



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Ecología de la comunidad de moluscos de la criptofauna  
(Bivalvia, Gastropoda) de la zona intermareal rocosa de  
Montepío, Veracruz**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:**

**NELIA LUVIANO APARICIO**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1- Datos del alumno

Luviano  
Aparicio  
Nelia  
56 41 33 93  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
306262199

2. Datos del tutor

Dr.  
Fernando  
Álvarez  
Noguera

3. Datos del sinodal 1 Presidente

Dra.  
Alicia  
Cruz  
Martínez

4. Datos del sinodal 2 Vocal

M. en C.  
Zoila Graciela  
Castillo  
Rodríguez

5. Datos del sinodal 3 Suplente

Dra.  
María del Carmen  
Hernández  
Álvarez

6. Datos del sinodal 4 Suplente

M. en C.  
Brian  
Urbano  
Alonso

8. Datos del trabajo escrito

Ecología de la comunidad de moluscos de la criptofauna (Bivalvia, Gastropoda) de la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz.

73 p  
2013

*A mis padres:*

Genoveva Aparicio Hernández  
Antonio Luviano Aguirre

*A mis hermanos:*

Leonardo, Antonio y Carlos Gerónimo

*A mis amigos*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la Facultad de Ciencias por el conocimiento que adquirí en ella.

A la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas por haber brindado sus instalaciones en múltiples ocasiones para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera, por promover en mí el interés en los invertebrados marinos, por su asesoría, consejos y por haberme apoyado en los muestreos que hicieron posible esta tesis.

A la Dra. María del Carmen Hernández Álvarez por apoyarme desde la decisión del tema y darme valiosos consejos para la realización de este trabajo.

A la Dra. Zoila Graciela Castillo Rodríguez por todo lo que he aprendido desde que entré a la carrera, por haberme dado la oportunidad de trabajar con ella desde que realice una estancia, por sus consejos y por los valiosos comentarios y correcciones.

A la Dra. Alicia Cruz Martínez por su gran apoyo en la realización de los análisis estadísticos y por sus valiosos comentarios.

Al M. en C. Brian Urbano Alonso por promover el interés en los moluscos desde que era mi profesor hasta hacerme importantes correcciones en la tesis.

Al Dr. José Luis Villalobos Hiriart por su apoyo durante los muestreos realizados y por ser un muy buen profesor.

A mi familia, principalmente a mi madre Genoveva, que sin ella no hubiera sido posible este logro.

A mis amigos y compañeros de la facultad, Yasmín, Giovana, Eric, Carlos, Aurora, Xóchitl, Diana Paola, Sara, Alejandro, Daniel, gracias por apoyarme en los muestreos y compartir conmigo experiencias inolvidables, sobre todo gracias por su amistad. A Omar Rafael por su gran ayuda en la redacción y por su gran amistad. A Olinka y María Fernanda por su gran amistad a lo largo de la carrera.

# ÍNDICE

<b>I. RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>V. ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
<b>VI. ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>18</b>
<b>VII. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>20</b>
Trabajo de campo	20
Trabajo de laboratorio	20
Análisis estadísticos	22
<b>VIII. RESULTADOS</b>	<b>26</b>
Riqueza y listado taxonómico de los moluscos de la criptofauna	26
Variaciones en la abundancia y densidad	30
Cambios en la comunidad de moluscos a través de los parámetros ecológicos	38
Caracterización de la comunidad por su dominancia	40
Variación estacional	43
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	<b>46</b>
Riqueza y composición de los moluscos de la criptofauna	46
Variaciones en la abundancia y densidad	50
Cambios en la comunidad de moluscos a través de los parámetros ecológicos	53
Caracterización de la comunidad por su dominancia	54
Variación estacional	56
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>X. LITERATURA CITADA</b>	<b>60</b>
Anexo I	71
Anexo II	72

## I. RESUMEN

Se estudió la estructura de la comunidad de los moluscos de la criptofauna en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz, con el fin de conocer las especies de moluscos que forman parte de este ecosistema y observar mediante sus fluctuaciones de abundancia y densidad si existe una marcada estacionalidad. Se realizaron cinco muestreos, uno en 2010 correspondiente a noviembre y cuatro en 2011 correspondientes a los meses de marzo, mayo, agosto y noviembre. Se tomaron cuatro réplicas de 3 kg. de facie rocosa en cada muestreo, para un total de 60 kg. de muestra total. Se cuantificó la abundancia, se estimó la densidad de los moluscos, y se describieron las variaciones a través de un ciclo anual utilizando los parámetros ecológicos básicos de diversidad y equidad. Se caracterizó a la comunidad de moluscos por su abundancia y frecuencia de aparición en dominantes, raras, comunes o indicadoras. Los resultados indican que de las 15 especies de moluscos encontradas en este trabajo, *Modiolus americanus* Leach, 1815 fue un nuevo registro para el estado de Veracruz. La riqueza de especies de moluscos encontrada en este trabajo es de 15 y representa el 8.5% de la riqueza encontrada en el estado de Veracruz que es de 175 especies. Se cuantificaron un total de 1,454 moluscos pertenecientes a 15 especies y 2 clases: Bivalvia y Gastropoda. Los individuos de la clase Bivalvia corresponden a tres órdenes, tres familias, siete géneros y once especies y los individuos de la Clase Gastropoda corresponden a cuatro órdenes, seis familias, siete géneros y siete especies. La diversidad fue de 2.62 la cual en términos generales es mediana alta ya que la especie *Isognomon bicolor* presentó una alta abundancia representando el 49.3% del total de moluscos. El agrupamiento de los muestreos diferenció claramente dos épocas distintas del año uniendo a la primera época de nortes con el periodo de secas y a la segunda época de nortes con el periodo de lluvias, lo que explica la alta variabilidad en la composición y abundancia de los moluscos a lo largo del año.

## II. INTRODUCCIÓN

Los organismos que habitan en la zona intermareal rocosa están expuestos a diversos factores físico-químicos como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, entre otros, los cuales cambian constantemente debido a los regímenes de marea y a su posición en la línea costera, entre otros factores (Williams, 1994). Por ejemplo, la salinidad cambia al mezclarse el agua de mar con el agua de lluvia que queda atrapada en algunas pozas que se forman entre las rocas, además la exposición al sol y por ende la desecación puede prolongarse por largos periodos al bajar la marea (Raffaelli y Hawkins, 1999). Por lo tanto, la distribución de los organismos se relaciona con el nivel de tolerancia que presentan hacia estos cambios y con las estrategias que desarrollan para aprovechar los microambientes que presentan los cambios más intensos (Raffaelli y Hawkins, 1999). Además las interacciones biológicas como la competencia, la depredación y el reclutamiento, también moldean la comunidad intermareal en los periodos en que la presión ambiental disminuye (Williams, 1994; Begon *et al.*, 2006).

La zona intermareal ofrece sustratos arenosos y rocosos donde existen numerosas especies de invertebrados. El sustrato rocoso es un ambiente especialmente apropiado para el crecimiento de invertebrados sésiles y muchas especies móviles aprovechan el refugio que encuentran en las fisuras, huecos de las rocas y entre la fronda de las algas (León, 1997). En estos ambientes uno de los grupos más abundantes y diversos es el *phylum Mollusca*, el cual contiene una gran cantidad de especies que, numéricamente, sólo son superadas por los artrópodos (Díaz y Puyana, 1994).

El término criptofauna se refiere a los invertebrados que habitan dentro de cavidades naturales de las rocas, adheridos a las algas o sus frondas, así como en la estructura carbonatada de corales; pudiendo ocupar agujeros perforados, grietas y los espacios interiores (Moore, 1958). Los moluscos crípticos aprovechan



el hábitat que se encuentra dentro de las fisuras y huecos de las rocas, así como en la facie rocosa que está compuesta de materia orgánica y restos de calcio de algunos organismos lo que la hace más fácil de perforar a comparación de la roca basáltica. Esta facie se forma sobre las rocas y en ciertas temporadas se encuentra entre la roca y las algas de la zona costera (Barnes y Barnes, 2003).

Se ha propuesto que los patrones de distribución biogeográficos son consecuencia de una combinación de factores: tolerancia específica a un régimen ambiental, disponibilidad de nichos ecológicos, exclusión competitiva y efectividad de barreras bióticas a la migración (Bernard *et al.*, 1991). Así las especies se distribuyen en diferentes zonas geográficas, asociadas a otras especies, formando conjuntos faunísticos o ensambles que caracterizan ciertas condiciones. Ya que los moluscos son buenos indicadores de condiciones ambientales, se ha utilizado la información de su distribución y ecología para establecer regiones biogeográficas determinadas, llamadas Provincias Malacológicas. La región de Montepío, Veracruz tiene influencia de la Provincia Transatlántica y la Provincia Caribeña (Martínez y Del Río, 2002).

### **Phylum Mollusca Linnaeus, 1758**

Se han descrito aproximadamente 93, 000 especies de moluscos vivientes pero se estima que pueden ser hasta 200, 000 (Brusca y Brusca, 2003; Ponder y Lindberg, 2008). Además se conocen 70, 000 especies fósiles, ya que los moluscos tienen una larga historia geológica desde los periodos Precámbrico y Cámbrico (hace 700 y 570 millones de años) (Moretzsohn *et al.*, 2007). Pese a la extraordinaria diversificación de los moluscos, en todos existe un plan estructural común. Su cuerpo carece de segmentación, consta de una cabeza, un pie y una masa visceral cubierta de una extensión de la pared del cuerpo llamada manto (Marshall y Williams, 1985; Fulvo y Nistri, 2006). Los organismos pertenecientes al *phylum Mollusca* comparten un sólo carácter citológico diagnóstico que son los rodocitos (Ponder y Lindberg, 2008). El grupo de los moluscos comprende ocho

clases: Bivalvia, Gastropoda, Scaphopoda, Polyplacophora, Cephalopoda, Monoplacophora, Solenogastres y Caudofoveata (Sturm, *et al.*, 2006). Todas estas clases pueden encontrarse en la zona rocosa intermareal, desde los cefalópodos como los pulpos hasta los gasterópodos como los litorínidos y las lapas, los bivalvos mitílidos comúnmente llamados mejillones, los poliplacóforos o quitones que se encuentran debajo de las rocas y que presentan colores que los camuflajan con la roca además de presentar adaptaciones morfológicas como el cinturón que les permite adherirse a las rocas y almacenar agua para mantenerse húmedos. Las demás clases como Scaphopoda, Solenogastres, Caudofoveata y Monoplacophora son de hábitats marinos más profundos (Sturm *et al.*, 2006). En este trabajo solo se estudiaron las clases Bivalvia y Gastropoda que fueron las que se encontraron en la zona de estudio.

### **Clase Bivalvia Linnaeus, 1758**

Los bivalvos son organismos acuáticos, marinos y dulceacuícolas, con simetría bilateral, el manto envuelve las branquias, el pie y la masa visceral, además secreta una concha de dos valvas articuladas dorsalmente por un ligamento quitinoso (Fig. 1). (Fulvo y Nistri, 2006; Sturm *et al.*, 2006).

Los bivalvos marinos ocupan diversos hábitats como estuarios, playas rocosas y arenosas, mar profundo e incluso se les encuentra en las ventilas hidrotermales (Sturm *et al.*, 2006). Se alimentan de diferentes maneras, pero predominan los de hábitos suspensívoros, detritívoros y filtradores. Algunos bivalvos se mueven reptando sobre la superficie del sedimento, la mayoría se entierran en el sustrato con la ayuda de un pie; otros pueden cementarse con una de las dos valvas como el género *Ostrea*, o bien horadar en la madera o rocas blandas como *Pholas*, *Petricola* y *Lithophaga*, otros más son completamente sésiles y pueden fijarse a un sustrato sólido con filamentos que se unen formando una especie de penacho denominado biso como en los géneros *Mytilus*, *Modiolus* y *Brachidontes* (García-Cubas y Reguero, 2007).

Existen bivalvos que son perforadores de roca y coral. Un ejemplo es el género *Lithophaga* el cual perfora rocas porosas con restos de calcio gracias a una acción principalmente mecánica (Cantera y Contreras, 1988). El organismo fija el biso al sustrato y perfora las rocas rotando la concha, aunque algunos autores han propuesto el "ablandamiento" de esqueletos calcáreos por acción química preliminar (Hass, 1943; Yonge, 1955).

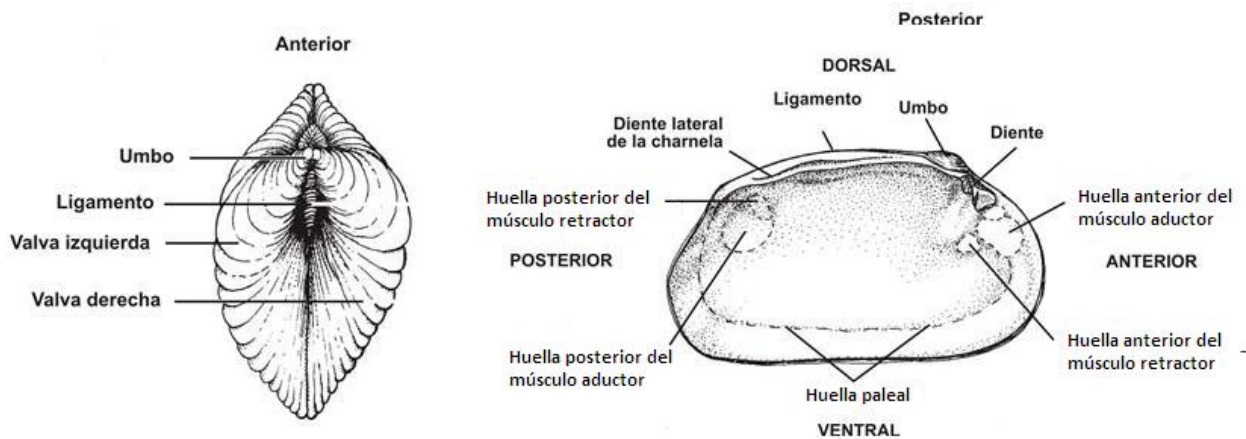


Figura 1. Morfología externa e interna de la concha de los moluscos de la clase Bivalvia. Modificado de <http://www.malakos.org>.

### Clase Gastropoda Cuvier, 1795

La clase Gastropoda es la más diversa de los moluscos además de ser la única que ha sido capaz de dispersarse y adaptarse al medio terrestre, marino y dulceacuícola. Cuenta con aproximadamente 130,000 especies (Sturm *et al.*, 2006).

Los gasterópodos marinos pueden habitar en estuarios, playas rocosas y arenosas, en la zona intermareal, submareal y supramareal, también habitan en mar profundo. Pueden encontrarse entre los granos de arena como meiofauna o pueden flotar en la columna de agua siendo organismos pelágicos toda su vida es

decir ser holoplanctónicos como los órdenes Pteropoda y Heteropoda (Sturm *et al.*, 2006).

Los gasterópodos marinos que habitan la zona rocosa presentan características que les permiten soportar las fluctuaciones en este ambiente, para el camuflaje presentan colores oscuros parecidos al de la roca basáltica o entre las algas que crecen sobre éstas. En la mayoría de los gasterópodos el pie es el órgano de locomoción, presenta una glándula pedia que segrega moco que lo mantiene lubricado y facilita la adhesión, puede estar extendido, reducirse o perderse y es utilizado para nadar, arrastrarse, excavar e inclusive atacar. Pueden tener en la región posterior del pie, una estructura calcárea llamada opérculo que permite cerrar la abertura de la concha una vez que el animal está adentro y así evitar la desecación (Fig. 2) (Fulvo y Nistri, 2006; Fernández-Álamo y Rivas, 2007; García-Cubas y Reguero, 2007).

Los gasterópodos marinos presentan diversos hábitos de alimentación pueden ser herbívoros, detritívoros, suspensívoros, carroñeros, endo o ectoparásitos y carnívoros (Moretzsohn *et al.*, 2007).

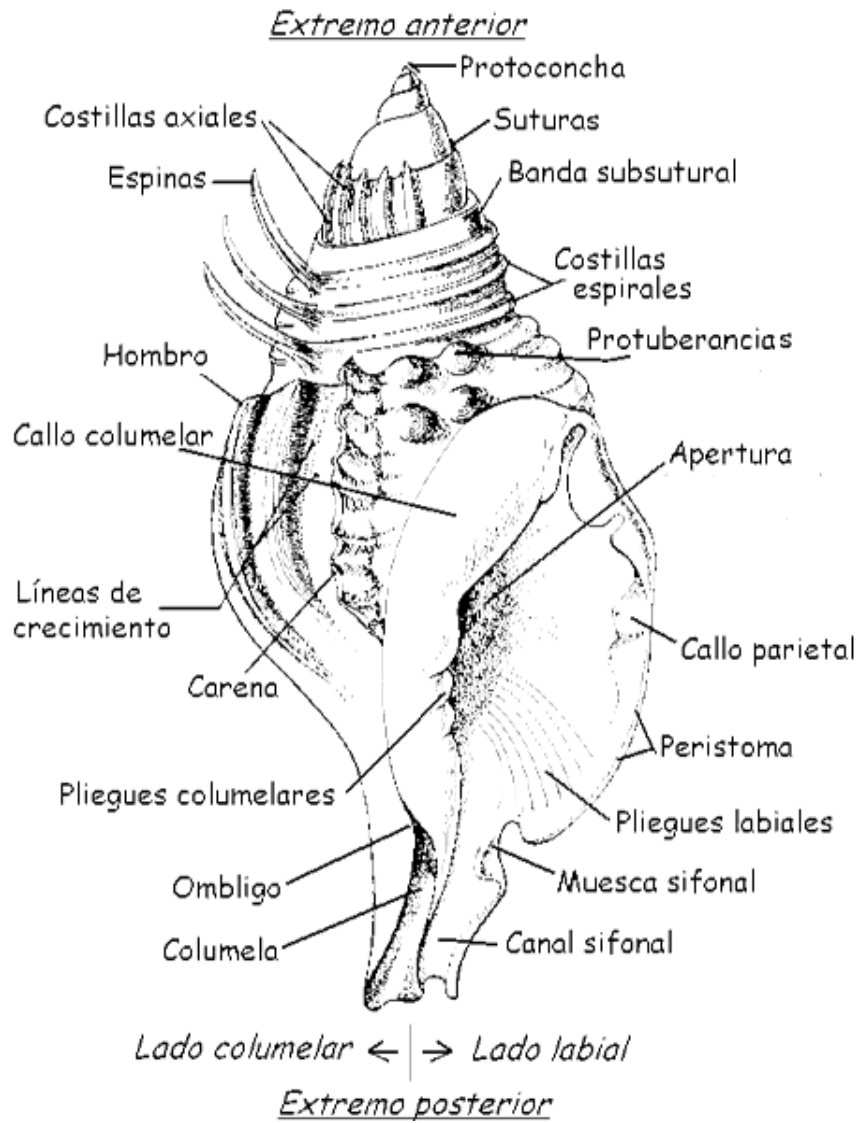


Figura 2. Morfología externa de una concha tipo de un molusco de la clase Gastropoda. Modificado de <http://www.malakos.org>.

### III. JUSTIFICACIÓN

La playa de Montepío, Veracruz representa un sitio de interés zoogeográfico, puesto que predominan las playas arenosas y el poco sustrato rocoso presente es un microhábitat en comparación con el tamaño de la costa veracruzana. Por lo tanto, los organismos asociados a sustratos duros deben concentrarse en los pocos puntos donde disminuye el aporte de sedimentos de los grandes ríos que desembocan al Golfo de México y surgen los sustratos rocosos. Aunado al interés de estudiar especies asociadas a sustrato rocoso en una gran cuenca sedimentaria, está el de medir la diversidad de moluscos de la criptofauna la cual no ha sido descrita para esta zona.

La variación estacional en la diversidad y abundancia de los moluscos de la criptofauna puede ser útil para comprender cómo es que los factores físico-químicos influyen en los organismos que habitan este tipo de comunidades. La riqueza específica y abundancia de los moluscos de la criptofauna pueden ser variables que indiquen como se encuentra el hábitat, pues debido a su poca o nula vagilidad pueden ser muestreados prácticamente en cualquier momento.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Conocer la estructura de la comunidad de moluscos de la criptofauna en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz.

### **Objetivos específicos**

- Identificar la riqueza específica de moluscos de la criptofauna colectada durante un ciclo anual
- Realizar un listado taxonómico de las especies de moluscos encontradas en la zona de estudio.
- Describir las variaciones en abundancia y densidad durante los cinco muestreos
- Describir los cambios en la comunidad de moluscos a través de los parámetros ecológicos básicos de diversidad, equidad y dominancia.
- Caracterizar a las especies de la comunidad de por su abundancia y frecuencia de aparición.
- Conocer la variación estacional en la estructura de la comunidad de moluscos de la criptofauna de la zona de estudio.

## V. ANTECEDENTES

Se han realizado un gran número de trabajos sobre moluscos en México, la referencia más antigua de moluscos hallados en las costas del Golfo de México es de Dall (1889) donde enlistó las especies halladas refiriéndose a su distribución geográfica mencionando algunas localidades de México.

Baker (1891) realizó un listado de 216 especies provenientes del área de Veracruz, Campeche y Yucatán quién hace referencias taxonómicas y especifica el lugar de colecta.

Pérez-Rodríguez (1997), realizó un estudio de los moluscos de la Plataforma continental del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano.

García-Cubas (1981) realizó el primer trabajo acerca de moluscos de sistemas ecológicos en el Golfo de México. Registró 172 especies de moluscos en la laguna de Términos, Campeche de las cuales 95 son gasterópodos, 74 bivalvos, dos cefalópodos y un poliplacóforo.

Rosenberg (2005) realizó una base de datos de la sistemática, biogeografía y diversidad de los moluscos marinos del Atlántico Oeste, desde Groenlandia hasta la Antártida pasando por toda la costa oeste del continente americano y existe un apartado por país.

Vargas y Ramírez (2006) identificaron los invertebrados asociados al arrecie rocoso de la Mancha, Veracruz entre los que encontraron un gran número de moluscos.



Severino-Murolas (2009) identificó los gasterópodos de la zona intermareal de la playa rocosa de Punta Delgada, Veracruz.

Para el Golfo de México, la mayoría de los trabajos sobre moluscos se han realizado en lagunas costeras como García-Cubas y Antolí (1985) quienes estudiaron la fauna malacológica del sistema lagunar Carmen y Machona, Tabasco. Se analizó la diversidad obteniendo valores medios de 0.91 para bivalvos, de 1.16 para los gasterópodos y de 1.92 para la población total de moluscos.

García-Cubas y Reguero (1990) realizaron un estudio de la distribución y abundancia de los moluscos bentónicos en las lagunas Tupilco-Ostión del estado de Tabasco. Se encontraron 30 especies de gasterópodos y 32 de bivalvos. El conjunto característico lo constituyeron los bivalvos suspensívoros.

También se han llevado a cabo varios estudios en el Sistema Arrecifal Veracruzano, en diversas islas que forman parte de éste. Jácome-Pérez *et al.*, (1990), estudiaron la estructura comunitaria de los moluscos bentónicos arrecifales del Puerto de Veracruz. Este trabajo describe la composición de especies, zonación, patrones de abundancia de especies, patrones de diversidad y relación entre las especies.

García-Cubas *et al.*, (1994), realizaron una guía de campo titulada Moluscos Arrecifales de Veracruz, México. En esta guía se describen 23 especies de bivalvos y 51 de gasterópodos que pertenecen a las 17 estructuras arrecifales que se encuentran frente a las costas del Puerto de Veracruz y al municipio de Antón Lizardo.

Tello (2000) elaboró un trabajo sobre la distribución de biotopos en Isla Verde, Veracruz, encontró seis biotopos diferentes, los cuales son: coral muerto,

*Thalassia*, coral vivo, algas, erizos y arena; dentro de estos biotopos existe una gran variedad de moluscos mesogastropodos.

García-Cubas y Reguero (2007) realizaron un inventario de los moluscos bénticos de la costa atlántica de México, este inventario consta de dos libros que son el Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe así como el de bivalvos, en ambos se incluyen datos sobre su morfología, hábitos de vida y zoogeografía.

Aguilar-Estrada (2012) analizó la estructura comunitaria de los gasterópodos de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, estimó la diversidad, equidad, dominancia, asociación y agrupamiento de los gasterópodos en los distintos puntos de muestreo y épocas del año.

Los moluscos de la criptofauna han sido poco estudiados en nuestro país de hecho no existen trabajos que describan exclusivamente a los moluscos crípticos, sólo existen trabajos que han visto de manera muy general a los invertebrados de la criptofauna entre los que se encuentran los moluscos, los cuales no son identificados a nivel específico. En cuanto a los estudios de la criptofauna, Moran y Reaka-Kudla (1991) midieron los efectos de disturbio en las poblaciones de criptofauna en un arrecife coralino producido por los huracanes en Islas Vírgenes, en el mar Caribe. Se encontró que los huracanes favorecen la densidad de invertebrados bénticos al proveer sustrato nuevo sin ocupar y por ende disponible para ser habitado.

Campos – Vázquez *et al.*, (1999) realizaron un análisis de la criptofauna en rocas coralinas en punta Nizuc, Quintana Roo, como mecanismo para determinar la calidad ambiental de varios sitios a lo largo de un gradiente de perturbación, y al hacerlo evaluaron su potencial como herramienta de biomonitoreo. La criptofauna fue utilizada como monitor de la calidad ambiental, en particular de la intensidad

de la sedimentación o de la resuspensión del sedimento, ya que al incrementarse las partículas en la columna de agua se ocasionan cambios en la red trófica de este ecosistema.

Hinojosa-Arango (2000) presentó la variación de la criptofauna entre especies y formas de crecimiento en mantos de rodolitos en el suroeste del Golfo de California. El tamaño de los rodolitos es un factor importante en la variación de la criptofauna ya que al aumentar las dimensiones de estos tanto la riqueza como la abundancia se incrementan. Interacciones como la competencia y depredación pueden incrementarse en rodolitos grandes además de existir un reclutamiento diferencial entre algunos grupos.

Para la zona de Montepío, Veracruz ya se había hecho un trabajo, el de Hernández *et al.*, (2010) donde midieron la densidad de los diferentes taxa de invertebrados que componen la criptofauna del lugar, con énfasis en los crustáceos y con el fin de conocer el funcionamiento de la comunidad de invertebrados del intermareal rocoso.

## VI. ÁREA DE ESTUDIO

Montepío se ubica en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz cuya ubicación es 18°28'31" N y 95°17'58" O (Fig. 3). Montepío es una playa ubicada muy cerca de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, UNAM donde el clima es cálido-húmedo con temperatura media anual de 24.6°C y con gran precipitación anual (Andrle, 1964; Soto, 1976). Aun cuando llueve gran parte del año, hay una época de lluvias de junio a febrero y una época de secas de marzo a mayo. El mes más seco generalmente es mayo y los meses más lluviosos son de agosto a noviembre. De septiembre a febrero, el área se ve afectada por el desplazamiento de masas de aire frío y húmedo provenientes del norte. Los vientos húmedos resultantes de este fenómeno son conocidos localmente como "nortes". Estos vientos aportan cerca del 15% de la precipitación promedio anual y se desplazan a velocidades de hasta 100 km/h, produciendo descensos graduales en la temperatura ambiental (INEGI, 2005).

El municipio de San Andrés Tuxtla se encuentra dentro de la región hidrológica Papaloapan, las mareas que se presentan son de tipo diurna, con una pleamar y un bajamar en el transcurso del día lunar (INEGI, 2005). Los sedimentos más antiguos en la zona son arcillas, tobáceas y areniscas, de grano mediano a grueso, con altos porcentajes de material volcánico, provenientes del Oligoceno aunque las formas más recientes se crearon por derrames basálticos del Pleistoceno (Ríos-Macbeth, 1952). La zona presenta siete principales centros de erupción en los que destacan los volcanes San Martín Tuxtla, Santa Martha y San Martín Pajapan. Debido a esto, el área de Los Tuxtlas presenta un relieve rocoso provocado por la actividad volcánica lo que también se refleja en el litoral. La morfología costera se define por la acción del oleaje sobre las lavas basálticas, que producen acantilados verticales y entrantes abruptos, así como por el depósito de sedimentos en las desembocaduras de ríos que tienden a formar barras y playas (Martín- del Pozzo, 1997).



**Montepío, Veracruz**

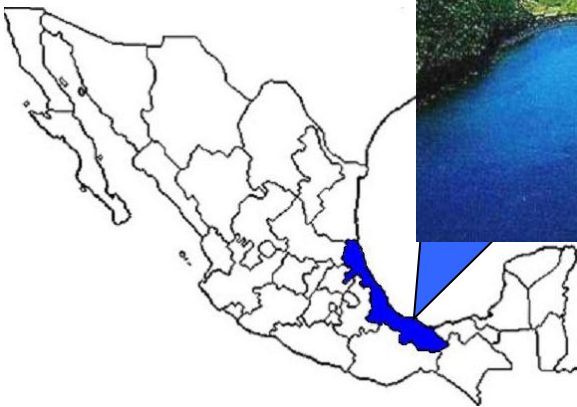
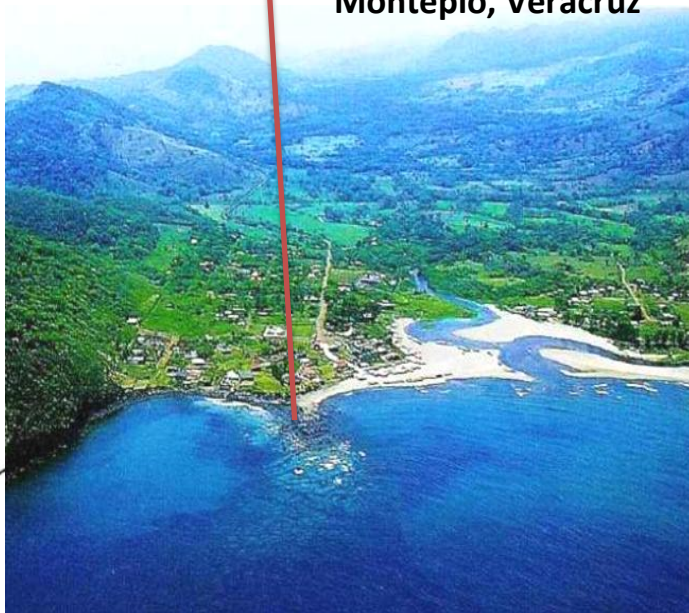


Figura 3. Zona de estudio, intermareal rocoso de Montepío, Veracruz.

## VII. MATERIAL Y MÉTODOS

### Trabajo de campo

Se realizaron cinco muestreos, uno en 2010 correspondiente a noviembre y cuatro en 2011 correspondientes a los meses de marzo, mayo, agosto y noviembre estos a su vez correspondieron a las temporadas de secas (marzo y mayo 2011) lluvias (agosto 2011) y nortes (noviembre 2010 y noviembre 2011). Para identificar a cada mes en los análisis, se asignó un nombre correspondiente a la temporada y se asignó un número de acuerdo al año, noviembre del 2010 corresponde a Nortes 1, marzo del 2011 a secas 1, mayo del 2011 a secas 2, agosto del 2011 a lluvias y noviembre del 2011 a nortes 2. Las muestras se tomaron raspando la superficie de las rocas que se seleccionaron de manera azarosa justo en la zona de rompiente de las olas de manera perpendicular a la costa y en un área de 60 m<sup>2</sup> aproximadamente, se partían trozos de la facie rocosa que se encontró sobre las grandes rocas basálticas con el martillo y el cincel. Se colectaron las muestras de manera manual y se tomaron los organismos que se encontraron encima, debajo y entre las rocas. Los trozos de roca se depositaron en un costal y el peso húmedo se obtuvo con un dinamómetro ( $\pm 100$  g de precisión), además se midió el volumen desplazado de la roca en un bote graduado esto con el fin de obtener la densidad de individuos por litro al cuantificar la abundancia de los moluscos por réplica. Además en la zona de estudio se tomaron los parámetros físico-químicos con un sensor múltiple YSI con el cual se midió la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH.

### Trabajo de laboratorio

Las rocas que se recolectaron se llevaron al laboratorio en la estación de Biología Tropical Los Tuxtlas donde se midió el volumen desplazado de cada réplica de 3 kg. en un recipiente graduado cada 250 ml. con el fin de obtener la densidad de la muestra. Después se fragmentaron las rocas con martillo y cincel

para obtener los invertebrados asociados a ella, se separaron con pinzas de disección, los crustáceos, moluscos, sipuncúlidos, poliquetos, equinodermos, cnidarios y esponjas y posteriormente se preservaron en alcohol al 70% en distintos frascos según el phylum al que pertenecieran y con su respectiva etiqueta (Fig. 4).

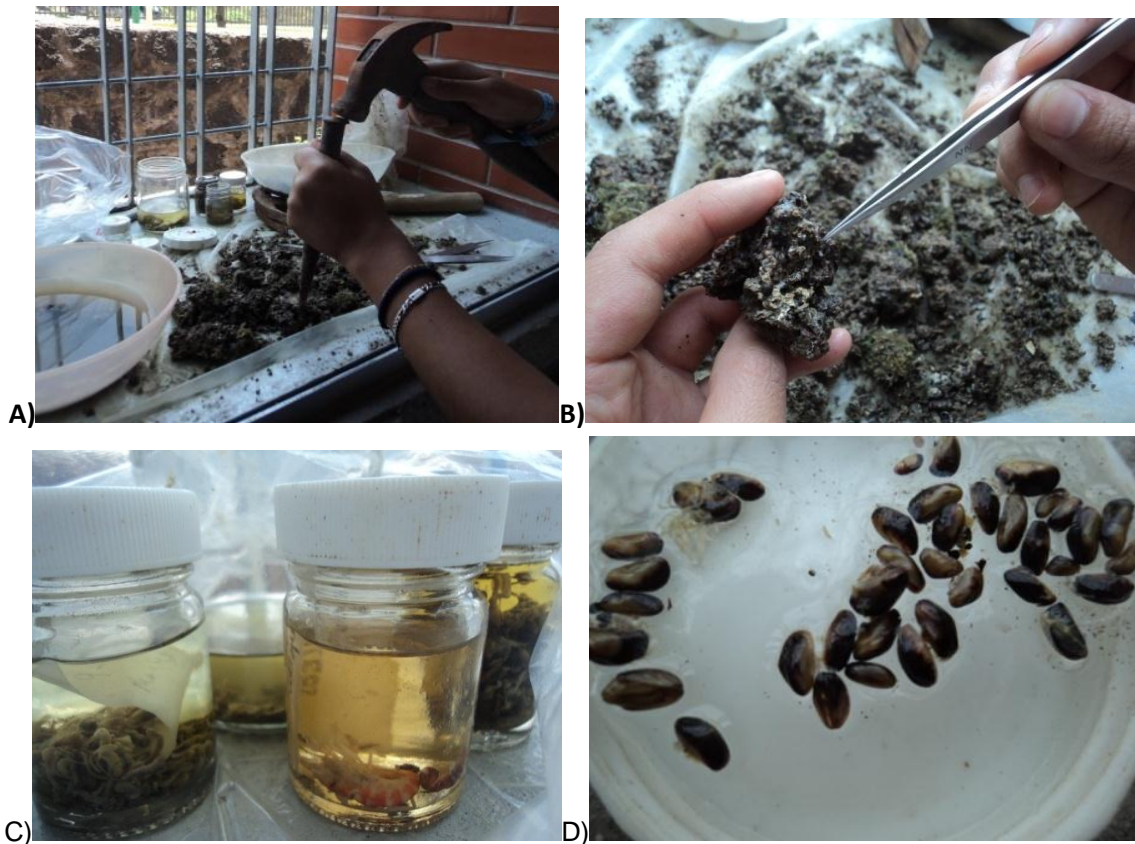


Figura 4. A) Se fragmentó la roca. B) Se separaron los organismos de la roca. C) Se guardaron por phylum en frascos. D) Los moluscos se identificaron a nivel específico.

Los moluscos capturados en cada réplica fueron separados por morfos y posteriormente se identificaron a nivel específico con el uso de literatura especializada (Abbott 1974; García-Cubas y Reguero, 2004). El arreglo sistemático se realizó según Skoglund (2001). Para la determinación taxonómica de los bivalvos se tuvieron que separar las valvas para verificar los espacios de las huellas de los músculos aductores, y ver la charnela de la parte interior para conocer con certeza la especie (especialmente en los mejillones y litófagas). En el

caso de los gasterópodos se observó la forma, tamaño, color, número de espiras, ápice, muescas y ornamentaciones de la concha y, en algunos casos fue necesario remover al organismo de la concha para observar el color de la concha por dentro (en el caso de las lapas) y encontrar con certeza la especie a la que pertenecía.

### **Análisis estadísticos**

Una vez que se obtuvo la matriz de datos taxón/densidad, con el fin de conocer la estructura de la comunidad de moluscos crípticos, se determinó la riqueza específica (S) para conocer el número de especies identificadas en cada muestreo y en el ciclo anual. Se realizó una curva de acumulación de especies con el programa PRIMER VI (2001) para evaluar si el muestreo estaba encontrando la mayoría de las especies presentes. Para realizar la curva de acumulación de especies se utilizó el estimador no paramétrico: Chao 1.

Chao 1. Basado en el número de especies en una muestra que están representados por un individuo o por dos individuos. Es un estimador basado en la abundancia (Chao, 1984).

Se contó el número de organismos por especie para obtener la abundancia absoluta y observar las variaciones en abundancia a través del ciclo anual. También se obtuvo la densidad por litro de los organismos para observar la variación en la densidad poblacional. Se graficó la densidad en el programa STATISTICA para observar el error estándar y la desviación estándar.

Se determinó la diversidad ( $H'$ ) mediante el índice de Shannon-Wiener el cual toma en cuenta la proporción del número de individuos con respecto al total de las especies. En este trabajo se utilizó éste índice porque es el que se emplea más en ecología de comunidades (Patil y Taile, 1982). Se define:



$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i)$$

Donde  $P_i$  es la proporción de individuos de cada especie con respecto al total de individuos de todas las especies.

La distribución de la abundancia total entre las especies que integran el ambiente se denomina equidad (Gray, 2000) y es una medida útil que aporta información adicional al índice de diversidad de Shannon-Wiener. Se evaluó la equidad (J) con el índice de Pielou (1969) para estimar el valor máximo de la diversidad. Cuando todas las especies son igual de abundantes se alcanza la uniformidad máxima, a lo que se le da un valor de 1; el caso opuesto ocurre cuando la mayoría de los individuos se concentra en una misma especie y se le da un valor de 0. (Begon *et al.*, 2006), su expresión es

$$J' = \frac{H'_{\text{máx}}}{H'}$$

$J'$  = índice de equidad

$H'_{\text{máx}} = \log_2 S$

$S$  = número total de especies

$H'$  = diversidad de un área determinada

Se determinó la dominancia específica con el propósito de obtener mayor información de la relación con la equidad de especies que se expresa:

$$D = 1 - J'$$

Donde  $J'$  es el valor de equidad. Cuando el valor resultante tiende a cero, la dominancia es baja, pero si el valor es cercano o igual a uno, es alta (Begon *et al.*, 2006).

La dominancia de las especies en frecuencia y abundancia se determinó mediante el ordenamiento de Olmsted-Tukey, en él se considera a las especies

dominantes, comunes, indicadoras y raras. Esta prueba analiza gráficamente la abundancia promedio de cada especie en función del porcentaje de su frecuencia de aparición. La prueba permite identificar como especies dominantes aquellas con abundancias y frecuencias mayores respecto a la media aritmética de ambas variables y como raras a aquellas que poseen un bajo valor de frecuencia en los valores considerados (Ludwig y Reynolds, 1988).

Mediante la prueba de éste análisis fue posible establecer una clasificación de la ocurrencia temporal de las especies en el área de estudio, siendo las especies categorizadas como:

Dominantes, son aquellas cuyos valores tanto de abundancia, como de frecuencia relativa, son mayores a la media relativa;

Comunes, son aquellas cuya abundancia relativa no sobrepasa el promedio, pero si en relación a su frecuencia de aparición;

Indicadoras, son aquellas cuya abundancia relativa es mayor al valor promedio, pero con valores de aparición inferiores al promedio de la frecuencia relativa y

Raras: se caracterizan por sus bajas abundancias y frecuencias relativas de aparición, ambos valores están por debajo de sus respectivas medias aritméticas.

Para determinar diferencias entre las densidades de moluscos, los datos se estandarizaron para obtener una matriz de densidad de moluscos. Después se construyó la matriz de similitud por medio del coeficiente de Bray – Curtis. Esta matriz se utilizó para producir un dendrograma que agrupa los muestreos más parecidos. Se realizó el Análisis de Similitud (ANOSIM) para detectar diferencias entre la densidad de los individuos en los muestreos y determinar si el agrupamiento por temporada era significativo o no. El estadístico de prueba (R) es el grado de similitud con valores de 0 a 1, que indican el grado de discriminación entre sectores, es decir, es una medida comparativa del grado de separación entre los grupos. Cuando el valor de R es cercano a 0 existe mayor probabilidad de que

la hipótesis nula ( $H_0$ ) sea verdadera en virtud de que la similitud entre y dentro de los grupos a comparar es cercanamente igual (Clark y Warwick, 2001).

Por otro lado, se utilizó el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para identificar las especies que más contribuyen a las diferencias entre los muestreos, por lo que el análisis compara las abundancias promedio por período de muestreo y muestra el porcentaje con el que contribuye la especie para la diferencia entre los muestreos. Lo anterior se realizó con el programa PRIMER VI (Clark y Warwick, 2001).

## VII. RESULTADOS

### Riqueza específica

La curva acumulativa del número de especies muestra un incremento en los dos primeros meses de muestreo y después la pendiente de la curva se hace asintótica ya que a partir del tercer mes de muestreo no se encontraron nuevas especies (Fig.5).

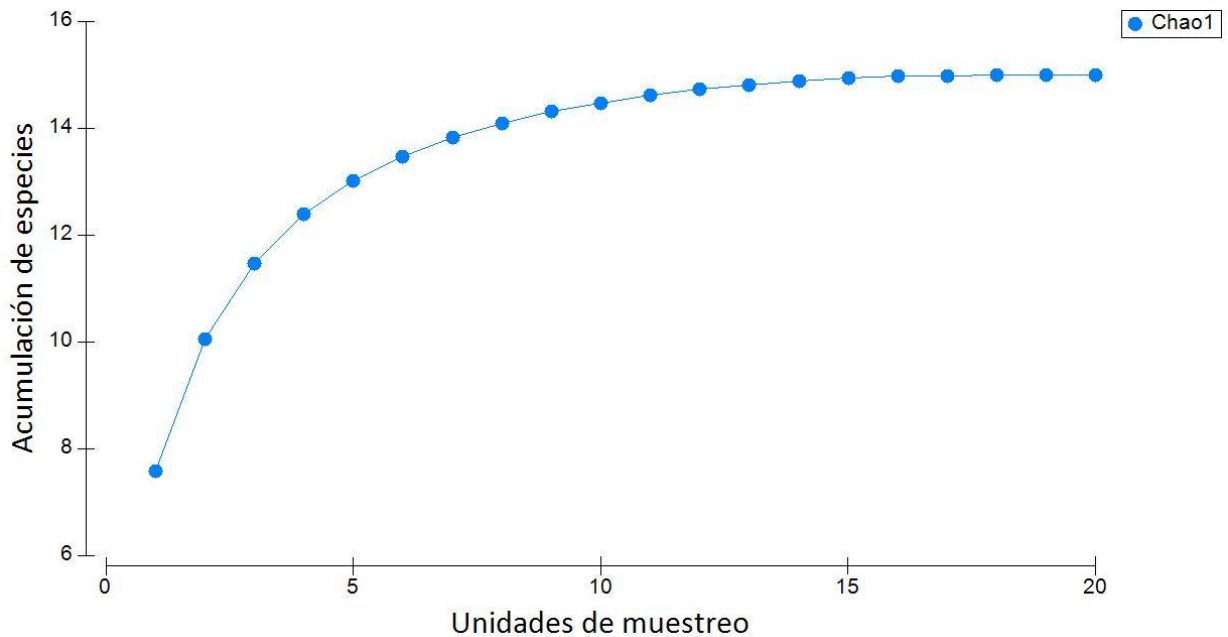


Figura 5. Curva de acumulación de especies encontradas en la zona de estudio, estimador no paramétrico utilizado: Chao 1.

En la figura 6 se observa la variación en la riqueza específica a través del tiempo. Los meses en los que se observó menor riqueza específica fueron noviembre 2010 y mayo 2011 (10 especies). Los meses en los que se registró la mayor riqueza específica fueron agosto 2011 y noviembre 2011 (13 especies). Cabe destacar que el número de especies puede no fluctuar de manera cíclica a lo largo del año, pues en dos muestreos, noviembre de 2010 y 2011 se obtuvieron los valores extremos registrados, 10 y 13 especies respectivamente.

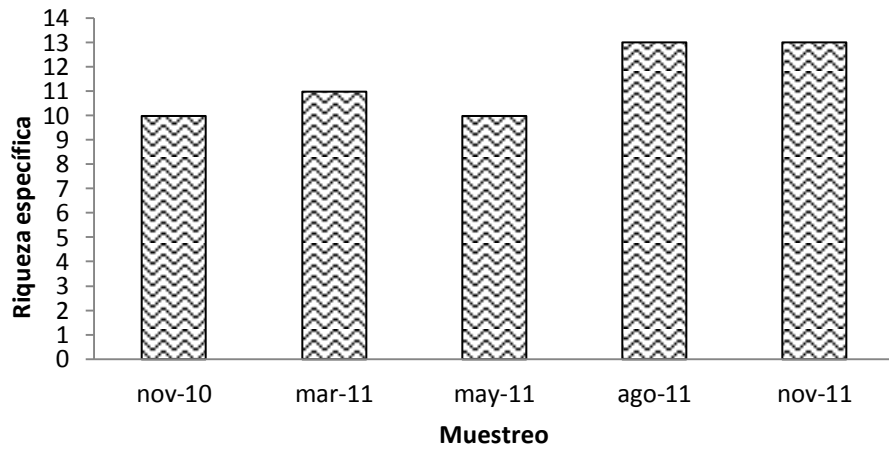


Figura 6. Riqueza específica mensual.

Se cuantificó el número de especies por familia del total de moluscos encontrados y se aprecia que las familias con mayor riqueza específica fueron Mytilidae y Arcidae que pertenecen a la clase Bivalvia, con tres especies cada una, seguidas por Isognomonidae. Muricidae fue la familia de la clase Gastropoda más numerosa con dos especies. Las cinco familias restantes presentaron una especie cada una (Fig. 7).

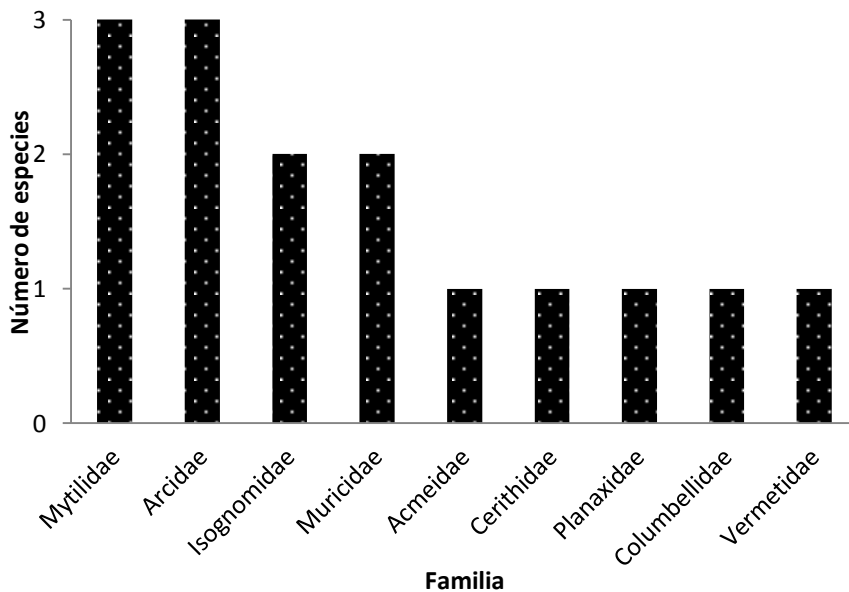


Figura 7. Riqueza específica por familia de moluscos recolectados durante un ciclo anual.

## Composición taxonómica

Los 1, 454 organismos recolectados pertenecieron a dos clases Bivalvia y Gastropoda; los bivalvos corresponden a tres órdenes, tres familias, siete géneros y ocho especies; mientras que los gasterópodos corresponden a cuatro órdenes, seis familias, siete géneros y siete especies. En la tabla 1 se muestra la variación en la composición taxonómica de las muestras durante el periodo de estudio notándose que ésta es muy poca.

Tabla 1. Composición taxonómica de los moluscos de la criptofauna de Montepío, Veracruz, durante los cinco muestreos.

	Noviembre 2010	Marzo 2011	Mayo 2011	Agosto 2011	Noviembre 2011	Total
<b>ÓRDENES</b>	6	5	5	6	6	7
<b>FAMILIAS</b>	8	7	7	8	7	9
<b>GÉNEROS</b>	12	10	9	12	11	14
<b>ESPECIES</b>	12	11	10	12	12	15

### Listado taxonómico de especies (Skoglund, 2001)

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Subclase Pteriomorphia Beurlen, 1944

Orden Arcoida Stoliczka, 1871

Superfamilia Arcacea Lamarck, 1809

Familia Arcidae Lamarck, 1809

Género *Arca* Linnaeus, 1758

Subgénero *Arca* Linnaeus, 1758

Especie ***Arca (Arca) imbricata* (Bruguiere, 1789)**

Género *Acar* Gray, 1857

Especie ***Acar domingensis* (Lamarck, 1819)**

Género *Barbatia* Gray, 1842

Especie ***Barbatia cancellaria* (Lamarck, 1819)**

Orden Pterioida Newell, 1965  
Familia Isognomonidae Woodring, 1925  
Género *Isognomon* Lightfoot, 1786  
Especie ***Isognomon radiatus* (Anton, 1838)**  
***Isognomon bicolor* (C.B. Adams, 1845)**

Orden Mytiloidea Férrusac, 1822  
Superfamilia Mytilacea Rafinesque, 1815  
Familia Mytilidae Rafinesque, 1815  
Género *Brachidontes* Swainson, 1840  
Especie ***Brachidontes cf. exustus* (Linnaeus, 1758)**  
Género *Modiolus* Lamarck, 1789  
Especie ***Modiolus americanus* (Leach, 1815)**  
Subfamilia Lithopaginae H. y A. Adams, 1857  
Género *Lithophaga* Röding, 1798  
Especie ***Lithophaga aristata* (Dallwyn, 1817)**

Clase Gastropoda Cuvier, 1795  
Orden Patellogastropoda Lindberg, 1986  
Superfamilia Lottioidea Gray, 1840  
Familia Lottidae (Sowerby, 1834)  
Género *Tectura* Gray, 1847  
Especie ***Tectura cf. antillarum* (Sowerby, 1831)**

Orden Caenogastropoda Cox, 1960  
Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822  
Familia Planaxidae Gray, 1850  
Subfamilia Fossarinae A. Adams, 1860  
Género *Fossarus* Philippi, 1841  
Especie ***Fossarus orbigny* (Fischer, 1864)**  
Familia Cerithidae Fleming, 1822  
Género *Cerithium* Bruguière, 1789  
Especie ***Cerithium lutosum* Menke, 1828**

Orden Littorinimorpha Golikov y Starobogatov, 1975  
Superfamilia Vermetoidea Rafinesque, 1815  
Familia Vermetidae Rafinesque, 1815  
Género *Petalconchus* Lea, 1843  
Especie ***Petalconchus cf. varians* (d'Orbigny, 1839)**

Orden Neogastropoda Wenz, 1938  
Superfamilia Muricoidea Rafinesque 1815  
Familia Muricidae Rafinesque 1815  
Género *Stramonita* Schumacher 1817  
Especie ***Stramonita rustica* (Lamarck, 1822)**

Género *Morula* Schumacher, 1817  
Especie ***Morula (Morula) nodulosa* (C.B. Adams, 1845**  
Familia Columbellidae Swainson, 1840  
Género *Mitrella* Risso, 1826  
Especie ***Mitrella ocellata* (Gmelin, 1791)**

### Variación de la abundancia

A partir de los muestreos se pudo determinar que en marzo de 2011 fue la temporada en la que se encontró mayor abundancia de moluscos con 401 individuos y mayo del 2011 fue el mes con menor abundancia con 170 (Fig. 8).

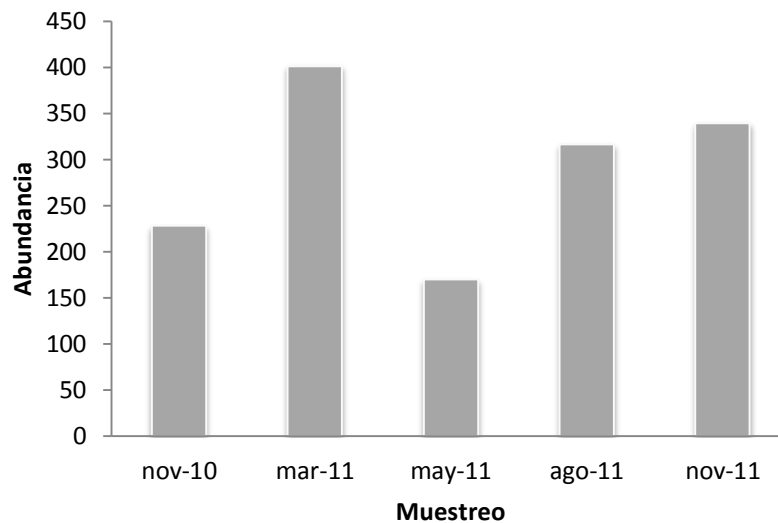


Figura 8. Abundancia de los moluscos de la criptofauna por muestreo.

La clase con mayor abundancia en los cinco muestreos realizados fue Bivalvia. La mayor abundancia de esta clase se presentó en marzo del 2011 con 362 individuos y la menor abundancia en mayo 2011 con 155. (Fig. 9).



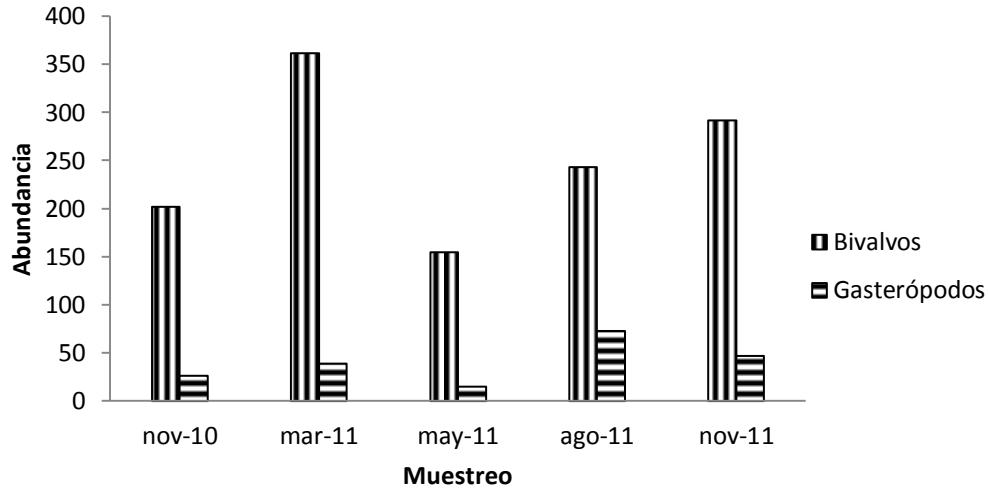


Figura 9. Abundancia por clase de los cinco muestreos realizados.

La especie más abundante en todos los muestreos fue *Isognomon bicolor* con 717 organismos lo que representa el 49.3% de la abundancia total de todas las especies colectadas (Fig. 10). *Brachidontes exustus* con 210 organismos y con una abundancia relativa de 14.4% y *Arca imbricata* con 95 organismos y 6.5% de abundancia relativa (Tabla 3 y Fig. 10).

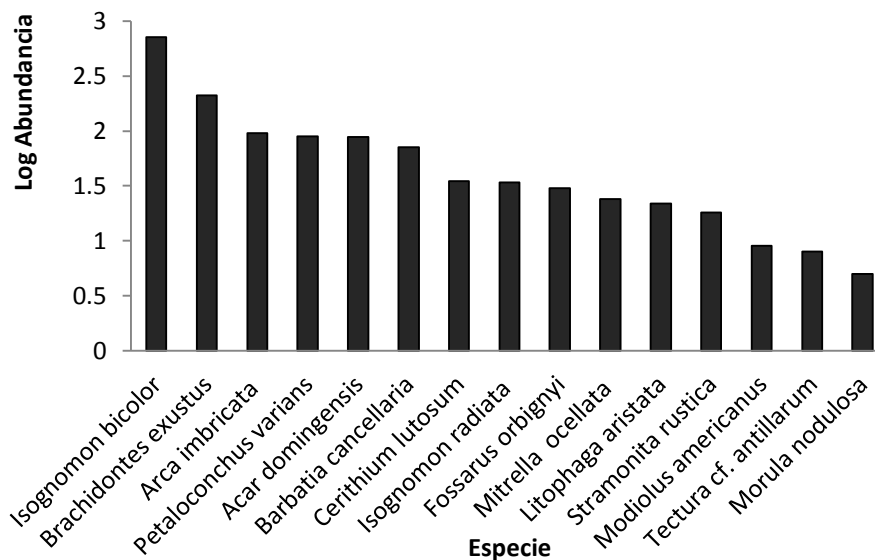


Figura 10. Abundancia de las 15 especies colectadas en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz.

En la figura 11 se puede observar la fluctuación a través de los muestreos de la abundancia absoluta de *Isognomon bicolor* y *Brachidontes exustus* que fueron las especies más abundantes durante el ciclo anual (717 y 210 individuos). Noviembre del 2011 es el mes en que *I. bicolor* fue más abundante y mayo del 2011 el mes en el que fue menos abundante. En el caso de *B. exustus*, la mayor abundancia la presentó en noviembre del 2010 y la menor en agosto del 2011 (Tabla 2).

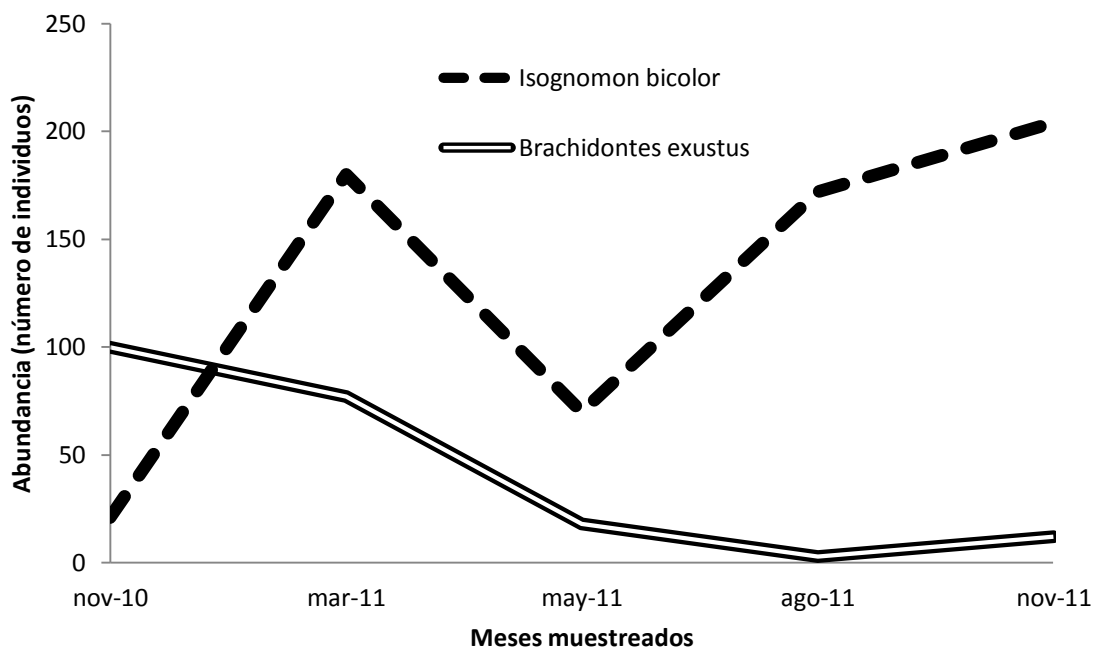


Figura 11. Abundancia absoluta de *Isognomon bicolor* y *Brachidontes exustus* en los cinco muestreos realizados.

Tabla 2. Abundancia absoluta de cada especie para cada uno de los muestreos realizados a lo largo del ciclo anual.

<b>Especies</b>	nov-10	mar-11	may-11	ago-11	nov-11
<i>Isognomon bicolor</i>	91	180	70	172	204
<i>Isognomon radiatus</i>	0	2	25	3	4
<i>Brachidontes cf. exustus</i>	100	77	18	3	12
<i>Modiolus americanus</i>	0	0	0	5	4
<i>Lithophaga aristata</i>	1	11	0	7	3
<i>Acar domingensis</i>	0	11	17	26	34
<i>Barbatia cancellaria</i>	7	23	4	19	18
<i>Arca (Arca) imbricata</i>	3	58	13	8	13
<i>Mitrella ocellata</i>	2	3	8	8	3
<i>Stramonita rustica</i>	2	5	1	7	3
<i>Tectura cf. antillarum</i>	6	0	0	2	0
<i>Fossarus orbigny</i>	6	16	7	0	1
<i>Morula nodulosa</i>	0	0	0	5	38
<i>Cerithiums lutosum</i>	10	15	7	0	3
<i>Petaloconchus cf. varians</i>	0	0	0	51	38
<b>Total</b>	<b>228</b>	<b>401</b>	<b>170</b>	<b>316</b>	<b>339</b>

Tabla 3. Abundancia absoluta y relativa anual de las 15 especies colectadas en la zona de estudio.

<b>Especie</b>	<b>Abundancia absoluta anual</b>	<b>Abundancia relativa anual (%)</b>
<i>Isognomon bicolor</i>	717	49.3
<i>Isognomon radiata</i>	34	2.3
<i>Brachidontes exustus</i>	210	14.4
<i>Modiolus americanus</i>	9	0.6
<i>Lithophaga aristata</i>	22	1.5
<i>Barbatia cancellaria</i>	71	4.8
<i>Arca (Arca) imbricata</i>	95	6.5
<i>Acar dominguensis</i>	88	6
<i>Mitrella ocellata</i>	24	1.6
<i>Stramonita rustica</i>	18	1.2
<i>Morula nodulosa</i>	5	0.3
<i>Cerithium lutosum</i>	35	2.4
<i>Petaloconchus varians</i>	89	6.1
<i>Tectura cf. antillarum</i>	8	0.5
<i>Fossarus orbigny</i>	29	1.9
<b>Total</b>	<b>1454</b>	<b>100</b>

## Variación de la densidad

Los 1,454 moluscos recolectados representaron una densidad de 835.76 ind/l. A partir de los muestreos se pudo determinar que el mes que presentó la mayor densidad de moluscos fue noviembre del 2011 (233.93 ind/l), seguido de noviembre del 2010 (197.82 ind/l), ambos muestreos corresponden a la temporada de nortes (Fig. 12).

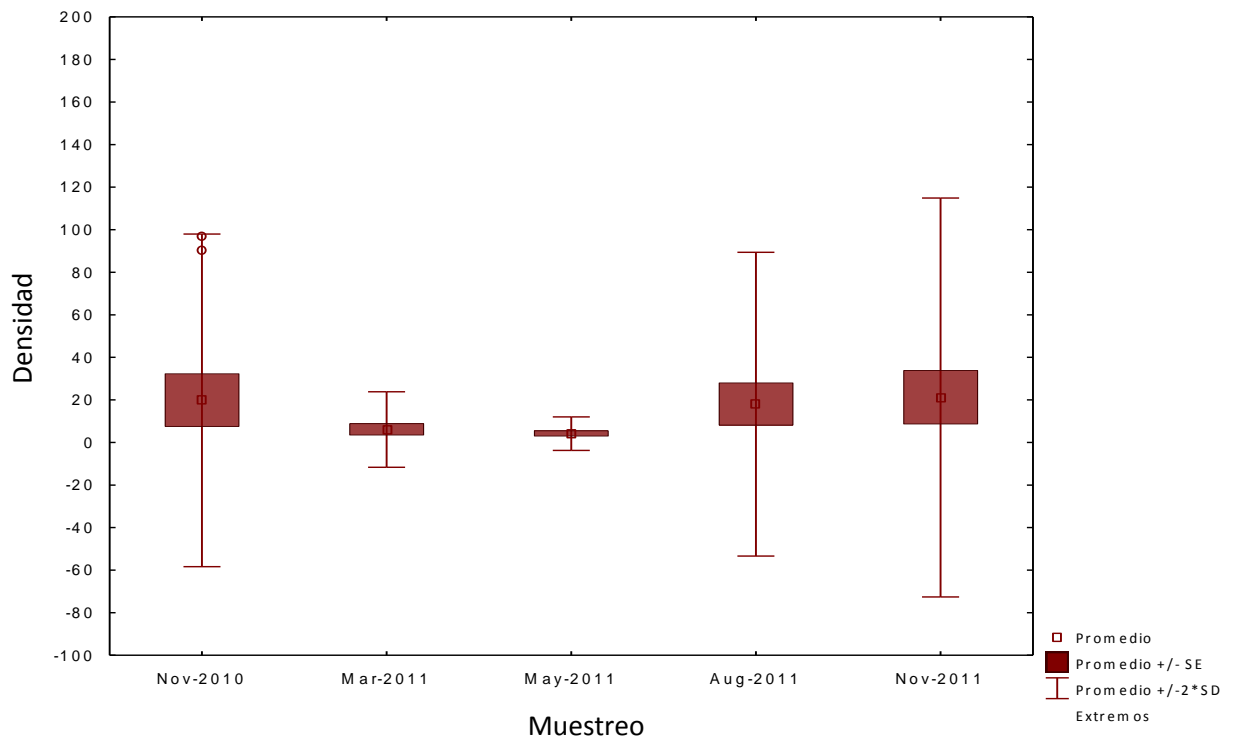


Figura 12. Gráfica de caja y bigote de la densidad de los cinco muestreos con el error estándar (SE) y la desviación estándar (SD).

La densidad poblacional total para las familias se analizó como la suma de las densidades de las especies de cada una. La familia Isognomonidae representó la mayor densidad (475 ind/l), seguida de las familias Mytilidae (134 ind/l), Arcidae (109 ind/l), Vermetidae (55 ind/l) y Columbelloidae (11 ind/l). Densidades menores a 10 individuos por litro se presentaron en las cuatro familias restantes (Fig.13).

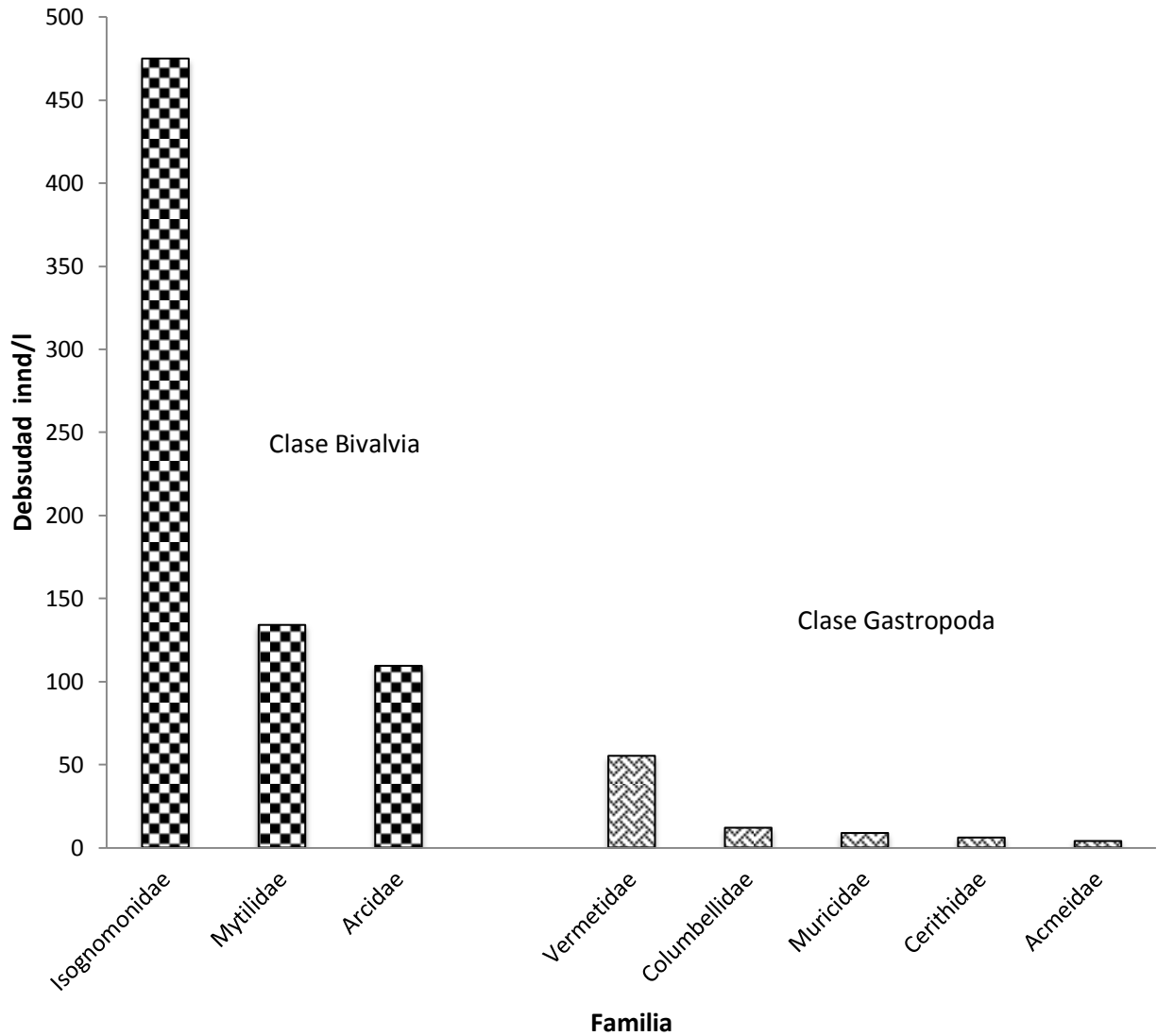


Figura 13. Densidad anual de las familias de moluscos capturados en los muestreos

Las densidades más altas las presentó la especie *Isognomon bicolor* en los cinco muestreos realizados con 332 ind/l, seguido del bivalvo *Brachidontes exustus* con 119.78 ind/l. El resto de las especies presentaron densidades menores a 60 ind/l en los cinco muestreos, sin embargo, *Acar domingensis* y *Petalococonchus varians* presentaron sus densidades altas en agosto y noviembre del 2011 con 47.89 ind/l y 55.19 ind/l respectivamente (Fig. 14).

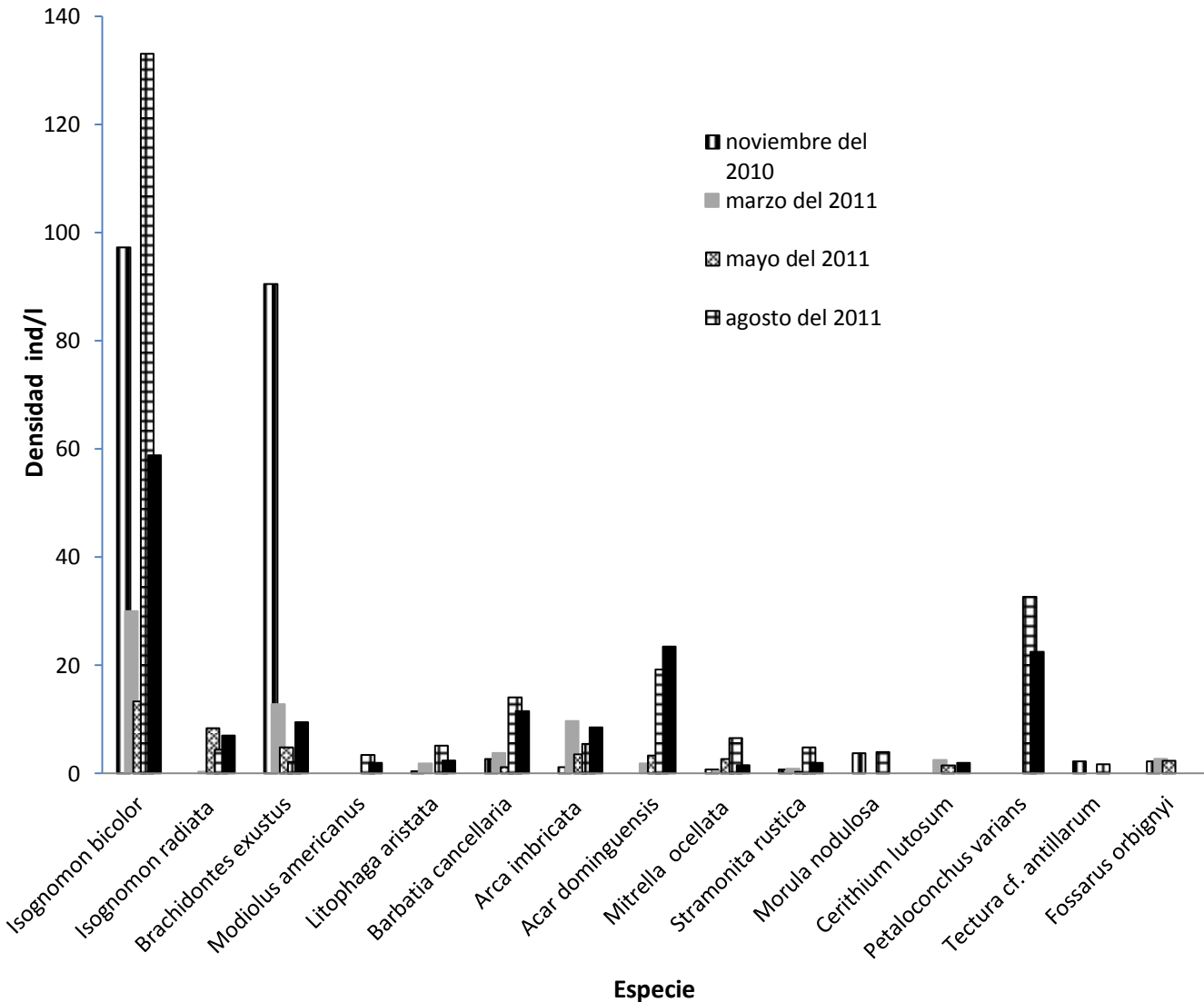


Figura 14. Fluctuación de la densidad por especie durante el ciclo anual.

Con respecto a la densidad total por especie, se sumaron las densidades obtenidas por especie de los cinco muestreos, *Isognomon bicolor* presentó 332 ind/l, seguido de *Brachidontes exustus* con 120 ind/l y *Petalconchus varians* con 55 ind/l (Fig. 15).

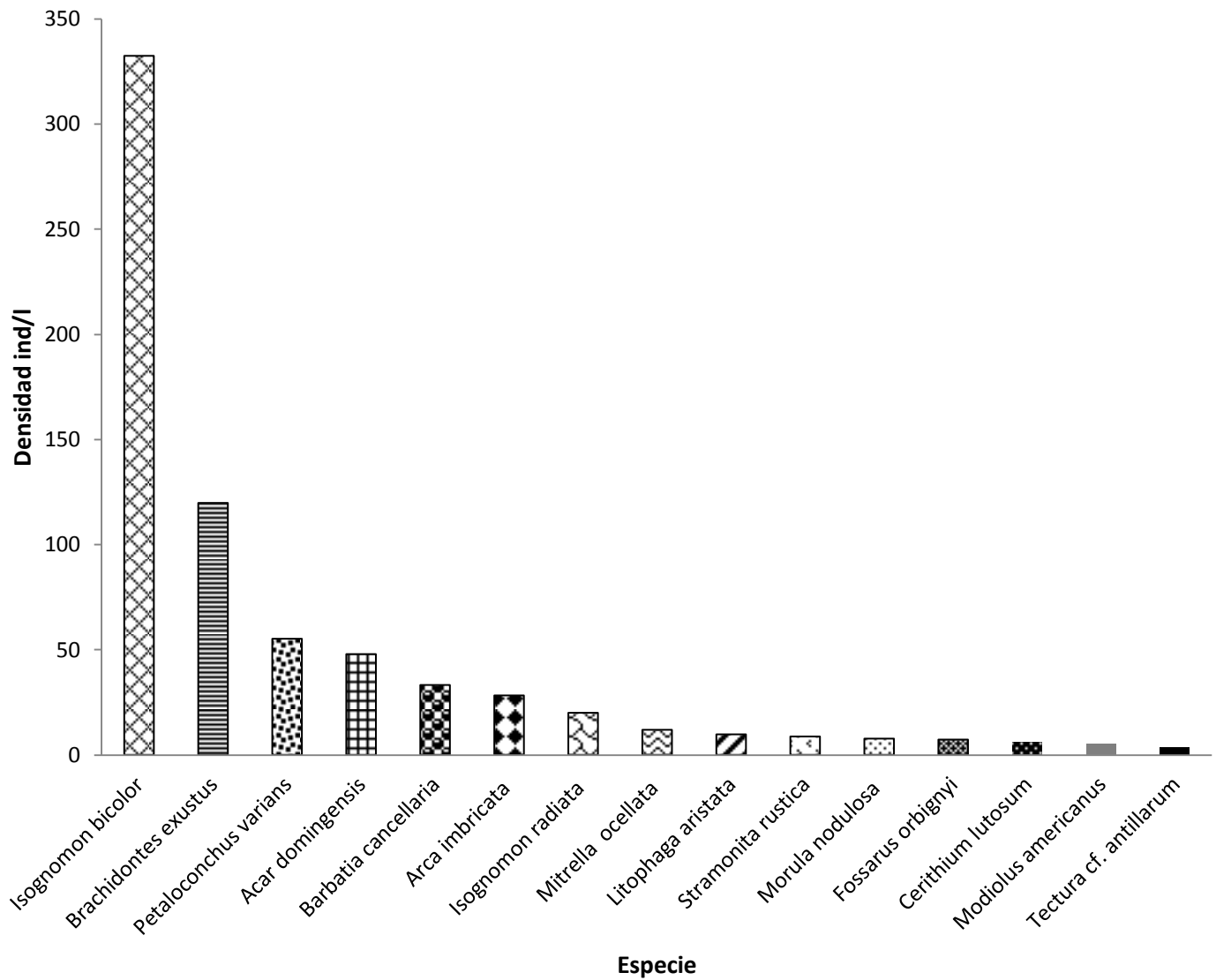
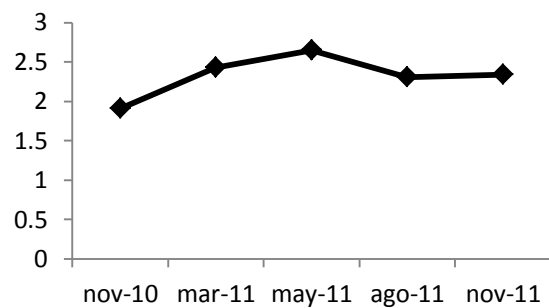


Figura 15. Densidad total de las 15 especies de moluscos capturados en el ciclo anual.

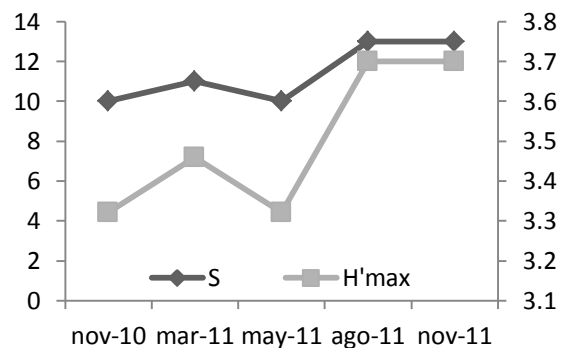
## Cambios en la comunidad de moluscos a través de los parámetros ecológicos

En la Fig. 16 se observa la variación de los parámetros ecológicos tomados en los cinco muestreos realizados. La diversidad más alta se observó en el mes de mayo del 2011 (2.65 bits) y la más baja en noviembre del 2010 (1.91). En cuanto a la equidad la más baja se presentó en noviembre del 2010 (0.49) y la más alta en mayo del 2011 (0.67). La dominancia mayor se presentó en noviembre del 2010 (0.50) y la menor en mayo del 2011 (0.32). En base a la variación de estos parámetros ecológicos se puede observar que mayo del 2011 fue el mes más diverso, con la mayor densidad, lo que concuerda con su alta equidad y baja dominancia.

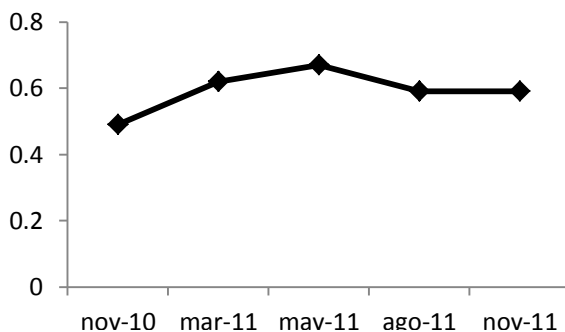
a) Diversidad



b) Riqueza (S) y Diversidad máxima (H'<sub>max</sub>)



c) Equidad



d) Dominancia

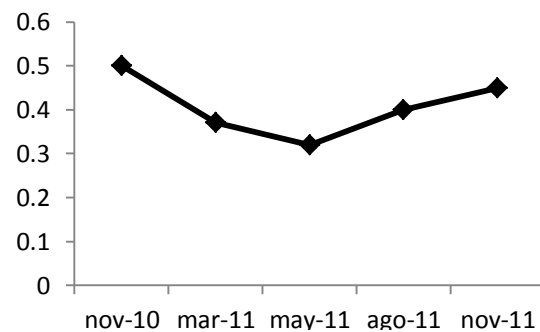


Figura 16. Variación temporal de los parámetros ecológicos calculados para cada uno de los muestreos: a) diversidad, b) riqueza (S) y diversidad máxima (H'<sub>max</sub>) c) equidad y d) dominancia.



Por otro lado, noviembre del 2010 fue un mes con baja densidad, con la menor diversidad, lo que concuerda con su baja equidad y su alta dominancia.

A lo largo del ciclo anual se pudo observar un incremento en la diversidad de la época de nortes en noviembre del 2010 a la temporada de secas en marzo y mayo del 2011, sin embargo para la temporada de lluvias en agosto del 2011 la diversidad disminuyó y se mantuvo parecida para la segunda temporada de nortes en noviembre del 2011 (Tabla 4).

En cuanto a la equidad, el valor más bajo se presentó en noviembre de 2010 y el valor más alto se dio en mayo del 2011. Por lo que el mes más diverso que fue mayo del 2011 fue el mes que presentó el valor más alto de equidad ya que las abundancias se encontraban más uniformemente distribuidas entre las especies (Tabla 4).

La dominancia presentó el valor más alto en noviembre del 2010, después disminuyó en los muestreos de marzo del 2011 y mayo del 2011 y volvió a aumentar en agosto y noviembre del 2011. Esta fluctuación en la dominancia es inversa a la fluctuación en la diversidad, ya que mientras más dominancia se presente habrá menor diversidad lo que ocurrió en noviembre del 2010 donde la diversidad fue la más baja (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad, índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de Pielou o equidad ( $J'$ ) y Dominancia ( $D$ ) de cada muestreo y del ciclo anual.

Muestreo	Densidad	$H'$	S	$H'_{max}$	$J'$	D
<b>nov-10</b>	197.82	1.91	10	3.32	0.49	0.50
<b>mar-11</b>	66.83	2.43	11	3.45	0.62	0.37
<b>may-11</b>	41.33	2.65	10	3.32	0.67	0.32
<b>ago-11</b>	233.93	2.31	13	3.70	0.59	0.40
<b>nov-11</b>	295.83	2.34	13	3.70	0.59	0.45
<b>ciclo anual</b>	835.76	2.62	15	3.90	0.67	0.32

## Caracterización de las especies por su abundancia y frecuencia de aparición

El ordenamiento de Olsmtead-Tukey muestra que las especies comunes, fueron: *Mitrella ocellata*, *Barbatia cancellaria*, *Arca imbricata*, *Lithophaga aristata*, *Isognomon radiata* y *Acar domingensis*; las dominantes: *Brachidontes exustus* e *Isognomon bicolor* y las raras: *Fossarus orbigny*, *Tectura antillarum*, *Petalococonchus varians*, *Cerithium lutosum* y *Morula nodulosa*, *Modiolus americanus* y *Stramonita rustica* (Fig. 17). Se realizó el ordenamiento de Olmstead-Tukey por muestreo para observar la fluctuación de las especies según este análisis.

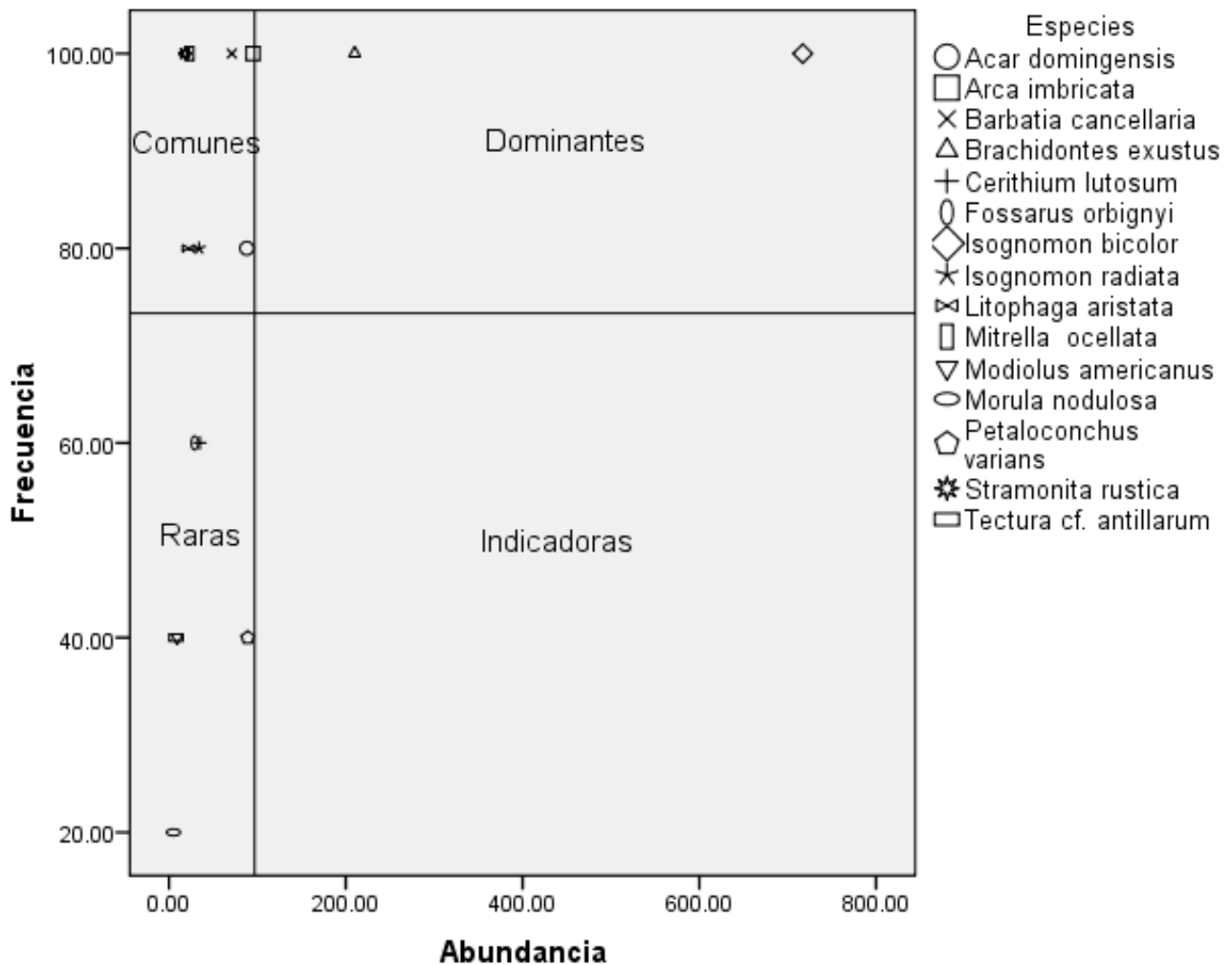


Figura 17. Prueba de asociación no paramétrica de Olsmtead-Tukey de abundancia y frecuencia del ciclo anual

Las especies que dominaron la mayor parte de los muestreos fueron *Isognomon bicolor* y *Brachidontes exustus*; *I. bicolor* fue dominante en los cinco muestreos realizados y *B. exustus* fue dominante en marzo del 2011, mayo del 2011 y noviembre del 2011. *Acar imbricata* fue dominante en el muestreo de marzo del 2011, mientras que *Acar domingensis* y *Petalconchus varians* fueron dominantes en noviembre del 2011. Las especies que tuvieron el 100% de frecuencia de aparición fueron *Isognomon bicolor*, *Brachidontes exustus*, *Barbatia cancellaria*, *Arca imbricata*, *Mitrella ocellata* y *Stramonita rustica*.

Tabla 5. Dominancia de las especies en cada muestreo. (D) dominante, (C) común, (I) indicadora y (R) rara.

<b>Especies</b>	<b>Nov 2010</b>	<b>Mar 2011</b>	<b>May 2011</b>	<b>Agos 2011</b>	<b>Nov 2011</b>	<b>Ciclo anual</b>
<i>Isognomon bicolor</i>	D	D	D	D	D	D
<i>Isognomon radiata</i>		R	I	R	R	C
<i>Brachidontes exustus</i>	D	D	D	C	C	D
<i>Modiolus americanus</i>				C	R	R
<i>Litophaga aristata</i>	R	C		C	R	C
<i>Barbatia cancellaria</i>	R	C	C	C	C	C
<i>Arca (Arca) imbricata</i>		D	C	C	C	C
<i>Acar domingensis</i>	R	C	C	D	D	C
<i>Mitrella ocellata</i>	R	R	R	R	R	C
<i>Stramonita rustica</i>	R	R	R	C	R	R
<i>Morula nodulosa</i>				R		R
<i>Cerithium lutosum</i>	R	R	R		R	R
<i>Petalconchus varians</i>				I	D	R
<i>Tectura cf. antillarum</i>	R			R		R
<i>Fossarus ambiguus</i>	R	C	R		R	R

Las especies comunes, fueron el segundo grupo más representativo después de las especies raras, representando el 40% de las especies encontradas. Estas especies estuvieron presentes en casi todos los muestreos y presentaron una alta frecuencia a pesar de ser poco abundantes (Tabla 5).

Las especies comunes presentaron el porcentaje más alto en agosto del 2011 con 46.15% y en noviembre del 2010 fue el mes en el que no hubo ninguna especie común. Las especies dominantes tuvieron el más alto porcentaje en marzo del 2011 con 27.27% y el más bajo en agosto del 2011 con 15.38% (Tabla 6)

Tabla 6. Variación de los porcentajes de especies raras, comunes y dominantes durante los cinco muestreos.

	<b>Noviembre 2010</b>	<b>Marzo 2011</b>	<b>Mayo 2011</b>	<b>Agosto 2011</b>	<b>Noviembre 2011</b>
<b>Raras</b>	80 %	36.6 %	40 %	30.76 %	53.84 %
<b>Comunes</b>	0 %	36.6 %	30 %	46.15 %	23.07 %
<b>Dominantes</b>	20 %	27.27 %	20 %	15.38 %	23.07 %

## Variación estacional

Los cambios estacionales de la temperatura reflejan los cambios más fuertes entre la temporada de secas en mayo 2011 donde se presentó el valor más bajo, 25.46°C; y la temporada de lluvias en agosto 2011 donde se presentó el valor máximo, 29.09°C. El valor mínimo de la salinidad se presentó en la temporada de nortes en noviembre de 2011 (26.36) y el valor máximo se presentó en la temporada de secas en mayo del 2011 con un valor de 36.30. En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto el valor mínimo se presentó en la temporada de secas en mayo del 2011 (6.53 mg/L) mientras que el valor máximo se obtuvo en noviembre del 2011 con un valor de (8.36 mg/L) (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros físico-químicos de la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz

<b>Mes</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Salinidad</b>	<b>OD mg/l</b>	<b>pH</b>
<b>Noviembre 2010</b>	26.49°C	33.02	6.75	8.44
<b>Mayo 2011</b>	25.46°C	36.30	6.53	8.60
<b>Agosto 2011</b>	29.09°C	32.37	6.73	8.62
<b>Noviembre 2011</b>	26.76°C	25.87	8.36	8.36

En la figura 18 se puede observar la relación entre la abundancia de los moluscos y los parámetros físico-químicos principales que son la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y el pH. Se puede observar que en cuanto a la salinidad, el valor mínimo de salinidad (25.87) coincidió con el valor máximo de

abundancia el cual corresponde al mes de noviembre del 2011 (340). Para el oxígeno disuelto el valor máximo (8.36 mg/l) se presentó en el mes con mayor abundancia, noviembre del 2011 que a su vez coincide con el valor mínimo de pH (8.36).

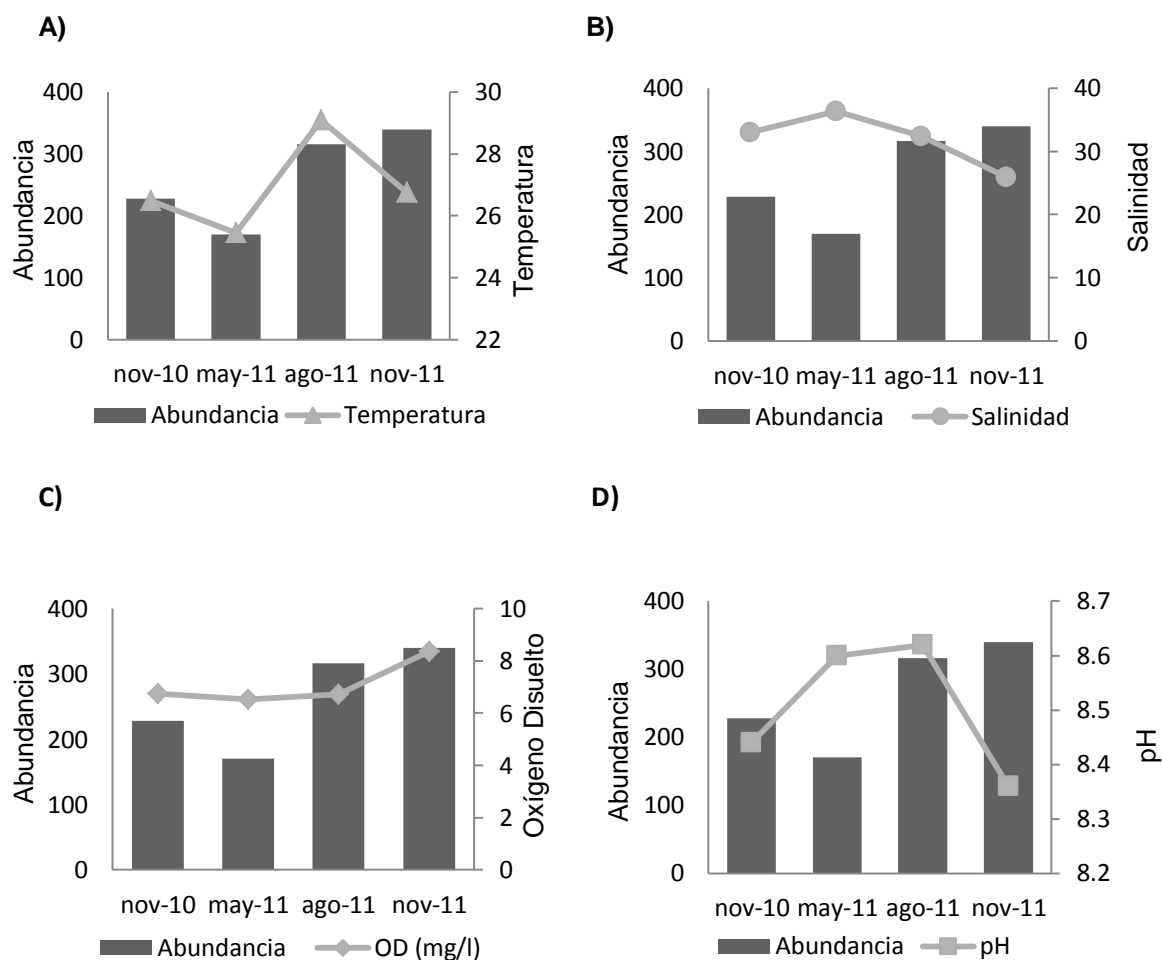


Figura 18. Relación de la abundancia con otros parámetros físico-químicos:

A) Temperatura, B) salinidad, C) oxígeno disuelto (OD) y D) pH.

El análisis de la similitud entre los muestreos reveló que agosto del 2011 y noviembre del 2011 son los muestreos con el mayor índice de similitud de Bray-Curtis (83.91). Y los meses menos parecidos son noviembre del 2010 y agosto del 2011 con un índice de similitud de 48.68. Al realizar el dendrograma de similitud

de Bray-Curtis (Fig. 15) de los cinco muestreos, se formaron dos grupos, uno conformado por noviembre del 2010, marzo del 2011 y mayo del 2011. Y otro grupo compuesto por agosto del 2011 y noviembre del 2011. El primer grupo corresponde a la temporada de nortes del 2010 y a la temporada de secas del 2011, mientras que el segundo grupo corresponde a temporada de lluvias y nortes del 2011 (Fig. 19).

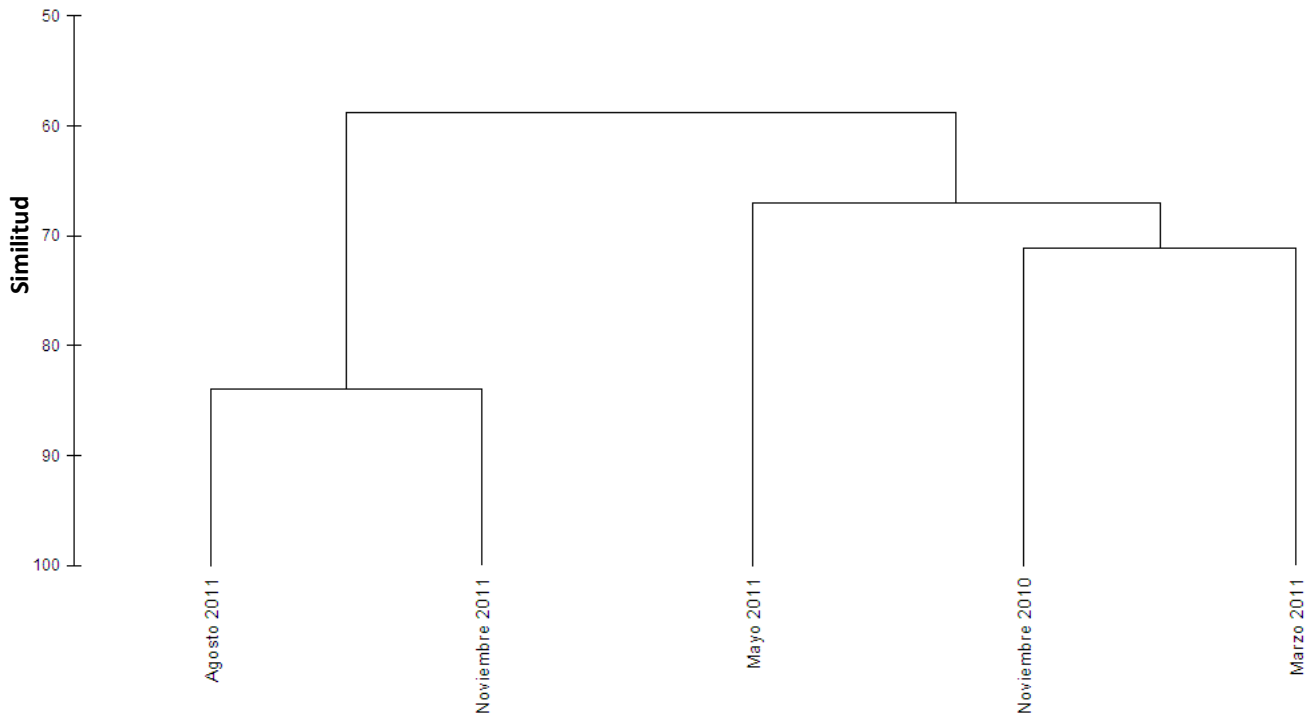


Figura 19. Dendrograma de similitud de Bray- Curtis de los cinco muestreos.

El Análisis de Similitud (ANOSIM) mostró las diferencias entre los muestreos realizados respecto a la diferencia en la abundancia de los moluscos entre los muestreos. El estadístico que se obtiene es  $R=0.243$ ,  $p<0.006$  estos valores indican que las diferencias entre los muestreos si son significativas.

El análisis del Porcentaje de Similitud (SIMPER) se realizó para cuantificar la contribución de las especies en las diferencias observadas con el índice de Bray-Curtis (Tabla 8). La mayor disimilitud se encontró entre la temporada de

nortes 1 y nortes 2, correspondientes a los meses de noviembre del 2010 y noviembre del 2011 con un promedio de disimilitud de 62.75 (en azul). La mayor contribución a las diferencias entre estos dos muestreos fue de la especie *Isognomon bicolor* con un 27.06%. Los muestreos que presentaron el valor mínimo de disimilitud fueron lluvias (agosto 2011) y nortes 2 (noviembre 2011) con un promedio de disimilitud de 34.25 (en rojo), la especie que más contribuyó a esta diferencia fue *Isognomon bicolor* con un 36.28%.

Tabla 8. Porcentaje de Similitud SIMPER de los muestreos menos parecido y de los muestreos más parecidos.

Noviembre 2010 y Noviembre 2011 Nortes 1 y Nortes 2 Promedio de disimilitud = 62.75		Agosto 2011 y Noviembre 2011 Lluvias y Nortes 2 Promedio de disimilitud = 34.25	
Especies	% Contribución	Especies	% Contribución
<i>Isognomon bicolor</i>	27.06	<i>Isognomon bicolor</i>	36.28
<i>Brachidontes exustus</i>	20.35	<i>Acar domingensis</i>	13.79
<i>Acar domingensis</i>	0.43	<i>Brachidontes exustus</i>	11.31

## VIII. DISCUSIÓN

### Riqueza de los moluscos de la criptofauna

La riqueza de moluscos encontrados en este trabajo fue de 15 especies, de las cuales ya se habían registrado para el estado de Veracruz 14 (Vargas y Ramírez., 2006; García-Cubas, 2007; Severino-Murolas, 2009).

*Modiolus americanus* es la especie que amplían el intervalo de distribución en México, la cual se había registrado en la costa de Quintana Roo en la porción mexicana del Golfo de México y su intervalo va desde Florida, EUA hasta Brasil (Rosenberg, 2005).



Las especies *Barbatia cancellaria*, *Lithophaga aristata*, *Modiolus americanus* y *Arca imbricata* se mencionan en el Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe por García-Cubas y Reguero (2007) con una distribución de Tamaulipas a Quintana Roo donde queda implícito que se distribuye en Veracruz. Sin embargo no existen registros para el estado de Veracruz por lo que este estudio contribuye con ejemplares para la Colección Nacional de Moluscos que hace referencia a nuevos registros de estas especies en el estado de Veracruz.

*Isognomon bicolor*, *I. radiatus*, *Brachidontes exustus*, *Fossarus orbigny* y *Petalconchus varians* fueron registradas en el arrecife de serpúlidos de la Mancha, Veracruz (Vargas y Ramírez, 2006). En este mismo trabajo se mencionan dos especies que son sinonimias, la primera *Acar domingensis* que fue registrada como *Barbatia domingensis* y la segunda *Tectura antillarum* que es mencionada como *Acmaea antillarum*.

Argüelles *et al.*, (2010) reportaron la presencia de las conchas de las especies de gasterópodos *Cerithium lutosum* y *Stramonita rustica*, registrada como *Thais rustica* en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz.

En el estado de Veracruz, Rosenberg (2005) registró 175 especies de moluscos marinos, por lo que las especies encontradas en Montepío representan el 8.5% de la riqueza específica del estado. Las especies registradas en este trabajo sugieren que la zona de estudio tiene una alta influencia caribeña, debido a que las especies registradas se distribuyen en el Mar Caribe (Anexo I). Este autor también menciona en su base de datos a los moluscos marinos del Atlántico Oeste, para el estado de Veracruz a *Cerithium lutosum* y la especie *Morula nodulosa* la registró como *Trachypollia nodulosa*.

El análisis de la curva acumulativa de especies mostró un incremento en los primero dos meses de muestreo, posteriormente no se agregaron nuevas especies, sin embargo las especies ocasionales podrían seguirse sumando al listado de continuar con los muestreos ya que la criptofauna asociada al sustrato

rocoso tiene un componente de diversidad biológica poco conocido. Los resultados de trabajos en la zona sugieren que el número de especies se puede incrementar ya que Argüelles *et al.*, (2010) mencionan 20 especies de conchas de gasterópodos en la zona intermareal de Montepío, de ellas un 10% puede encontrarse en la criptofauna. Otros estudios realizados en diversas áreas geográficas (Hinojosa-Arango, 2000 en Baja California Sur; Capa-Corrales, 2004 en Panamá; Neira y Cantera, 2005 en Colombia y López *et al.*, 2008 en Venezuela) sugieren que los moluscos son sumamente diversos y que juega un papel importante en la dinámica de los ecosistemas marinos, de ahí la importancia de este estudio, por conocer las especies de moluscos que forman parte de la criptofauna de la zona intermareal de Montepío.

La riqueza específica se considera baja si se compara con otros ambientes como los arrecifes, ya que García Cubas, *et al.* (1994) encontraron 74 especies de moluscos en las 17 estructuras que conforman el Sistema Arrecifal Veracruzano, de las cuales 23 eran bivalvos y 51 gasterópodos. Vargas y Ramírez (2006) registraron 43 especies de moluscos en la Mancha, Veracruz. Las estructuras del arrecife coralino proporcionan una mayor estabilidad, ya que incrementan la resistencia a perturbaciones por la acción de oleaje y ramoneo por parte de los animales y por ello se encuentra una mayor riqueza de especies en estos ambientes (Younge, 1963).

Los moluscos representaron una baja riqueza específica con respecto a otros taxa como los crustáceos, ya que en el trabajo de Hernández, *et al.* (2010) se menciona para esta misma zona de estudio 60 especies de crustáceos, número que supera la riqueza de moluscos en la zona que fue de quince. Además, Hernández (2002) mencionó que los taxa que dominan la criptofauna de Montepío son los crustáceos, poliquetos, moluscos, y sipuncúlidos.

Los moluscos presentaron valores de riqueza específica bajos en relación a los observados en otros trabajos, como los estudios en la costa del Pacífico en los que demuestran que los sustratos rocosos son un hábitat muy colonizado por los moluscos como lo menciona Román-Contreras *et al.*, (1991) que identificó 55

especies de moluscos en la zona intermareal rocosa de la bahía de Chamela, Jalisco. Otro trabajo realizado en la costa del Pacífico es el de Torreblanca-Ramírez *et al.*, (2012) quienes identificaron 58 especies de moluscos en la zona intermareal rocosa de Acapulco, Guerrero. De estas especies, 37 corresponden a la clase Gastropoda, 13 a Polyplacophora y solo 8 a la clase Bivalvia. Esto contrasta con este estudio en el que se registraron 15 especies de moluscos esto se debe a que el ambiente rocoso es escaso en la porción mexicana del Golfo de México si se compara con la costa del Pacífico mexicano lo que hace que sea un biotopo difícil de colonizar ya que prevalecen los ambientes con fondos blandos como las playas arenosas o los fondos limosos y arcillosos y por ende hay más invertebrados adaptados a este tipo de ambientes (Britton y Morton, 1988). Lo anterior explica por qué la riqueza de especies de Montepío, Veracruz es relativamente baja en comparación con los trabajos realizados en zonas intermareales rocosas de la costa del Pacífico.

La familia mejor representada de la clase Bivalvia fue Arcidae con tres especies, *Arca imbricata*, *Acar dominguensis* y *Barbatia cancellaria*, así como la familia Mytilidae representada también por tres especies, *Brachidones exustus*, *Modiolus americanus* y *Lithophaga aristata*. La familia Arcidae se distingue por habitar en los ambientes intermareales rocosos, también se caracterizan por tener conchas que le permiten camuflajearse entre las rocas o los fondos blandos (Sturm *et al.*, 2006). En cuanto a la familia Mytilidae ésta también es característica de las zonas intermareales bajas y medias en mares templados en todo el mundo, son muy comunes en este tipo de ambientes debido a que presentan una estructura llamada biso, como una adaptación de anclaje que los sujeta fuertemente a las rocas aun cuando el oleaje es muy intenso (Abbott, 1996).

Para la clase Gastropoda la familia mejor representada fue Muricidae con dos especies, *Stramonita rustica* y *Morula nodulosa*. Estas dos especies son carnívoras voraces (Sturm *et al.*, 2006) lo cual es un buen indicador del estado de conservación de la localidad, ya que la presencia de carnívoros depende de una estructura compleja de la comunidad, la criptofauna es una parte importante

dentro de la comunidad, ya que contribuye a incrementar la complejidad de la cadena trófica, son importantes como fuente de alimento para peces, moluscos y equinodermos de mayores dimensiones (Moran y Reaka-Kudla, 1991; Nybakken, 1997).

Se encontraron hábitos de vida distintos a los registrados en la literatura, un ejemplo de esto es la especie *Arca imbricata* la cual es una forma epifaúnica incrustante como lo registró Pérez-Rodríguez (1997) y que en la zona intermareal de Montepío, Veracruz fue encontrada encima y entre las rocas, además presenta un camuflaje perfecto en la rocas por lo que no podemos decir que sea un organismo completamente epifaúnico sino que también es parte de la criptofauna. *Lithophaga aristata* es otro ejemplo ya que ha sido registrada por Pérez-Rodríguez (1997) como epifauna y en este trabajo se encontró en medio de la matriz rocosa ya que es una especie perforadora de coral o roca, por lo que ésta especie pueden ser considerada parte de la criptofauna y epifauna.

### **Variaciones en la abundancia y densidad**

Los moluscos que se cuantificaron en este estudio solo corresponden a individuos vivos, es decir, las conchas vacías encontradas no se tomaron en cuenta en este trabajo ya que éstas pueden ser arrastradas por la corriente y no necesariamente ser parte de la criptofauna. Se encontró un total de 1,454 individuos de los cuales, 1,246 pertenecen a la clase Bivalvia y 208 a la clase Gastropoda. En las muestras analizadas predominan los moluscos de la clase Bivalvia con un 85.69%, esto se debe a que al ser la playa rocosa un medio muy cambiante, se ven favorecidas las adaptaciones para ser sésil y adherirse a las rocas lo cual les permite soportar la intensidad del oleaje. Es por ello que prevalecen las formas de vida sésiles como los bivalvos que son filtradores y no tienen que desplazarse en busca de alimento a diferencia de los gasterópodos que son depredadores y tienen que moverse para alimentarse (Rafaelli y Hawkins, 1999). Las especies que dominaron tanto en abundancia como en densidad la

mayor parte de los muestreos fueron *Isognomon bicolor* y *Brachidontes exustus*.. Cabe mencionar que estas especies son de hábitos herbívoros y detritívoros, generalmente, y como en ciertas temporadas la zona rocosa está llena de algas por lo que estos hábitos los sitúan como organismos abundantes en la comunidad (Abbott, 1996).

La relación de la densidad de especies y el sustrato tiene mucho que ver con los hábitos de vida de éstas (Garcés-Salazar, 2011), en este caso, la densidad fue alta ya que los moluscos aprovechan las fisuras y huecos que hay entre las rocas para protegerse de sus depredadores y tener camuflaje en el sustrato rocoso, además de que la mayoría de los moluscos encontrados presentaron tallas muy pequeñas al tratarse de juveniles. Hernández (2002) midió la densidad de varios grupos de invertebrados en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz, encontró que los anélidos presentaron mayor densidad que los moluscos y los crustáceos respectivamente. Los moluscos y los anélidos resultaron ser los *phyla* con mayor densidad, mientras que los crustáceos a pesar tener una riqueza específica mayor a la de los moluscos, presentaron una densidad intermedia. Los sipuncúlidos y equinodermos fueron los *phyla* de menor densidad.

El mes que presentó el valor máximo de densidad fue noviembre del 2011 con 234 ind/l y el segundo muestreo con mayor densidad fue noviembre del 2010 con 198 ind/l. Estos dos muestreos corresponden a la temporada de nortes por lo que estos resultados concuerdan con Moran y Reaka-Kudla (1991) quienes encontraron que el disturbio provocado por los huracanes en Islas Vírgenes en el mar Caribe favorecían la densidad de la criptofauna, en esta zona de estudio, los moluscos se encontraban dentro de la roca por lo que el fuerte oleaje provocado por la fuerza de los vientos provenientes del norte no les afectó ya que el oleaje es más constante y por ende no pasan largos periodos de desecación como en temporada de secas en donde se presentaron las densidades menores de moluscos.

La actividad de la criptofauna sobre el coral muerto contribuye a aumentar la bioerosión de los arrecifes alterando su estructura física (López *et al.*, 2008). Las cavidades dejadas por los bivalvos del género *Lithophaga* al morir, se convierten en poco tiempo en hábitats de protección de numerosos micromoluscos y microcrustáceos (Schroeder, 1972). En este trabajo el bivalvo perforador que se encontró fue *Lithophaga aristata* el cual presentó una baja densidad en los muestreos realizados por lo que no podemos decir que su presencia favorezca la diversidad de otros moluscos más pequeños, esta especie es más abundante en arrecifes coralinos (Tello 2000).

El trabajo de Hernández (2002) que midió la densidad de los invertebrados que componen la criptofauna de la zona intermareal de Montepío, Veracruz, muestra que los crustáceos y los moluscos muestran una relación inversa ya que cuando aumenta la densidad de los crustáceos disminuye la de los moluscos y viceversa por lo que puede tratarse de un fenómeno de competencia interespecífica que podría corroborarse con futuros trabajos.

La diversidad biológica de la criptofauna es resultado de las interacciones de competencia, depredación, herbivoría, simbiosis, etc. que se establecen en la estructura y dinámica de la comunidad (Hernández *et al.*, 2010). En esta zona además se encuentra una especie de sipuncúlido *Antillesoma antillarum* (Grube, 1858) que también habita en huecos de la facie rocosa y el cual fue muy abundante en los muestreos por lo que es probable que esta especie incida en la diversidad de las demás especies de invertebrados; esta aseveración podría corroborarse con futuros experimentos sobre competencia entre los diferentes taxa de invertebrados que forman parte de la criptofauna.

## **Cambios en la comunidad de moluscos mediante el cálculo de los parámetros ecológicos**

En general, se considera que la estructura de una comunidad representa un descriptor multidimensional, constituido por elementos como la composición específica, la abundancia y la diversidad principalmente (Magurran, 1988), los cuales fueron medidos en este trabajo. La diversidad de las comunidades naturales es un atributo altamente complejo, resultante de la interacción entre múltiples factores físicos y biológicos que pueden estar organizados jerárquicamente en el espacio como en tiempo (Ricklefs y Schluter 1993). Debido a esta complejidad, el estudio de la diversidad en sistemas marinos ha avanzado a través del análisis de factores aislados, y sólo recientemente el conocimiento acumulado ha permitido realizar estudios completos o con un enfoque que integra el conocimiento previo con el nuevo (Vásquez *et al.*, 1998).

El mes más diverso fue mayo del 2011 con un valor de 2.65. El mes menos diverso (1.91) fue noviembre del 2010 el cual corresponde a un fenómeno importante para la circulación de las aguas superficiales del Golfo de México que es la presencia de masas de aire polar y rachas violentas y huracanadas de dirección boreal conocidos como “nortes”, que afecta sobre todo al noroeste del Golfo (Botello *et al.*, 2005).

La fluctuación de la diversidad mostró un incremento en la época de nortes y para la época de lluvias bajo la diversidad manteniéndose parecida para la segunda época de nortes en noviembre del 2011, esta fluctuación coincide con los resultados de Hernández (2002) donde menciona la similitud e importancia de los crustáceos y moluscos los cuales comparten el hábitat, que son las oquedades y fisuras de las rocas así como algas incrustantes. La equidad presentó un comportamiento similar al de la diversidad ya que los valores de equidad indican cómo se encuentran distribuidos los individuos al interior de las especies en cada muestreo (Begon, 2006).

La diversidad de una comunidad puede verse influida por una especie dominante que posea alguna de las siguientes características: tener alta abundancia, biomasa elevada, ocupar mayor espacio o tener mayor contribución al flujo de energía y materia (Begon, 2006). La diversidad de la comunidad fue, en términos generales, mediana, debido a la gran abundancia del bivalvo *Isognomon bicolor* especie que tuvo el mayor número de individuos en los cinco muestreos realizados (717 individuos). Esta situación ya fue mencionada por Scelzo *et al.*, 1992 en donde encontraron que *Brachidontes rodriguezii* fue el bivalvo dominante de una zona intermareal en Mar de la Plata, Argentina.

Los índices de dominancia y equidad sugieren que este sistema mantiene poblaciones de moluscos que son equitativas en términos de su abundancia. A pesar de que *Isognomon bicolor* haya presentado una alta abundancia, se obtuvieron valores altos de equidad (de 0.59 a 0.67) siendo solamente noviembre del 2010 el que presentó una baja equidad (0.49), una baja diversidad y el valor más alto de dominancia debido a la alta representatividad numérica de individuos de las especies *I. bicolor* y *Brachidontes exustus*. Agosto fue el mes con mayor diversidad, mayor equidad y menor dominancia debido a que todas las especies presentaron abundancias más parecidas en este mes por lo que la época de lluvias fue la temporada en que se presentó la mayor equidad en la comunidad.

### **Caracterización de la comunidad por su dominancia**

El análisis Olmstead-Tukey mostró que de las quince especies recolectadas en el ciclo anual Las especies raras representaron el 46.6% y fueron: *Fossarus orbigny*, *Tectura antillarum*, *Petalococonchus varians*, *Cerithium lutosum* y *Morula nodulosa*, *Modiolus americanus* y *Stramonita rustica*. Las especies dominantes representaron el 13.3%: *Brachidontes exustus* e *Isognomon bicolor* y las especies comunes fueron el 40% y son: *Mitrella ocellata*, *Barbatia cancellaria*, *Arca imbricata*, *Lithophaga aristata*, *Isognomon radiata* y *Acar domingensis*. Cabe



mencionar que las especies indicadoras estuvieron ausentes en el ordenamiento del ciclo anual.

Las especies raras, en conjunto fueron las más numerosas, representaron casi la mitad de la comunidad de moluscos de la criptofauna con un 46.6%, siete especies de las 15 encontradas. Estos resultados difieren de los obtenidos por Torreblanca-Ramírez *et al.*, (2012) y Flores-Rodríguez *et al.*, (2003) la zona rocosa intermareal de Acapulco, México, en que las especies dominantes y ocasionales fueron mayoritarias en la comunidad. En el trabajo de Flores-Rodríguez *et al.*, (2003) las especies dominantes representaron el 47.1% del total de especies, porcentaje similar al que presentaron las especies raras en este trabajo. Las especies raras corresponden a la clase Gastropoda, lo cual nos dice que a pesar de haber sido poco abundantes y poco frecuentes, fueron las que aumentaron considerablemente la diversidad específica ya que el recambio de especies en las diferentes temporadas es lo que hace tan dinámico este ecosistema.

En varios trabajos realizados con macroinvertebrados béntonicos en sistemas lagunares del Golfo de México, como el de Escobar (1984) en la Laguna de Términos, Campeche; Barba, 1992 en la Laguna Madre, Tamaulipas y Raz-Guzmán *et al* (1992) en la Laguna de Alvarado, Veracruz han descrito el recambio de especies en un ciclo anual, encontrando que las especies raras u ocasionales representan el 50% de la comunidad y las dominantes el 33%. De los trabajos anteriores, se deduce que el ambiente rocoso de Montepío se comporta de manera similar a otros hábitats costeros rocosos donde el número de especies raras u ocasionales integraron el 46.6% de la comunidad y las especies dominantes no rebasaron el 14% patrón similar al sugerido por Margalef (1974) en el que las especies raras representan alrededor del 50% de la comunidad y las dominantes el 33%.

## Variación estacional

Los sistemas naturales incluyen muchas variables, las cuales tienen un efecto combinado sobre las variables faunísticas, por lo cual es muy difícil conocer su comportamiento aislado y separar unas de otras, en este caso, es complicado entender el efecto individual causado por la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto o el pH (McArthur *et al.*, 2010).

Las variaciones en la estructura de la comunidad pueden asociarse a el cambio que presenta la zona intermareal en las diferentes épocas del año ya que en temporada de lluvias éste hábitat permanece sumergido y la salinidad es baja y en temporada de secas los organismos quedan expuestos a largos periodos de desecación, así como en temporada de nortes se presenta un oleaje muy fuerte que también moldea la estructura de las comunidades de invertebrados (Rafaelli y Hawkins, 1999).

El dendrograma de similitud de Bray- Curtis de los cinco muestreos, formó dos grupos: a) conformado por noviembre del 2010, marzo del 2011 y mayo del 2011. y b) compuesto por agosto del 2011 y noviembre del 2011. El primer grupo corresponde a la temporada de nortes del 2010 y a la temporada de secas del 2011, mientras que el segundo grupo corresponde a temporada de lluvias y nortes del 2011. Lo anterior muestra que existe una marcada estacionalidad lo que provoca una alta variabilidad en la composición y abundancia de los moluscos a lo largo del año. Sin embargo este agrupamiento también se mostró en el trabajo de (Flores-Andolais *et al.*, 1988) quien trabajo con los moluscos de la Laguna de la Mancha, Veracruz y que al ordenar en un dendrograma las estaciones de colecta de la laguna agrupo lluvias y nortes separándolos claramente de la época de secas patrón similar al encontrado en este trabajo. En cambio Aguilar-Estrada (2012) encontró una agrupación distinta a la de este trabajo ya que encontró dos asociaciones faunísticas para la riqueza de especies, una para las dos épocas de nortes y otra para las épocas de secas y lluvias.

En términos generales se observó que en los primeros tres meses de muestreo, la abundancia aumentaba conforme a los valores de temperatura y oxígeno disuelto pero para noviembre del 2011 ya no se presentaba esa tendencia. Lo mismo sucedió con la salinidad y el pH, que presentó una relación inversa con la abundancia, la cual aumentaba conforme los valores de estos dos parámetros disminuían, rompiéndose esta tendencia nuevamente en noviembre del 2011. Esto nos indica que noviembre de 2011 presentó la mayor perturbación en cuanto a la presencia de masas de aire polar y rachas violentas y huracanadas de dirección boreal conocidos como “nortes”, que afecta sobre todo al noroeste del Golfo (Botello *et al*, 2005). En esta época, los nortes se combinan con los anillos ciclónicos y anticiclónicos, para convertirse en los procesos primarios que dominan la circulación superficial de la región noroccidental del Golfo (Cochrane, 1972). El estrés ejercido por estos vientos sobre las aguas superficiales produce la mezcla de las capas superiores, y la dilución de las aguas cálidas y salinas caribeñas acarreadas por los anillos de las Corrientes de Lazo hasta convertirse en aguas propias del Golfo de México (Vidal *et al*, 1999).

Los análisis SIMPER mostraron que todas las diferencias entre los muestreos se asociaron con variaciones en los taxa más abundantes (Tabla 10) lo cual coincide con otro trabajo en el que las diferencias entre los muestreos se debieron a los taxa más abundantes, tal como reportó Cruz-Motta (2007) quien observó las variaciones espaciales de las comunidades intermareales de algas e invertebrados asociados a sustrato rocoso en el litoral de Venezuela. En este trabajo, el análisis SIMPER mostró que el 90% de las diferencias entre los muestreos se debió a la especie *Isognomon bicolor* con un alto porcentaje de contribución a las diferencias entre los cinco muestreos (entre el 22-36%). Este análisis también mostró que los muestreos menos parecidos fueron las dos temporadas de nortes, noviembre del 2010 y noviembre del 2011 y los muestreos más parecidos fueron lluvias y la segunda época de nortes, es decir agosto y noviembre del 2011. Esto coincide con los resultados obtenidos por el dendrograma de Bray-Curtis.

La escasez de estudios similares no permitió hacer comparaciones con la estructura de la comunidad y la variación estacional existente en ella, por lo cual es necesario realizar futuros trabajos en la costa del Golfo de México para conocer la riqueza específica de éste y realizar comparaciones de la ecología de estas especies.

## IX. CONCLUSIONES

La riqueza de especies de moluscos de este trabajo representa el 8.5% de la riqueza del estado de Veracruz que es de 175 especies.

De las 15 especies de moluscos encontradas en este trabajo, una representa ampliación en su distribución, la cual es *Modiolus amercianus* Leach, 1815 que se distribuye de Florida a Brasil y la especie: es un nuevo registro para el Estado de Veracruz ya que para México solo se había registrado en la costa de Quintana Roo.

Se cuantificó un total de 1454 moluscos. Respecto a la abundancia de moluscos el valor máximo se presentó en de marzo del 2011, con un total de 401 individuos y el valor mínimo en mayo del 2011 con 170 organismos.

Las especies con mayor densidad fueron *Isognomon bicolor* y *Brachidontes exustus*. *I. bicolor* presentó una densidad de 332 ind/l, una abundancia absoluta de 717 individuos y una abundancia relativa de 49.3%. *B. exustus* presentó una densidad de 120 ind/l, una abundancia absoluta de 210 individuos y una abundancia relativa de 14.4%.

La densidad mayor de moluscos se encontró en el mes de noviembre del 2011 con 234 ind/l. La causa es que las especies que predominan en este

ambiente resisten la temporada de nortes ya que al ocultarse dentro de las oquedades de la roca pueden soportar las perturbaciones intensas.

La diversidad fue de 2.62 bits la cual en términos generales es mediana alta ya que la especie *Isognomon bicolor* presentó una alta abundancia representando el 49.3% del total de moluscos. Mayo del 2011 fue el mes más diverso, con la mayor densidad, lo que concuerda con su alta equidad y baja dominancia. Por otro lado, noviembre del 2010 fue un mes con baja densidad, con la menor diversidad, lo que concuerda con su baja equidad y su alta dominancia.

Las especies raras, en conjunto fueron las más numerosas, representaron casi la mitad de la comunidad de moluscos de la criptofauna con un 46.6% siendo un total de siete especies de las 15 encontradas. Las especies comunes representaron el 40% y las especies dominantes el 13.3%.

Si existe estacionalidad, ya que el agrupamiento de los muestreos diferenció claramente dos épocas distintas, agrupando a la primera época de nortes con el periodo de secas y a la segunda época de nortes con el periodo de lluvias, lo que indica explica la variabilidad en la composición y abundancia de los moluscos entre estos dos grupos.

## X. LITERATURA CITADA

- ABBOTT, T. R. 1974. *American seashells. The marine Mollusca of the Atlantic and Pacific coast of North America*. 2a ed. Van Nostrand Reinhold Company. New York, EUA. 663 p.
- ABBOTT, T. R. 1996. *A guide to field identification Seashells of North America*. St. Martin Press. New York, EUA. 280 p.
- AGUILAR-ESTRADA. 2012. *Estructura comunitaria de los gasterópodos de la laguna arrecifal Isla Verde, Veracruz*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 82 p.
- ANDRLE, R. F. 1964. *A biogeographical investigation of the Sierra of Los Tuxtlas in Veracruz, México*. PhD. Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge. 248 p.
- ANTOLI, V. y A. GARCÍA-CUBAS. 1985. *Sistemática y ecología de los moluscos en las lagunas costeras Carmen y Machona, Tabasco, México*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 12 (1): 145-188.
- ARGÜELLES, A.; F. ÁLVAREZ. y G. ALCARAZ. 2010. *Shell utilization by the hermit crab *Clibanarius antillensis* Stimpson 1862 (Crustacea Anomura) in intertidal rocky pools at Montepio, Veracruz, México*. Tropical Zoology 23: 61-70.
- BARBA, M. E. 1992. *Comunidad de crustáceos y peces de la Laguna Madre, Tamaulipas*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 55 p.
- BAKER, F. C. 1891. *Notes on a collection of shells from southern México*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 45 – 55 p.

- BARNES, H. y M. BARNES. 2003. *Oceanography and Marine Biology*. Vol. 25, Routledge, 619 p.
- BEGON, M., C. R. TOWNSEND, y J. L. HARPER. 2006. *Ecology: From individuals to ecosystems*. 4a edición. Blackwell Publishing. Australia. 738 p.
- BERNARD F R, S. M. McKINNELL y G. S. JAMIESON. 1991. *Distribution and zoogeography of the Bivalvia of the Eastern Pacific Ocean*. Canadian Special Publication on Fisheries and Aquatic Sciences 112 (4): 60 p.
- BOTELLO, A. V.; J. RENDÓN VON OSTEN, G. GOLD-BOUCHOT y C. AGRAZ-HERNÁNDEZ .2005. Golfo de México: contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 695 p.
- BRITTON, J. C. y B. MORTON. 1988. *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press, Austin. 41-104 p.
- BRUSCA, R. C. y G. J. BRUSCA. 2003. *Invertebrados*. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana.
- BURNHAM K. P y W. S. OVERTON. 1978. *Estimation of a size of a closed population when capture probabilities vary among animals*. Biometrika 65: 623-633.
- CANTERA, J. R. y R. CONTRERAS. 1988. *Bivalvos perforadores de esqueletos de corales escleractinarios en la Isla de Gorgona, Pacífico Colombiano*. Revista de Biología Tropical, 36(1): 151-158.
- CAMPOS-VÁZQUEZ, C., L. F. CARRERA-PARRA y F. GONZÁLEZ. 1999. *Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial*. Revista de Biología Tropical, 47 (4): 799-808.
- CAPA-CORRALES, M. 2004. *Estudio de la criptofauna coralina y de los anélidos poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Parque Nacional de Coiba, Panamá*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

- CLARKE, K. R. 1993. *Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure*. Australian Journal of Ecology 18: 117-143.
- CLARKE, K. R. y R. M. WARWICK. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2a ed. Primer 6 Ed. Plymouth. 144 p.
- COCHRANE, J. D. 1972. Separation of an anticyclone and subsequent developments in the Loop Current (1969). *En: Contributions on the Physical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Eds. CAPURRO L. R. A. y J. L. REID. Texas A de M University Oceanographic Studies, 2, 91-106.
- CONTRERAS, R. R., F. M. CRUZ-ABREGO y A. L. IBAÑEZ-AGUIRRE. 1991. *Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocosa de la Bahía de Chamela, Jalisco, México*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 62(1): 17-32.
- COVARRUBIAS-ANDAGUA, A. E. 1988. *Estudio preliminar de la fauna malacológica de la laguna costera de San Andrés, Tamaulipas*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 75 p.
- CRUZ-MOTTA, J. 2007. *Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela*. Ciencias Marinas 33 (2): 133-148.
- DALL, W. H. 1889. *A preliminary catalogue of the shell – bearing marine mollusks and brachiopods of the southeastern coast of The United States*. Boletín. del Museo de Historia Natural, E.U.A. Núm. 37. 221 p.
- DÍAZ J. M. y M. PUYANA. 1994. *Moluscos del Caribe Colombiano. Un catálogo ilustrado*. Colciencias. Fundación Natura Invernar. 291 p.
- ESCOBAR, B. E. 1984. *Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la Laguna de Términos, Campeche: composición y estructura*. Tesis de



- maestría, UACPyP-CCH. Universidad Nacional Autónoma de México, 191 p.
- FERNÁNDEZ-ÁLAMO, M. A. y G. RIVAS. 2007. *Niveles de organización en animales*. Las prensas de ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 332 p.
- FLORES-ANDOLAIS, F.; A. GARCÍA-CUBAS y A. TOLEDANO-GRANADOS. 1988. *Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Mancha, Veracruz, México*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- FLORES-RODRÍGUEZ P., R. FLORES-GARZA, R. GARCÍA-IBÁÑEZ y S. A. VALDÉS-GONZÁLEZ. 2003. *Riqueza y diversidad de la malacofauna del mesolitoral rocoso de la Isla la Roqueta, Acapulco, Guerrero, México*. Ciencia, Revista de Investigación Científica, Universidad Autónoma de Guerrero 11: 5-14.
- FLORES-RODRÍGUEZ, P., R. FLORES-GARZA, S. GARCÍA-IBÁÑEZ y A. VALDÉS-GONZÁLEZ. 2007. *Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión, Guerrero, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 33 – 40.
- FULVO A. y R. NISTRÍ. 2006. Moluscos. Random House Mondadori. 256 p.
- GALVÁN-VILLA, C. M. 2011. *Peces crípticos: componente importante de los sistemas arrecifales*. Biodiversitas, 97: 1-5.
- GARCÉS-SALAZAR, J. L. 2011. *Micromoluscos bivalvos de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México: Composición específica y diversidad*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 82 p.
- GARCÍA-CUBAS, A. 1981. *Moluscos de un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche, México)*. Anales del

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México: 1-182

GARCÍA-CUBAS, A. y M. REGUERO. 1990. *Moluscos del Sistema Lagunar Tupilco-Ostión, Tabasco, México. Sistemática y Ecología*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 17 (2): 309 – 343.

GARCÍA-CUBAS, A. REGUERO M. y L. JÁCOME. 1994. *Moluscos Arrecifales de Veracruz, México: Guía de campo*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.

GARCÍA-CUBAS, A. y M. REGUERO. 2004. *Catálogo ilustrado de los moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 168 p.

GARCÍA-CUBAS, A. y M. REGUERO. 2007. *Catálogo ilustrado de los moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 94 p.

GARCÍA DE LEÓN, L. A. 1988. *Generalidades del análisis de cúmulos y análisis de componentes principales*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, 29 p.

GRAY, J. S. 2000. *The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 250: 23-49.

HASS, F. 1943. *Malacological Notes: the boring of Lithophaga*. Field MS. Publ., Chicago 29: 1-23.

HERNÁNDEZ, A. C. y F. ALVAREZ. 2001. *Changes in the crustacean community of a tropical rocky intertidal shore: is there a pattern?* Hidrobiologica 17 (1): 25 – 34.

- HERNÁNDEZ, A. C. 2002. *Variabilidad estacional de la comunidad de crustáceos de la facie rocosa intermareal en Montepío, Veracruz*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 70 p.
- HERNÁNDEZ, C., ÁLVAREZ, F. y J. L. VILLALOBOS. 2010. *Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 141-152.
- HINOJOSA-ARANGO, G. 2000. *Variación de la criptofauna entre especies y formas de crecimiento de mantos de rodolitos en el suroeste del Golfo de California, México*. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 102 p.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. México. Veracruz de Ignacio de la Llave: Resultados generales. En <http://buscador.inegi.org.mx/search?tx=Los%20Tuxtlas%20Veracruz>, última consulta: 15 de febrero del 2013.
- JÁCOME P. L., M. J. ROSADO y S. M. A. GARCÍA. 1990. *Ecología comunitaria de los Moluscos Bentónicos Arrecifales del Puerto Veracruz y Antón Lizardo*. Resúmenes, Reunión Nacional de Malacología y Conquiología, La Paz, Baja California Sur.
- LEÓN, L. 1997. *Fauna malacológica de los islotes Caribes y Los Lobos*. En. Gobernación del Estado Nueva Esparta, La Asunción, Venezuela; 123-145 p.
- LÓPEZ, K; D. BONE, C. RODRÍGUEZ y F. PADILLA. 2008. *Biodiversity of criptofauna associated with reefs of the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela*. Procedimientos del 11° Congreso Internacional de Arrecifes Coralinos, Laudardale, Florida. 1352 – 1354.
- LUDWIG, A. J. y J. F. REYNOLDS. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley y Sons (Eds). U.S.A. 377 p.

- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and it's measurement*. P. Princeton University, Princeton. 179 p.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona, 951 p.
- MARTÍN-DEL POZZO, A. L. 1997. *Geología*. 20-35. *In*: González, S. E., R. Dizo y R. C. Vogt (Eds) *Historia Natural de los Tuxtlas México*, Universidad Nacional Autónoma de México. 647 p.
- MARTÍNEZ, S y C. DEL RÍO. 2002. *Las provincias malacológicas miocenas y recientes del Atlántico sudoccidental*. *Anales de Biología* 24: 121-130.
- MARSHALL A. J. y W. D.WILLIAMS. 1985. *Zoología: Invertebrados*. Volumen 1. Reverte. 950 p.
- MCARTHUR, M. A., B. P. BROOKE, R. PRZESLAWSKI, D. A. RYAN, V. L. LUCIEER, S. NICHOL, A. W. MCCALLUM, C. MELLIN, I. D. CRESSWELL y L. C. RADKE . 2010. *On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 88: 21 – 32.
- MOORE, B. H. 1958. *Marine Ecology*. Wiley y Sons. Nueva York. 493 p.
- MOORE, D. R. 1958. *Additions to Texas marine Mollusca*. *Nautilus*, 71 (4): 124 – 128.
- MORAN D. P., y M. L. REAKA-KUDLA. 1991. *Effects of disturbance: disruption and enhancement of coral reef cryptofaunal populations by hurricanes*. *Coral Reefs* 9 (4): 215-224.
- MORETZSOHN, F., J. W. TUNELL, W. G. LYONS, E. BAQUEIRO-CÁRDENAS, N. BARRERA, J. ESPINOSA, E. F. GARCÍA, J. ORTEA y M. REGUERO. 2007. *Mollusca: Introduction En: Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota*. Vol. 1, Biodiversidad. 559-565 p.

- NEIRA, R. y CANTERA J. 2005. *Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano*. Revista de Biología Tropical 53 (3): 195-206).
- NYBAKKEN, J. W. 1997. *Marine Biology: an ecological approach*. Harper Collins College Publishers. E.U. A. 481 p.
- PAINE, R. T. y S. A. LEVIN. 1981. *Intertidal Landscapes: disturbance and dynamics of pattern*. Ecology Monography, 51: 145-178 p.
- PATIL, G. P. y C. TAILE. 1982. *Diversity as a concept and its measurement*. Journal of the American Statistical Association 77: 548-567.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. 1980. *Moluscos de la Plataforma continental del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. 234 p.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. 1997. *Moluscos de la Plataforma Continental del Atlántico Mexicano*. Universidad Autónoma Metropolitana. 260 p.
- PONDER W. F. y D. R. LINDBERG. 2008. *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press, Berkeley. 469 p.
- RAZ-GUZMAN, A., A. SÁNCHEZ y L. A. SOTO. 1992. *Catálogo ilustrado de cangrejos braquiuros y anomuros (Crustacea) de Laguna de Alvarado, Veracruz, México*. Cuaderno 14, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 51 p.
- RAFFAELLI D. Y S. HAWKINS. 1999. *Intertidal ecology*. 2 ed. Kluwer Academic Publishers. 340 p.
- RICKLEFS, R. E y D. SCHULTER. 1993. *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives*. The University of Chicago Press: 416 p.

- RÍOS-MACBETH, F. 1952. *Estudios geológicos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz*. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geología y Petrología 4: 325-376.
- ROMÁN-CONTRERAS, R., F. M. CRUZ-ABREGO y A. L. IBAÑEZ-AGUIRRE. 1991. *Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocosa de la Bahía de Chamela, Jalisco, México*. Anales Instituto de Biología, Universidad nacional Autónoma de México. Serie Zoología 62(1): 17-32 p.
- ROSENBERG, G. 2005. Malacog 4.0: *A database of Western Atlantic marine Mollusca*. URL <http://www.malacog.org/>, última consulta: 22 de febrero del 2013.
- SCELZO, M. A.; R. ELIAS, E. A. VALLARINO, L. N. CHARRIER y F. ALVAREZ. 1996. *Variación estacional de la estructura comunitaria del bivalvo intermareal Brachidontes rodriguezii (d'Orbigny, 1846) en sustratos artificiales (Mar de Plata, Argentina)*. Nerítica, Curitiba, 10: 87-102.
- SEVERINO-MUROLAS, M. T. 2009. *Moluscos gasterópodos de la zona intermareal de la playa rocosa de Punta Delgada, Veracruz*. Tesis profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, 78 p.
- SCHROEDER, 1972. *Fabrics and sequences of submarine carbonate cements in Holocene cup reef Bermuda*. Geol. Rundscham: 61. 708-730.
- SKOGLUND, C. 2001. *Panamic province molluscan literature. Additions and changes from 1971 through 2000*. The Festivus. Supplement 32: 1 - 119 p.
- SOTO, E. M. 1976. *Algunos aspectos climáticos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz*. In Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz. A. GÓMEZ-POMPA, S- DEL AMO, C. VÁZQUEZ-YANES y A. BUTANDA (eds.). CECSA, México, D.F. 70-111 p.

- STURM C. F., T. A. PEARCE y A. VALDÉS. 2006. *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. American Malacological Society. 445 p.
- TELLO, M. J. L. 2000. *Distribución de Biotopos en la zona de la planicie arrecifal de la Isla Verde, Veracruz*. Tesis profesional. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- TORREBLANCA-RAMÍREZ, C., R. FLORES-GARZA, P. FLORES-RODRÍGUEZ, S. GARCÍA-IBÁÑEZ y L. GALEANA-REBOLLEDO. 2012. *Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47 (2): 283-294 p.
- VAN BELLE, G. 1984. *Nonparametric Estimation of Species Richness*. *Biometrics* 40: 119-129.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., A. HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, L. F. CARRERA-PARRA. 1993. *Sistema Arrecifal Veracruzano*. En SALAZAR-VALLEJO, S. (comps.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO-CIQROO. México, 559 – 575 p.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M. y A. RAMÍREZ-RODRÍGUEZ. 2006. *Los arrecifes rocosos*. En: *Entornos Veracruzanos: La costa de la Mancha*. Ed. MORENO- CASASOLA, P. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 396-399 p.
- VASQUEZ, J. A.; CAMUS, P. A. y F. P. OJEDA. 1998. *Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile*. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 479 – 499.
- VIDAL, V. M., F. V. VIDAL, E. MEZA, J. PORTILLO L. ZAMBRANO y B. JAIMES. 1992. *Ring-slope interactions and the formation of the western boundary current in the Gulf of Mexico*. *Journal of Geophysics Res.* 104 (9): 523-550.

- WILLIAMS, G.1994. *The relations between shade and molluscan grazing in structuring communities on a moderately-espoused tropical rocky shore.* Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 178: 79-95.
- YONGE, C. M. 1955. *Adaptation to rock boring in Botula and Lithophaga with a discussion of the evolution of this habitat.* Quarterly Journal of Microscopical Science, 96: 383-410.
- YOUNGE, M. C. 1963. *The Biology of coral reefs: advances in Marine Biology.* Marine Biology, 1: 209-260



## ANEXO I

Tabla I. Distribución geográfica de las especies de moluscos encontradas en este trabajo.

Especie	Distribución
<i>Isognomon bicolor</i>	Mar Caribe, Islas Cayman, Colombia, C. Rica, Golfo de México,
<i>Isognomon radiatus</i>	Quintana Roo, México. Florida, USA, Bermuda, Honduras
<i>Arca imbricata</i>	De Tamaulipas al Mar Caribe. Quintana Roo, México. Florida, USA. Bermuda, Brasil
<i>Acar domingensis</i>	Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán, Q. Roo, USA, Cuba, Barbados
<i>Barbatia cancellaria</i>	De Tamaulipas al Mar Caribe. Campeche y Quintana Roo, México. Florida, USA. Brasil, Honduras
<i>Brachidontes exustus</i>	De Tamaulipas hasta Campeche y Quintana Roo, México. Florida, USA, Cuba, Jamaica
<i>Lithophaga aristata</i>	De Tamaulipas a Yucatán y Quintana Roo, México. Florida, USA
<i>Morula nodulosa</i>	Veracruz, Campeche, Quintana Roo, México. Florida, Colombia, Venezuela
<i>Cerithium lutosum</i>	Quintana Roo, México. Florida, USA. Honduras, Bermuda, Cuba
<i>Fossarus orbigny</i>	Quintana Roo, México. Venezuela, Colombia, Costa Rica, Panamá
<i>Tectura antillarum</i>	Campeche, Q. Roo, USA, C. Rica, Panamá, Colombia
<i>*Modiolus americanus</i>	Campeche, Yucatán, Quintana Roo, México. Florida, USA, Brasil
<i>Petalococonchus varians</i>	Quintana Roo, México. Florida, Panamá, Costa Rica, Colombia, Venezuela
<i>Stramonita rustica</i>	Quintana Roo, México. Florida, Panamá, Costa Rica, Cuba, Venezuela
<i>Mitrella ocellata</i>	Veracruz, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, México. USA, Honduras, Bermuda, Bahamas

\* Nuevo registro para Veracruz.

## **ANEXO II**

### **GLOSARIO**

**Bauplan.** Se refiere al plan corporal de un animal, es decir, a la disposición interna de sus tejidos, órganos y sistemas, a su simetría y el número de segmentos corporales y de extremidades que posee.

**Biso.** Secreción producida por algunos moluscos que se endurece con el agua y toma la forma de filamentos con los que se fijan a las rocas u otras superficies: el mejillón es un molusco que se fija a las rocas mediante el biso.

**Criptofauna.** Término que se refiere a la fauna que se camuflaje en su entorno, que vive dentro de las fisuras y oquedades de las rocas o de los arrecifes de coral, así como entre las algas.

**Comunidad.** Cualquier grupo de organismos pertenecientes a varias especies distintas que concurren en el mismo hábitat o área e interactúan mediante relaciones tróficas y espaciales, típicamente está caracterizado por la referencia de una o más especies dominantes.

**Diversidad.** Medida que combina el número de especie y su abundancia relativa en una comunidad.

**Dominancia.** No todas las especies ejercen la misma influencia sobre la naturaleza de la comunidad, aquellas dominantes ejercen un mayor control sobre la estructura de la comunidad. Aunque muchas veces se habla de dominancia en términos de abundancia, también el tamaño, la actividad o el rol ecológico pueden definir la dominancia.

**Epifauna.** Animales acuáticos que viven sobre la superficie de los sedimentos o suelos.

**HAM.** Siglas de Hypothetical Ancestral Mollusc, Ancestro Hipotético de los Moluscos.

**Marea.** Movimiento oscilatorio del nivel del mar, debido a procesos de origen astronómico en los cuales intervienen otros factores de tipo climático-estacional como la presión atmosférica.

Meiofauna. El término deriva del vocablo griego *meio* que significa pequeño, Por lo que la meiofauna se refiere a la fauna pequeña cuyo tamaño esta entre los 50  $\mu\text{m}$  y 500 $\mu\text{m}$ . Los organismos pertenecientes a la meiofauna habitan sedimentos que van desde una playa arenosa hasta los sedimentos encontrados a varios metros de profundidad en el mar.

Pelágica. El término deriva de la palabra griega *pelagos*, que significa océano, utilizado para nombrar a una de las dos grandes divisiones ecológicas del mar, es decir el dominio pelágico, el cual se refiere a la columna de agua del océano que no está sobre la plataforma continental.

Rogocito. También llamadas células poro, éstas actúan como sitio de almacenamiento de metales, principalmente del Cu en forma granular.

Suspensívoro. Se refiere a los organismos que comen partículas en suspensión en el agua.

Taxón. Grupo taxonómico de cualquier rango, que incluye a todos los grupos subordinados; cualquier grupo de organismos, poblaciones o taxones considerados lo suficientemente distinto de otros grupos semejantes como para ser considerados una unidad separada; unidad taxonómica.

Vagilidad. Una población podrá movilizarse de acuerdo a dos importantes factores: 1) Presencia de barreras o vías geográficas que impidan o favorezcan la migración y 2) Capacidad intrínseca de movimiento de la especie. El conjunto de ambos factores determina la vagilidad de una población o en otras palabras, la mayor o menor facilidad de una población para poder moverse de sus límites espaciales.

Zoogeografía. Es la ciencia que estudia la distribución de las especies desde su estructura, función y organización biológica y de los procesos geológicos; así como los problemas relacionados con la alteración o afectación de las áreas de distribución, en sus diversos aspectos y escalas.