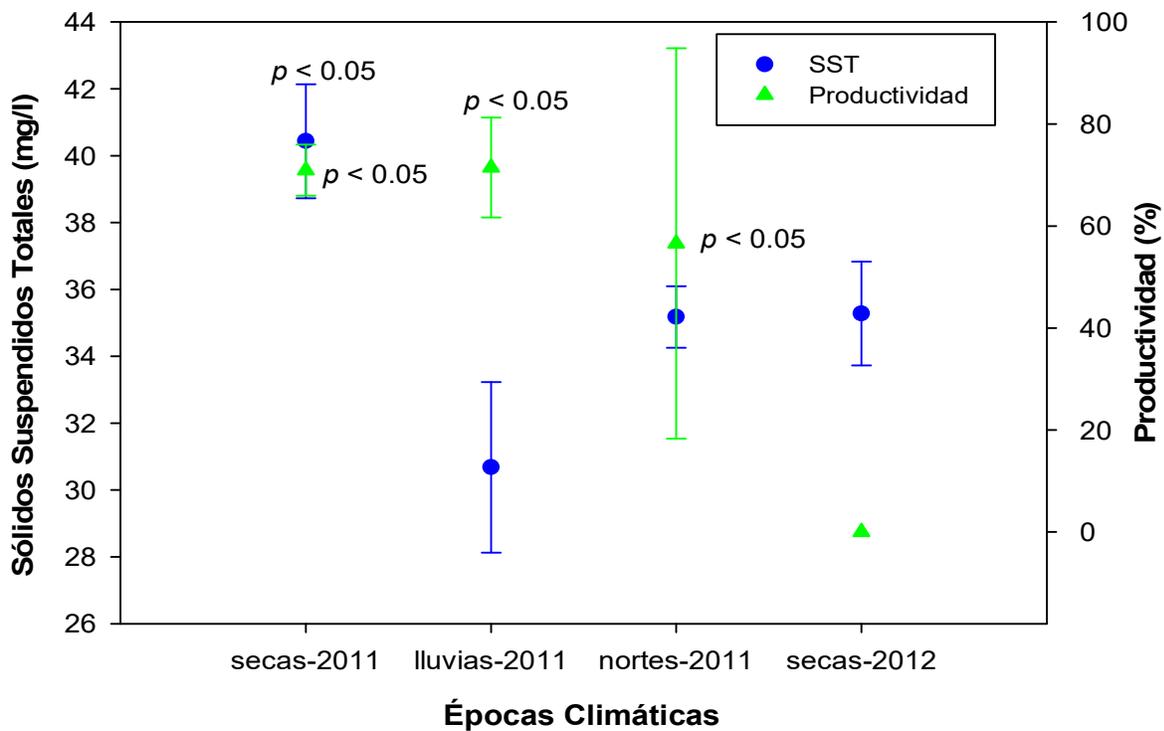


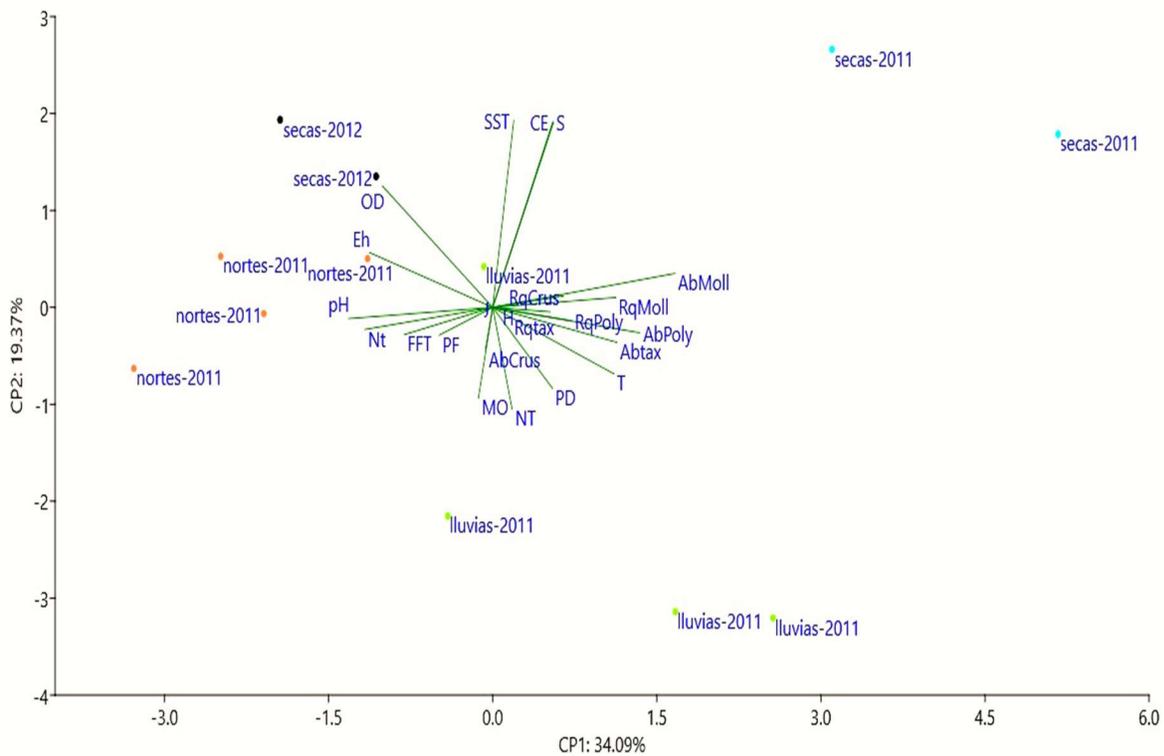
Figura 7. Variación temporal de los factores: sólidos suspendidos totales (mg/l) y productividad (%) ( $1 \pm D.E$ ) en el área de estudio durante las épocas climáticas: secas, lluvias y nortes de abril del 2011 a marzo del 2012 ( $p < 0.05$ ).

10.3 Evaluación de los índices ecológicos de la macrofauna epibentónica de la RBLP en función de los factores físicoquímico, materia orgánica y productividad de los pastos marinos durante las tres épocas climáticas.

La ordenación por componentes principales (Figura 8) explica el 53.46% de la varianza entre los dos primeros componentes, siendo el PC1 (primer componente principal) el que explicó un 34.09% de la varianza y presentó una asociación positiva grande con las variables: temperatura (0.270), salinidad (0.136), conductividad (0.134) y, productividad de los pastos marinos (0.133), así como, la abundancia de moluscos (0.405), poliquetos (0.326), y taxones menores (0.276); riqueza de especies de moluscos (0.274), poliquetos (0.176), crustáceos (0.156) y taxones menores (0.128); y mayor asociación negativa con las variables, nitritos (-0,284) y fosforos totales (-0.197). El PC2 (segundo componente principal) explicó un 19.37% de la varianza, presentando una asociación positiva grande con las variables: salinidad (0.465), conductividad (0.466), y sólidos suspendidos totales (0.465), aunque una menor correlación positiva con la abundancia de moluscos (0.085); riqueza de especies de moluscos (0.0248), y crustáceos (0.0283); y mayor asociación negativa con las variables, nitrato (-0.256) y materia orgánica (-0.228).

El primer componente explica la influencia de las variables: temperatura, salinidad, conductividad y productividad de los pastos marinos en la presencia de mayor abundancia de moluscos, poliquetos y taxones menores, así como en la riqueza de especies durante la época de secas del 2011.

Igualmente, la influencia de los mismos factores fisicoquímicos están relacionados con la disminución de la macrofauna epibentónica, tanto en abundancia como en riqueza de especies, en las siguientes épocas climáticas; mientras que el segundo componente principal explica, la influencia de las variables: salinidad, conductividad, solidos suspendidos totales con la disminución de la abundancia y riqueza de especies de los moluscos, y riqueza de especies de los crustáceos, durante las épocas de lluvias del 2011 y secas del 2012.



*Figura 8.* Análisis de componentes principales entre los índices ecológicos y factores fisicoquímicos de la columna de agua, productividad de los pastos marinos y materia orgánica (sedimento) de la Reserva de La Biosfera Los Petenes. T= temperatura, S= salinidad, CE= conductividad, Eh= potencial redox, OD= oxígeno disuelto, SST= sólidos suspendidos totales, NT= nitratos, Nt= nitritos, FFT= fósforos totales, PF= profundidad, MO= materia orgánica, PD= productividad de los pastos marinos

## 11. DISCUSIÓN

La dominancia del taxón Crustacea, en términos de abundancia y riqueza de especies durante las épocas climáticas se puede explicar debido a que los crustáceos, poseen adaptaciones para filtrar el agua, evitando la entrada de sal en sus sistemas internos, eliminando el exceso de sal, en caso sea absorbido (Almeida, 2011), cuando se presenta elevada salinidad, ya que variaciones de este parámetro es característico de este ecosistema. Además, de su preferencia por los pastos marinos como hábitat para su anidamiento, alimentación, reproducción y protección (Ortiz del Río, 2007; Gallegos, 2011; Cervantes y Quintero, 2016), garantizando una baja depredación y una alta productividad (SEMADS, 2001).

Esto coincide con los resultados que se observaron en hábitats de pastos marinos, como los de la Laguna de Términos, Campeche, donde los crustáceos dominaron registrando más de 60 especies en una pradera de aproximadamente 1 km<sup>2</sup>, de acuerdo a lo reportado por Guzmán y Sánchez (2001). Un patrón similar ha sido observado en humedales de Tabasco, México, donde los sustratos con vegetación y microhábitats, proveen áreas de reproducción y protección para un elevado número de organismos (Barba et al., 2010). Balan-Zetina (2013), encontró que la presencia de *Thalasia tetudinum* (pastos marinos) fue un factor importante para la abundancia de *F. duorarum* (Crustacea), pues los juveniles se distribuyen preferentemente en hábitats cubiertos de vegetación.

Los resultados de la presente investigación mostraron diferencias significativas durante las épocas climáticas tanto en abundancia ( $p < 0.05$ ) como en riqueza de especies ( $p < 0.05$ ). La variabilidad que presentó la abundancia y riqueza de especies ( $p < 0.05$ ) de la macrofauna epibentónica durante las épocas climáticas estudiadas, se explicaría por la influencia que ejercen las condiciones ambientales en cada una de ellas. La época de secas, se caracteriza por el aumento de la temperatura y altas tasas de evaporación; la época de lluvias, por altas tasas de precipitación que inducen una disminución de la salinidad del agua, y la época de nortes (frentes fríos anticiclónicos) que se caracteriza, por fuertes vientos, pocas precipitaciones y temperaturas frescas (Hernández-Arana et al., 2003; Hernández-Guevara et al., 2008), lo que influenció sobre la variabilidad de los factores fisicoquímicos.

Los resultados concuerdan con numerosos estudios que señalan que la influencia de las condiciones climáticas o ambientales puede ocasionar modificaciones de la comunidad bentónica (Coleman y Williams, 2002) en composición de especies y productividad (Lara-Lara et al., 2008). En este sentido, resultados similares fueron reportados por Pech et al. (2007) para la comunidad infaunal de la laguna Celestún durante las tres épocas climáticas: lluvias, nortes, secas y lluvias de 1994 a 1995 ( $F = 12.95$ ,  $p = 0.00$ ). Asimismo, Aguirre (2006), registró diferencias significativas ( $p = 0.022$ ) durante la época de secas menor (julio-agosto) y lluvias (noviembre) del 2005, tanto en densidad, como en riqueza de especies y en el índice de Equidad de Pielou, ( $p = 0.017$ ) en el caribe colombiano.

Los resultados también, indicaron mayor abundancia (K-S,  $p < 0.05$ ) y riqueza de especies (Tukey,  $p < 0.05$ ) de la macrofauna epibentónica durante la época de secas del 2011. Igualmente, se observó la variabilidad y asociación con los valores de temperatura, salinidad, conductividad, sólidos suspendidos totales y productividad de los pastos marinos ( $p < 0.05$ ).

Estos resultados pueden ser explicados por las características que imperan esta época, como el incremento de los valores de temperatura, la disminución de aguas subterráneas, el dominio de los vientos del sureste con una periodicidad e intensidad homogénea, aumento en la transparencia del agua (Ayala-Pérez, et al., 2012) y altas tasas de evaporación (Hernández-Arana, et al., 2003, Hernández-Guevara et al., 2008), que estarían influenciando en la variabilidad de los factores fisicoquímicas y productividad de los pastos marinos ( $p < 0.05$ ), favoreciendo la abundancia y riqueza de especies de la macrofauna epibentónica. La salinidad y temperatura son características hidrológicas determinantes para el óptimo desarrollo en la composición de especies y distribución espacial de las praderas de los pastos marinos (Herrera-Silveira 2010, Winfield et al., 2007). Cuando la salinidad se encuentra en valores adecuados, favorece el aumento de la densidad de *T. testudinum* (pasto marino), originando la disminución del movimiento de agua, mayor descomposición y lixiviación, contribuyendo a una cantidad significativa de nutrientes y su transferencia desde aguas profundas hacia aguas superficiales originando un gran flujo de nutrientes y transferencia de energía (Rosch y Koch, 2009, Ponce-Vélez et al., 2011, May-Kú et al., 2016), beneficiando a los taxones; así como, permitiendo la colonización exitosa y el comportamiento oportunista de los organismos (Hernández-Guevara et al., 2008).

Los resultados también mostraron disminución en la abundancia, observándose diferencias significativas en los taxones: Mollusca (K-W,  $p=0.002$ ), Polychaeta (K-W,  $p= 0.005$ ) y taxones menores (K-S,  $p= 0.006$ ); y en riqueza de especies, observándose diferencias significativas en los taxones: Crustacea (K-W,  $p= 0.019$ ), Mollusca (K-W,  $p= 0.000$ ) y taxones menores (K-W,  $p= 0.009$ ), desde finales de la época de secas del 2011 hasta la época de secas del 2012. Así mismo, se observó la variabilidad y asociación con los factores: temperatura, salinidad, conductividad y productividad de los pastos marinos ( $p<0.05$ ).

La disminución significativa de la abundancia y riqueza de especies a finales de la época de secas y durante la época de lluvias respectivamente, se explica por las altas tasas de precipitación que caracteriza la época de lluvias, influyendo en la variabilidad de los factores fisicoquímicos mencionados e induciendo la disminución de la salinidad del agua. Cuando los valores de salinidad no son óptimos puede afectar las funciones fisiológicas de los organismos alterando su balance osmótico, su distribución, comportamiento (Alvarado y Aguilar, 2009), y generar estrés oxidativo en el organismo (Pires et al., 2015), ocasionando su posterior muerte. Así mismo, influencia en la composición de especies y distribución de las praderas de los pastos marinos ( $p<0.05$ ), lo cual puede haber favorecido a su disminución dejando sin áreas de protección para la macrofauna epibentónica siendo más susceptibles a ser depredados. De forma similar actúa los cambios de temperatura, que influye en los requerimientos metabólicos y procesos relacionados con la transformación y el consumo del alimento, en el crecimiento (Prevedelli, 1991; Calderer, 2001), equilibrio osmótico y función enzimática (Snelgrove, 1999), flujo de energía y procesos fisiológicos (Liu y Xian. 2009).

El ingreso de agua dulce al ecosistema, también incrementa la materia orgánica. Cuando la materia orgánica es re-suspendida los microorganismos comienzan el proceso de descomposición, sustituyendo el oxígeno desde la columna de agua, originando un hábitat anóxico (Gutiérrez, 2010; Mancera-Pineda et al., 2013) obligando a los organismos utilicen diferentes funciones fisiológicas para adaptarse a nuevas condiciones ambientales. Este fenómeno ha sido identificado como una de las principales variables reguladoras de la estructura de las comunidades bentónicas en zonas costeras (Pearson y Rosenberg, 1978; Alongi, 1990, Cortés et al., 2012).

Durante la época de nortes se continuó observando la disminución de la abundancia en los taxones: Mollusca, Polychaeta y taxones menores (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ); y riqueza de especies en los taxones: Crustacea, Mollusca y taxones menores (Prueba de U de Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ). Igualmente, se observó la variabilidad del factor potencial redox y productividad de los pastos marinos ( $p < 0.05$ ).

La disminución y variabilidad en abundancia y riqueza puede explicarse por las características que imperan en esta época, como: los fuertes vientos, pocas precipitaciones y temperaturas frescas que estarían influyendo a su vez en la variabilidad de los factores: potencial redox y productividad de los pastos marinos, ocasionando posiblemente la disminución en la composición de la macrofauna epibentónica, considerando que estos dos factores están estrechamente relacionados con la conductividad y salinidad; siendo la salinidad un factor importante que limita la distribución de *T. testudinum* (pastos marinos), lo cual explicaría la variabilidad de la productividad de los pastos marinos (Tukey,  $p < 0.05$ ). Cuando los pastos marinos no se encuentran en óptimas condiciones para su desarrollo, inician el proceso de

exfoliación de las hojas, reduciendo el espacio habitable para los invertebrados, originando que sean presas fáciles para los depredadores (Ibañez y Solís, 1986; Barba-Macías, 1999). Así mismo, se incrementa la biomasa subterránea, a partir del mayor aporte de sedimentos marino (Conde, 2014) y por consiguiente mayor aporte de materia orgánica disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto (Mancera-Pineda, 2013). Cuando la materia orgánica se descompone libera nutrientes inorgánicos, como los nitritos, que interfiere en la recepción de la molécula de oxígeno en la sangre, (Mutrikuberri S.A y DPGV, 2001) influyendo en el suministro de alimentos, en el desarrollo de los ciclos de vida, alteración de las interacciones bióticas, dispersión de las larvas y en el metabolismo (Sim et al., 2013; Dutertre et al., 2013).

La misma tendencia reportó, Ayala-Pérez et al. (2012) durante la época de nortes, donde la disminución en distribución y abundancia de la comunidad de peces se debe a la mayor variación en los parámetros ambientales, y la frecuencia de aparición de frentes fríos acompañados por lluvias torrenciales, concluyendo que esta condición determina la tendencia de decremento de la abundancia en esta temporada.

Finalmente, durante la época de secas del 2012, no se observó la recuperación de la macrofauna epibentónica en abundancia y en riqueza de especies después de la época de nortes. Lo cual, sugiere que para observar la recuperación de la comunidad el tiempo de estudio debe ser mayor a un año. La misma tendencia observó en Hernández-Arana et al. (2003), donde después de cuatro meses de la época de nortes, se observó aumento en la densidad de taxones oportunistas (numerosos poliquetos de pequeño tamaño).

## 12. CONCLUSIONES

Las épocas climáticas influenciaron en la variabilidad de los factores fisicoquímicos de la columna de agua y productividad de los pastos marinos, que a su vez modificaron la composición y características ecológicas de la macrofauna epibentónica de la RBLP en un ciclo anual.

La abundancia y riqueza de especies de la macrofauna epibentónica durante un ciclo anual presentó diferencias estacionales, debido a la variabilidad de los factores fisicoquímicos: temperatura, salinidad, conductividad y productividad de los pastos marinos. A pesar de esta variabilidad los crustáceos dominaron la fauna bentónica durante todo el ciclo anual.

La diversidad y equidad de la macrofauna epibentónica no registró diferencias significativas durante el ciclo anual. Sugiriendo que es un ecosistema estable, que responde a las fluctuaciones ambientales naturales.

Los factores fisicoquímicos: temperatura, salinidad, conductividad y productividad de los pastos marinos fueron los factores que mostraron mayor influencia en los patrones de abundancia y riqueza de especies de la macrofauna epibentónica observados durante la época de secas.

### 13. RECOMENDACIONES

La abundancia y riqueza de especies de una comunidad epibentónica en la zona costera de la RBLP está influenciada por diferentes variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, conductividad, potencial redox, sólidos suspendidos totales y conductividad) y durante las tres épocas climáticas (secas del 2011, nortes del 2011 y secas del 2012) que a su vez determinan las condiciones óptimas del ecosistema y estarían modificando los estados de las praderas de los pastos marinos ejerciendo influencia sobre la composición y distribución de la comunidad epibentónica. A pesar de ello, no se descarta influencia de variables físicas (procesos de sedimentación), química y biológica (relaciones interespecíficas e intraespecíficas, competencia, depredación, pastos marinos, macroalgas). Por ende, se recomienda que los estudios en la Reserva de la Biosfera Los Petenes, continúen permitiendo abarcar más años de estudio, para poder observar en cuanto tiempo se podría registrar la recuperación de la comunidad epibentónica en un ecosistema costero. Del mismo modo es necesario, realizar modelos ecológicos que permitan conocer las posibles consecuencias ante actividades antropogénica o cambios ambientales extremos y líneas bases para para futuros programas de monitoreo sobre la calidad del hábitat bentónico costero.

## 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, A.A. (2006). Comparación estacional de la comunidad de macroinvertebrados epibentónicos asociados a praderas de *Thalassia testudinum* en la Guajira, Caribe Colombiano. (tesis de licenciatura). Bogotá. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

Almeida, F.A.C. (2011). Estrutura populacional do caranguejo chamamaré *Uca Thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) no manguezal do Rio Formoso, PE, Brasil (tesis de maestría). Centro Académico de Vitória de Santo Antao. Universidad Federal de Pernambuco. Santo Antao, Brasil.

Alongi, D.M. (1990). The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 28: 381-96

Alonso, A. (2006). Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*, 15(2): 101-105

Alvarado, J.J., y Aguilar, J.F. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacifico, Costa Roca. *Revista de Biología Tropical*, 1: 19-29

Álvarez, C.R. (1995). Estadística multivariada y no paramétrica con SPSS. Aplicación a las ciencias de la salud. España: Díaz de Santos, pp 409

Ardisson, P. (1997). Diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero de Progreso, Yucatán. Mérida, México: Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Y008. México, D.F., D.F

Ardisson, P. (2004). Diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero de Progreso, Yucatán. Mérida, México: Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Y008. México,

Ayala-Pérez, L. A.; Terán-González, G. J.; Flores-Hernández, D.; Ramos-Miranda, J. y Sosa-López Atahualpa. (2012). Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(199): 63-78

Ayala-Pérez, L.A. (2010). Ecosistemas marinos y costeros: Humedales costeros. En\*: La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. México. 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, pp 116-127

Balan-Zetina, S. (2013). Incidencia y vulnerabilidad espacio temporal de postlarvas y juveniles de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarun*) en la zona Costera de Campeche. (Tesis de licenciatura), p. 69

Barba, E.; Juarez, J., y Estrada, F. 2(010). Distribución y abundancia de crustáceos en humedales de Tabasco, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81: 153-163

Barba-Macías, E. (1999). Variación de la densidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibentónicos de la región central de Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiología*, 9(2): 103-116

Barrera, A. (2011). Estudio para la Caracterización y Diagnostico de Humedales en Puerto Morelos. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, ECOSUR/Jardín Botánico. Serie de identificación: DRPYYCM/062

Barrios, V.E.; Trujillo, A.C., y Sánchez, A.T. (2011). Macroinfauna asociada a fondos blandos en el costado sur de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano durante la época de lluvias. *Revista Intropica*, 6:71-88

Bautista, F.; Palacio, A.; Mendoza, J.; Kú, V.; Pool, L., y Cantarell, W. (2010). Suelos. En\*: Villalobos, G., y Mendoza, V. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. México: 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, pp 20-26

Bautista, Z.F., Delfín G. H., Palacios P. J. L., Delgado C. M del C. (2004). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. (Eds.). Instituto Nacional de Ecología, México, pp 507

Bello, J., Gómez, L., Magaña, V., Graizbord, B., Hipólito, R.P., et al. (2009). Sitio piloto Los Petenes. Vol II En\*: Buenfil J. Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), pp 503-521

Blanchard, A.L.; Parris, C.L; Knowlton, A.L., y Wade, N.R. (2010). Benthic ecology of the northeastern Chukchi Sea. Part I. Environmental characteristics and macrofaunal community structure, 2008-2010. *Continental Shelf Research*, 67:52-66

- Bolam, S.G.; Fernandes, T.F., y Huxham, M. (2002). Diversity, Biomass and Ecosystem Processes in the Marine Benthos. *Ecological Monographs*, 72(4): 599–615
- Botello, A.V., y Villanueva-Fragoso, S. (2011). Introducción, p. 1-14. En\*: Botello, A.V., Villanueva-Fragoso, Gutiérrez, J., Rojas G.J.L (eds). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, pp 754
- Breneman, D.; Richards, C.; Lozano, S. (2000). Environmental Influences on Benthic Community in a Great Lakes Embayment. *Journal of Great Lakes Research*, 26(3): 287-304
- Brusca, R., Brusca, G. (1990). Invertebrates. Sunderland, Massachusetts: Sinauer associates, Inc. Publishers
- Buckup, L., P.A.; Bound G.; Casagrande, M., y Majolo, F. (2007). The benthic macroinvertebrate fauna of Highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. *Revista Brasileira de Zoología*, 24(2): 294-301
- Calderer, R. A. (2001). Influencia de la Temperatura y la Salinidad sobre el crecimiento consumo de oxígeno de la Dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis doctoral. Universitat de Barcel Departamento de Biología Animal. p. 64
- Calman W. T., F.Z.S. (1907). On new or rare Crustacea of the Order Cumacea from the Collection of the Copenhagen Museum. British: British Museum, 18
- Carrasco, F.D. (2004). Organismos del bentos marino sublitoral: Algunos Aspectos sobre abundancia y distribución. En\*: Romo H, Krisler A, Werlinger C. Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos. Chile: Gobierno de Chile, Consejo Nacional del Libro y la Lectura, pp 313-345

Cervantes, M.A. y Quintero, E. (2016). La importancia de conservar las praderas de pastos marinos. CONABIO. *Biodiversitas*, 128:12-16

Clarke, K.R. y Gorley, R.N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E. Plymouth, pp.192

Coleman, F.C, y Williams, S.L. (2002). Overexploiting marine ecosystem engineers: potential consequences for biodiversity. *TRENDS in Ecology & Evolution*, 17(1)

CONANP. (2006). Programa de conservación y manejo: reserva de la Biosfera Los Petenes. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, DF, pp 203

Conde, M.K.P. (2014). Evaluación estacional de los parámetros ecológicos en hábitats críticos de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche. (tesis de maestría). Campeche, México. El Colegio de la Frontera Sur, México

Cortés, F. A.; Solano, O. D. y Ruiz-López, J. A. (2012). Variación espacio-temporal de la fauna macrobentónica asociada a fondos blandos y su relación con factores ambientales en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41(2): 323-353

Covich, A.; Palmer, M., y Crowl, T. (1999). The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystems. Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49(2): 119-127

Das- Das S.S.; Nayak, L.; Mohanty, U., y Priyadarsini, P.M. (2016). Spatial Temporal variation of benthic-community in Gopalpur coastal sediment, east coast of India. *The International Journal of Earth & Environmental Sciences*, 1(1):1-10

Day, J.; Díaz, A.; Gonzáles, G.; Moreno, P., y Yáñez, A. (2004). Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Resumen Ejecutivo. En\*: Marcó, R.; Caso, M; Pisanty, I., y Ezcurra, E. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), pp 15-40

De León, J.; Bastida, J.; Carrera, L.; García, M.; Peña, A.; Salazar, S., y Solís V. (2009). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Vol.1. México: Universidad Autónoma de Nuevo León

Díaz, O.; Liñero, I.; Troccoli, L.; Jimenez, M.; Allen, T., y Pereda, L. (2013). Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica de Caño Mánamo. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 52(1): 131-143

Domínguez, R., y Cobb, G. (1988). Avifauna de la Zona Costera Inundable del noreste de Campeche, México: Lista de especies y su distribución con respecto a la vegetación. *Biotica*, 13:81-92

Dutertre, M.; Hamon, D.; Chevalier, C., y Ehrhold, A. (2013). The use of the relationships between environmental factors and benthic macrofaunal distribution in the establishment of a baseline for coastal management. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2): 294-308

Echevarría, F.; Aguirre, N.; Castaño, J. G.; Valderrama, A. C.; Peña, J. D., y Giudice, C. (2007). Caracterización fisicoquímica y biológica de la bahía de Cartagena en la zona de Mamonal para la evaluación de pinturas antiicrustantes en condiciones estáticas. *Revista Facultad de Ingeniería*, 39:7-20

Escarraga-Paredes, D.d.S.; Torrescano-Valle, N., y Islebe, G.A. (2014). Análisis de la relación vegetación. lluvia de polen actual de las comunidades vegetales en el noroeste de la península de Yucatán, México. *Polibotánica*, 38

Escrivá, J. (2013). Distribución y abundancia de macrofauna bentónica del infralitoral somero [tesis de maestría]. Escuela Politécnica Superior de Ganadía. Universidad Politécnica de Valencia. Ganadía, Valencia, España.

Flores-Verdugo, F., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C.M C., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D. y Travieso-Bello, A.C. (2007). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (Sup.8): 33-47

Flores-Verdugo, F.J., Casasola, P., de la Lanza-Espino, G., y Agraz-Hernández, C. (2011). El manglar, otros humedales costeros y el cambio climático, p. 205-228. En: Botello, A.V., Villanueva-Fragoso, S., Gutiérrez, J. y Rojas Galaviz, J.L. (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, 754 p.

Gallegos, M.M.E. (2011). Efectos del cambio climático sobre las praderas de pastos marinos. En\*: Botello AV, Villanueva FS, Gutiérrez J, Rojas GJL. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. 2ª ed. Campeche: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, pp. 255-276

García S, Le Reste L. (1986). Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros (monografía en Internet). Roma: FAO: (25 de abril de 2016). <http://www.fao.org/docrep/005/ad015s/AD015S02.htm#ch2.2>

García, A.; Hernández-Ferreira, G.; García del Real, R., y Genis-Vargas, J. (1994). Eficiencia de redes epibentónica de barra tipo renfro para muestreo de camarones peneidos. *Ciencias Marinas*, 20(3): 351-369

García, A.; Hernández-Ferreira, G.; García del Real, R., y Genis-Vargas, J. (1994). Eficiencia de redes epibentónica de barra tipo renfro para muestreo de camarones peneidos. *Ciencias Marinas*, 20(3): 351-369

Gaudette, H.; Flight, L.; Toner, D., y Folger, M. (1974). An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Research*, 44: 249-253

Gómez, S. y Morales-Serna, F. N. (2012). Meiofauna de mar profundo del Golfo de California: algunos aspectos acerca de la distribución y abundancia de Copepoda. En: P. Zamorano, M. E. Hendrickx y M. Caso (Eds.). *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. ISBN 978-607-8246-48-9, pp 123-144.

Gordon, H.; Miller, J.; Pawson, D. y Kier, M. (1995). *Urchins and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Washington and London: Smithsonian Institution Press

Guisande, C.; Vaamonde, A., y Barrero, A. (2013). *Tratamiento de datos con R, Statistica y SPSS*. España: Díaz de Santos, pp 503

Gutiérrez, A.M.A.; De la Fuente, B.M.G., y Cervantes, M.A. (2000). Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3): 313-316

Gutiérrez, V.J. (2010). *Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes en la Laguna de Tampamachoco-Veracruz (Golfo de México Occidental)*. (tesis de licenciatura). Tuxpan, Veracruz: Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Veracruz, México

Guzmán, R.A., y Sánchez, A.J. (2001). La biodiversidad en los ambientes estuarinos y marinos de México. *Ciencia Nicolaita*, 26: 79-92

Guzmán-Alvis, A.; Ardila, N.E., y Gracia, C.A. (2005). Estados de los Fondos Blandos en Colombia. Colombia: INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Informes Técnicos No 8. Colombia.

Hernández, L.; Solís, F., y Laguarda, A. (2008). Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 56(3): 83-167

Hernández-Arana, H. A.; Rowden, A. A.; Attrill, M. J.; Warwick, R. M. y Gold Bouchot, B. G. (2003). Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 825-841

Hernández-Guevara, N. A.; Pech, D. y Ardisson, P. L. (2008). Temporal trends in benthic macrofauna composition in response to seasonal variation in a tropical coastal lagoon, Celestun, Gulf of México. *Marine and Freshwater Research*, 59: 772-779.

Hernández-Herrejón, L. A.; Solís Marín, A. F. y Laguarda Figueras, A. (2008). Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 56(3): 83-167

Herrera-Silveira, J.; Morales-Ojeda, Ramírez-Ramírez, J. Plantas marinas. (2010). En\*: Durán-García, R. y Méndez-González, M. E. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA p. 1-3

Huber, C. (2007). Comunidades intermareales de fondos blandos. En\*: Pardos F. Biología Marina 6ª ed. España: McGRAW-HILL – Interamericana pp 255-258

Ibáñez A.A.L., y Solís W.V. Anélidos poliquetos de las praderas de *Thalassia testudinum* del Noreste de la Laguna de Términos, Campeche, México. (1986) *Revista de Biología Tropical*, 34(1): 35-47

Jayaraj, K.A.; Jayalakshmi, K.V., y Saraladevi, K. (2007). Influence of environmental properties on macrobenthos in the northwestern Indian shelf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 127:459-475

Lalli, C.M y Parsons, T.R. (1997). *Biological Oceanography an Introduction*. 2<sup>a</sup>ed. Canada: University of British Columbia, Vancouver, Canada, pp 337

Lara-Domínguez, A. L. (2005). Pastos marinos. En\*: Moreno PC, Peresbarbosa E, Travieso B.A.C. Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Xalapa, México: Instituto de Ecología/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, p. 229-240

Lara-Domínguez, A. L.; Contreras Espinosa, F.; Castañeda-López, O; Barba-Macías, E. y Pérez-Hernández, M. A. (2011). Lagunas costeras y estuarios, Vol. I: 301-317. In: La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. ISBN:-607-7607-50-2.

Lara-Lara, J.R., et al. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 109-134.

Lara-Lara, J.R., et al. (2008). Los ecosistemas marinos, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 135-159.

Lawrence, A., y Kim, W. (1986). *An Illustrated Guide to the Marine Decapod Crustaceans of Florida*. Vol.8. State of Florida: Department of Environmental Regulation, p 554-760

- Lepš, J. y Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press pp. 283
- Yong, L., Weiwei, X. (2009). The effect of temperatura on growth and energy Budget of polychaete, *Neanthes japonica* Izuka. *Oceanic and Coastal Sea Research*, 2: 177-183
- Mancera-Pineda, J. E.; Pinto, G. y Vilarity, S. (2013). Patrones de distribución estacional de masas de agua en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano: Importancia relativa del upwelling y outwelling. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR*, 42(2): 329-360
- Martin, J.P. y Bastidas, R. (2008). Contribución de las comunidades bentónicas en la dieta del robalo en la ría Deseado (Santa Cruz, Argentina). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(1): 1-13
- Martínez, L. C. G. (2011). Macrofauna bentónica de la Zona Costera-Marina de la Reserva de la Biosfera de Los Petenes (RBLP). Campeche, México: Facultad de Ciencias Químico Biológicas
- Martínez, L.C.G. (2011). Macrofauna bentónica de la Zona Costera-Marina de la Reserva de la Biosfera de Los Petenes (RBLP). (tesis de licenciatura). Campeche, México: Facultad. de Ciencias Químico Biológicas, México
- May-Kú M. A.; Valdés-Lozano, D. y Ardisson, P. L. (2016). Variación espacial y temporal de las características fisicoquímicas del agua y sedimento en la laguna costera Yalahau, Quintana Roo. *Hidrobiología*, 26(1): 41-51
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA. Zaragoza: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe (ORCYT), UNESCO, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)

Mutrikuberri S.A y el Departamento de Pesca del Gobierno Vasco. Análisis de la aplicación de Cultivos en el municipio de Mutriku. Informe Final

Ortiz del Rio, M.A. (2007). Macrofauna epibentónica asociada a praderas de *Thalassia testudinum*, durante el periodo seco mayor de 2006, en la Guajira, Caribe Colombiano. (tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Martha, Colombia

Orvañanos, D. (2010). Variabilidad temporal de las comunidades bentónicas del litoral de Sisal, Yucatán (tesis de licenciatura). Sisal, Yucatán, México: Facultad de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México

Palencia, J. (2011). Evaluación del uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos microcuencas del lago de Atitlán, departamento de Sololá. Guatemala: Informe Final Integrado de EDC Asociación Vivamos Mejor Guatemala

Pearson, T. y Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 16: 229–311

Pech, D., y Ardisson, P. (2010). Comunidades Acuáticas. En\*: Méndez M, Durán R. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, pp 1-3

Pech, D.; Ardisson, P., y Hernández, N. ((2007). Benthic community response to hábitat variation: A case of study from a natural protected area, the Celestun coastal lagoon. *Continental Shelf Research*, 27:2523-2533

Pech, D.; Ardisson, P., y Hernández, N. (2007). Benthic community response to hábitat variation: A case of study from a natural protected area, the Celestun coastal lagoon. *Continental Shelf Research*, 2007; 27:2523-2533

Pech, D.; Balam, S. y Hernández, A. (2015). Los macro invertebrados bentónicos de laguna de Términos: ¿Cuántos son y cómo se distribuyen? En\*: Ramos J, Villalobos G. Aspectos socioambientales de la región de la laguna de Términos, Campeche. México: Universidad Autónoma de Campeche, 210 p.

Pech, D.; Balam-Zetina, S.B.; Hernández-León.; Nuñez-Lara, E.; Rodríguez-Pliego, P. (2015). Los macro invertebrados bentónicos de laguna de Términos: ¿Cuántos son y cómo se distribuyen? En\*: Ramos, J., y Villalobos, G. Aspectos socioambientales de la región de la laguna de Términos, Campeche. México: Universidad Autónoma de Campeche, 210 p.

Pech, D.; Mascaró, M.; Simóes, N. y Enriquez, C. (2010). Ambientes Marinos. En\*: Méndez M, Durán R. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, pp 21-23

Pérez, F.I. (1970). Diagnostic characters of juveniles of the shrimp *Penaeus aztecus*, *P. duorarum duorarum*, and *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Washington, D.C. United States Fish and Wildlife Service No. 599, Special Scientific Report-Fisheries, pp 1-26

Pérez, F.I. (1971). Características diagnosticas de los juveniles de *Penaeus aztecus subtilis*, *P. duorarum notialis* y *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Memoria-Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, (87):159-182

Pérez, M.R.; Pineda, L.R., y Medina, N.M. (2007). Integridad biótica de ambientes acuáticos. En\*: Marco del Pont, R.; Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Márquez, R., y Zambrano, L. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México: Instituto Nacional de Ecología, pp 191- 227

Pires, A., Figueira, E., Moreira, A., Soares, A. M. V.M., Freitas, R. (2015). The effects of water acidification, temperatura and salinity on the regenerative capacity of the polychae *Diopatra neapolitana*. *Marine Environmental Research*, 106: 30-41

Ponce-Vélez, G., Villanueva-Fragoso, S., García-Ruelas, C. (2011). Vulnerabilidad de la zona costera. Ecosistemas costeros del Golfo y Caribe Mexicanos, p. 37-72. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, p 754

Prevedelli, D. (1991) Influence of temperature and diet on survival of *Perinereis rullieri pilato* (Polychaeta, Nereididae), *Bolletino di zoologia*, 58:3, 225-228,  
DOI:10.1080/11250009109355757

Ramírez, A. (2012). Variación Espacio Temporal de la Comunidad Macrobentónica del Intermareal de la Play “El Conchalito”, B.C.S., México. (tesis de maestría). La Paz, B.C.S, México: Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Renaud, P.; Carroll, M., y Ambrose, W. (2007). Efectos del calentamiento global en el bentos ártico y consecuencias en la cadena trófica. En\*: Paz, M., Duarte, C. Impactos del calentamiento global sobre los ecosistemas polares. España: Fundación BBVA, pp 141-168

Ribeiro, A., y Vieira, N. (2013). Spacial and Temporal Variation of Degradation of Organic Matter by Benthic Macroinvertebrates. *Journal of Environmental Protection*, 4:1-8

Rivera, A.R. (2004). Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Páramo y zonas Boscosas, en los Andes Venezolanos. Mérida, México: Facultad de Ciencias

Rosch, K.L., y Koch, M. (2009). Nitrogen and Phosphorus recycling by a dominant tropical seagrass (*Thalassia Testudinum*) across a nutrient gradient in Florida bay. *Bulletin of Marine Science*, 84(1): 1-24

Salazar, S.; De León, J., y Salaíces, H. (1987). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México: Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz. (Monografía)

Secretaria de Estados de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentavel-SEMADS. (2001). Manguezais Educar para proteger. Brasil: Fundação de Estudos do Mar

Sharma, S., Nayak, L., Mohanty, U., Pati, M. (2016). Spatial-Temporal variation of benthic community in Gopalpur coastal sediment, East coast of India. *The International Journal of Earth & Environmental Sciences*, 1(1).1-10

Sim, L. L.; Davis, J. A.; Strehlow, K.; McGuire, M.; Trayler, K. M.; Wild, S.; Papas, P. J. y O'Connor, J. (2013). The influence of changing hydroregime on the invertebrate communities of temporary seasonal wetlands. *Freshwater Science*, 32(1): 327–342

Snelgrove, P.V.R. (1998). The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1123-1132

Snelgrove, P.V.R. (1998). Getting to the bottom of Marine Biodiversity: sedimentary habitats: Ocean bottoms are the most widespread habitat on Earth and support high biodiversity and key ecosystem services. *BioScience*, 49: 129-138

Solís-Weiss, V. (1998). Atlas de Anélidos Poliquetos de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de México. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. P052, México, D.F.

Solís-Weiss, V., y Carreño, S. (1986). Estudio prospectivo de la macrofauna béntica asociada a las praderas de *Thalassia testudinum* en la laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13 (3): 201-216.

Suárez, E.; Heard, R.; García, S.; Oliva, J., y Escobar, E. (2004). Catálogo de los Tanaidáceos (Crustacea: Peracarida) del Caribe Mexicano. México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Trama, F.A., y Mejía, M.J.A. (2013). Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura, Perú. *Ecología Aplicada*, 12(2): 147-162

Vásquez E, Trujillo C, Sánchez T. (2011). Macroinfauna asociada a fondos blandos en el costado sur de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano durante la época de lluvias. *Revista Intropica*, 6:71-88.

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

Vegas, M. (1971). Introducción a la ecología del bentos marino. Perú: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, pp 91

Villamar, F., y Cruz, M. (2007). Poliquetos y moluscos macrobentónicos de la zona intermareal y submareal en la provincia del Guayas, (Montoverde, Ecuador). *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 14(1)

Williams, A.B. (1984). *Shrimps, Lobsters and Crabs of the Atlantic Coast of the United States, Maine to Florida*. 1st ed. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C., pp 550

Winfield, I.; Cházaro-Olvera, S., y Álvarez, F. (2007). ¿Controla la biomasa de pastos marinos la densidad de los peracáridos (Crustacea: Peracarida) en lagunas tropicales? *Revista de Biología Tropical*, 55(19): 43-53

Yáñez, S.A.B. (2015). *Composición, Estructura y Biomasa de la Meiofauna Intermareal de San Pedro de Manglar alto, Ecuador*. (tesis de licenciatura). Facultad. de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador

Yupanqui, W.; Quipúzcoa, L.; Marquina, R.; Velazco, F.; Enríquez, E., y Gutiérrez, D. (2007). Composición y distribución del macrobentos en la Ensanada de Sechura, Piura, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1): 075-085

Zamora-Crescencio, P.; Jean-François, M.; Rico-Gray, V.; Domínguez-Carrasco, M.; Villegas, P.; Gutiérrez-Báez, C.; Barrientos-Medina, R. (2015). Composición y estructura arbórea de petenes en la Reserva de la Biosfera de Los Petenes, Campeche, México. *Polibotánica*, 39: 1-19

*ANEXOS*

*ANEXO 1.* Tabla de la Phyla de la macrofauna epibentónica en la RBLP durante las tres épocas climáticas.

Categorías taxonómicas	Mollusca	Annelida	Crustacea	Equinodermata	Nematoda	Nemertea	Sipunculida
Clase	2	1	3	2	1	1	1
Orden	11	8	8	2	1	1	1
Familia	26	22	44	3	1	1	1
Género	28	50	59	3	1	1	1
Especie	41	75	89	3	1	1	1

*ANEXO 2.* Tabla de los taxones colectados de la macrofauna epibentónica en la RBLP durante las tres épocas climáticas.

Phyla	Clase	Orden	Familia	Especie
	Copepoda	Harpacticoida	ND	6
			Ampeliscidae	3
			Ampithoidae	1
Arthropoda (Crustacea)	Malacostraca	Amphipoda	Aoridae	4
			Baetidae	1
			Bateidae	1
			Caprellidae	1

---

	Corophiidae	2
	Ischyroceridae	2
	Leucothoidae	1
	Lysianassidae	1
	Melitidae	3
	Pariambidae	2
	Unciolidae	1
Cumacea	Nannastacidae	6
	Diastylidae	1
	Bodotriidae	1
	Alpheidae	3
Decapoda	Diogenidae	2
	Epiplatidae	2

---

---

	Hippolytidae	7
	Menippidae	1
	Mithracidae	1
	Paguridae	3
	Palaemonidae	4
	Panopeidae	7
	Penaeidae	1
	Portunidae	2
	Pseudorhombilidae	1
	Aegidae	1
Isopoda	Anthuridae	1
	Corallanidae	2

---

---

		Idoteidae	1
		Sphaeromatidae	2
	Mysida	Mysidae	3
		Apseudidae	1
		Leptocheliidae	3
		Metapseudidae	1
	Tanaidacea	Pagurapseudidae	1
		Parapseudidae	2
		Tanaidae	1
		Philomedidae	1
Ostracoda	Myodocopida	Sarsiellidae	1
		Ruditermatidae	2

---

---

	Aciculata	Hesionidae	1
		Dorvilleidae	2
	Eunicida	Eunicidae	3
		Lumbrineridae	1
	Opheliida	Opheliidae	1
		Chrysopetalidae	1
		Glyceridae	2
Annelida	Polychaeta		1
		Nereididae	12
	Phyllodocida	Phyllodocidae	4
		Pilargidae	1
		Polynoidae	2
		Sigalionidae	1

---

---

			Syllidae	21
			Fabriicidae	1
		Sabellida	Sabellidae	4
			Serpulidae	1
			Orbiniidae	1
			Capitellidae	4
		Scolecida	Maldanidae	1
			Opheliidae	2
			Paraonidae	1
				4
		Spionida	Spionidae	
			Amphiuridae	1
	Ophiuroidea			
		Ophiurida		
Echinodermata			Ophiodermatidae	1
	Asteroidea	Spinulosida	Echinasteridae	1
Mollusca	Bivalvia	Arcoida	Glycymerididae	1

---

---

	Mytiloidea	Mytilidae	4
	Pterioidea	Pteriidae	1
	Veneroidea	Ungulinidae	1
		Veneridae	1
		Tellinidae	2
		Tricoliidae	2
	Archaeogastropoda		
		Trochidae	1
	Caenogastropoda	Cerithiidae	4
		Bullidae	1
Gastropoda	Cephalaspidea	Haminoeidae	2
	Littorinimorpha	Eulimidae	1
		Buccinidae	1
	Neogastropoda		
		Columbellidae	2

---

---

	Conidae	2
	Costellariidae	1
	Cystiscidae	1
	Drilliidae	1
	Marginellidae	3
	Nassariidae	1
	Olividae	2
	Caecidae	1
	Cerithiidae	3
Neotaenioglossa		
	Modulidae	1
	Nassariidae	1
Nudibranchia	ND	ND

---

---

Nematoda	ND	ND	ND	ND
Nemertea	ND	ND	ND	ND
Sipuncula	Sipunculidea	Sipunculiformes	Sipunculidae	ND

---