



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS  
OPISTOBRANQUIOS BÉNTICOS (MOLLUSCA:  
GASTROPODA) DE MONTEPÍO, VERACRUZ**

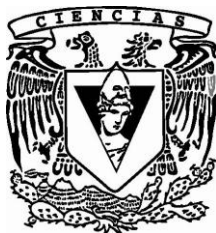
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

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

**XOCHITL GUADALUPE VITAL ARRIAGA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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

Vital

Arriaga

Xochitl Guadalupe

56 41 36 88

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

103005722

2. Datos del tutor

Dr.

Fernando

Alvarez

Noguera

3. Datos del sinodal 1 Presidente

Dra.

Edna

Naranjo

García

4. Datos del sinodal 2 Vocal

Dr.

José Luis

Villalobos

Hiriart

5. Datos del sinodal 3 Suplente

Dra.

María del Carmen

Hernández

Alvarez

6. Datos del sinodal 4 Suplente

M. en C.

Brian

Urbano

Alonso

8. Datos del trabajo escrito

Diversidad y distribución de los opistobranquios bénticos (Mollusca: Gastropoda)  
de Montepío, Veracruz.

57 p

*A mis abuelitas, Blanca Lemus y Herlinda Torres,*  
ejemplo de mujeres fuertes, inteligentes y amorosas

*Blanquita, aquí está aquel último deseo de cumpleaños.*

*“La naturaleza es grande en las cosas grandes,  
mas es grandísima en las cosas diminutas”*

-Jacques-Henri B. de Saint Pierre-

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me ha cobijado prácticamente toda la vida y es mi segunda casa

A la Estación de Biología Tropical, Los Tuxtlas del Instituto de Biología de la UNAM por permitirme usar sus instalaciones durante la realización de este estudio

A mis papás, Mariluz y Antonio, espero que esto refleje un poco de lo que me han enseñado a ser; gracias por su amor, su apoyo y sus regaños

A mis hermanas, Luz, Liber, Blanquis y Are por ser un modelo a seguir, y a mi cuñado Kerby, por amenizar mucho los domingos

A mi familia, que quiero con todo mi ser

A mi tutor, Fernando, por apoyarme durante el desarrollo de este proyecto en campo, laboratorio y enfrente de la computadora

A mis sinodales, la Dra. Edna Naranjo, el M. en C. Brian Urbano, la Dra. Carmen Hernández y el Dr. José Luis Villalobos, por todas las sugerencias, comentarios y ayuda para mejorar notablemente este trabajo

A Deneb Ortigosa, ya que sin su inmensa ayuda probablemente seguiría lidiando con la búsqueda, identificación e incluso este escrito (en el cual, actuó como sinodal)

A Ángel Valdés, por su cálida ayuda tanto en identificación como en orientación en el tema de estos organismos

A los malacólogos que me respondieron dudas, compartieron ideas y/o prestaron bibliografía: Deneb Ortigosa, Brian Urbano, Ángel Valdés, Andrea Zamora, Edna Naranjo, Martha Reguero y Eunice Molina

A mi profesora Gema del Taller, por sus sugerencias, observaciones y por exhortarme a continuar con este proyecto

A todos aquellos que me ayudaron en campo en la búsqueda de opistobranquios:

-Los alumnos del taller "Invertebrados de la zona costera y arrecifal del Golfo de México" de diversas generaciones, con énfasis a Carlos, Aurora, Nelía, Eric, Alex, Yas, Gio, Pao, Viri, Sara, Coral, Polo y Chavita, gracias por unas excelentes prácticas de campo

-Lluvia, Penélope y los alumnos de la profesora Laura González de la materia de Algas de la Universidad Simón Bolívar

-Paty y Gustavo, que quisieron cazar babosas marinas y acompañarme en uno de los mejores viajes

A la DGCI por la beca otorgada para realizar mi estancia en el extranjero

A la SEP por la beca otorgada para terminar mi servicio social

A mis más que amigos, por todo... y a aquellos amigos que conocí en California, los cuales estuvieron a mi lado en una de las mejores experiencias de mi vida.

## Índice

Resumen.....	5
1. Introducción.....	6
1.1 Importancia y definición de diversidad biológica.....	6
1.2 Biodiversidad mundial de moluscos.....	6
1.3 Biodiversidad de moluscos en el Golfo de México.....	7
1.4 Generalidades del <i>Phylum</i> Mollusca.....	8
1.5 Generalidades de Opisthobranchia.....	9
2. Justificación.....	13
3. Antecedentes.....	14
4. Objetivos.....	15
5. Área de Estudio.....	16
6. Material y Método.....	17
6.1 Trabajo de campo.....	17
6.2 Trabajo en el laboratorio.....	18
6.3 Análisis estadísticos.....	19
7. Resultados.....	21
7.1 Diversidad de opistobranquios.....	21
7.2 Parámetros ecológicos de la comunidad.....	25
7.3 Estacionalidad.....	28
7.4 Distribución en el sustrato.....	29
7.5 Distribución mundial.....	30
8. Discusión.....	31
8.1 Diversidad de opistobranquios.....	31
8.2 Parámetros ecológicos de la comunidad.....	33
8.3 Estacionalidad.....	35
8.4 Distribución en el sustrato.....	37
8.5 Distribución mundial.....	39
9. Conclusiones.....	41
Literatura Citada.....	43
Apéndice I.....	48

## Resumen

Se analizó la diversidad de opistobranquios bénticos de la playa rocosa de Montepío, Veracruz, México, durante 10 salidas al campo (de noviembre de 2010 a noviembre de 2012). Se encontró un total de 165 individuos y 11 especies, de las cuales tres son registros nuevos para Veracruz y dos para la costa mexicana del Atlántico. La comunidad presentó una diversidad de 2.997 bits/ind y una equidad de 0.886. Se calculó (por estimadores de riqueza y extrapolación) un total de 13 y 14 especies para la zona, por lo que la riqueza específica encontrada durante este estudio estuvo cerca de alcanzar el máximo estimado. Las especies dominantes fueron *Aplysia fasciata*, *Aplysia dactylomela* y *Bulla occidentalis*. El 54% de las especies encontradas fueron raras. En la zona de estudio se presentan tres épocas (secas, lluvias y nortes). Se observó que la mayor abundancia fue registrada durante la época de lluvias; en la temporada de nortes se encontró la mayoría de las especies y en la época de secas la menor cantidad de organismos y riqueza específica. Aunque el 54% de las especies son carnívoras, se observó a la mayoría de los opistobranquios en algas. Asimismo, se examinó el patrón de distribución de las especies identificadas y se encontró que tienen una afinidad preferentemente caribeña; sin embargo, todas ellas también penetran al sur de la región carolineana (a excepción de *Berghia cf. rissodominguezi*) y se distribuyen en la provincia brasileña (a excepción de *Elysia crispata*).

**Palabras clave:** opistobranquios, diversidad, playa rocosa, estacionalidad, distribución

## 1. Introducción

### 1.1 Importancia y definición de diversidad biológica

La diversidad biológica o biodiversidad es la variedad de organismos vivos dentro de todos los sistemas y complejos ecológicos a los que pertenecen (Heywood, 1995). De acuerdo con Norse *et al.* (1986), posee tres componentes: la diversidad dentro de las especies (genética), el número de especies (organísmica) y la diversidad en las comunidades (ecológica). Casi dos terceras partes de la biodiversidad mundial se encuentra dentro de los países megadiversos; México es uno de ellos, ya que es la cuarta nación en cuanto a riqueza de especies (Sarukhán *et al.*, 2009).

En términos de litorales y superficie marina, nuestro país es el décimo segundo mejor dotado en el mundo, cuenta con un territorio con más de 11 000 km de costas y un mar territorial que se estima en 231 813 km<sup>2</sup> (Sarukhán *et al.*, 2009). Aún con toda la gama de recursos y ecosistemas marinos que posee nuestro país, el estudio de la biodiversidad marina se ha enfocado principalmente a aquellas especies de interés económico (Lara-Lara *et al.*, 2008).

La biodiversidad tiene una inmensa importancia para la humanidad, ya que los ecosistemas nos proporcionan servicios ambientales fundamentales para la vida (Begon *et al.*, 2005). Ejemplos de estos servicios ambientales, son las fuentes de alimento, agua y fibra; así como la obtención de compuestos derivados de invertebrados y algas para uso farmacológico, y de materiales para construcción provenientes de manglares y arrecifes de coral (Duffy, 2006).

### 1.2 Biodiversidad mundial de moluscos

Mollusca es un phylum ampliamente diverso y abundante, compitiendo cercanamente con los artrópodos (Brusca y Brusca, 2003). Se encuentra en casi todos los ambientes del planeta e incluye ocho clases vivientes: Polyplacophora, Monoplacophora, Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia, Scaphopoda, Solenogastres y Caudofoveata, estas dos últimas clases formaban a los Aplacophora (Sturm *et al.*, 2006).



Existen alrededor de 100,000 especies descritas de moluscos vivos y 70 000 de moluscos fósiles conocidos (Fernández-Álamo, 2007). Aunque se conoce bastante del grupo, se ha sugerido que sólo la mitad o menos de las especies vivientes han sido descritas (Brusca y Brusca, 2003).

Más de la mitad de todos los moluscos habitan en el océano y se encuentran en un amplio perfil batimétrico. Alrededor de 7,000 especies de bivalvos y gasterópodos viven en agua dulce, y aproximadamente 24,000 especies de gasterópodos habitan en la tierra, en ambientes diversos que incluyen bosques, desiertos y montañas. Las otras seis clases, son exclusivamente marinas (Moretzsohn *et al.*, 2009).

### 1.3 Biodiversidad de moluscos en el Golfo de México

Actualmente se estima que existen 2,455 especies de moluscos marinos en el Golfo de México. La malacofauna del golfo representa alrededor del 38% de los 6,400 moluscos marinos documentados para el Atlántico oeste y cerca del 4.7% de los conocidos a nivel mundial (Rosenberg *et al.*, 2009).

Aproximadamente el 10% de estas 2,455 especies de moluscos son endémicos del Golfo de México, no obstante el endemismo varía dependiendo del grupo. Desde 1954, la publicación de revisiones sistemáticas, descripción de nuevas especies y reportes de especies invasoras, han contribuido al aumento del conocimiento de la biota del Golfo de México (Moretzsohn *et al.*, 2009).

Por lo que respecta al grupo Opisthobranchia, son escasos los registros que se han citado para la costa este de México. Ortigosa *et al.* (2013) mencionan un total de 111 especies para la costa Atlántica mexicana, con base en lo registrado por Rosenberg *et al.* (2009) y otros autores.

#### 1.4 Generalidades del Phylum Mollusca

Los moluscos incluyen invertebrados muy importantes como son los caracoles, calamares y pulpos, pero también grupos poco conocidos como los quitones, aplacóforos y monoplacóforos (Brusca y Brusca, 2003). A pesar de la gran diversidad en formas del cuerpo que presenta este grupo, todas se derivan de un ancestro común (Khanna y Yadav, 2004).

Algunas de las sinapomorfías que definen al grupo de los moluscos son: una rádula que se encuentra en la masa bucal (excepto en los bivalvos), la cual es una estructura dentada quitinosa con forma de cinta y usada para rasgar el alimento (Fernández-Álamo, 2007); una larva véliger, segundo estadio larvario después de la trocófora ciliada, que tiene una concha y lóbulos velares cubiertos por cilios (Brusca y Brusca, 2003).

A grandes rasgos y con sus excepciones, el cuerpo cuenta con una cabeza, un pie (que puede estar modificado), una masa visceral y una cavidad paleal (Khanna y Yadav, 2004). En la cabeza presenta órganos sensoriales, el pie suele ser largo y musculoso y la masa visceral comprende a los órganos internos principales: el corazón, las gónadas, los metanefridios y el sistema digestivo (Brusca y Brusca, 2003). Finalmente, en la cavidad paleal, abren los sistemas excretor, reproductor y digestivo; en este sitio se encuentran los ctenidios o branquias y los osfradios (órganos sensoriales) (Fernández-Álamo, 2007).

En general, estos animales no están segmentados y son protostomados celomados (Khanna y Yadav, 2004). El cuerpo está cubierto por una epidermis gruesa que secreta mucus, denominada manto, donde se encuentran las glándulas especializadas en la producción de espículas de calcio y de la concha (Brusca y Brusca, 2003; Fernández-Álamo, 2007).

### 1.5 Generalidades de *Opisthobranchia*

Los opistobranquios, comúnmente llamados “babosas marinas”, son gasterópodos con una concha bien formada, delgada y/o reducida, externa o interna, o completamente ausente (Wägele y Klussmann-Kolb, 2005). Pueden presentar cavidad del manto, así como ctenidios o no; su cabeza tiene uno o dos pares de rinóforos o tentáculos, son hermafroditas y son principalmente marinos bénticos (asociados al bentos o al fondo de ecosistemas acuáticos), con excepción de los grupos Thecosomata y Gymnosomata que toda su vida son planctónicos (Brusca y Brusca, 2003).

Este grupo de moluscos, posee múltiples formas corporales. Los cambios en el cuerpo y la organización de los sistemas están relacionados al fenómeno de la detorsión, el cual revierte el proceso en el que los órganos habían migrado y la cavidad del manto se encontraba cerca de la cabeza. Además, tienen diversas estructuras externas adicionales a la concha (cuando la presentan) como ceratas (prolongaciones del aparato digestivo), tentáculos y rinóforos (Fig. 1), los cuales poseen funciones sensoriales, defensivas o respiratorias (Zamora-Silva y Naranjo-García, 2008).

Actualmente se estima que existen alrededor de 6,000 especies dentro de este grupo (Wägele y Klussmann-Kolb, 2005). Opisthobranchia era considerado una subclase de Gastropoda con ocho órdenes (Vaught, 1989): Acochlidoidea, Cephalaspidea, Runcinoidea, Sacoglossa, Aplysiomorpha, Thecosomata, Gymnosomata, Notaspidea y Nudibranchia. Sin embargo, la revisión filogenética de todos los gasterópodos por Bouchet *et al.* (2005) modificó esta clasificación: sustituyó los órdenes por clados y estableció a Opisthobranchia como un grupo informal dentro de los Heterobranchia.

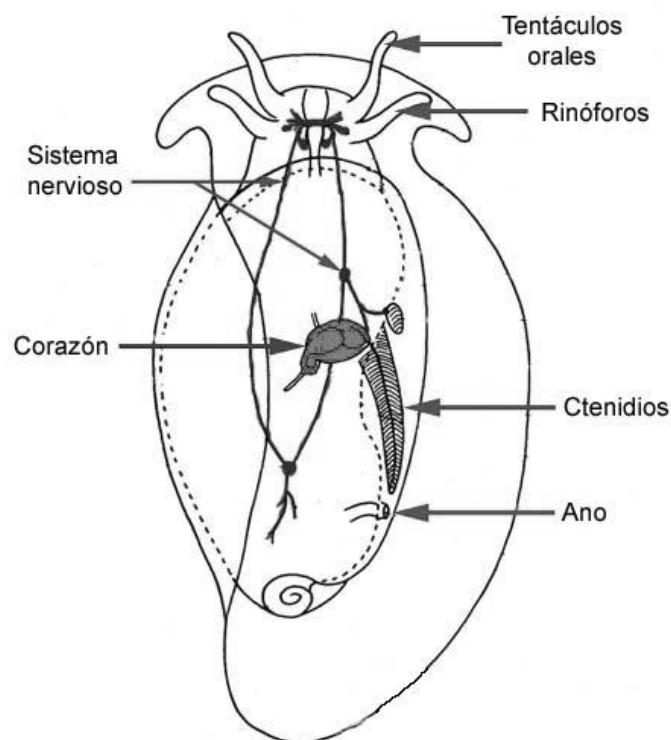


Figura 1. Anatomía general de los opistobranquios (Modificado de Bidgrain, 2013).

Para incluir y comparar las especies de una manera más general, en este trabajo se utilizó la nomenclatura establecida por Valdés *et al.* (2006) y Zamora-Silva y Ortigosa (2012) ya que mantienen a Nudibranchia como un sólo clado. Durante el desarrollo de este estudio aparecieron especies que corresponden a cuatro clados/órdenes (Fig. 2) que se describen en seguida.

### **Cephalaspidea** Fischer, 1883

La etimología de esta palabra se refiere a la presencia de un escudo cefálico, es decir, un segmento amplio de la parte anterior del manto que cubre la cabeza (Hermosillo, 2006). La mayoría de las especies posee una concha externa que puede ser calcificada y pesada, o delgada y globosa; los organismos con el primer tipo de concha pueden retraerse en ella mientras que los que tienen el segundo tipo no se retraen. Sin embargo, existen también especies cuya concha es interna completamente (Behrens, 1991). Los cefalaspídeos son carnívoros que suelen alimentarse durante la noche de

foraminíferos, poliquetos, bivalvos y de otros opistobranquios, por lo que durante el día permanecen enterrados en el sedimento. Debido a esta conducta tienen una coloración poco llamativa y poseen estructuras sensoriales para localizar a sus presas (Behrens, 1991; Ortigosa-Gutiérrez, 2009).

### **Aplysiomorpha** Rafinesque, 1815

Grupo nombrado con base en la morfología del género *Aplysia*, anteriormente se llamaba Anaspidea (sin escudo cefálico) (Behrens, 1991). Los integrantes de este grupo tienen la cavidad del manto muy reducida y está cubierta por los parapodios, que son crecimientos laterales del manto. Su concha es interna o ausente, y todas las especies poseen una rádula y “mollejas” (Behrens, 1991). Estos organismos secretan una tinta como mecanismo de defensa y son herbívoros (Ortigosa-Gutiérrez, 2009).

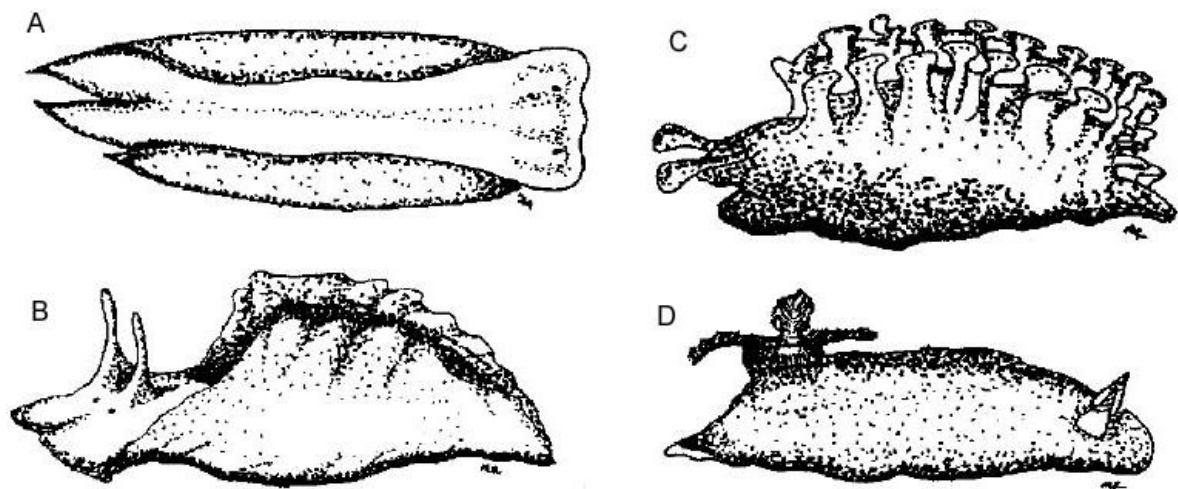


Figura 2. Ilustraciones de cada grupo abordado en este trabajo: A) Cephalaspidea, B) Aplysiomorpha, C) Sacoglossa y D) Nudibranchia (Modificado de Ortigosa-Gutiérrez, 2005)

### **Sacoglossa** von Ihering, 1876

Este grupo, se caracteriza por la estructura con forma de saco que tienen en el aparato bucal; cuya función es conservar los dientes radulares que ya no utilizan. Los sacoglossos son herbívoros que se alimentan de algas marinas (Behrens, 1991). Tienen una rádula con forma de cadena que cambia la posición de sus dientes con el uso, los más gastados se van al saco o asca y con el primero de la fila perforan la pared de las células para succionar los cloroplastos (Hermosillo, 2006; Ortigosa, 2010). Estos individuos se pueden confundir con algunas especies de nudibranquios debido a sus características externas, sin embargo, pueden ser diferenciados por la forma de los rinóforos que suele ser enrollada (Behrens, 1991).

### **Nudibranchia** Blainville, 1814

Es el grupo más conocido en general, ya que posee coloraciones y formas muy llamativas; su nombre significa “branquias desnudas” y se les denomina como “babosas marinas verdaderas” (Behrens, 1991). La concha está ausente pero en diversas especies se le encuentra durante los estadios larvarios (Ortigosa-Gutiérrez, 2009). Todos los nudibranquios son carnívoros y en su mayoría, bentónicos. Suelen presentar coloraciones aposemáticas o de camuflaje y en el dorso presentan prolongaciones del aparato digestivo, las ceratas, en cuyas puntas mantienen los nematocistos que obtienen de los cnidarios que consumen (Beesley *et al.*, 1998).

Es importante recordar que los nudibranquios son un grupo dentro de los opistobranquios, ya que en muchas ocasiones al referirse a éstos se cree que es un sinónimo. Lo anterior ocurre porque son el grupo más popular entre las babosas marinas.

## **2. Justificación**

Es importante el conocer la biología y la diversidad de los opistobranquios debido al papel que desempeñan en el ecosistema; ya que pueden llegar a establecer relaciones simbióticas con algas y protozoos, además de que representan un recurso natural de sustancias potenciales en la farmacología (Zamora-Silva y Ortigosa, 2012). Este estudio aportará información sobre la distribución y aparición estacional de especies que raramente son registradas en los inventarios costeros. Por otro lado, se contribuirá al conocimiento de la biota de localidades como Montepío, las cuales son importantes por ofrecer un sustrato rocoso que es poco común a lo largo de las costas del Golfo de México y pueden albergar una diversidad de especies muy alta.

### 3. Antecedentes

En México se han realizado gran número de trabajos sobre moluscos marinos, pero pocos incluyen organismos como los opistobranquios, de difícil detección en campo y conservación en colecciones biológicas (Zamora-Silva y Naranjo-García, 2008).

Rosenberg *et al.* (2009) hicieron una lista de especies de gasterópodos registrados para el Golfo de México, citan así 1,503 que se localizan en el golfo, de éstas, 10% son endémicas. Del total de las especies listadas, 220 pertenecen al grupo Opisthobranchia, es decir, casi el 13%.

Son escasos los trabajos realizados sobre riqueza y distribución de los opistobranquios para las aguas mexicanas del Golfo de México y la mayoría son en general, para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Zamora-Silva *et al.* (2002) encontraron ocho especies de opistobranquios bénticos en Punta Mocambo, Veracruz; posteriormente, Zamora-Silva (2003) registró características de la comunidad de opistobranquios bénticos en el arrecife La Gallega, Veracruz, incluyó claves para identificación y compiló una lista de las 42 especies de opistobranquios registradas hasta el momento para esa costa de nuestro país. También, Ortigosa-Gutiérrez (2005) registró 10 especies de opistobranquios para el arrecife Isla Verde, Veracruz.

Asimismo, Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) registraron ocho especies depositadas en la Colección Nacional de Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología de la UNAM, pertenecientes al grupo Opisthobranchia dentro del Golfo de México. Por otro lado, existe un trabajo sobre biogeografía de los opistobranquios de Yucatán (Ortigosa-Gutiérrez, 2009), el cual es uno de los pocos relacionados con la distribución de este grupo en el Atlántico mexicano.

Finalmente, Zamora-Silva y Ortigosa (2012) citan un total de 23 especies para el parque antes mencionado; Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013) señalaron un total de 51 y 31 especies, respectivamente para dos zonas de arrecifes en Yucatán.



## 4. Objetivos

### *Objetivo general*

Reconocer y analizar la diversidad de opistobranquios bénticos de la playa rocosa de Montepío, Veracruz.

### *Objetivos particulares*

- ✓ Conocer la riqueza específica de Montepío, Veracruz y elaborar una lista taxonómica de las especies encontradas que incluya su descripción e imagen.
- ✓ Estimar los principales parámetros ecológicos de la comunidad, diversidad, abundancia y dominancia de las especies.
- ✓ Determinar si existe un patrón de presencia estacional de opistobranquios en esta zona.
- ✓ Discutir la importancia zoogeográfica de la localidad estudiada, de acuerdo al patrón de distribución mundial de cada especie.

## 5. Área de estudio

Montepío es una playa rocosa del sur de Veracruz, México, que está localizada dentro del municipio San Andrés Tuxtla ( $18^{\circ}28'31''$  N,  $95^{\circ}17'58''$  O) en la unión de dos ríos, Col y Máquinas, aproximadamente 160 km al sur del Puerto de Veracruz (Fig. 3). Esta playa se encuentra establecida sobre lava del Pleistoceno (González-Soriano *et al.*, 1997), la cual se extiende hasta 60 m de la costa a una profundidad máxima de 1.5 m (Hernández-Álvarez y Álvarez, 2007) (Fig. 4).

Su clima es cálido-húmedo (Am) con una temperatura promedio de 24 y 26 °C, la precipitación registrada para el área de estudio es de alrededor de 3,500 mm/año y el tipo de vegetación que rodea esta playa es selva alta perennifolia (González-Soriano *et al.*, 1997). Existe una época de secas de febrero a mayo, una de *lluvias* que va de junio a septiembre, y de octubre a marzo es la temporada en que se producen frentes fríos conocidos como *nortes* (Day *et al.*, 2005) que modifican la temperatura y recogen humedad (González-Soriano *et al.*, 1997)

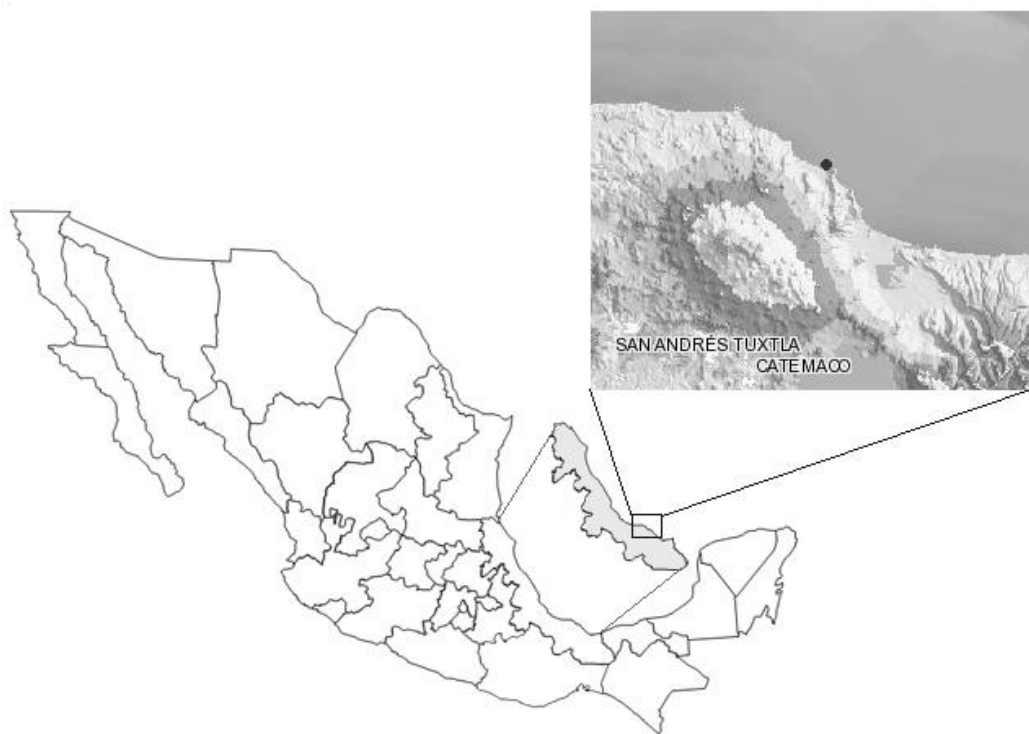


Figura 3. Ubicación de Montepío (punto negro) en el estado de Veracruz (Modificado de INEGI, 2011).



Figura 4. Montepío, playa rocosa al sur de Veracruz durante la marea baja, ambas imágenes abarcan el área de estudio.

## 6. Materiales y Métodos

### 6.1 Trabajo de Campo

Se realizaron 10 salidas a la zona de estudio en noviembre de 2010, marzo, mayo, julio, agosto y noviembre de 2011, y mayo, agosto, octubre y noviembre de 2012. Los muestreos se dividieron en las tres épocas que marca la literatura para la zona de estudio: secas (marzo y mayo), lluvias (julio y agosto) y nortes (octubre y noviembre). En el área se exploró 50 m hacia el mar a partir de la línea de costa, dependiendo de las condiciones climatológicas y de la marea.

Dos métodos de muestreo fueron aplicados en la zona de estudio: el directo y el indirecto. El primero consistió en la búsqueda del tipo “errante”, de organismos sobre la playa rocosa, éstos fueron obtenidos manualmente por medio de buceo libre ya que este método permite hacer observaciones y mediciones *in situ* como menciona Zamora-Silva (2003); los organismos se depositaron en una cubeta con agua marina y algas para ser transportados al laboratorio de la Estación de Biología Tropical, Los Tuxtlas del Instituto de Biología de la UNAM.

El método indirecto, consistió en coleccionar al azar algas de diversos sitios del área de estudio; se colocaron en charolas de plástico con agua marina con el fin de revisarlas en el laboratorio y buscar organismos de tamaño reducido.

Se recolectaron opistobranquios ubicados en diferentes tipos de sustratos y se anotó el ambiente en el que se encontraban. Para facilitar el análisis en cuanto a diferencias de tipo de sustratos, éstos se categorizaron en: roca, alga, arena, nadadores y roca con algas. Además, se registraron las horas de inicio y término de cada muestreo y al encontrar un ejemplar con la finalidad de calcular el tiempo real de muestreo.

## 6.2 Trabajo en el laboratorio

Se colocó una bomba de aire para acuario en la cubeta que contenía todos los organismos, con el objetivo de mantenerlos vivos y posteriormente, medirlos y pesarlos. Se les registró por medio de fotografías y se dibujaron los ejemplares diferentes morfológicamente.

Se anotaron todas las características observables que pudieran ayudar en la identificación de los opistobranquios ya que al fijarse los organismos, pierden estas características (Zamora-Silva, 2003). Los caracteres que se consideraron más importantes fueron la presencia/ausencia de concha, la coloración del animal, la forma de los rinóforos y de las ceratas, y la posición de los parapodios (Behrens, 1991, Valdés *et al.*, 2006).

Los organismos se estudiaron en el laboratorio y al día siguiente de la recolecta se regresaron a la zona de estudio, es por ello que únicamente se fijaron aquellos que pertenecían a especies diferentes. Los ejemplares que se fijaron, primero se anestesiaron al diluir gradualmente cloruro de magnesio en agua de mar ya que tiene una acción lenta, poco agresiva y no altera las características originales de los organismos (Zamora-Silva *et al.*, 2002). Finalmente, para fijarlos se cambiaron a una solución de alcohol al 70% o formol al 4% y fueron depositados en la CNMO del Instituto de Biología de la UNAM.

Para la identificación de los organismos se utilizaron las claves propuestas por Behrens (1991) y Zamora-Silva (2003) para el nivel de orden (clado) y/o familia, y la guía de babosas marinas del Caribe (Valdés *et al.*, 2006) para el nivel de especie. Se siguió a Rosenberg (2009) y Appeltans *et al.* (2012) en la nomenclatura más aceptada y actualizada para cada categoría taxonómica

con el fin de evitar confusión con la sinonimia. Por último, se consultó a la M. en C. Deneb Ortigosa de la *Facultad de Ciencias, UNAM* y al Dr. Ángel Valdés de la *California State Polytechnic University, Pomona* para corroborar la identificación.

### 6.3 Análisis estadísticos

Los principales parámetros ecológicos se obtuvieron por medio de las fórmulas presentadas en Krebs (1989), éstos se estimaron con el programa PRIMER 6 (2001) (Tabla 1).

Para visualizar la tasa a la que se descubren especies nuevas, las curvas de acumulación de especies son muy útiles. Sin embargo, los muestreos no suelen ser absolutos por lo que no reflejan la riqueza específica total (Magurran, 2004). La extrapolación permite estimar el total de especies con ayuda de funciones asintóticas, y con ello se puede predecir el aumento en la riqueza específica cuando los muestreos se incrementan (Magurran, 2004).

Tabla 1. Parámetros ecológicos de la comunidad y su fórmula correspondiente

Parámetro ecológico	Fórmula
Abundancia absoluta	$A_i$ = Número de individuos de la especie $i$
Abundancia relativa	$A_i R = (A_i / \sum A_i) 100$ $\sum A_i$ = Suma de las abundancias de todas las especies
Riqueza	$S$ = Número de especies encontradas
Diversidad Máxima	$H' \text{ máx} = \log_2 S$ $S$ = Número de especies
Índice de Shannon-Wiener	$H' = \sum (p_i) (\log_2 p_i)$ $p_i$ = Proporción de individuos de la especie $i$
Equidad (Pielou, 1966)	$J' = H' / H' \text{ máx}$

Debido a la naturaleza de los datos obtenidos en este estudio, se utilizaron estimadores no paramétricos. Éstos son eficientes para la estimación de la riqueza como el índice de Chao, el cual se basa en el número de especies raras en una muestra (Magurran, 2004). Para los análisis, se utilizó Chao 1 porque considera las abundancias de las especies en cada muestreo, a diferencia de Chao 2 que sólo toma en cuenta presencia/ausencia de las mismas.

El análisis Olmstead-Tukey, se realizó para determinar si las especies eran dominantes, comunes, indicadoras o raras. Esta prueba toma en cuenta la abundancia promedio de cada especie y el porcentaje de frecuencia de aparición. Dicha clasificación considera como *dominantes* a aquellas especies con valores de abundancia y frecuencia mayores a la media relativa; *comunes* a las que tienen menor abundancia que el promedio pero alta frecuencia; *indicadoras* a aquellas con mayor abundancia que el promedio, pero baja frecuencia; y *raras* son las que poseen valores de abundancia y frecuencia menores a la media relativa (Ludwig y Reynolds, 1988).

El programa EstimateS 9.0 (Colwell, 2013) fue utilizado para obtener el estimador de riqueza (Chao 1) y para extrapolar los datos observados. Posteriormente, se obtuvieron con el programa SPSS 16.0 (2007), la curva de acumulación de especies con muestras aleatorizadas provenientes de la extrapolación, la gráfica resultante de Chao 1 y el diagrama de Olmstead-Tukey .

La distribución geográfica de las especies aquí encontradas, fue obtenida y actualizada a través de la consulta de bases de datos como son Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y Malacolog 4.1.1 (Rosenberg, 2009), y de diferentes publicaciones (Valdés *et al.*, 2006; Rosenberg *et al.*, 2009; Zamora y Ortigosa, 2012; Ortigosa *et al.*, 2013). El mapa se hizo con ayuda del programa Google Earth, con modificaciones de los mapas que provee GBIF.

## 7. Resultados

### 7.1 Diversidad de opisthobranchios

Se encontraron un total de 165 opisthobranchios en los 10 muestreos realizados, taxonómicamente se agruparon en cuatro clados, ocho familias y 11 especies; las cuales se enlistan más abajo. También se realizó el registro fotográfico de tres puestas de huevos de especies desconocidas (Fig. 5). Se elaboraron fichas de las diferentes especies con su descripción e imagen, las cuales se pueden consultar en el Apéndice I.

#### Clado **Cephalaspidea** Fischer, 1883

Familia Haminoeidae Pilsbry, 1895

*Haminoea antillarum* (d'Orbigny, 1841)

Familia Bullidae Gray, 1827

*Bulla occidentalis* A. Adams, 1850

Familia Aglajidae Pilsbry, 1895

*Navanax gemmatus* (Mörch, 1863)

#### Clado **Sacoglossa** von Ihering, 1876

Familia Placobranchidae Gray, 1840

*Elysia crispata* Mörch, 1863

#### Clado **Aplysiomorpha** Pelseneer, 1906

Familia Aplysiidae Lamarck, 1809

*Aplysia fasciata* Poiret, 1789

*Aplysia dactylomela* Rang, 1828

#### Clado **Nudibranchia** Blainville, 1814

Familia Discodorididae Bergh, 1891

*Montereina branneri* (MacFarland, 1909)

Familia Aeolidiidae Gray, 1827

*Berghia* sp.

*Berghia* cf. *rissodominguezi* Muniain y Ortea, 1999

*Spurilla braziliana* MacFarland, 1909

Familia Facelinidae Bergh, 1889

*Phidiana lynceus* Bergh, 1867

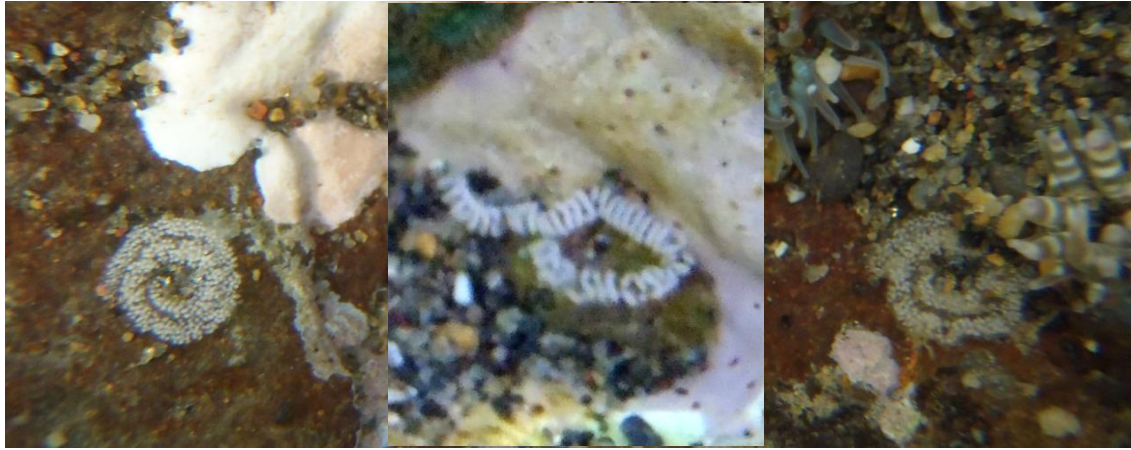


Figura 5. Diferentes puestas de huevos observadas durante los muestreos de octubre de 2012.

Durante los muestreos de noviembre de 2010 y de 2011, no se encontró ninguna especie de opistobranquio. En contraste, en el muestreo de marzo de 2011 se recolectaron 15 individuos de la misma especie *Aplysia fasciata*. Después, en el muestreo realizado en mayo del mismo año, se encontraron dos especies: *Aplysia fasciata* y *A. dactylomela*.

En julio del mismo año, se recolectaron tres especies, las dos mencionadas anteriormente y tres organismos de *Haminoea antillarum*. En el muestreo de agosto, se registró el mayor número de organismos y se agregaron a la lista dos especies más, *Spurilla braziliana* y *Bulla occidentalis* (Fig. 6).

En mayo de 2012, se recolectó un organismo en una muestra de alga que fue fijada *in situ* y revisada hasta el laboratorio de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) del Instituto de Biología de la UNAM, por lo que sus características externas como el color y la forma se deterioraron, debido a esto sólo se pudo identificar hasta género: *Berghia* sp. En agosto del mismo año se hallaron nuevamente *A. fasciata* y *A. dactylomela*.

Los dos últimos muestreos fueron los mejores, donde se encontraron un mayor número de especies en comparación a los ocho muestreos anteriores. Por medio de búsqueda errante, en octubre de 2012 se localizaron seis especies (*Navanax gemmatus*, *Montereina branneri*, *Elysia crispata*, *Phidiana lynceus*, *B. occidentalis* y *A. dactylomela*); la visibilidad en la zona, así como el tiempo fue muy favorable para su búsqueda. Finalmente, en noviembre de ese año, a pesar



de las condiciones climatológicas difíciles que se presentaron como el fuerte oleaje, la marea alta y la intensa lluvia, se encontraron cuatro especies vistas anteriormente [*H. antillarum*, *B. occidentalis*, *P. lynceus* y *S. braziliana* (organismo juvenil)] y una diferente (*Berghia cf. rissodominguezi*) (Fig. 6).

Se compararon ambos métodos de muestreo y se observó que con el directo se encuentra una mayor abundancia (148 individuos) que con el indirecto (17 individuos). A pesar de ello, con éste se recolectó una alta cantidad de especies (nueve especies) aunque fue menor en comparación con el método directo (15 especies) (Figs. 7 y 8).

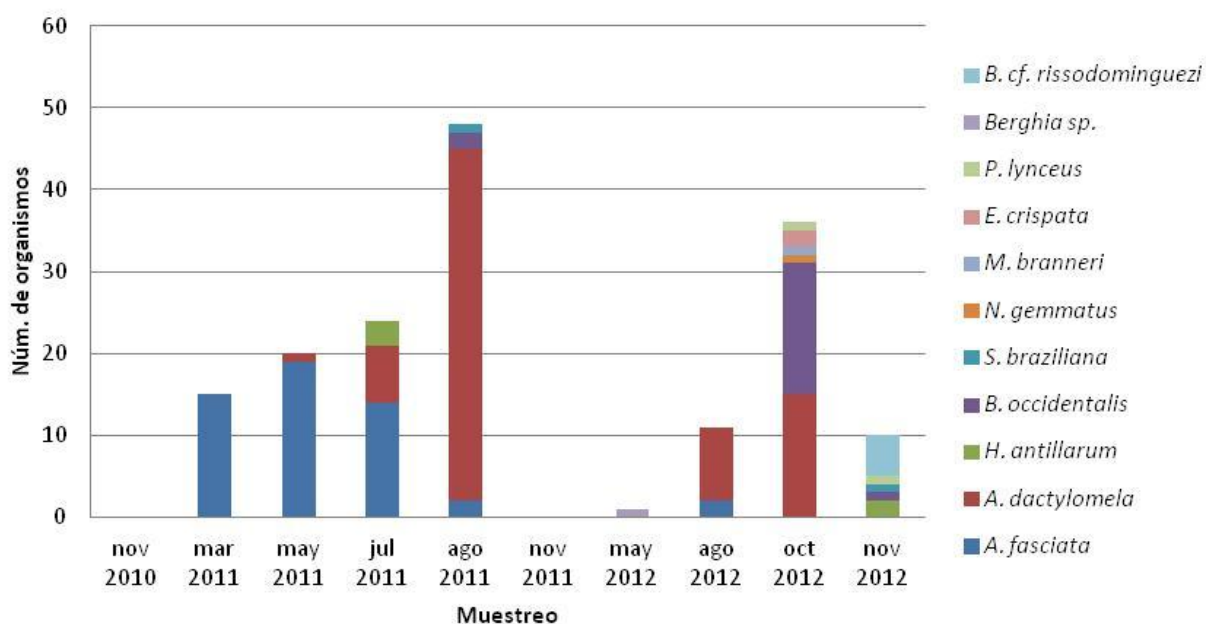


Figura 6. Abundancia absoluta de los organismos recolectados por especie en Montepío, Veracruz durante los meses de muestreo.

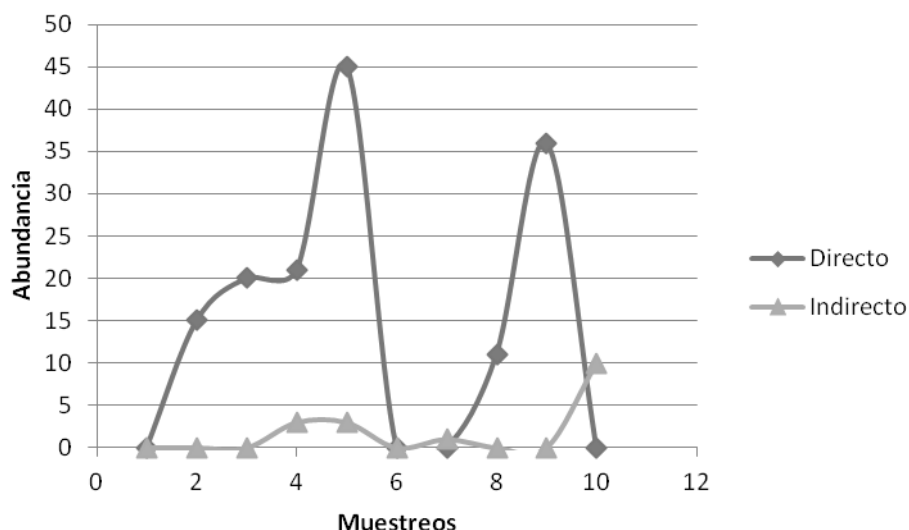


Figura 7. Comparación de la abundancia de organismos capturados para cada tipo de muestreo.

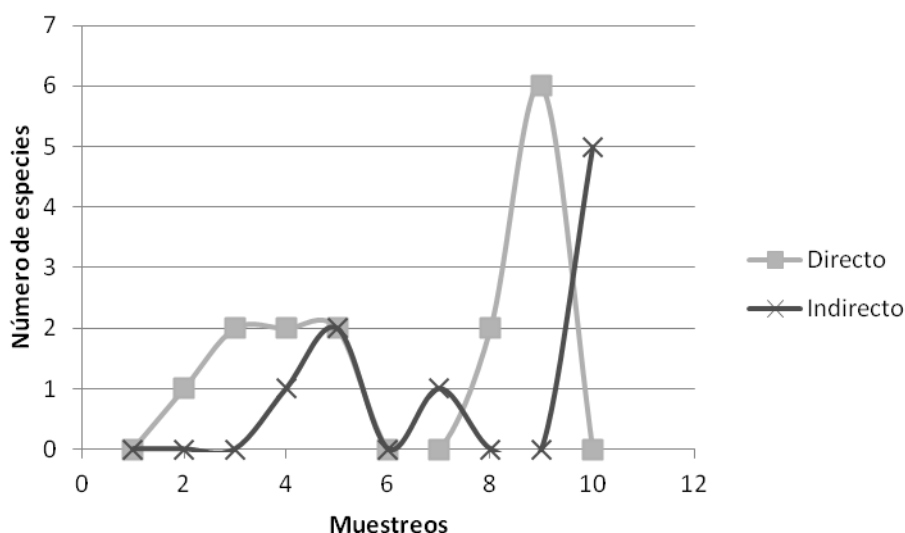


Figura 8. Comparación de la riqueza de especies colectada en cada tipo de muestreo.

La balanza utilizada no permitió registrar el peso de la mayoría de las especies debido a su tamaño reducido (con excepción de las especies de *Aplysia*), por lo que únicamente se midió la talla. Se encontró que julio es el mes en el que *A. dactylomela* y *A. fasciata* tienen el mayor tamaño, y por lo tanto el mayor peso, el cual fue de 13 cm y 51 g para la primera especie y de 14 cm y 69 g para la segunda.

## 7.2 Parámetros ecológicos de la comunidad

De las 11 especies encontradas, las de mayor abundancia fueron las dos especies de *Aplysia*, *A. dactylomela* con casi la mitad de los organismos observados (46%) y *A. fasciata* con 32%. *Bulla occidentalis* representó el 11%, seguida de *H. antillarum* y *B. cf. rissodominguezi* con un 3%, mientras que poco más del 1% fue para *S. braziliana*, *E. crispata* y *P. lynceus*. Finalmente, de *N. gemmatus*, *M. branneri* y *Berghia* sp. sólo se encontró un individuo por cada especie (0.6%) (Tabla 2). El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) resultante fue 2.997 bits/ind y el de Equidad ( $J'$ ) fue de 0.866 (Tabla 3).

Con la prueba no paramétrica de Olmstead-Tukey no se encontraron especies comunes en la zona de estudio y sólo se registraron dos especies indicadoras, *H. antillarum* y *B. cf. rissodominguezi*. La mayoría de las especies fueron raras (seis) y tres resultaron ser dominantes: las dos especies de *Aplysia* y *B. occidentalis* (Fig. 9).

Tabla 2. Cantidad de organismos recolectados para cada especie de opistobranquio en la localidad

Especie	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)
<i>A. dactylomela</i>	75	46.29
<i>A. fasciata</i>	52	32.09
<i>B. occidentalis</i>	19	11.72
<i>B.cf. rissodominguezi</i>	5	3.08
<i>H. antillarum</i>	5	3.08
<i>E. crispata</i>	2	1.23
<i>P. lynceus</i>	2	1.23
<i>S. braziliana</i>	2	1.23
<i>N. gemmatus</i>	1	0.61
<i>M. branneri</i>	1	0.61
<i>Berghia</i> sp.	1	0.61
<b>Total</b>	<b>165</b>	<b>101.78</b>

Tabla 3. Parámetros ecológicos de la comunidad de opistobranquios de Montepío

<b>Riqueza</b>	<b>11 especies</b>
<b><math>H'</math></b>	<b>2.997 bits/individuo</b>
<b><math>H'</math> máx</b>	<b>3.459</b>
<b><math>J'</math></b>	<b>0.866</b>

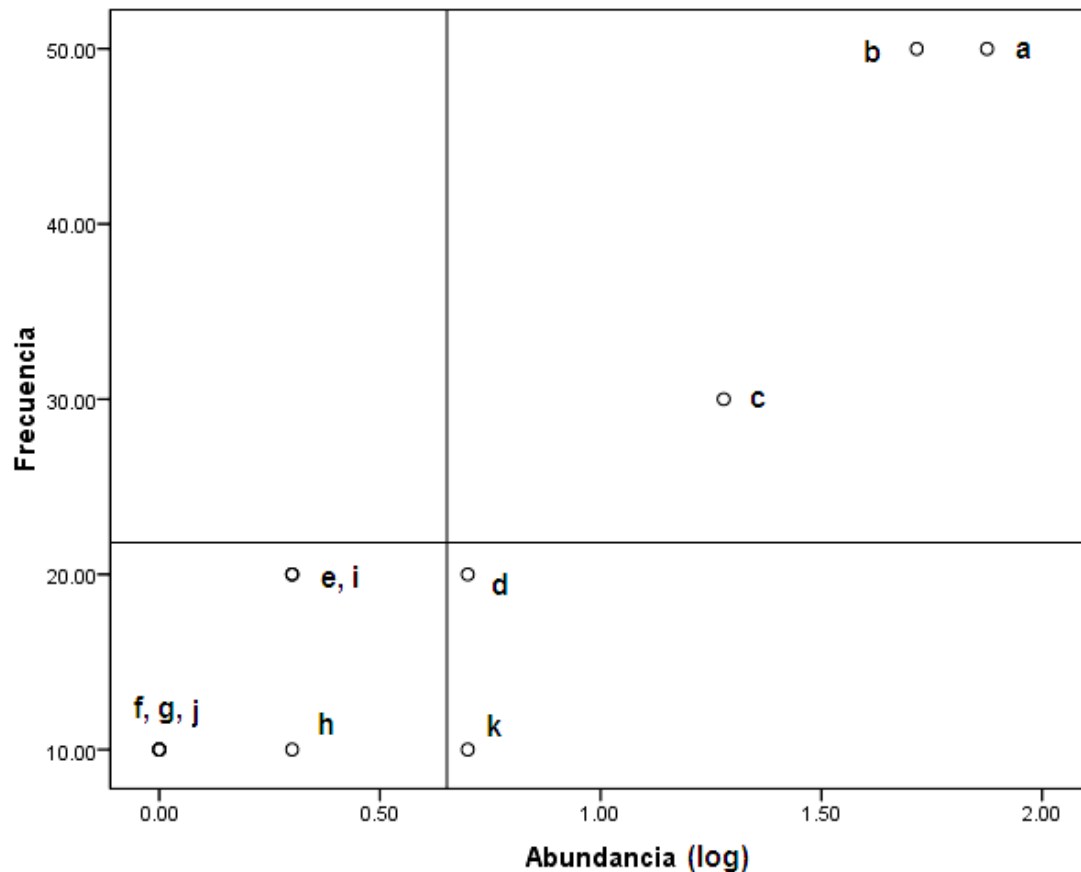


Figura 9. Prueba Olmstead-Tukey donde se aprecian (del cuadrante superior izquierdo y en sentido de las manecillas del reloj) las especies comunes, dominantes, indicadoras y raras. a) *A. fasciata*, b) *A. dactylomela*, c) *B. occidentalis*, d) *H. antillarum*, e) *S. braziliiana*, f) *N. gemmatus*, g) *M. branneri*, h) *E. crispata*, i) *P. lynceus*, j) *Berghia* sp., k) *B. cf. rissodominguezi*.

La curva de acumulación de especies con la extrapolación proveniente del programa EstimateS apunta que si se continuara muestreando, en el muestreo 20 aproximadamente se llegaría a una asíntota (Fig. 10). Esto significa que se alcanzaría el máximo número de especies, cuyo total sería 14 de acuerdo a las estimaciones aleatorias.

Se utilizó el indicador de riqueza Chao 1 para analizar si existían diferencias entre los resultados que daba cada uno. En la figura 11 se puede observar la gráfica, la cual estima un aproximado de 13 especies para la zona. Este parámetro se utilizó porque además de indicar qué especies hay, considera qué tantos organismos existen de cada una.

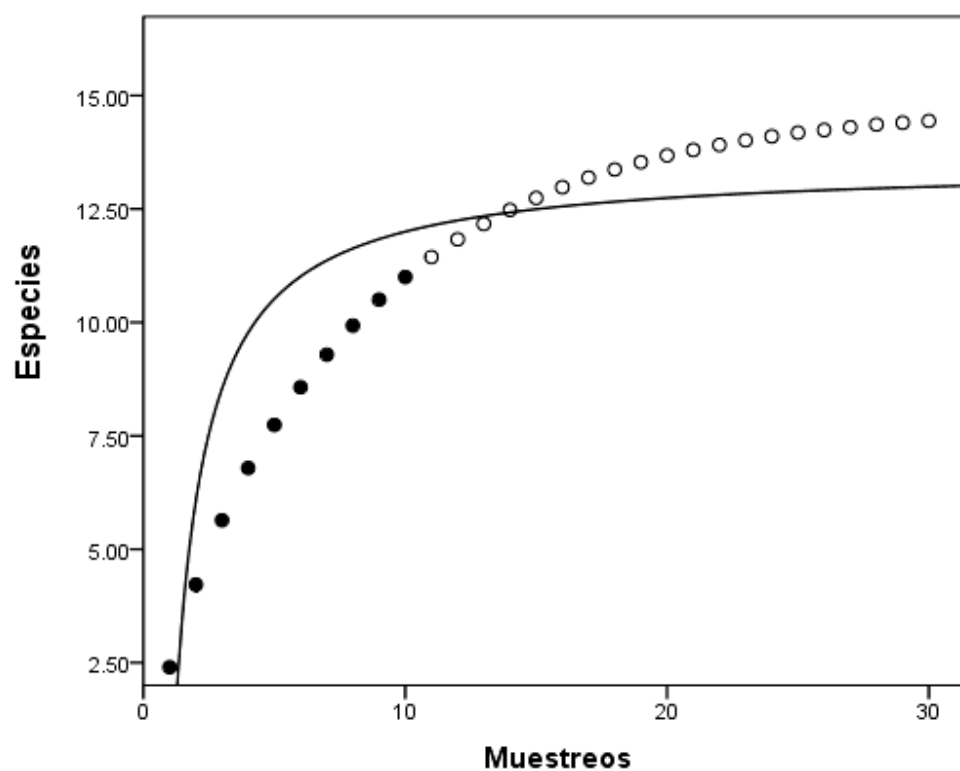


Figura 10. Curva de acumulación de especies extrapolada a 30 muestreos (*Puntos negros*: datos observados, *Puntos abiertos*: datos proyectados, *Línea*: función exponencial negativa ajustada).



Figura 11. Curva de la estimación de riqueza de especies de acuerdo con el parámetro Chao 1.

### 7.3 Estacionalidad

En la temporada de lluvias se encontró una mayor abundancia, seguido de la época de nortes y de secas. Por otro lado, durante el periodo de nortes, se encontró una mayor cantidad de especies, y la época de secas fue la de menor riqueza específica (Fig. 12).

*Aplysia dactylomela* fue la única especie que se presentó en las tres épocas del año; *A. fasciata*, *H. antillarum*, *B. occidentalis* y *N. gemmatus* se encontraron en dos temporadas y todas las restantes únicamente en una época (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia de las especies durante cada época.

Especie/ Temporada	nortes	secas	lluvias
<i>A. fasciata</i>	0	34	18
<i>A. dactylomela</i>	12	1	59
<i>B. occidentalis</i>	17	0	2
<i>H. antillarum</i>	2	0	3
<i>S. braziliana</i>	1	0	1
<i>N. gemmatus</i>	1	0	0
<i>M. branneri</i>	1	0	0
<i>E. crispata</i>	2	0	0
<i>P. lynceus</i>	2	0	0
<i>B. cf. rissodominguezi</i>	5	0	0
<i>Berghia</i> sp.	0	1	0

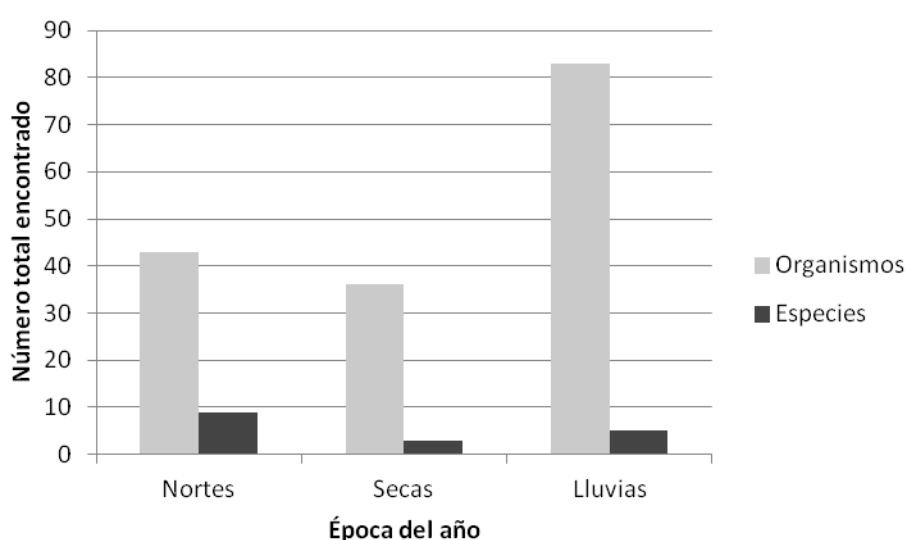


Figura 12. Riqueza específica y abundancia en las tres temporadas que se presentan en Montepío.

#### 7.4 Distribución en el sustrato

La mayor cantidad de individuos y de especies se encontraron sobre el sustrato de alga, después el sustrato más común fue el de roca y luego el de arena (Fig. 13). En todos los muestreos en los que se encontraron a ambas especies de *Aplysia* se les observó sobre arena, roca o alga, pero a *A. fasciata* se le llegó a encontrar nadando en diversas ocasiones (Fig. 13).

*Haminoea antillarum*, *B. occidentalis*, *B. cf. rissodominguezi*, *S. braziliana* y *Berghia* sp. fueron encontradas únicamente sobre algas colectadas de la zona de estudio. *Montereina branneri* y *N. gemmatus* fueron halladas sobre roca, en cambio, *P. lynceus* y *E. crispata* estaban sobre rocas cubiertas de alga (Fig. 13).

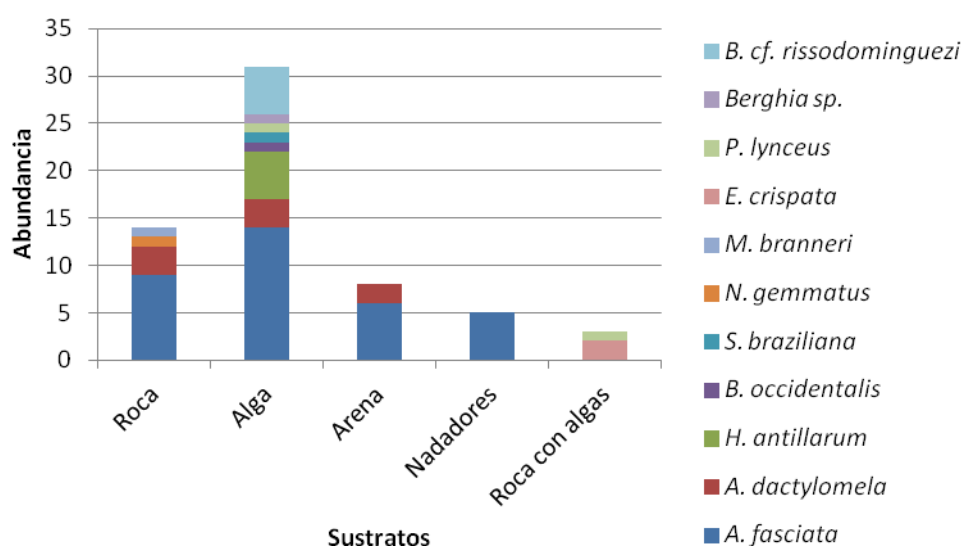


Figura 13. Sustratos en los que se encontró a las especies en la zona de estudio.

### 7.5 Distribución mundial

De las 11 especies, tres son registros nuevos para el estado de Veracruz: *Phidiana lynceus*, *Berghia cf. rissodominguezi* y *Berghia* sp. Además, *Berghia cf. rissodominguezi* y *Berghia* sp. se registran por primera vez en la costa mexicana del Atlántico.

La mayoría de las especies registradas en este trabajo presentan una distribución entre Florida y Brasil como se nota en la figura 14. La distribución detallada para cada especie se presenta en el Apéndice I y el análisis sobre las variaciones dependiendo la especie y su sinonimia se encuentra en la siguiente sección.

La especie con el mayor intervalo de distribución en el Atlántico oeste es *A. fasciata* ya que existen datos de su presencia desde Nueva Jersey hasta el sur de Brasil (Valdés *et al.*, 2006; Rosenberg, 2009). *Bulla occidentalis* es la siguiente, partiendo de Carolina del Norte hasta Uruguay; y finalmente, a *Berghia cf. rissodominguezi* se le puede encontrar desde Florida (a no más de 25° N) hasta Argentina (Valdés *et al.*, 2006; Rosenberg, 2009). En contraste, *Elysia crispata* es la especie con la distribución más estrecha, encontrándose a partir de Florida y terminando en Venezuela (Fig. 14). *Berghia* sp. no se representó en el mapa ya que la distribución del género causaría confusión y dicha representación no sería confiable.



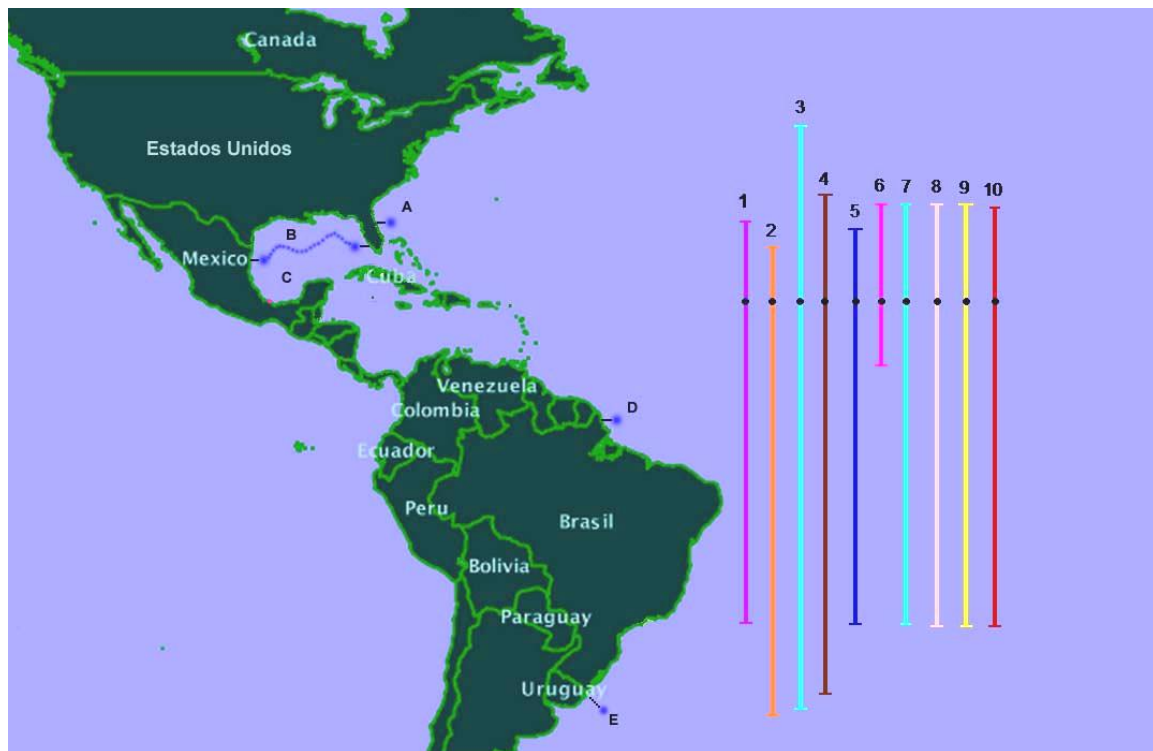


Figura 14. Representación de la distribución latitudinal de 10 de las especies encontradas: 1) *M. branneri*, 2) *B. cf. rissodominguezi*, 3) *A. fasciata*, 4) *B. occidentalis*, 5) *N. gemmatus*, 6) *E. crispata*, 7) *A. dactylomela*, 8) *S. braziliana*, 9) *P. lynceus*, 10) *H. antillarum*. Se señala de acuerdo con Briggs (1974), el término de la región Carolineana y el principio de la Caribeña en A; en azul el límite entre la provincia Carolineana (B) y Caribeña (C) dentro del Golfo de México; entre los puntos D (donde termina la Caribeña) y E se encuentra la región Brasileña.

## 8. Discusión

### 8.1 Diversidad de opistobranquios

De las 11 especies capturadas, todas son registros nuevos para la zona de Montepío; y para el estado de Veracruz, *Phidiana lynceus*, *Berghia cf. rissodominguezi* y *Berghia* sp. son registros nuevos. Entre los trabajos que mencionan moluscos gasterópodos para esta playa rocosa se encuentran los de Argüelles-Ticó *et al.* (2010) quienes trabajaron con la relación concha-hospedero del cangrejo ermitaño, así como Hernández-Álvarez y Álvarez (2007) y Hernández-Álvarez (2009) quienes analizaron la comunidad de crustáceos y lo compararon con otros grupos de invertebrados marinos.

Se verificaron las especies encontradas en este estudio con bases de datos [GBIF, Appeltans *et al.* (2012) y Rosenberg (2009)] con el fin de utilizar la información más reciente. Sin embargo, mientras este trabajo era realizado la taxonomía de algunas especies identificadas fue modificada.

En la literatura especializada se observaron diferencias al referirse a la misma especie. Ejemplo de ello son el caso de Rosenberg *et al.* (2009) que se refieren a *B. occidentalis* como una distinta de *Bulla striata* Bruguière, 1792, mientras consideran que *Aplysia brasiliiana* Rang, 1828 es la misma que *A. fasciata*.

Por medio de análisis moleculares, Malaquias y Reid (2008) sostienen que *B. occidentalis* es la misma especie que *B. striata*. También, con el mismo tipo de análisis, Medina *et al.* (2005) mencionan que *A. fasciata* y *A. brasiliiana* son sinónimos. Por su parte, Dayrat (2010) señala que *Discodoris evelinae* ahora debe ser llamada *Montereina branneri*, debido a características morfológicas.

Recientemente, Ornelas-Gatdula *et al.* (2012), analizaron molecularmente poblaciones de *Navanax aenigmaticus* (Bergh, 1893) provenientes de diferentes partes del mundo y encontraron que se divide en tres especies: una en el Atlántico oeste que es la reportada en este trabajo (*N. gemmatus*), otra en el Atlántico este *Navanax nyanyanus* (Edmunds, 1968) y por último la original *N. aenigmaticus* en el Pacífico este.

Actualmente, se considera que *Spurilla neapolitana* (delle Chiaje, 1841) únicamente se distribuye en el Atlántico este y el Mediterráneo, debido a análisis moleculares realizados por Carmona *et al.* (2013); por lo que la especie antes denominada *S. neapolitana* para el Atlántico oeste, ahora es *S. brasiliiana*.

Respecto a *Berghia* sp., no fue posible identificarla a nivel de especie con las características externas. La rádula de los aeolidáceos es muy similar y Behrens (1991) menciona que el utilizar esta estructura únicamente como herramienta para la identificación taxonómica no es recomendable, ya que pueden sobreponerse ciertas características y variaciones en la morfología dentro de una misma familia o género. Por lo anterior, esta herramienta

taxonómica no fue suficiente para determinarla y se sugieren estudios moleculares para su identificación confiable.

Son pocas las guías de babosas marinas para el Atlántico oeste (Zamora-Silva, 2002; Valdés *et al.*, 2006; García *et al.*, 2008) y casi nulas las claves para su identificación (Moore, 1964; Marcus, 1972; Zamora-Silva, 2002; Fernando y Kemp, 2007). Debido a los recientes cambios en la taxonomía, se sugiere realizar análisis moleculares para respaldar la identificación. Sin embargo, aún se considera de vital importancia registrar las características externas de los individuos vivos, ya que es una de las mejores vías para su identificación. Por ejemplo, a pesar de que resultados moleculares indican que *Aeolidiella stephaniae* Valdés, 2005 es muy cercana a una especie del género *Berghia* (Carmona *et al.*, 2013), las características morfológicas no permiten que sea considerada la misma especie, por lo que dichos análisis generaron únicamente un cambio en el género: *Berghia stephaniae* (Valdés, 2005).

El muestreo directo de opistobranquios es muy útil en especies detectables a simple vista; sin embargo, en este trabajo la mayoría de las especies fueron pequeñas (de 2.5 a 16 mm), por lo que el método indirecto es más recomendable. El esfuerzo suele ser mayor en el muestreo directo, es por ello que si se quiere realizar un inventario, se sugiere utilizar el indirecto, dependiendo de los objetivos que se quieran cumplir.

## 8.2 Parámetros ecológicos de la comunidad

En comparación con los estudios anteriores sobre opistobranquios en tres arrecifes del estado de Veracruz (Zamora-Silva *et al.*, 2002; Zamora-Silva, 2003; Ortigosa-Gutiérrez, 2005), este trabajo presenta una riqueza específica similar (11 especies). Los valores del índice de Shannon-Wiener de los arrecifes Ingeniero (Zamora-Silva *et al.*, 2002), La Gallega (Zamora-Silva, 2003) e Isla Verde (Ortigosa-Gutiérrez, 2005) fueron de 2.78 bits/ind, 1.87 bits/ind y 2.78 bits/ind respectivamente, lo que representa valores menores a los obtenidos en este estudio (2.99 bits/ind). Esto señala que Montepío, puede albergar una alta diversidad a pesar de ser un ambiente menos estable como lo es una playa rocosa.

Cabe añadir que el valor de diversidad máxima del arrecife La Gallega fue el más alto con 3.58 (Zamora-Silva, 2003), seguido de la playa rocosa de Montepío (3.45), el arrecife Isla Verde con 3.32 (Ortigosa-Gutiérrez, 2005) y por último el del arrecife Ingeniero con 3.00 (Zamora-Silva *et al.*, 2002). En contraste, la equidad en las poblaciones reportada por Zamora-Silva (2003) en La Gallega fue bastante baja (0.52) comparada con las otras dos comunidades arrecifales [0.92 para Ingeniero (Zamora-Silva *et al.*, 2002) y 0.83 para Isla Verde (Ortigosa-Gutiérrez, 2005)] y la zona rocosa de Montepío (0.86), que tuvieron valores muy similares entre sí.

El primer trabajo que abarca la ecología de opistobranquios en la costa mexicana del Atlántico es el de Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) que se realizó en un arrecife de Yucatán. En dicho estudio, la mayoría de las especies que encontraron fueron nudibranquios, lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo; además mencionan que la mayor diversidad y equidad, las presentó el conjunto de especies de la zona rocosa ( $H' = 3.05$ ,  $J' = 0.88$ ). Estos resultados son muy similares a lo que se encontró en la playa de Montepío, que tiene características parecidas por ser también un sustrato duro, aunque de diferente origen.

Tres de las 11 especies capturadas (27%), estuvieron representadas por sólo un individuo. Existen diversos reportes donde ha ocurrido lo mismo en sitios de Estados Unidos (Eyster, 1980), donde es común el tener un sólo organismo por especie de opistobranquio. Esto podría deberse a que es difícil encontrarlos por su talla pequeña y la coloración de camuflaje que en general tienen todos los opistobranquios, aún si se tienen buenas condiciones de muestreo; esta deficiencia trató de ser atenuada en este trabajo con el uso de muestreo indirecto

Montepío es una playa rocosa sujeta a cambios físicos muy marcados, como ocurre durante la época de secas, durante la cual se forman pozas de marea con aumentos drásticos de temperatura que pocas especies pueden tolerar. En contraste, durante la temporada de nortes se incrementa la intensidad del oleaje. A pesar de ello, se encontraron dos especies dominantes de *Aplysia* (aparte de *B. occidentalis*) (Fig. 9), probable consecuencia de que tienen un

amplio intervalo de distribución, alta fecundidad y una mayor capacidad para desplazarse en la zona (Zamora-Silva, 2003), lo que se reforzó al observar organismos de este género, nadando.

Zamora-Silva (2003) mencionó que el sustrato donde se encuentran las especies influye en los valores de la comunidad obtenidos. Hernández-Álvarez *et al.* (2010) indicaron que Montepío es una zona con alto recambio de especies y probablemente de sustratos, por lo que el área de estudio provee una gran variedad de microhábitats que pueden ser ocupados por especies raras, lo cual propicia una alta diversidad en la zona.

La extrapolación del programa EstimateS para calcular el total de especies (incluyendo aquellas que no se encontraron), utiliza como base el muestreo observado, es decir, 11 especies a lo largo de 10 muestreos. La extrapolación con dicho programa, puede subestimar la riqueza esperada de una muestra de comunidades muy diversas y por ello, si se aumentara el tamaño de muestreo, el valor resultante de los estimadores asintóticos de riqueza serían mayores (Colwell, 2013).

Como se pudo observar en los resultados (7.2), aún hay especies por encontrar en la playa rocosa de Montepío. Sin embargo, se llegó a un total cercano al estimado por los análisis estadísticos.

### 8.3 Estacionalidad

Montepío representa un ambiente cambiante, por lo que la riqueza específica suele ser baja mientras que la abundancia es alta (Hernández-Álvarez *et al.*, 2010). Este patrón fue observado en este estudio, ya que la mayor cantidad de organismos fue colectada durante la época de lluvias (julio y agosto) y en la temporada de nortes se registró más de la mitad de las especies encontradas, a pesar del intenso oleaje causado por los fuertes vientos, la lluvia y la marea alta que llega a presentarse en estos periodos (Fig. 12).

Las condiciones antes mencionadas pueden ser favorables para los opistobranquios, ya que por ejemplo Fernández y Jiménez (2006) encontraron en un litoral rocoso de Venezuela que los moluscos que más habitan este

ambiente son los gasterópodos. En su investigación, las especies herbívoras estaban presentes en la zona protegida del oleaje porque había más algas y por lo tanto, más alimento, mientras que las filtradoras y carnívoras predominaban en las zonas con el oleaje más fuerte; así que un factor que podría determinar la presencia de las especies en el caso de Montepío, es un oleaje intenso ya que la mayoría de las especies fueron carnívoras.

Debido a que las abundancias de las especies cambian dependiendo de la temporada del año (Zamora-Silva, 2003), se esperaba una menor diversidad en la época de nortes o al menos, un contraste más marcado en el número de especies. Durante dos muestreos, ambos en el mes de noviembre (2010 y 2011), no se localizó ningún organismo (Fig. 6). Sin embargo, en otros dos muestreos también en la época de nortes (oct. y nov.), se obtuvo la mayor riqueza de especies. Esto probablemente se debió a cambios estructurales de la zona, ya que en esta época se genera un recambio total de especies como pudieron observar Hernández-Álvarez *et al.* (2010) en la comunidad de crustáceos.

Las especies de *Aplysia* fueron las más abundantes durante los meses de marzo a agosto (Fig. 6). Estos resultados concuerdan con lo encontrado en trabajos anteriores (DiMateo, 1991, Angeloni, 1999 en Zamora-Silva, 2003; Ortigosa-Gutiérrez, 2005) donde se indica que de enero a agosto se les suele encontrar en gran cantidad ya que es la época en la que se reproducen y hay mayor cantidad de vegetación por las lluvias (de la que se alimentan y protegen). En contraste, disminuye de agosto a diciembre (Ortigosa-Gutiérrez, 2005) ya que los nortes generan un fuerte oleaje que provoca una remoción de sustratos algales y diversidad que la habita.

Zamora-Silva (2003) menciona que los registros de *E. crispata* en su mayoría, se presentan durante la época de secas, porque hay una mayor claridad del agua que ayuda para que las algas fotosintéticas que tienen en el manto realicen esta actividad. Sin embargo, en nuestros muestreos sólo se encontró en la temporada de nortes. Por otro lado Ortigosa-Gutiérrez (2005) reporta para *E. crispata* y *B. occidentalis* las mayores abundancias durante la época de lluvias y nortes (septiembre, octubre y noviembre), y las menores en

secas (abril y mayo), lo que concuerda con los resultados obtenidos en Montepío. Debido a que la primera especie presentó una abundancia muy baja, no hay certeza de que lo anterior tenga relación con la estacionalidad, pero es un dato importante a tener en cuenta.

El estudio de los ciclos reproductivos de las especies ayudaría a entender el cambio en la cantidad de individuos encontrados en las diferentes temporadas (Ortigosa-Gutiérrez, 2005). La mayoría de los opistobranquios viven menos de un año (Beesley *et al.*, 1998), así que como se observó en la zona de estudio, no es raro encontrarlos sólo en una temporada del año (Tabla 4). Además, la mayor abundancia de nudibranquios ocurre en época reproductiva (Eyster, 1980).

Es difícil afirmar algo con respecto a la mayoría de las demás especies ya que se encontraron muy pocos organismos, lo cual pudo no ser causado por la temporada de recolecta, si no por la dificultad para muestrear en campo debido a las condiciones climatológicas. A pesar de lo anterior, Zamora-Silva (2003) sostiene que podrían ser abundantes en los periodos con mayor sustrato disponible (algas en la mayoría de los casos) como es la temporada de lluvias.

#### 8.4 Distribución en el sustrato

Se observó a la mayoría de los opistobranquios en algas (aunque el 46% de las especies encontradas son herbívoras) ya que el sustrato no sólo es una fuente directa de alimento para estos organismos, también provee un espacio de protección o refugio contra depredadores y buenas condiciones para crecer y reproducirse (Zamora-Silva, 2003; Ortigosa-Gutiérrez, 2005; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2012).

El ambiente en la playa rocosa de Montepío es muy inestable, estar en la arena es un riesgo para los individuos, ya que el fuerte oleaje puede remover dicho sustrato. Debido a esto, las únicas especies que se encontraron ahí son las de mayor tamaño (*Aplysia*) y los cefalaspídeos que se entierran en ella. Por otro lado, esta zona está llena de espacios disponibles en la roca basáltica para organismos de talla pequeña, es por ello que el segundo sustrato más usado fue el de roca (Fig. 13).

Como se ha visto en estudios anteriores (Ortigosa-Gutiérrez, 2005; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2012; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012), las especies de *Aplysia* presentaron una mayor distribución en los diferentes sustratos, encontrándose en más de la mitad de los mismos. *Aplysia fasciata* fue observada en muchas ocasiones nadando, por lo que su gran actividad podría justificar el hecho de encontrarla en todos los sustratos.

*Elysia crispata* abarca una amplia variedad de sustratos (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2012; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012). En la zona de estudio se le encontró sobre sustrato duro con alga, lo que respalda los resultados de Zamora-Silva (2003) quien la observó en coral muerto y Ortigosa-Gutiérrez (2005) quien la encontró mayoritariamente sobre alga.

Se ha mencionado que *S. braziliana* se alimenta de anémonas del género *Aiptasia* (Valdés *et al.*, 2006) y es abundante sobre fragmentos de coral (Ortigosa-Gutiérrez, 2005). En el área de estudio no se ha encontrado hasta el momento, alguna especie del género *Aiptasia* o de su familia (Vassallo *et al.*, enviado), así que en esta playa rocosa debe alimentarse de otros tipos de anémona como mencionan Sanvicente-Añorve *et al.* (2012).

*Bulla occidentalis* como muchas especies de cefalaspídeos con concha, suele habitar los fondos arenosos. Únicamente se observó uno de estos individuos vivos y los demás fueron conchas sobre arena. Probablemente no se pudieron observar más organismos vivos debido a su actividad nocturna (Ortigosa-Gutiérrez, 2005) y a que no se hicieron muestreos nocturnos ni se buscó dentro del sustrato arenoso, sólo sobre éste.

Se ha reportado a *N. gemmatus* en fragmentos de coral, alga, pastos marinos e incluso arena (Zamora-Silva, 2003; Ortigosa-Gutiérrez, 2005; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2012; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012). En la playa rocosa de Montepío el sustrato en el que se encontró con mayor frecuencia fue el rocoso. La gran diversidad de sustratos que utiliza esta especie puede estar relacionado con el hábitat de sus presas (platelmintos y opistobranquios).

A las especies *P. lynceus*, *M. branneri* y *B. rissodominguezi* se les ha reportado bajo rocas o sobre sustratos duros como corales (Valdés *et al.*, 2006,



Sanvicente-Añorve *et al.*, 2012; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012), y en Montepío, se les encontró sobre roca con algas, roca y alga, respectivamente. El tamaño (máximo de 110 mm) y forma de *M. branneri* le puede permitir el estar expuesta a la fuerza del oleaje que recibe el área rocosa. Sin embargo, tener el tamaño de las otras dos especies y estar en un sustrato relativamente liso, significaría probablemente ser removida de su lugar; es por ello entendible que se les haya observado en algas, las cuales les sirven de refugio y protección ante las condiciones físicas del lugar.

### 8.5 Distribución mundial

Briggs (1974) propuso diferentes ecoregiones marinas para el Atlántico, por lo que al considerar su clasificación, todas las especies encontradas en este trabajo tienen presencia en aguas templadas (región carolineana) [a excepción de *B. rissodominguezi*] y tropicales (región caribeña y región brasileña). Debido a que Montepío se encuentra dentro del Golfo de México, se analizará con mayor énfasis la relación de la distribución de especies en las provincias carolineana y caribeña que dividen dicho golfo.

En el caso de especies que cambiaron de nombre (8.1), se consideraron las distribuciones de ambos sinónimos para hacer la representación en el mapa siempre y cuando estuvieran en el Atlántico oeste.

Las especies registradas en la playa rocosa estudiada tienen, en general, áreas de distribución con una amplia extensión latitudinal. En conjunto, su distribución fue preferentemente caribeña, pero también se encuentran especies con afinidad carolineana (a excepción de *B. cf. rissodominguezi*) y brasileña (con excepción de *E. crispata*).

Los inventarios de opistobranquios que se han realizado en la costa oeste de nuestro país suelen tener un mayor número de especies (Behrens, 1991; Hermosillo, 2006). La diversidad específica en el Pacífico suele ser mayor que en el Atlántico (Nybakken, 2001), lo que puede deberse a que durante las eras de glaciación, los glaciares limpiaron la costa del Atlántico, causando gran extinción de los organismos de la zona rocosa intermareal. La ausencia de

sustratos adecuados, impidió que las poblaciones emigraran hacia el sur. Se ha sugerido que debido a que los glaciares retrocedieron hace sólo de 10 a 20 mil años, no ha habido tiempo suficiente para su especiación (Nybakken, 2001).

Montepío comparte especies con el Caribe probablemente por patrones oceanográficos, ya que la corriente de Yucatán llega al Golfo de México para convertirse en la corriente del Lazo (Monreal-Gómez *et al.*, 2005), y probablemente arrastra un amplio grupo de especies que pueden distribuirse hasta Brasil (Briggs, 1974).

Dentro del Golfo de México, las especies tropicales que se registran en latitudes mayores pudieron llegar a través de un corredor creado por la inundación de Florida en el periodo interglacial del Pleistoceno, cuya consecuencia sería un flujo de especies de clima cálido y templado en ambas direcciones (Briggs, 1974).

Se han realizado algunos estudios sobre distribución y biogeografía de opistobranquios en el océano Atlántico (Franz, 1970; Eyster, 1980; García *et al.*, 2007; Ortigosa-Gutiérrez, 2009). García y Bertsch (2009) hicieron una revisión de todas las especies presentes en este océano (1,066) y realizaron una comparación biogeográfica de las mismas, donde observaron un incremento en la diversidad de los polos hacia los trópicos.

En el Atlántico noroeste las temperaturas pueden ser de 0° a 25 °C (Franz, 1970), y son pocos los organismos que pueden tolerar cambios tan grandes; es por ello que se suele observar una mayor diversidad hacia latitudes menores (García y Bertsch, 2009), donde disminuye la desestabilidad térmica (Franz, 1970). La capacidad de dispersión de una especie se debe a la disponibilidad de alimento y a las corrientes superficiales; o en el caso de los opistobranquios, puede ser por la temperatura, que llega a limitar la distribución latitudinal de especies bentónicas (García y Bertsch, 2009).

## 9. Conclusiones

Se encontró un total de 165 individuos y 11 especies de opistobranquios bénticos en la playa rocosa de Montepío, Veracruz.

De las 11 especies, tres son registros nuevos para el estado de Veracruz: *Phidiana lynceus*, *Berghia cf. rissodominguezi* y *Berghia sp.* *Berghia cf. rissodominguezi* y *Berghia sp.* se registran por primera vez en la costa mexicana del Atlántico.

La comunidad presentó una diversidad de 2.997 bits/ind y una equidad de 0.886, lo cual concuerda con otros estudios de opistobranquios para el Golfo de México.

Se calculó (por estimadores de riqueza y extrapolación) un total de 13 y 14 especies para la zona, por lo que la riqueza específica encontrada durante este estudio estuvo cerca de alcanzar el máximo estimado.

Las especies de mayor abundancia y dominantes fueron *Aplysia fasciata*, *Aplysia dactylomela* y *Bulla occidentalis*. El 54% de las especies encontradas fueron raras.

Durante la época de lluvias, se registró la mayor abundancia, en la temporada de nortes se encontró más de la mitad de las especies (53%); mientras que en la época de secas la cantidad de organismos y riqueza específica fue menor.

Es muy probable que todos los opistobranquios obtenidos durante este estudio se refugien en las algas, ya que el 46% de las especies encontradas son herbívoras y el resto (54%) son carnívoras.

*Aplysia fasciata*, *Bulla occidentalis* y *Berghia cf. rissodominguezi* fueron las especies con el mayor intervalo de distribución en el Atlántico oeste y *Elysia crispata* es la especie con la distribución más estrecha. Se notó que las especies presentes en Montepío tenían una distribución preferentemente caribeña, sin embargo, todas ellas también penetran al sur de la región carolineana (a excepción de *B. cf. rissodominguezi*) y en la provincia brasileña (a excepción de *E. crispata*).

Durante el desarrollo de este trabajo se hallaron especies nunca antes registradas en la costa mexicana del Atlántico; sin embargo faltan muchos ambientes por explorar. Es necesario realizar inventarios para conocer nuestros recursos y la condición en que se encuentran, para poder aprovecharlos de una manera adecuada y conservarlos junto con el ecosistema marino.

## Literatura Citada

- Angeloni, L., Bradbury, J. y Chaine, A. 1999. Growth, seasonality and dispersion of population of *Aplysia vaccaria* Winkler, 1955. *The Veliger*. 42 (1): 1-9
- Argüelles-Ticó, A., Álvarez, F. y Alcaraz, G. 2010. Shell utilization by the hermit crab *Clibanarius antillensis* Stimpson, 1862 (Crustacea: Anomura) in intertidal rocky pools at Montepio, Veracruz, Mexico. *Tropical Zoology*. 23: 63-73
- Appeltans, W., Bouchet, P., Boxshall, G. A., De Broyer, C., de Voogd, N. J., Gordon, D. P., Hoeksema, B. W., Horton, T., Kennedy, M., Mees, J., Poore, G. C. B., Read, G., Stöhr, S., Walter, T. C. y Costello, M. J. (eds.) 2012. *World Register of Marine Species*. [Disponible en <http://www.marinespecies.org>. Consultado por última vez: 29/03/2013]
- Beesley, P. L., Ross, G. J. B. y Wells, A. 1998. *Mollusca: The southern synthesis. Fauna of Australia*. Vol. 5. CSIRO Pub, Melbourne. 565-1234 p.
- Begon, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L. 2005. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Pub, Oxford. 758 p.
- Behrens, D. 1991. *Pacific Coast Nudibranch: A guide to the opisthobranchs from Alaska to Baja California*. Sea Challengers. 107 p.
- Bidgrain, P. 2013. *South-west Indian Ocean Seaslugs site*. [Disponible en [http://seaslugs.free.fr/nudibranche/a\\_intro.htm](http://seaslugs.free.fr/nudibranche/a_intro.htm). Consultado por última vez: 03/05/2013]
- Bouchet, P., Rocroi, J. P., Fryda, J., Hausdorf, B., Ponder, W., Valdés, A. y Warén, A. 2005. *Classification and nomenclator of gastropod families. Malacologia: International Journal of Malacology*. 47 (1-2): 1-397
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. Mc Graw-Hill, E. U. A. 475 p.
- Brusca, R. C. y Brusca, G. J. 2003. *Invertebrates*. Sinauer, E. U. A. 936 p.
- Carmona, L. Pola, M., Gosliner, T. y Cervera, J. L. 2013. A tale that morphology fails to tell: A molecular phylogeny of Aeolidiidae (Aeolidida, Nudibranchia, Gastropoda). *PLoS ONE*. 8 (5): e63000.
- Colwell, R. K. 2013. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9. Disponible en: [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)
- Day, J. W., Díaz de León, A., González Sansón, G., Moreno Casasola, P. y Yañez Arancibia, A. 2005. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México (Resumen ejecutivo)*. In: Caso, M, Pistanty, I y Excurra, E. (Eds.) Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT, INE. México, D.F. 627 p.

- Dayrat, B. 2010. A monographic revision of basal discodorid sea slugs (Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia: Doridina). *Proceedings of the California Academy of Sciences*. 61 (4): 1-403.
- DiMateo, T. 1991. Investigation into interspecific encounters of the sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828. *The Veliger*. 24 (1): 72-75
- Duffy, J. E. 2006. Marine ecosystem services. In: Cleveland, C. J. (Ed.) *Encyclopedia of Earth*. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. Washington, D.C. [Disponible en [http://www.eoearth.org/article/Marine\\_ecosystem\\_services](http://www.eoearth.org/article/Marine_ecosystem_services). Consultado por última vez 26/03/2013]
- Eyster, L. S. 1980. Distribution and reproduction of shell-less opisthobranchs from South Carolina. *Bulletin of Marine Science*. 30 (3): 580-599
- Fernández-Álamo, M. 2007. Phylum Mollusca. In: Fernández-Álamo, M. y Rivas, F. *Niveles de organización en animales*. Las prensas de ciencias, México. 432 p.
- Fernández, J. y Jiménez, M. 2006. Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 54 (3): 121-130
- Fernando, A. V. y Kemp, P. S. Jr. 2007. A key to the benthic shell-less opisthobranch gastropods of North Carolina. *Journal of the North Carolina Academy of Science*. 123 (4): 233-241
- Franz, D. R. 1970. Zoogeography of northwest Atlantic opisthobranch molluscs. *Marine Biology*. 7: 171-180
- García, F. J., Domínguez, M. y Troncoso, J. S. 2007. Biogeographic considerations of the Opisthobranchia (Mollusca: Gastropoda) fauna from the Brazilian littoral and nearby areas. *Bonner zoologische Beiträge*. 55: 203-222
- García, F. J., Domínguez, M. y Troncoso, J. S. 2008. *Opistobranquios de Brasil. Descripción y distribución de opistobranquios del litoral de Brasil y del Archipiélago Fernando de Noronha*. Feito, España. 215 p.
- García, F. J. y Bertsch, H. 2009. Diversity and distribution of the Gastropoda Opisthobranchia from the Atlantic Ocean: A global biogeographic approach. *Scientia Marina*. 73 (1): 153-160
- Global Biodiversity Information Facility. [Disponible en <http://data.gbif.org/welcome.htm>. Consultado por última vez 1/04/2013]
- González-Soriano, E., Dirzo, R. y Vogt, R. C. (Eds.) 1997. *Historia natural de Los Tuxtlas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 647 p.

- Hermosillo, A. 2006. Ecología de los opisthobranchios (Mollusca) de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. *Tesis doctoral*. Universidad de Guadalajara. 151 p.
- Heywood, V. H. (Ed.) 1995. *The global biodiversity assessment*. United Nations Environment Programme. Cambridge University Press, Cambridge. 1140 p.
- Hernández-Álvarez, M. C. 2009. Estructura de la comunidad carcinológica y reclutamiento en sustrato duro, en Veracruz, México. *Tesis doctoral*. Universidad Nacional Autónoma de México. 111 p.
- Hernández-Álvarez, C. y Álvarez, F. 2007. Changes in the crustacean community of a tropical rocky intertidal shore: is there a pattern? *Hidrobiológica*. 17(1): 25-34
- Hernández-Álvarez, C., Álvarez, F. y Villalobos, J. L. 2010. Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81: 141-151
- INEGI, 2011. *Mapa Digital de México V5.0*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [Disponible en [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Consultado por última vez 25/02/2013]
- Khanna, D. R. y Yadav, P. R. 2004. *Biology of Mollusca*. Discovery Publishing House, Nueva Delhi. 336 p.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Benjamin/Cummings, E. U. A. 620 p.
- Lara-Lara, J. R., Arenas, V., Bazán, C., Díaz, V., Escobar, E., García, M., Gaxiola, G., Robles, G., Sosa, R., Soto, L. A., Tapia, M., y Valdez-Holguín, J. E. 2008. Los ecosistemas marinos. 135-159 p. In: Conabio, 2008. *Capital natural de México*, Vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México.
- Ludwig, A. J. y Reynolds, J. F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley y Sons, E. U. A. 377 p.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Oxford. 256 p.
- Malaquias, M. A. y Reid, D. G. 2008. Systematic revisión of the living species of Bullidae (Mollusca: Gastropoda: Cephalaspidea), with a molecular phylogenetic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 153: 453-543
- Marcus, E. 1972. On the Anaspidea (Gastropoda: Opisthobranchia) of the warm waters of the western Atlantic. *Bulletin of Marine Science*. 22(4): 841-874
- Medina, M., Collins, T. y Walsh, P. J. 2005. Phylogeny of sea hares in the *Aplysia* clade based on Mitochondrial DNA sequence data. *Bulletin of Marine Science*. 76 (3): 691-698

- Monreal-Gómez, M. A., Salas-de-León, D. A. y Velasco-Mendoza, H. 2005. *La hidrodinámica del Golfo de México*. In: Caso, M, Pisanty, I. y Excurra, E. (Eds.) Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT, INE. México, D.F. 627 p.
- Moore, G. M. 1964. Phylum Mollusca, shell-less Opisthobranchia. In: Smith, R. I. (Ed.) *Keys to marine invertebrates of the Woods Hole Region*. Marine Biological Laboratory, Woods Hole, E. U. A. 208 p.
- Moretzsohn, F., Tunnell Jr., J. W., Lyons, W. G., Baqueiro Cárdenas, E. B., Barrera, N., Espinosa, J., García, E. F., Ortea, J. y Reguero, M. 2009. *Mollusca: Introduction*. 559-564 p. In: Felder, D. L. y Camp, D. K. 2009. Gulf of Mexico. Origin, waters and biota. Vol. 1. Biodiversity. Texas A&M University Press, E. U. A. 1 393 p.
- Norse, E. A., Rosenbaum, K. L., Wilcove, D. S., Wilcox, B. A., Romme, W. H., Johnston, D. W. y Stout, M. L. 1986. *Conserving biological diversity in our national forests*. The Wilderness Society. E. U. A. 116 p.
- Nybakken, J. W. 2001. *Marine biology, an ecological approach*. Benjamin Cummings, E. U. A. 516 p.
- Ornelas-Gatdula, E., Camacho-García, Y., Schrödl, M., Padula, V., Hooker, Y., Gosliner, T. y Valdés, A. 2012. Molecular systematics of the "*Navanax aenigmaticus*" species complex (Mollusca, Cephalaspidea): coming full circle. *Zoologica Scripta*. 41 (4): 374-385
- Ortigosa-Gutiérrez, J. D. 2005. Riqueza y distribución de opistobranquios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver. *Tesis profesional*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 54 p.
- Ortigosa-Gutiérrez, J. D. 2009. Biogeografía de moluscos opistobranquios de Yucatán, México. *Tesis de Maestría*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 97 p.
- Ortigosa, J. 2010. La cleptoplastia. *Cienciorama*. [Disponible en: [http://www.cienciorama.ccadet.unam.mx/articulos\\_extensos/188\\_extenso.pdf](http://www.cienciorama.ccadet.unam.mx/articulos_extensos/188_extenso.pdf). Consultado por última vez: 15/05/2013]
- Ortigosa, D., Simoes, N. y Calado, G. 2013. Seaslugs (Mollusca: Opisthobranchia) from Campeche bank, Yucatan peninsula, Mexico. *Thalassas*. 29 (1): 59-75
- Pielou, E. C. 1966. Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and misuse. *American Naturalist*. 100: 463- 465
- Rosenberg, G. 2009. *Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca* [Disponible en <http://www.malacolog.org/>. Consultado por última vez 28/02/2013]
- Rosenberg, G., Moretzsohn, F. y García, E. F. 2009. *Gastropoda (Mollusca) of the Gulf of Mexico*. 579-700 p. In: Felder, D. L. y D. K. Camp. 2009. Gulf



of Mexico. Origin, waters and biota. Vol. 1. Biodiversity. Texas A&M University Press, E. U. A. 1 393 p.

Sanvicente-Añorve, L., Hermoso-Salazar, M., Ortigosa, J., Solís-Weiss, V. y Lemus-Santana, E. 2012. Opisthobranch assemblages from a Coral reef system: the role of habitat type and food availability. *Bulletin of Marine Science*. 88 (4): 1061-1074

Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y de la Maza, J. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 100 p.

Sturm, C. F., Pearce, T. A. y Valdés, A. 2006. *The Mollusks: A guide to their study, collection, and preservation*. American Malacological Society, E. U. A. 445 p.

SPSS Inc. 2007. *SPSS for Windows, Version 16.0*. Chicago, SPSS Inc.

Valdés, A., Hamann, J., Behrens, D. W., y DuPont, A. 2006. *Caribbean sea slugs. A field guide to the opisthobranch mollusks from the tropical northwestern Atlantic*. Sea Challengers Natural History Books, E.U.A. 289 p.

Vassallo, A., Dávila, Y., Luviano, N., Amozurrutia, S. D., Vital, X. G., Conejeros, C. A., Vázquez, L. y Alvarez, F. Enviado. Inventario total de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz. *Ciencia y Mar*.

Vaught, C. K. 1989. *A classification of the living mollusca*. American Malacologists, E. U. A. 195 p.

Wägele, H. y Klussmann-Kolb, A. 2005. Opisthobranchia (Mollusca, Gastropoda) more than just slimy slugs. Shell reduction and its implications on defence and foraging. *Frontiers in Zoology*. 2: 1-18

Zamora-Silva, B. A. 2003. Opistobranquios bénticos de La Gallega, Veracruz, México. *Tesis profesional*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 110 p.

Zamora-Silva, B. A., Cruz, F. y Reguero, M. 2002. Opistobranquios bénticos de Punta Mocambo, Veracruz, México. *Abstracts 49 Annual Meeting of the South Western Association of Naturalist*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 47 p.

Zamora-Silva, A. y Naranjo-García, E. 2008. Los opistobranquios de la Colección Nacional de Moluscos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 333-342

Zamora-Silva, A. y Ortigosa, D. 2012. Nuevos registros de opistobranquios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 359-369

## Apéndice I

### Descripción de las Especies<sup>1</sup>

*Haminoea antillarum* (d'Orbigny, 1841)

**Cephalaspidea**

Haminoeidae

#### Sinonimia:

*Bulla antillarum* d'Orbigny, 1841

*Bulla cerina* Menke, 1853

*Haminoea guadaloupensis* Sowerby II, 1868

*Haminoea antillarum* Rosenberg *et al.*, 2009



Cuerpo gris traslúcido con concentraciones densas de pigmento negro, opaco con puntos blancos y zonas naranjas en todo el cuerpo, los puntos naranjas son visibles a través de la concha. El cuerpo es amplio, con un escudo cefálico amplio y corto. Tentáculos laterales bien definidos. Los parapodios cubren únicamente el extremo anterior de la concha. El extremo posterior del pie es muy amplio y redondeado. La concha es traslúcida, frágil, sin ornamentaciones visibles, excepto por las líneas de crecimiento.

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida, Texas, E.U.A.; Golfo de México; Honduras, Colombia, Panamá, Venezuela y Brasil. Islas del Caribe.

**Tamaño:** Máximo 40 mm

**Alimentación:** Herbívoro

**Profundidad:** 0-3 m

**Sustrato:** Alga

**Registros previos en el Golfo de México:** Rosenberg *et al.* (2009). Veracruz: Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013)

---

<sup>1</sup> Todas las diagnósis provienen de Valdés *et al.* (2006), de lo contrario se indica. Las fotografías fueron tomadas por la autora, con excepción de *H. antillarum* tomada por Gustavo Tapia.

*Bulla occidentalis* A. Adams, 1850

Cephalaspidea

Bullidae

Sinonimia:

*Bulla striata* Bruguière, 1792

*Bulla umbilicata* Röding, 1798

*Bulla occidentalis* A. Adams, 1850

*Bulla rubiginosa* Gould, 1852

*Bulla nux* Menke, 1853

*Bulla sulcata* Menke, 1853

*Bulla occidentalis* Malaquias y Reid, 2008



Color gris traslúcido con diversos puntos blancos y café opacos en la cabeza y en los parapodios. Los parapodios y los tentáculos suelen ser cortos. La concha es ovalada, es más amplia en medio con ambos extremos redondeados y líneas espirales cerca de ellos. La concha es de diversos tonos de café, con puntos o parches de color café oscuro y blanco.

**Distribución:** Atlántico Oeste: Carolina del Norte, Florida, Texas, E.U.A.; Golfo de México; Honduras, Panamá, Colombia, Venezuela y Uruguay. Islas del Caribe.

**Tamaño:** Máximo 50 mm

**Alimentación:** Herbívoro

**Sustrato:** Alga

**Profundidad:** 0-81 m (vivo de 0-15 m)

**Observaciones:** A través de análisis moleculares, Malaquias y Reid (2008) sostienen que *B. occidentalis* es la misma especie que *B. striata*.

**Registros previos en el Golfo de México:** Como *B. striata*: Rosenberg *et al.* (2009). Como *B. striata*: Veracruz: Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) y como *B. occidentalis*: Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Como *B. occidentalis*: Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013)

## *Navanax gemmatus* (Mörch, 1863)

Cephalaspidea

Aglajidae

### Sinonimia:

*Doridium gemmatum* Mörch, 1863

*Doridium punctilucens* Bergh, 1893

*Navanax aenigmaticus* (Bergh, 1893)

*Chelidonura evelinae* Marcus, 1955

*Navanax gemmatus* Ornelas-Gatdula *et al.*, 2012



Cuerpo alargado, color amarillo opaco hasta café oscuro. El dorso está separado por un surco transversal y está cubierto por líneas longitudinales blancas y cafés, así como de parches blancos. El borde de los parapodios tiene una serie de puntos azul brillante. La parte posterior del cuerpo tiene dos lóbulos, el del lado izquierdo tiene una proyección alargada (Valdés *et al.*, 2006). La concha es interna, también se encuentra en la parte posterior del cuerpo y es una espira abierta, plana y fina. No posee rádula (Behrens, 1991)

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida, Belice, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela y Brasil. Islas del Caribe.

**Tamaño:** Máximo 55 mm

**Alimentación:** Carnívoro

**Sustrato:** Roca

**Profundidad:** 0-3 m

**Observaciones:** Ornelas-Gatdula *et al.* (2012) dividieron a la especie *Navanax aenigmaticus* en *N. gemmatus* y *N. nyanyanus* con análisis moleculares, por lo que la distribución de lo que antes se denominaba *N. aenigmaticus* para el Atlántico oeste se consideró en el intervalo de distribución aquí presentado.

**Registros previos en el Golfo de México:** Como *N. aenigmaticus*: Valdés *et al.* (2006). Veracruz: Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) y Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012).



*Elysia crispata* Mörch, 1863

**Sacoglossa**

Placobranchidae

Sinonimia:

*Elysia crispata* Mörch, 1863  
*Elysia schiadura* Mörch, 1863  
*Elysia schrammi* Mörch, 1863  
*Tridachia crispata* (Mörch, 1863)  
*Tridachia schrammi* (Mörch, 1863)  
*Elysia verrilli* Pruvot-Fol, 1946  
*Elysia pruvotfolae* Er. Marcus, 1957  
*Tridachia whiteae* Er. Marcus, 1957  
*Elysia crispata* Rosenberg *et al.*, 2009



Tiene la coloración del cuerpo muy variable, de crema a verde e incluso azul, con óvalos claros por todo el cuerpo. Los parapodios son grandes y con pliegues, sus bordes tienen un color distintivo que puede ser desde crema a café, rojo, verde o azul. Los rinóforos son enrollados.

**Distribución:** Florida, E.U.A.; Golfo de México; Belice, Honduras, Costa Rica, Colombia y Venezuela. Islas del Caribe.

**Tamaño:** Máximo 150 mm

**Alimentación:** Herbívoro

**Sustrato:** Roca con algas

**Profundidad:** 0-12 m

**Registros previos en el Golfo de México:** Rosenberg *et al.* (2009). Veracruz: Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) y Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012).

*Aplysia fasciata* Poiret, 1789

**Aplysiomorpha**

Aplysiidae

Sinonimia:

*Aplysia fasciata* Poiret, 1789  
*Aplysia brasiliiana* Rang, 1828  
*Aplysia lurida* d'Orbigny, 1835  
*Aplysia livida* d'Orbigny, 1837  
*Aplysia caillieti* Deshayes, 1857  
*Aplysia guadaloupensis* Sowerby II, 1869  
*Aplysia willcoxi* Heilprin, 1887  
*Aplysia winneba* Eales, 1957  
*Aplysia fasciata* Medina *et al.*, 2005



Muy variable en color, la parte de atrás puede ser desde amarillo traslúcido, café, gris y verde a negro, por lo general tiene parches y motas de diferentes matices de café y verde, y a menudo tiene manchas más claras de color amarillo o blanco. También puede presentar venaciones y estrías negras o café oscuras. Rinóforos enrollados, tentáculos bucales con prolongaciones que dan apariencia de bigotes. Posee parapodios con los que nada.

**Distribución:** Atlántico Este: St. Helena a Ghana en el oeste de África. Atlántico Oeste: Nueva Jersey, E.U.A., a través del Golfo de México hasta Brasil.

**Tamaño:** Máximo 270 mm

**Alimentación:** Herbívoro

**Sustrato:** Alga, Roca con algas, Nadadora

**Profundidad:** 0-13 m

**Observaciones:** Conducta natatoria más activa que *A. dactylomela*. Secreta una tinta púrpura cuando es molestada. Medina *et al.* (2005) consideran que es sinónimo de *A. brasiliiana* con base en análisis moleculares.

**Registros previos en el Golfo de México:** Como *A. fasciata*: Rosenberg *et al.* (2009). Como *A. brasiliiana*: Veracruz: Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) y Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013).

## *Aplysia dactylomela* Rang, 1828

## Aplysiomorpha

## Aplysiidae

### Sinonimia:

*Aplysia dactylomela* Rang, 1828  
*Aplysia argus* Rüppell y Leuckart, 1828  
*Aplysia tigrina* Rang, 1828  
*Aplysia radiata* Ehrenberg, 1831  
*Aplysia ocellata* d'Orbigny, 1839  
*Aplysia fimbriata* Adams y Reeve, 1850  
*Aplysia schrammi* Deshayes, 1857  
*Aplysia aequorea* Heilprin, 1888  
*Aplysia benedicti* Eliot, 1899  
*Aplysia megaptera* A. E. Verrill, 1900  
*Aplysia velifer* Bergh, 1905  
*Aplysia dactylomela* Keen, 1971



Cuerpo más firme en comparación con *A. fasciata*, pero con parapodios débiles; por lo general es de verde a café con anillos grandes gris oscuro o negros y líneas reticuladas negruzcas. Estas marcas negras se encuentran dentro y fuera de los parapodios; también presentan líneas negras por todo el cuerpo. Rinóforos enrollados, tentáculos bucales con prolongaciones que dan apariencia de bigotes

**Distribución:** Circumtropical, Atlántico Oeste: Florida a Brasil.

**Tamaño:** Máximo 410 mm

**Alimentación:** Herbívoro

**Sustrato:** Alga, Roca con algas, Roca

**Profundidad:** 0-3 m

**Observaciones:** Dispara una tinta púrpura cuando es molestada

**Registros previos en el Golfo de México:** Rosenberg *et al.* (2009). Veracruz: Zamora-Silva y Naranjo-García (2008) y Zamora-Silva y Ortigosa (2012). Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013)



*Montereina branneri* (MacFarland, 1909)

**Nudibranchia**

Discodorididae

Sinonimia:

*Discodoris branneri* MacFarland, 1909

*Discodoris evelinae* Er. Marcus, 1955

*Discodoris hedgpethi* Marcus y Marcus, 1960

*Discodoris spetteda* Marcus y Marcus, 1966

*Montereina branneri* Dayrat, 2010



Cuerpo ovalado, con el pie redondeado en ambos extremos. En el dorso presenta tubérculos cónicos pequeños y en la parte ventral (incluido el pie) tiene diversos puntos café. Coloración del manto varía de beige a café-púrpura, posee parches y puntos de color café oscuro, negro o blanco. Por lo general, los rinóforos y las branquias son del mismo color que el dorso pero con toques blancos; éstas últimas son externas y están en la parte dorsal posterior (Valdés *et al.*, 2006). Los rinóforos poseen alrededor de 25 láminas (Dayrat, 2010).

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida, Texas, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela y Brasil. Islas del Caribe.

**Tamaño:** Hasta 110 mm

**Alimentación:** Carnívoro

**Sustrato:** Rocoso

**Profundidad:** 0-7 m

**Observaciones:** Al anestesiar al organismo, desprendió las orillas de la mitad posterior del manto. Valdés *et al.* (2006) reportan la misma autotomización cuando es molestado. Dayrat (2010) sugiere que *D. evelinae* es la misma que *M. branneri* (con base en características morfológicas), por lo que los registros y la distribución considerados aquí son los de la primera especie también.

**Registros previos en el Golfo de México:** Como *D. evelinae*: Rosenberg *et al.* (2009). Veracruz: Zamora-Silva y Ortigosa (2012).

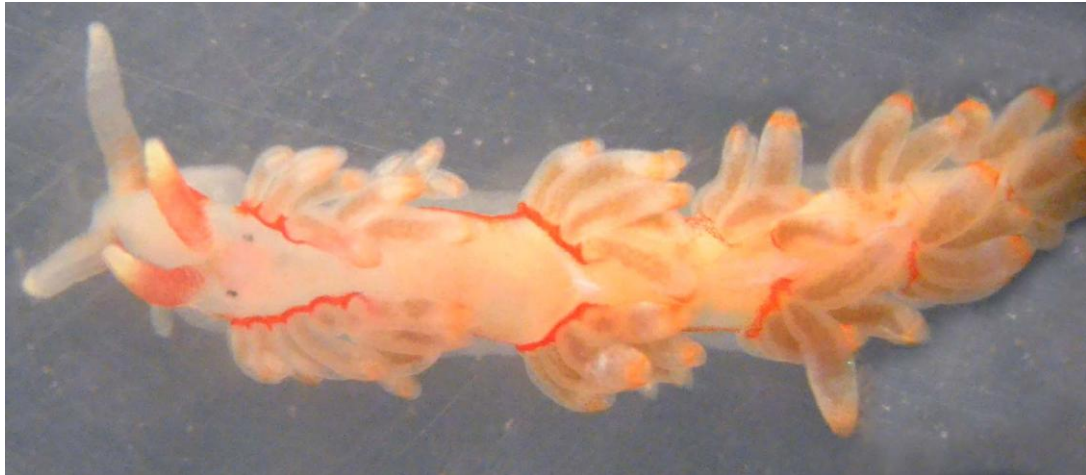


## Nudibranchia

*Berghia cf. rissodominguezi* Muniain y Ortea, 1999

Aplysiidae

*Berghia rissodominguezi* Muniain y Ortea, 1999



El color del cuerpo es blanco traslúcido, con líneas naranjas en la bases de los ceratos y al frente de los rinóforos. Las ceratas son traslúcidas con prolongaciones del aparato digestivo rojizos o café, y su ápice es de color blanco a amarillo. Los rinóforos, los cuales poseen tubérculos en la parte posterior, y los tentáculos orales son rojos y café con ápices amarillo-blancuzcos.

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida a Brasil y Argentina.

**Tamaño:** Máximo 52 mm

**Alimentación:** Carnívoro

**Sustrato:** Alga

**Profundidad:** 0 m

**Observaciones:** Valdés *et al.* (2006) la reportan bajo rocas en áreas intermareales, en este trabajo se obtuvo por método indirecto en alga.

**Registros previos en el Golfo de México:** ninguno. El género *Berghia* sí está reportado en Rosenberg *et al.* (2009) para la zona noroeste y sureste del golfo con la especie *Berghia verrucicornis* (A. Costa, 1867).

*Spurilla braziliana* MacFarland, 1909

**Nudibranchia**

Aeolidiidae

Sinonimia:

*Spurilla neapolitana* (delle Chiaje, 1844)

*Spurilla braziliana* MacFarland, 1909

*Eolidina gabriellae* Vannucci, 1952

*Spurilla braziliana* Carmona *et al.*, 2013



Color del cuerpo variable de rosa a naranja. Sus ceratas son traslúcidas con la glándula digestiva de color entre gris y café oscuro. Algunos ejemplares tienen parches de pigmentos blancos opacos en el cuerpo, mientras que hay algunos que no los presentan. Los rinóforos son laminados y las ceratas aplanadas.

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida, Texas, Belice, Honduras, Costa Rica, Colombia, Venezuela y Brasil

**Tamaño:** Máximo 40 mm

**Alimentación:** Carnívoro

**Sustrato:** Alga

**Profundidad:** 0-3 m

**Observaciones:** Carmona *et al.* (2013), con base en análisis moleculares, señalan que las poblaciones del Atlántico Este y del Mediterráneo pertenecen a *S. neapolitana*, mientras que las del Atlántico oeste a *S. braziliana*.

**Registros previos en el Golfo de México:** como *S. neapolitana*: Rosenberg *et al.* (2009). Veracruz: Zamora-Silva y Ortigosa (2012) Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) y Ortigosa *et al.* (2013)

*Phidiana lynceus* Bergh, 1867

**Nudibranchia**

Facelinidae

Sinonimias:

*Phidiana lynceus* Bergh, 1867

*Phidiana selencae* Bergh, 1879

*Phidiana brevicauda* Engel, 1925

*Phidiana adiuncta* Ortea, Caballer y Moro, 2004

*Phidiana lynceus* Keen, 1971



Cuerpo de color gris traslúcido con una línea dorsal blanca o azul que se bifurca en la cabeza y llega a los tentáculos orales. La línea puede ser amplia, estrecha o puede no presentarse. Los tentáculos orales y los rinóforos tienen una pigmentación naranja, las ceratas tienen el ápice blanco y los rinóforos son anillados.

**Distribución:** Atlántico Oeste: Florida, Costa Rica, Colombia, Venezuela y Brasil.

**Tamaño:** Máximo 45 mm

**Profundidad:** 0-8 m

**Alimentación:** Carnívoro

**Sustrato:** Alga, Roca con algas

**Registros previos en el Golfo de México:** Veracruz: Ninguno. Yucatán: Sanvicente-Añorve *et al.* (2012)