



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**OPISTOBRANQUIOS ASOCIADOS A LA PLATAFORMA ARRECIFAL DE  
SANTIAGUILLO, VERACRUZ, MÉXICO.**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
BIÓLOGO**

Presenta:  
**Ana Isabel Barrera Correa**

**Director de tesis.  
Dr. Antonio Valencia Hernández**



Ciudad de México, Abril 2018



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.



*Las criaturas que habitan esta Tierra están aquí para contribuir, cada una a su particular manera a la belleza y prosperidad del mundo.*

*Dalai Lama*

---

---

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>MARCO TEORICO</b> .....	8
<b>ANTECEDENTES</b> .....	12
<b>OBJETIVOS</b> .....	15
General.....	15
Particulares.....	15
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	16
Arrecifes.....	16
Clima.....	16
Características físicas y químicas de la columna de agua.....	18
Importancia ecológica del PNSAV .....	19
Ubicación del arrecife Santiaguillo .....	19
Características del arrecife Santiaguillo.....	20
<b>MÉTODO</b> .....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	27
Listado taxonómico.....	27
Descripción anatómica.....	28
Estructura de tallas .....	40
Tipo de sustrato .....	40
Riqueza y Abundancia.....	42
Estacionalidad .....	44
Distribución .....	46
<b>DISCUSIÓN</b> .....	51
<b>CONCLUSIONES</b> .....	61
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	62
<b>ANEXOS</b> .....	63

---

---

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diversidad de formas y colores del grupo Heterobranchia. ....	8
<b>Figura 3.</b> Formas típicas de Nudibranquios. ....	9
<b>Figura 4.</b> Formas típicas del Orden Sacoglossa. ....	10
<b>Figura 5.</b> Arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. ....	18
<b>Figura 6.</b> Vista aérea de la parte noreste del arrecife Santiaguillo. ....	20
<b>Figura 7.</b> Toma fotográfica para el registro del sustrato y talla. ....	23
<b>Figura 8.</b> Ubicación taxonómica de las especies encontradas en el arrecife Santiaguillo. ....	27
<b>Figura 9.</b> <i>Elysia crispata</i> en el arrecife Santiaguillo. ....	28
<b>Figura 10.</b> <i>Elysia crispata</i> diversas tomas. ....	32
<b>Figura 11.</b> <i>Cyerce antillensis</i> . ....	33
<b>Figura 12.</b> <i>Cyerce Antillensis</i> diversas tomas. ....	36
<b>Figura 13.</b> Izquierda ejemplar colectado, derecha especie similar ( <i>Favorinus auritulus</i> ). .	37
<b>Figura 14.</b> Distribución de sustratos en puntos de muestreo. ....	41
<b>Figura 15.</b> Sustratos asociados con la distribución de las especies. ....	42
<b>Figura 16.</b> Abundancia relativa de las especies de Opistobranquios. ....	43
<b>Figura 17.</b> Abundancia de Opistobranquios por mes de muestreo. ....	44
<b>Figura 18.</b> Abundancia de Opistobranquios por temporada. ....	45
<b>Figura 19.</b> Diagrama de caja por temporada 1.-Nortes, 2.-Lluvias y 3.-Secas. ....	46
<b>Figura 20.</b> Distribución de Opistobranquios en arrecife Santiaguillo. ....	47
<b>Figura 21.</b> Distribución aleatoria para <i>E. Crispata</i> con un 95% de confianza. ....	48
<b>Figura 22.</b> Modelo de Poisson para <i>Elysia crispata</i> . ....	49

---

---

## TABLAS

Tabla 1. Arrecifes del PNSAV .....	17
Tabla 2. Parámetros hidrobiológicos e instrumental utilizado .....	23
Tabla 3. Descriptores ecológicos .....	25
Tabla 4. Promedios de los parámetros hidrobiológicos del arrecife.....	50
Tabla 5. Diferencias de Santiaguillo con respecto a otros arrecifes del PNSAV .....	63
Tabla 6. Sustratos.....	64

---

---

## RESUMEN

Los arrecifes de coral representan uno de los ambientes con mayor complejidad, productividad y diversidad, ya que albergan una gran cantidad de grupos taxonómicos, de los cuales sobresalen los moluscos. Diversas investigaciones se han realizado sobre la diversidad y abundancia de este grupo en las costas mexicanas, sin embargo, estos estudios se han enfocado principalmente a especies de moluscos prosobranquios o bivalvos, siendo escasos los registros de opistobranquios. Por lo que el presente trabajo pretende ampliar el conocimiento de la fauna de dichos moluscos en el arrecife Santiaguillo. Se realizaron seis muestreos en tres temporadas (nortes, lluvias y secas). La búsqueda se llevó a cabo mediante un método directo, con la exploración en diferentes sustratos y un método indirecto con la recolección de algas. Se registraron 122 opistobranquios, agrupados en dos órdenes, tres familias, y tres especies. La mayor abundancia registrada fue en la especie *Elysia. crispata* con 117 organismos, seguido de *Cyerce. antillensis* con cuatro y un solo organismo de la familia Facelinidae. Se determinaron cinco tipos de sustratos asociados a las especies de opistobranquios, siendo que *E. crispata* se encontró en cada uno de ellos, mientras que *C. antillensis* y el Facelinido únicamente en algas.

**Palabras clave:** Opistobranquios, *Elysia crispata*, *Cyerce antillensis*, Familia Facelinidae, sustratos.

---

---

## INTRODUCCIÓN

Los Opisthobranchios son un grupo de moluscos gasterópodos conocidos comúnmente como babosas marinas, debido a los cambios constantes en su nomenclatura y taxonomía son considerados actualmente sólo como un grupo “informal” dentro de la subclase Heterobranchia (WoRMS, 2017).

Este grupo de moluscos se define por presentar una serie de características y modificaciones; las cuales incluyen una detorsión, reducción o pérdida de la concha, de los ctenidios, de la cavidad del manto y del opérculo, así como también por presentar una gran diversidad de colores y formas (Figura 1) (Beeman, 1977; Brusca & Brusca, 2005). Con respecto a la reducción o pérdida de la concha es una característica importante que le ha permitido al grupo desarrollar diferentes estrategias para su defensa. Y se cree que en algún momento le confirió la capacidad de explorar nuevos hábitats, que con esa protección quizá se hubiese dificultado (Wägele & Klussumann-Kolb, 2005).

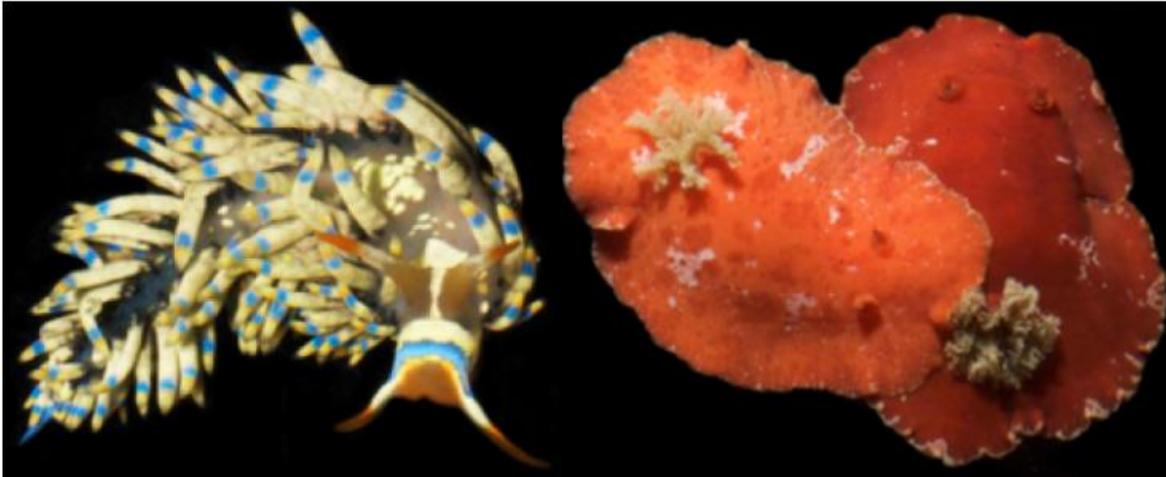
La subclase se compone por 12 órdenes: Onchidiacea, Cephalaspidea, Anapsidea, Pteropoda, Acochdiaceae, Phillinoglossacea, Sacoglossa, Notaspidea, Rhodopacea, Pyramidellacea, Parasita y Nudibranchia, con un total de 6,000 especies (Saxena, 2005; Hermsillo *et al.*, 2006). Sin embargo, en el presente trabajo únicamente se hace referencia al orden Nudibranchia y Sacoglossa.



**Figura 1.** Diversidad de formas y colores del grupo Heterobranchia. Goodheart *et al.* 2016.

## **MARCO TEORICO**

Los miembros del orden Nudibranchia presentan la mayor diversidad con respecto a la totalidad del grupo, con cerca del 50 % de las especies. El significado de su nombre se refiere a la exposición que muestran sus branquias (branquias desnudas), las cuales se pueden presentar como plumas branquiales en forma de un mechón en el extremo posterior del cuerpo o como una serie de proyecciones en forma de dedo a lo largo de la parte dorsal (Figura 2). Se caracterizan por presentar una dieta amplia, siendo en su mayoría depredadores, entre sus presas se encuentran poríferos, briozoos, tunicados y algunos cnidarios (Beherens, 2005; King & Fraser 2002; Wägele & Klussumann-Kolb, 2005).



**Figura 2.** Formas típicas de Nudibranquios. Goodheart *et al.* 2016.

Las especies que conforman el grupo de los Nudibranquios han adquirido una gran variedad de defensas contra los depredadores, así como algunas estrategias para su alimentación; algunos de ellos almacenan y utilizan las células urticantes (nematocistos) de los tentáculos de sus presas, o las espículas de esponjas, algunos otros secretan ácidos o concentran sustancias tóxicas provenientes de las especies de esponjas que consumen y en su mayoría la coloración llamativa de su cuerpo alerta a los depredadores de su desagradable sabor (Helmut, 1998; Wägele & Klussmann-Kolb, 2005).

Los miembros del Orden Sacoglossa (Figura 3) poseen una característica anatómica única, la cual es un tipo de saco ubicado en la estructura del canal alimenticio, que tiene como función la retención de los dientes radulares que son desechados, dicha característica le confiere el nombre al grupo, el cual significa “lengua de saco” (Behrens, 2005). La mayoría de los sacoglosos presentan hábitos herbívoros, alimentándose de diferentes especies de algas, mientras que

---

---

algunas especies tienen la capacidad de retener cloroplastos funcionales “cleptoplastia” (Curtis *et al.*, 2006; Maeda *et al.*, 2010). El orden se compone de 250 a 300 especies, las cuales se caracterizan por ser de talla reducida, con o sin concha y su color generalmente depende del alga que forme parte de su dieta (Clark *et al.*, 1990).



**Figura 3.** Formas típicas del Orden Sacoglossa. Goodheart *et al.* 2016.

Los opistobranquios presentan amplia distribución geográfica con una mayor diversidad en los trópicos. Habitan tanto en agua salada como salobre, desde zonas intermareales a grandes profundidades, y en diversos hábitats, como rocas, arena, corales, esponjas e incluso como parásitos de invertebrados (King & Fraser, 2002; Ortigosa- Gutiérrez *et al.*, 2010). Dentro de los arrecifes coralinos la presencia o ausencia de opistobranquios puede ser un indicador de cambio climático, al ser animales sumamente sensibles a los cambios en el medio acuático y su alteración puede llegar a afectar las áreas de distribución de estos organismos (Gutiérrez *et al.*, 2008).

---

---

La diversidad biológica de este grupo ha sido poco estudiada en nuestro país debido a su difícil detección en campo (Zamora-Silva & Naranjo-García, 2008). Sin embargo, el estudio de los moluscos opistobranquios ha llamado la atención entre la comunidad científica, por la biología y la química interesante que presentan algunas especies de opistobranquios (Ávila, 1995). Aunado a lo anterior, con el desarrollo de la biología molecular se ha comenzado a indagar dentro de este grupo, ya que algunas especies contienen sustancias activas que pueden ser empleadas en la medicina moderna, inclusive algunas de ellas se encuentran ya en fases clínicas en oncología (De la Calle, 2009).

La investigación de este grupo dentro del territorio mexicano ha sido en su mayoría realizada en los estados que colindan con las costas del océano Pacífico, siendo menores los estudios en la parte oriental del territorio, correspondiente al Golfo de México y parte del Caribe (Ortigosa-Gutiérrez, *et al.*, 2007). Por lo que el presente estudio en el arrecife Santiaguillo pretende proporcionar información adicional del grupo, así como que éste sea una base para investigaciones futuras, siendo éste el primer trabajo que se realiza en el arrecife Santiaguillo

---

---

## ANTECEDENTES

Los trabajos dirigidos al estudio de moluscos opistobranquios en nuestro país comenzaron en el Pacífico mexicano con el trabajo de Bergh (1894) en la expedición de Albatros, donde recolectó algunos ejemplares, convirtiéndose así en los primeros registros para el país. De las investigaciones en años posteriores resaltan los trabajos de Bertsch (1973); Marcus & Marcus (1967) y Gosliner (1990), realizados en las costas del Pacífico y Golfo de California, y en los cuales se resaltan datos acerca de recolecciones y descripciones de especies.

En años más recientes, también en las costas mexicanas del Pacífico se encuentran los trabajos realizados por Sánchez-Ortiz (2000), en el cual se genera una base de datos de Opistobranquios; Bertsch & Hermosillo (2007) elaboran un estudio a largo plazo sobre Opistobranquios del Pacífico Noreste y Bertsch en 2008 publica un estudio en poblaciones de Opistobranquios que duró un periodo de 10 años, reportando un total de 81 especies.

Con respecto a las investigaciones realizadas en las costas del Atlántico mexicano, específicamente en los estados de Veracruz y Yucatán destacan los trabajos de Zamora-Silva *et al.* (2002), Zamora-Silva (2003), Ortigosa-Gutiérrez (2005; 2009), Ortigosa-Gutiérrez & Valdés (2012), Ortigosa-Gutiérrez *et al.* (2013), Rojas-Ramírez (2013), Vital-Arriaga (2013; 2016), Ruiz-Cruz (2014) y Sanvicente-Añove *et al.*, (2012). En los cuales se abordan temas de diversidad y ecología principalmente.

---

---

Ortigosa-Gutiérrez *et al.* (2007) realizan una revisión bibliográfica de los registros de moluscos opistobranquios en el Golfo de México, en la cual se reportan 97 especies de los cuales 10 representaron un registro nuevo para el Golfo.

Sanvicente-Añorve *et al.* (2012) realizan una investigación durante un periodo de tres años (2009-2010) en el arrecife más grande del golfo de México, el Parque Nacional Arrecife Alacranes, En dicho trabajo se reportan 32 especies de Opistobranquios.

Ortigosa-Gutiérrez *et al.* (2013) realizan un estudio en las costas del Banco de Campeche, Península de Yucatán, en el cual reportan 51 especies, de las cuales 30 no tenían reporte previo en el Banco de Campeche y 20 representaron nuevos registros para la costa del Atlántico mexicano, lo que en su totalidad representa uno de los trabajos con mayores registros para el Golfo de México.

En cuanto a las investigaciones realizadas exclusivamente en el estado de Veracruz y parte del PNSAV se encuentra el trabajo realizado en el arrecife Gallega por Zamora-Silva (2003), el trabajo de Rojas-Ramírez (2013) en los arrecifes de Anegada de Adentro, Blanquilla y Verde; la investigación de Vital Arriaga (2013; 2016), en la playa rocosa de Montepío y en arrecife Gallega y Rizo, respectivamente. Y finalmente, Zamora-Silva & Ortigosa (2012) presentan un listado de 23 especies de Opistobranquios en el PNSAV, en donde incluyen 9 registros nuevos.

---

De todos los trabajos anteriormente citados el tema de estudio es la taxonomía y la ecología principalmente, sin embargo, también se han realizado investigaciones con un enfoque diferente en ecología utilizando a opistobranquios como posibles bioindicadores, caso de ello es la investigación de Tovar-Juárez (2000) en donde analiza metales pesados en la especie *Aplysia dactilomela* y el trabajo de Dorantes-Mejía (2010) con el análisis de metales pesados, hidrocarburos, y plaguicidas en la especie *Elysia crispata*.

---

---

## **OBJETIVOS**

### **General**

- ✓ Describir a las poblaciones de opistobranquios presentes en el arrecife Santiaguillo.

### **Particulares**

- ✓ Elaborar un listado taxonómico y registro fotográfico de las especies de opistobranquios.
- ✓ Evaluar los principales descriptores ecológicos de la comunidad de opistobranquios.
- ✓ Determinar la distribución y tipo de sustrato al que se encuentran asociados.
- ✓ Obtener la estructura de tallas de las especies de opistobranquios.
- ✓ Establecer una relación entre la diversidad y abundancia con parámetros hidrobiológicos.

---

---

## ÁREA DE ESTUDIO

### Arrecifes

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) es un complejo arrecifal situado frente al Puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo en el sur del Golfo de México (Latitud norte 19°02'16''-19°15'32' y longitud oeste 95°46'55''-96°11'45''). Se constituye por un conjunto de 23 arrecifes coralinos los cuales se subdividen naturalmente en dos porciones por la desembocadura del Río Jamapa (Figura 5). La parte norte la constituyen 11 arrecifes localizados frente al puerto de Veracruz y la parte sur la conforman 12 arrecifes ubicados frente al poblado de Antón Lizardo (Tabla 1). El sistema arrecifal fue decretado como Parque Nacional en el año de 1992 y modificado en el año 2012, aumentando el polígono, que actualmente cubre un área total de 65.516 ha (DOF, 2012; CONAMP, 2011; Horta-Puga, 2009).

### Clima

El clima en el PNSAV es de tipo Aw (caliente subhúmedo con lluvias en verano), con temperaturas máximas de 35° C a 40° C con mínimas de 15° C a 20° C; la precipitación media anual varía entre 800 a 2,000 mm. La humedad media anual tiene un promedio de 80%. Se presentan tres temporadas principales a lo largo del año: la época de Nortes (octubre-marzo), en el cual existe poca precipitación, baja temperatura y masas de aire frío provenientes del Norte; la época de lluvias (junio-septiembre), caracterizada por temperaturas cálidas, vientos débiles y una alta precipitación y finalmente una corta temporada de secas (abril-mayo) la cual se

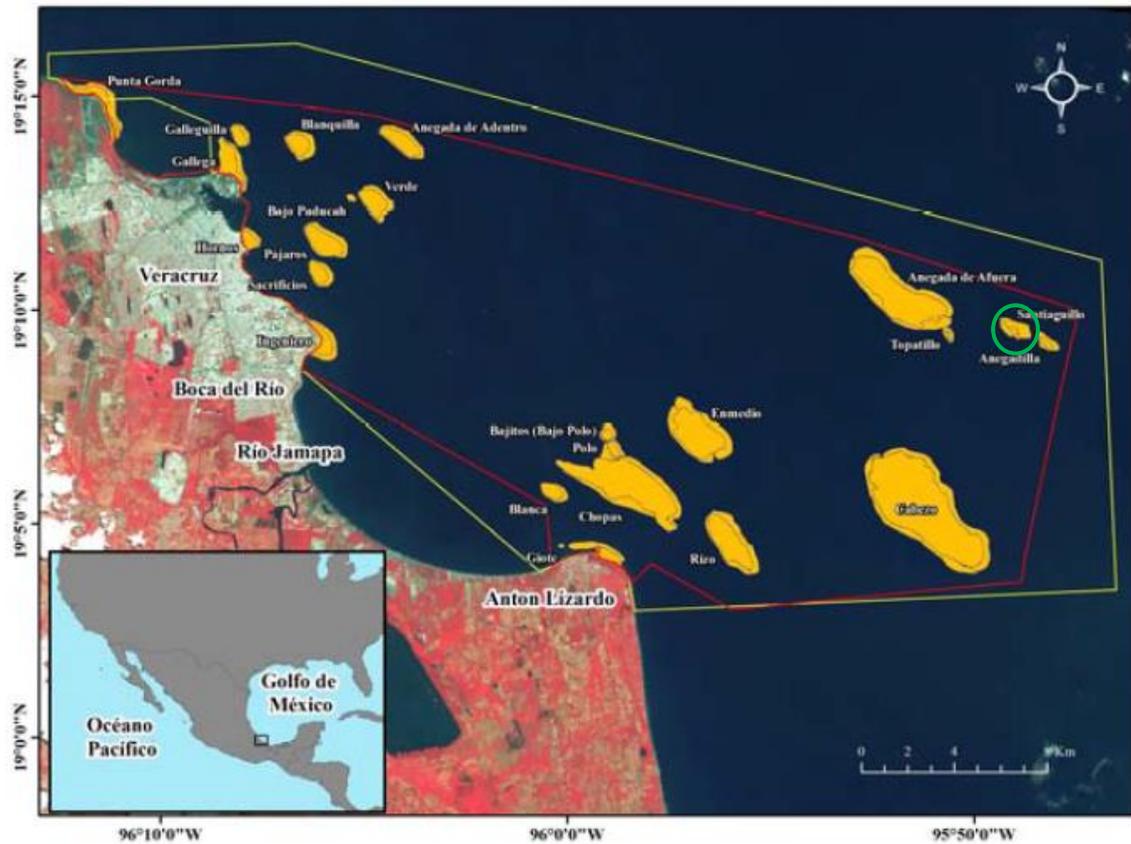
---

---

caracteriza por temperaturas elevadas y una baja precipitación (Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008). No obstante, los meses que comprenden dichas temporadas suelen presentar algunas variaciones dependiendo del autor.

**Tabla 1.** Arrecifes del PNSAV

<b>Arrecifes de la parte Norte</b>	<b>Arrecifes de la parte Sur</b>
Punta Gorda	Giote
La Gallega	Polo
Galleguilla	Blanca
Anegada de Adentro	Punta Coyol
La Blanquilla	Chopas
Isla Verde	Enmedio
Sacrificios	Cabezo
Pájaros	Rizo
Hornos	Santiaguillo
Bajo Pacah	Anegada de Afuera
Ingeniero	Anegadilla
	Topatillo



**Figura 4.** Arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. En verde Santiaguillo (modificado de Reyna-González, 2014).

### **Características físicas y químicas de la columna de agua**

La salinidad promedio es de 34-36 ups mientras que la concentración de oxígeno disuelto varía de 4.6 a 5.6 mg L<sup>-1</sup> en la superficie, y a una profundidad de 10 m de 4.73 a 5.54 mg L<sup>-1</sup> (Horta-Puga 2009, Pérez-España, 2015).

La claridad del agua depende en gran medida de la época del año, durante la temporada de secas suele presentar mayor visibilidad, de hasta 15 metros mientras que en temporada de lluvias los valores oscilan de entre 0.5 a 1.5 m. (Carrillo *et al.*, 2007). Sin embargo, la cercanía a la costa también influye en la medida de este

---

---

parámetro, por lo que los arrecifes próximos se ven afectados directamente, presentando una claridad menor en comparación con los más alejados.

### **Importancia ecológica del PNSAV**

La importancia del sitio reside en que es un área de alimentación, refugio, reproducción y anidación, así como de desarrollo y crecimiento para diferentes especies que cohabitan en él. Presenta un alto índice de Hidrocorales, específicamente madreporarios, así como una alta diversidad de peces e invertebrados y posee cuatro de los seis géneros presentes en México de pastos marinos (CONANP, 2003).

Al sistema en su conjunto se le considera un ambiente único, debido a que ha estado sometido durante los últimos años a una presión antropogénica elevada y presenta una tasa de recuperación mayor a la de otros arrecifes del Golfo de México

### **Ubicación del arrecife Santiaguillo**

El arrecife se ubica a unos 19.75 km de las costas del poblado Antón Lizardo, entre las coordenadas 19°08'30" latitud norte y 95°48'35" longitud oeste, siendo uno de los arrecifes más alejados con respecto a la costa (Figura 6). El arrecife es una formación de tipo plataforma y exhibe un área de 93,330 m<sup>2</sup>, lo que representa el 0.38% de la parte sur del PNSAV (CONANP, 2011; Perez-España, 2015). En la modificación al DOF en el año 2012, se decreta a Santiaguillo junto con el arrecife Blanca como zonas núcleo, con el objeto de poder preservar los ecosistemas presentes en ellos, prohibiendo de esta manera cualquier actividad que llegue a alterar sus componentes bióticos, así como cualquier aprovechamiento y/o

---

extracción de especies, permitiendo únicamente investigación científica, monitoreo, restauración y turismo de bajo impacto (DOF, 2012).

### Características del arrecife Santiaguillo



**Figura 5.** Vista aérea de la parte noreste del arrecife Santiaguillo. Tomado de Tunnell, (2007).

La cobertura coralina en el arrecife se reporta como elevada. En la zona de barlovento presenta colonias de *Acropora palmata* y en sotavento una de las colonias más grandes de *Acropora cervicornis* (Pérez-España, 2015). En las zonas profundas tiene una cobertura coralina de 37.4 %, mientras que en zonas someras tiene un 19.4%. La acumulación de sedimento en el arrecife se reporta menor a 50.00 gr peso seco m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, por lo que la visibilidad suele ser alta, con un promedio de 15 metros en zonas someras y en zonas profundas de hasta 20 metros, siendo el arrecife con la mejor visibilidad de todo el Parque (Pérez-España, 2015).

---

---

## MÉTODO

Se realizaron seis colectas durante un periodo anual, tres de los cuales correspondieron a la época de secas (abril y mayo de 2016 y mayo de 2017), dos en temporada de lluvias (agosto y septiembre de 2016) y un solo muestreo en nortes, correspondiente al mes de marzo de 2017.

La búsqueda de Opistobranquios se llevó a cabo mediante buceo libre y SCUBA (Self-Container Underwater Breathing Apparatus), siguiendo dos métodos que emplean como medida al esfuerzo tomando como referencia el tiempo de muestreo, el cual se puede aplicar a comunidades sésiles o con poco movimiento (Ramírez-González, 2006).

El primer método consistió en una búsqueda visual directa de los organismos, poniendo un mayor énfasis en presas conocidas, tales como algas, corales y esponjas, así como debajo y sobre rocas, en virtud de que la literatura menciona que muchas especies suelen esconderse durante el día, teniendo únicamente actividad nocturna (Camacho-García *et al.*, 2005). Cabe señalar que en el muestreo correspondiente al mes de agosto la búsqueda de opistobranquios se realizó por medio de transectos lineales de 20 metros, contabilizando únicamente los organismos visibles. Finalmente, se tomó un par de ejemplares para realizar la descripción anatómica.

El segundo método empleado usualmente para la búsqueda de opistobranquios consiste en búsqueda indirecta de los organismos, recolectando, cepillando o

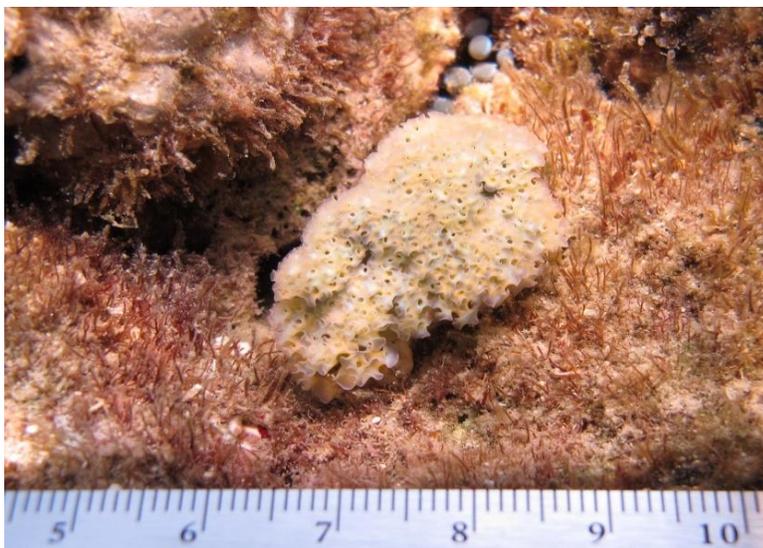
---

---

tamizando sustratos susceptibles de ser colonizados; sin embargo, para el presente estudio se colectó al azar únicamente algas calcáreas del género *Halimeda* por ser la macroalga más abundante en la plataforma arrecifal. Una vez obtenidas las algas, éstas se colocaron en una caja plástica con agua de mar sin algún tipo de aireación (Camacho-García *et al.*, 2005). Se revisó frecuentemente la caja para registrar la presencia de opistobranquios, al no obtener respuesta de su presencia, se decidió preservarlas y trasportarlas al laboratorio para una revisión más detallada

En los muestreos directos se empleó equipo SCUBA para profundidades mayores a dos metros y equipo de buceo libre para profundidades menores, sin embargo, en algunas ocasiones en zonas someras se utilizó SCUBA para una mejor revisión del bentos.

Al comenzar y al concluir cada búsqueda se hizo un registro de la hora local, esto con la finalidad de obtener la unidad de muestreo por tiempo. Posteriormente, al ser localizado algún ejemplar se tomó un registro fotográfico del mismo, empleando una cámara digital marca Canon G9, y se realizaron dos tipos de tomas: 1) donde se observará claramente el tipo de sustrato adyacente, y 2) donde existiera una referencia de tamaño para el posterior registro de tallas la cual a pesar de ser una medida relativa ofrece información importante para el conocimiento del tamaño de las especies (Figura 7). Simultáneo al registro fotográfico se registraron las coordenadas con un GPS calibrado marca Garmin para obtener la distribución de los organismos dentro del arrecife.



**Figura 6.** Toma fotográfica para el registro del sustrato y talla.

Finalmente, se tomaron muestras de agua con una botella Van Door de 3 L, en cuatro de los seis muestreos realizados, (dos en la temporada de lluvias, uno en nortes y uno en secas), para la obtención de parámetros hidrobiológicos en diferentes puntos del arrecife (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros hidrobiológicos e instrumental utilizado

Parámetro	Instrumental
pH	Potenciómetro, OAKTON
Temperatura °C	Termómetro, Brannan. -20 a 150
Salinidad %	Salinómetro TRASER pocket tester, La Motte
Oxígeno disuelto O <sup>2</sup> mg/L	Hanna Instruments, HI 9145
Conductividad	Hanna Instruments, HI 9145
Total de sólidos disueltos TDS	Hanna Instruments, HI 9145

---

---

## **Preservación de ejemplares**

A los ejemplares colectados en campo se les añadió una solución de cloruro de magnesio 1:1 agua dulce y salada al 7 % durante un periodo de 10 a 20 min o hasta corroborar con una aguja de disección que los organismos no respondieran a estímulos, ya que, si se fijan primero los organismos, sin una relajación total tienden a contraer su cuerpo. Posteriormente se transfirieron a una solución de formaldehído al 4% durante 10 horas y finalmente a alcohol etílico al 70%, el cual se cambió al cabo de 24 horas al cambiar de color (Barrientos, 2003). El mismo procedimiento se realizó con las algas: narcotización de organismos por medio de cloruro de magnesio y fijación con formaldehído y alcohol etílico.

La descripción anatómica se realizó utilizando un microscopio estereoscópico para poder observar mejor las estructuras en los ejemplares. Para la identificación taxonómica se consultaron investigaciones previas enfocadas al estudio de opistobranquios que se hubieran realizado en el golfo de México y específicamente en el PNSAV (Rojas-Ramírez, 2013; Vital-Arriaga, 2016; Zamora-Silva & Ortigosa, 2012). La determinación de opistobranquios se realiza por medio de guías ilustradas, que toman en cuenta características anatómicas de los organismos, tales como la presencia o ausencia de concha, forma y coloración del cuerpo, así como las particularidades de los rinóforos, ceratas y parapodios (Beherens, 2005; Gosliner, *et al.*, 2015). Asimismo, se los utilizaron artículos de identificación de Ortea *et al.*, (2001) y Goodheart *et al.* (2016). Finalmente se consultó a la M. en C. Xochitl

---

---

Vital, especialista de la Colección Nacional de Moluscos de la UNAM en opistobranquios, para corroborar las identificaciones.

Para el registro de tallas se utilizó el programa Photoshop CS5 Extended, con el cual se obtuvo la transformación de los pixeles a centímetros en cada ejemplar por medio de la referencia de tamaño presente en cada fotografía.

El registro de los datos tomados en campo se almacenó en una hoja de cálculo en Excel, en donde también se realizaron las gráficas correspondientes para la abundancia y la dispersión.

De acuerdo con Krebs (1999), se calculó, la abundancia total, que se entiende como el número total de individuos por unidad de área, la abundancia relativa, que es la fracción con la que contribuye la especie “i” a la abundancia total del sitio y la riqueza que es el número total de especies registradas en el área de estudio (Tabla 3).

**Tabla 3.** Descriptores ecológicos

Descriptor ecológico	Formula
Abundancia absoluta	$A_i$ =número de individuos de la especie i
Abundancia relativa	$A_iR=(A_i/\sum A_i) * 100$ donde: $\sum A_i$ =suma de las abundancias
Riqueza	S=número de especies encontradas

Para los datos de abundancia se realizó una estandarización con respecto al tiempo de búsqueda (abundancia total/minutos de muestreo), esto con la finalidad de que los resultados se encontraran en una unidad semejante y no existieran discrepancias por los diferentes tiempos empleados en cada búsqueda. Por otro

---

---

lado, las abundancias de los ejemplares colectados en las muestras de alga se calcularon por medio del número de organismos por gramo de alga.

La realización de mapas de distribución tanto de sustratos asociados como de las especies se hizo por medio de las coordenadas tomadas en campo y el programa Google Earth Pro Versión 7.1.2.2041. Para los datos de abundancias se empleó un diagrama de caja, para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias y las temporadas. Finalmente, los índices de dispersión ecológica y el modelo de distribución correspondiente se obtuvieron a partir de los métodos propuestos por Fowler *et al.*, (2013).

Finalmente se obtuvieron los valores medios de los parámetros hidrobiológicos del arrecife y se realizó una comparación entre temporadas, así como con las mayores abundancias de organismos.

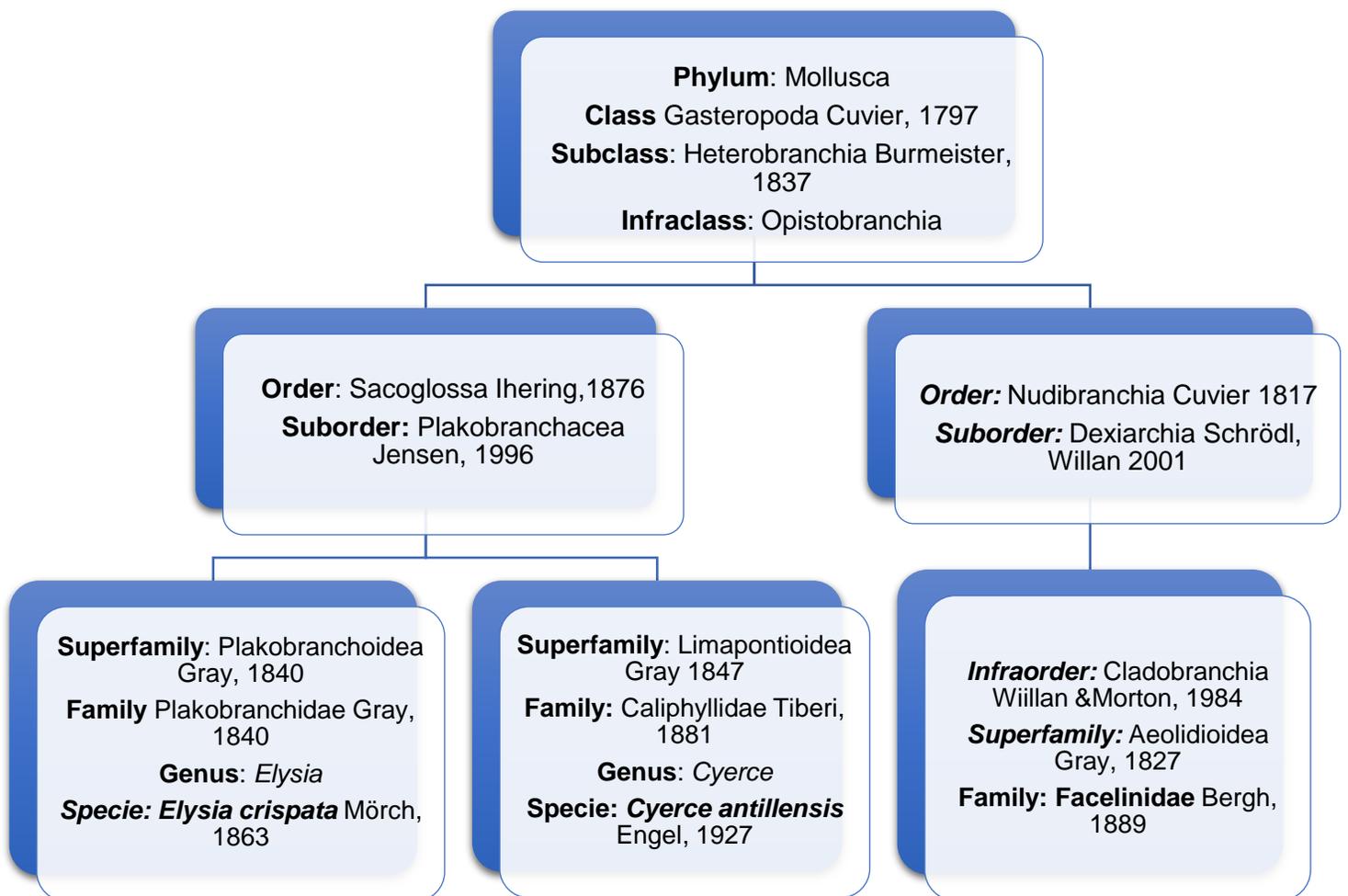
---

---

## RESULTADOS

### Listado taxonómico

Se registró un total de 124 organismos, pertenecientes a tres especies (Figura 8), de las cuales *Cyerce antillensis* y el ejemplar que se determinó hasta nivel de familia representarían nuevos registros para el arrecife y para el PNSAV.



**Figura 7.** Ubicación taxonómica de las especies encontradas en el arrecife Santiaguillo, de acuerdo con WoRMS (2017); Bouchet *et al.*, (2005).

---

## Descripción anatómica

### *Elysia crispata* Mörch, 1863



**Figura 8.** *Elysia crispata* en el arrecife Santiaguillo

**Sinonimias.** *Elysia (Tridachia) crispata* Mörch, 1863; *Elysia (Tridachia) crispata* var. *schiadura* Mörch, 1863; *Elysia clarki* Pierce, Curtis, Massey, Bass, Karl & Fnney, 2006; *Elysia schrammi* Mörch, 1863; *Tridachia crispata* Mörch, 1863; *Tridachia schrammi* Mörch, 1863 y *Tridachia whiteae* Er. Marcus, 1957.

**Descripción original de Mörch 1863:** “Animal cuneiforme, capite utrinque angulo producto, fronte convexo, medio inciso. Tentaculata divergentia truncata, latiuscula, longitudinaliter, convolta, unde fissura laterali hiante. Oculi minutissimi, pone basin tentaculorum siti. Lobi palli erecti, marginibus crispatis antice conjuncti, utrinque plicis validis 6-7. Color viridis, frons tentaculata et latera capitis albescentia; dorso guittis ovalibus, magnis, inaequalibus, albis seriatim dispositis; latera corporis pallide

---

---

virescentia guttis albis elongatoovalibus, subaequalibus, approximatis, in serie triplice digestis, serie suprema brevior; limbus pallii angustus, albus, margine interno punctis coccineis approximatis terminato (ex icone OErstedii).

Animal spiritu vini conservatum, albescens guttis candidis obsoletissimis. Nodus dorsalis (saccus pulmonalis, Soutl.) hemisphaericus sulco arcuato transversali bipartitus, parte antica minore, «trachea» validae latere externo ramoso. Solea pedis veri latior quam longior, antice sulco profundo transversali utrinque angulatum productum, postice a solea pallii, sulco transversali obsoleto disjuncta. Solea pallii, marginibus obtusis, transversim rugosa, postice angustata. Margo anticus fissurae lateralis tentaculorum bilobatus, inferne lobo triangulari. -tentaculum dextrum majus.- long. 45, lat. anim. expansi circ 35 m.”

**Descripción de ejemplares colectados.** El color de los parapodios es la característica más sobresaliente en el medio acuático, donde se observaron coloraciones variables, desde verde oliva, a tonos azulados y naranjas pálidos, los cuales se entremezclaban con tonalidades blancas o cremas. En la observación directa de los organismos colectados se logró apreciar que los parapodios se disponen a lo largo del margen lateral del cuerpo, los cuales al estar muy plegados hacen que se formen ondulaciones, aumentando significativamente el área superficial, lo que hace que en el medio acuático se observen de manera uniforme a lo largo de toda la superficie dorsal, desde la cabeza hasta el extremo posterior del pie (Figura 10).

---

---

La cabeza se observó de forma definida con una pigmentación ligeramente verde en la parte dorsal, mientras que en la parte ventral se presentó un color blanco opaco, mismo que el resto del cuerpo en su parte dorsal. Los rinóforos presentaron forma tubular con tonalidades diferentes, en la base la misma tonalidad verde de la cabeza donde también se localizan los ojos; la parte media presentó una coloración ligeramente amarilla y el resto no presentó coloración alguna, siendo casi completamente transparentes. El resto del cuerpo presentó una coloración verde con manchas ovaladas color blanco, las cuales fueron más evidentes en los márgenes latero-medial del cuerpo, justamente entre los parapodios y el pie. Con respecto al pie, se observó de forma gruesa, de color blanco opaco, mismo que el de todo el cuerpo dorsal y la parte final con un margen de forma cuadrada.

El pericardio se observó en la parte media dorsal del cuerpo el cual se encontraba cubierto por el manto, pero sin dejar de ser visible. Del mismo se observaron dos venaciones principales (o vasos) las cuales se disponen dorsalmente con respecto al cuerpo (Figura 10).

Finalmente, las tallas de los organismos observados en campo oscilaron entre 25 mm a 60 mm (n=124).

**Registros en el PNSAV.** Anegada de Adentro, Blanquilla, Isla Verde; Gallega, Rizo, Mocambo, Santiaguillo, Isla Verde, Isla Sacrificios, Hornos, Galleguilla, Ingeniero, Isla de En medio (Zamora-Silva & Ortigosa 2012; Rojas-Ramírez, 2013; Vital Arriaga, 2016; Tapia-Domínguez, 2013; Dorantes-Mejía, 2010).

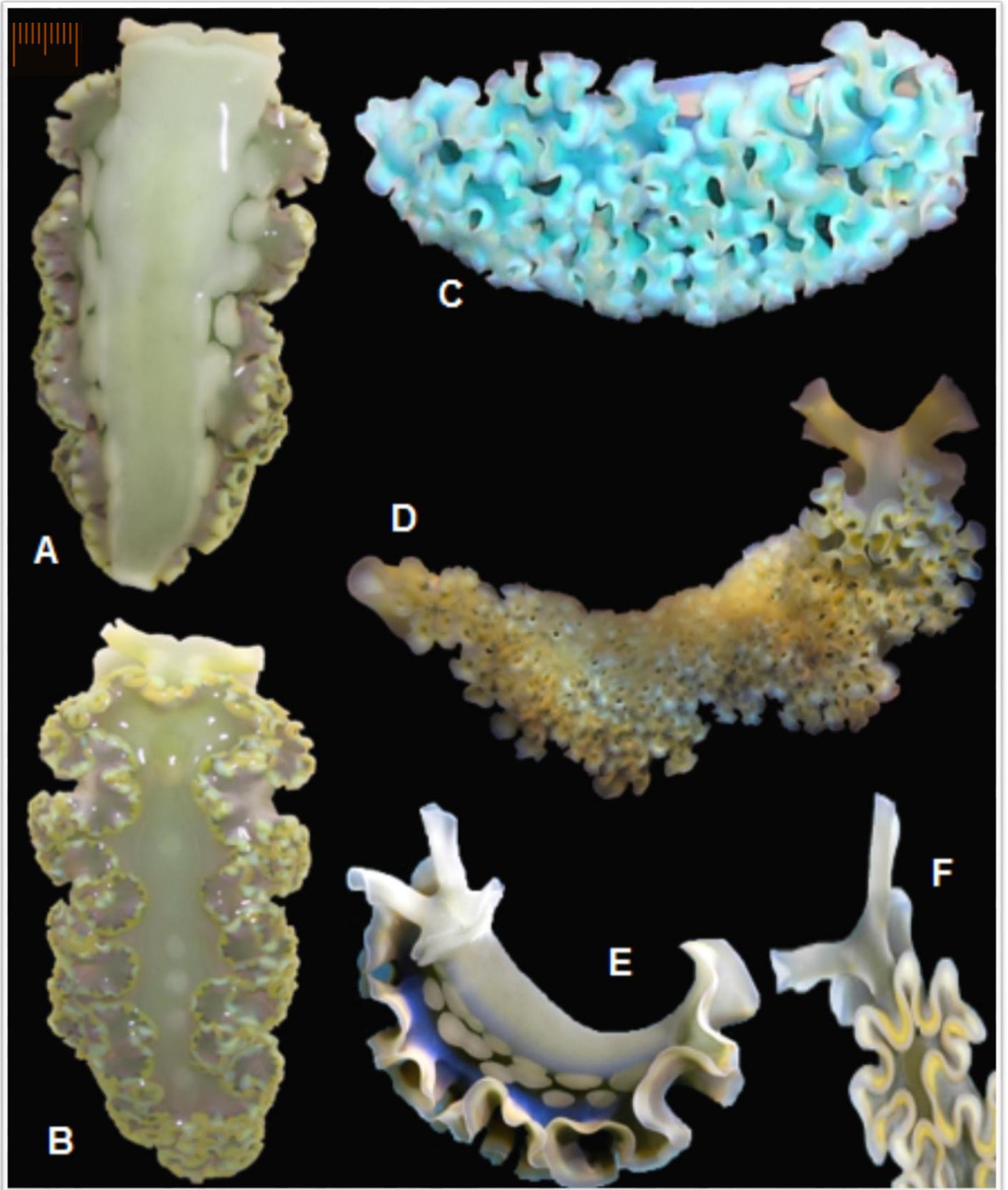
---

---

**Distribución en México** Veracruz, Quintana Roo, Yucatán (Zamora-Silva & Ortigosa, 2012; Sanvicente-Añorve *et al.* 2012).

**Distribución geográfica.** Costa oeste de Florida, área de Miami, Bermudas, Antillas (localidad original) y otras islas, Tobago, Curacao, Honduras, Colombia y Venezuela, a través de las Indias Occidentales a Florida y Barbados (Marcus & Marcus 1967; Marcus, 1980).

**Notas.** Es fácilmente observable durante el día en distintos tipos de sustratos (roca, escombros de coral, algas), suele encontrarse de manera solitaria, no obstante, en algunas ocasiones se encontraron poblaciones grandes en un área pequeña.



**Figura 9.** *Elysia crispata*. A-Toma ventral, B-Toma dorsal, C-Variación del color 1, D-Variación de color 2, E-Toma media-dorsal, F-Cabeza y Rinóforos

---

***Cyerce antillensis* Engel, 1927**



**Figura 10.** *Cyerce antillensis*.

**Sinonimia** *Cyerce habanensis* Ortea & Templado, 1988

**Descripción original de Ortea & Templado, 1988:** “Animal de aspecto redondeado. Por transparencia se observa en él, la glándula digestiva granulosa y de color verde oscuro, que ocupa todo el cuerpo, pero no penetra en las cerata. El pie es de color amarillento pálido y sobresale ampliamente por la parte posterior del animal. La parte anterior es redondeada. El surco transversal, característico de este género, se encuentra en el cuarto anterior del pie. El área cardíaca es muy prominente. Presenta un color pardo claro con algunas papilitas blancas y un borde festoneado irregular de este mismo color. La papila anal sobresale de una manera patente por delante y algo hacia la derecha del área cardíaca.

---

---

Los rinóforos están bifurcados hacia la mitad, y en ellos se aprecia un eje interior parduzco y una conspicua pigmentación blanca superficial. Existen dos palpos bucales, los cuales están levemente pigmentados de pardo.

Las ceratas son foliáceos y prácticamente transparentes. Presentan algo de pigmentación blanca en su borde distal y son características dos manchas pardo-rojizas, una situada en la base, más grande, y otra en la parte media superior. La mancha de la base de las dos ceratas se conserva en los animales fijados. Las ceratas presentan un tamaño desigual y se disponen por todo el borde del dorso, a excepción de la región cefálica y de la zona caudal. Los de tamaño más grande tienen una posición más dorsal que los pequeños.”

**Descripción de ejemplares colectados.** Las tallas de los ejemplares colectados en campo oscilaron entre 5 mm a 7 mm, considerando desde la parte superior de la cabeza a la punta del pie.

El cuerpo presentó una forma de lagrima y presenta una coloración amarillenta o marrón (Figura 12). Las ceratas en algunos organismos fueron abundantes, mientras que en otros fueron escasas, las cuales presentaron forma de pétalo con la parte superior aserrada, su disposición fue casi en línea sobre el margen lateral del cuerpo, exceptuando la región de la cabeza y dejando la parte dorsal expuesta. Las ceratas presentaron diversos tamaños, siendo que las más grandes representaban tres cuartas partes del tamaño total del cuerpo (desde la cabeza a la punta del pie), en apariencia eran finamente delgadas y se desprendían con suma

---

---

facilidad, no presentaron coloración, únicamente algunos puntos blancos a todo lo largo de la cerata, los cuales fueron más evidentes en los márgenes superiores.

Los rinóforos al igual que en la descripción fueron de forma bífida y transparentes, no obstante, se puede observar una “glándula” que los recorre verticalmente y en la punta se presentaron algunos puntos blancos mismos que los de las ceratas. Los ojos se observaron son dos puntos pequeños muy juntos entre sí, ubicados en la base de los rinóforos.

El pericardio se observó como un abultamiento en la parte dorsal anterior, el cual presentó la misma coloración del cuerpo.

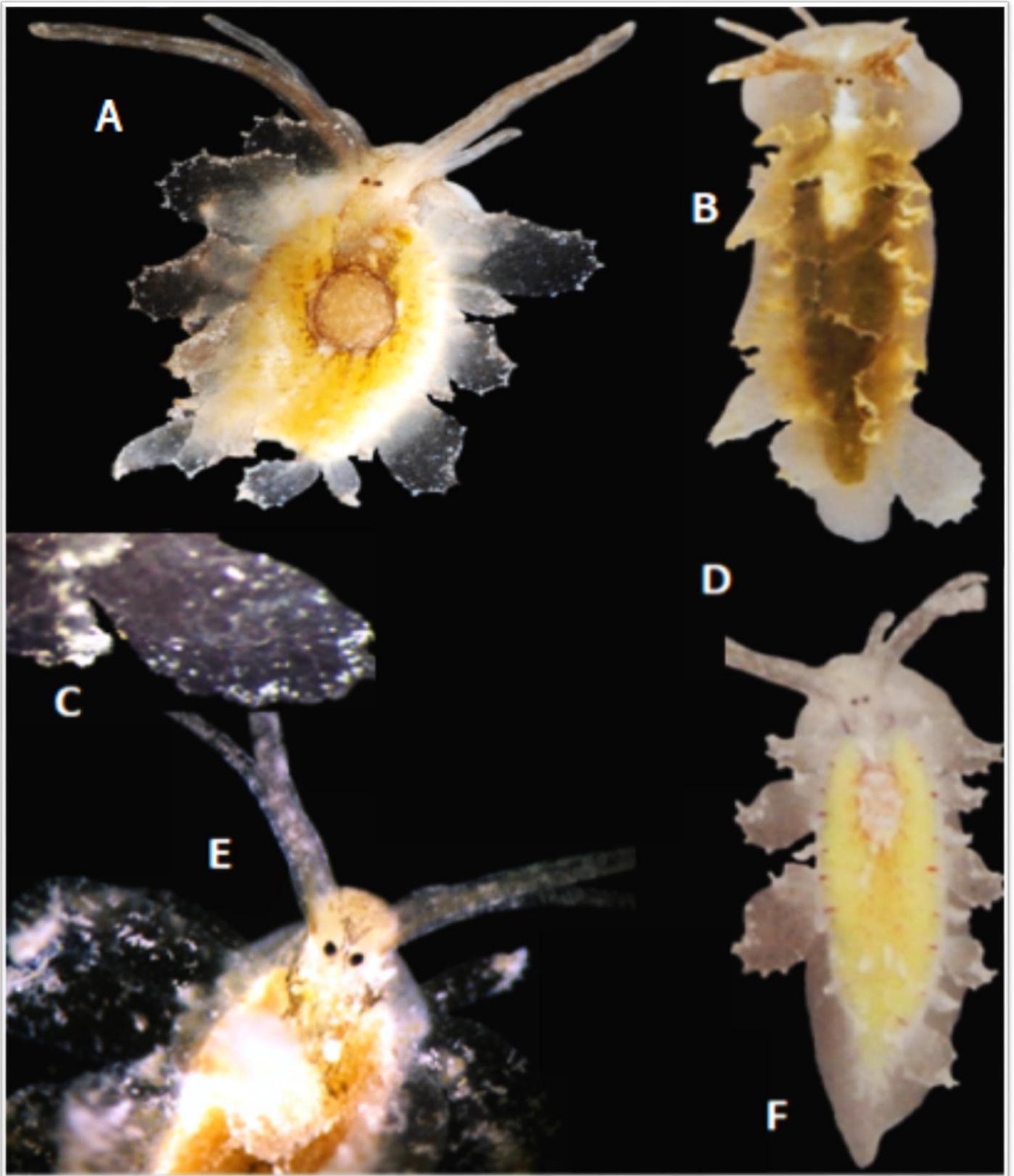
**Distribución en el PNSAV.** Este es el primer registro en un arrecife perteneciente al PNSAV.

**Distribución en México.** Yucatán (Sanvicente-Añorve *et al.* 2012)

**Distribución global.** Tobago, Indias occidentales, Antillas menores, Belice, Honduras, Costa Rica, Bahamas, Panamá (Jensen, 2007; Redfern, 2001; Valdés *et al.*, 2006, Goodheart *et al.*, 2016).

**Notas.** El color verde del cuerpo suele perderse al ser recolectado y fijado, tornándose con tonalidades amarillentas o marrones, conservando únicamente los puntos blancos de los márgenes de las ceratas y algunos puntos rojos en la base de las mismas. Las ceratas son muy delgadas lo que hace que se pierdan durante la recolección de las muestras de alga (Figura 11)

Los especímenes recolectados para este estudio únicamente se encontraron en muestras de alga del género *Halimeda*.

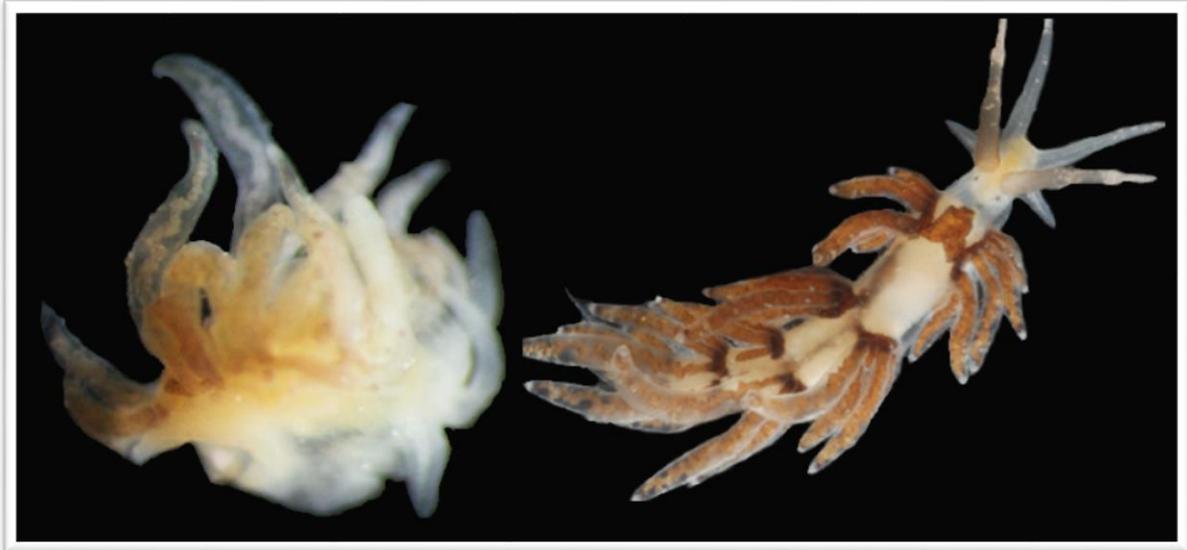


**Figura 11.** *Cyerce Antillensis*. A-Toma Ventral, B-Variación de color 1, C-Detalle de ceratas, D-Variación de color por falta de ingesta, E-Posición de ojos y rinóforos

---

---

**Especie desconocida de la Familia Facelinidae Bergh, 1889**



**Figura 12.** Izquierda ejemplar colectado, derecha especie similar (*Favorinus auritulus*).

**Descripción original de Bergh 1892:** “Corpus gracilius, elongatum: rhinophoria perfoliata vel annulata: tentacula elongata; podarium antice angulis tentaculatim productis.

Margo masticatorius serie denticulorum fortiorum armatus. Rádula uniseriata; dentes curvato-angulati, acie denticulata, cuspide prominenti. Glans penis foliacea, complicata, margine ut plurimum serie spinarum vel glandularum majorum armata”.

**Descripción del ejemplar colectado:** La cabeza presentó un par de rinóforos, un par de tentáculos orales y un último par de tentáculos laterales cortos. Los ojos se lograron observar como pequeños puntos negros, detrás de los rinóforos; el pie no presentó coloración, con respecto a su grosor fue muy delgado y su parte final terminó en punta.

---

---

Los rinóforos presentan algunos anillos muy juntos entre sí (pareciera que se encuentran lamelados), adicionalmente presentan un único bulbo en el extremo posterior. El tamaño de los rinóforos fue ligeramente mayor en comparación de los tentáculos orales.

Presentó cinco grupos de ceratas distribuidas a lo largo del cuerpo, cada grupo con un número diferente de ceratas, el primero tres, en el segundo cinco, el tercero tres y el cuarto y quinto únicamente un par, sin embargo, no se puede afirmar que ese sea el número exacto de ceratas en la especie, debido a que se desprenden con facilidad. Las ceratas presentaron una forma tubular con terminación en punta, con respecto a su tamaño no fue de manera uniforme, siendo que las más grandes se encontraron en el segundo y tercer grupo, no presentan pigmentación, lo que permitió que se lograra apreciar la glándula digestiva en cada una de ellas, dichas glándulas presentaron un color marrón, y recorrían a largo toda la cerata formando pequeñas ondulaciones.

El cuerpo presentó una coloración crema traslucido, con una ligera pigmentación marrón en el inicio de cada grupo de ceratas, el cual fue más marcado en el primer grupo, donde la coloración casi atraviesa el cuerpo de manera transversal, uniendo ambos grupos (Figura 13)

**Especies del PNSAV.** La única especie perteneciente a esta familia reportada en el PNSAV es *Dondice occidentalis* (Zamora-Silva & Ortigosa, 2012).

---

Otras especies en el Golfo de México. *Cratena pilata* (Ortigosa-Guitierrez *et al.*, 2007).

**Notas:** El organismo se obtuvo en muestras de algas del género *Halimeda*, y a pesar de haber agregado cloruro de magnesio para la relajación de los organismos antes de la fijación la contracción del cuerpo del ejemplar fue muy marcada, por lo que los tamaños mencionados del cuerpo, rinóforos, tentáculos orales y laterales suelen ser subjetivos.

---

---

### **Estructura de tallas**

Las tallas de *E. crispata* oscilaron entre 1.3 y 6.6 centímetros, con un promedio de 3.3 centímetros y una desviación estándar de 1.37 cm para todos los meses de muestreo.

El registro de las tallas de *C. antillensis* tuvo una variación menor, de los cuatro ejemplares colectados, uno registró una talla de ocho milímetros, dos siete y uno cinco, cabe señalar que para el registro de estas tallas se consideró la longitud desde la cabeza hasta la punta del pie, excluyendo la amplitud de los rinóforos. Así mismo se debe considerar que la talla de esta y otras especies de tamaño similar se reduce un par de milímetros al momento de la fijación, siendo que el organismo vivo en el medio acuático mide aproximadamente de dos a cinco milímetros más que los valores obtenidos en el laboratorio.

Finalmente, el único ejemplar de la familia Facelinidae midió cuatro milímetros, sin embargo, la contracción de su cuerpo fue muy grande, por lo que se estima que vivo en el medio acuático media el doble. Al igual que *C. antillensis* no se consideró la longitud de los rinóforos, por la gran contracción de ellos.

### **Tipo de sustrato**

Se identificaron 5 sustratos diferentes en los cuales se distribuyeron las especies de opistobranquios: alga, coral, roca cubierta por alga, pedacera-cascajo y pavimento calcáreo-roca (Anexo 2). El escombros de coral fue más abundante en la parte Oeste del arrecife tanto en profundidades menores como mayores a dos metros, estando ausente en los puntos de muestreo en la parte Norte y Este. La

---

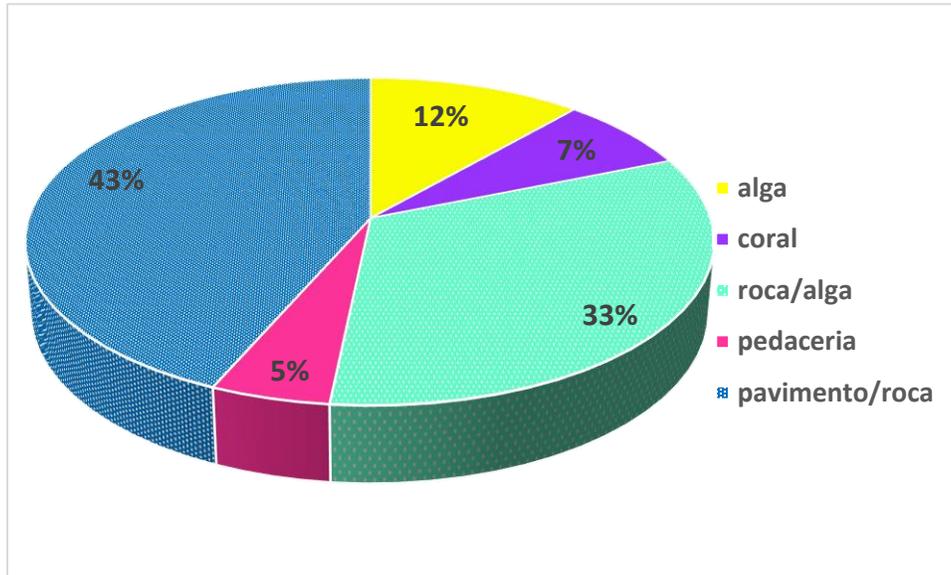
---

roca cubierta de alga fue más abundante en la parte central de la plataforma arrecifal, donde las profundidades son menores a dos metros, y finalmente los sustratos restantes se distribuyeron casi homogéneamente dentro de los puntos de muestreo (Figura 14).



**Figura 13.** Distribución de sustratos en puntos de muestreo

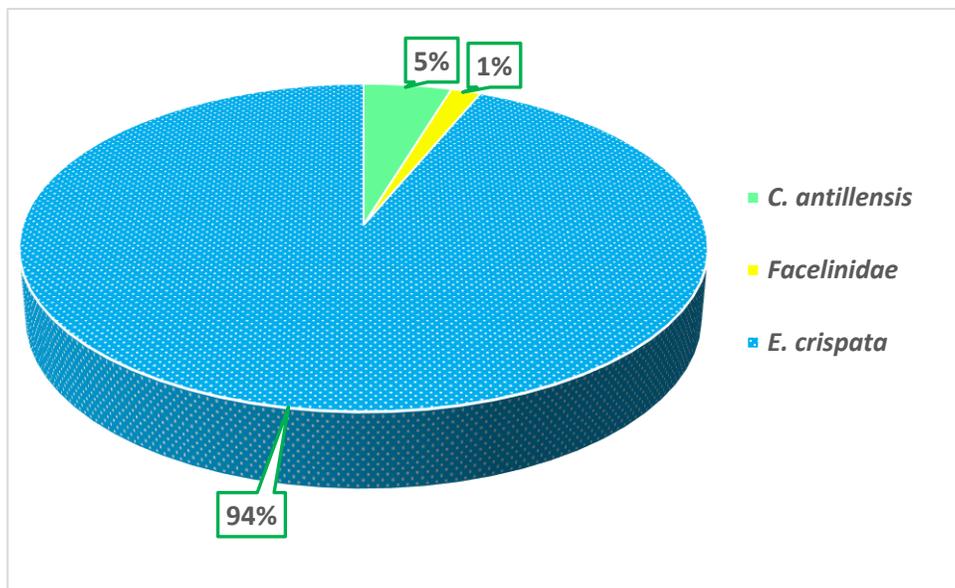
Por otra parte, *Elysia crispata* se encontró en los cinco sustratos, siendo el pavimento calcáreo-roca el sustrato con la mayor frecuencia de aparición, mientras que la pedacería/cascajo fue el sustrato con menor frecuencia de la especie. Por el contrario, *Cyerce antillensis* y la especie de la familia Facelinidae se localizaron únicamente en muestras de alga del género *Halimeda*. Siendo este tipo de sustrato el tercero más abundante para todas las especies en este estudio (Figura 15).



**Figura 14.** Sustratos asociados con la distribución de las especies

### **Riqueza y Abundancia**

Se contabilizó un total de 122 opistobranquios para el arrecife Santiaguillo, con una riqueza de tres especies, siendo *E. crispata* la más abundante con 94% (117 organismos), *C. antillensis* 5% (4 organismos) y la especie de la familia Facelinidae 1% con un solo organismo colectado (Figura 16).



**Figura 15.** Abundancia relativa de las especies de opistobranquios para el arrecife Santiaguillo.

De las abundancias de opistobranquios, principalmente de *E. crispata* no se observó una tendencia hacia algún mes en particular, siendo únicamente el mes abril y agosto atípicos con respecto a los demás, sin embargo, en ambos sitios se observaron características similares, entre las cuales fue la presencia de corales cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), escombros de coral de la misma especie, y algas calcáreas del género *Halimeda*.

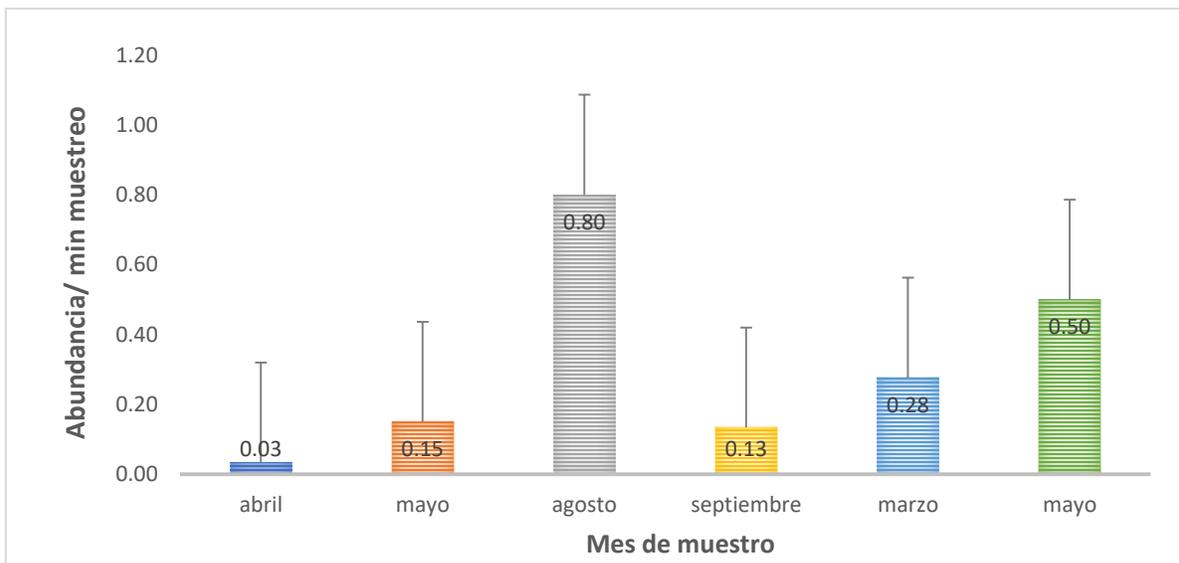
Con respecto al mes de agosto, se observó una gran cantidad de organismos de *E. crispata* en un área relativamente pequeña (transecto de 20 metros), sin encontrarse evidencia de puesta de huevos. Respecto a los demás meses se observa un incremento en las abundancias hacia marzo y mayo de 2017, siendo que en este último no existió la necesidad de una búsqueda exhaustiva, debido a que en el lugar donde se realizó el muestreo se encontraron dichas abundancias y al igual que en

---

---

el mes de agosto el esfuerzo fue menor. Finalmente, los meses de mayo y septiembre fueron los meses con las menores abundancias (Figura 17).

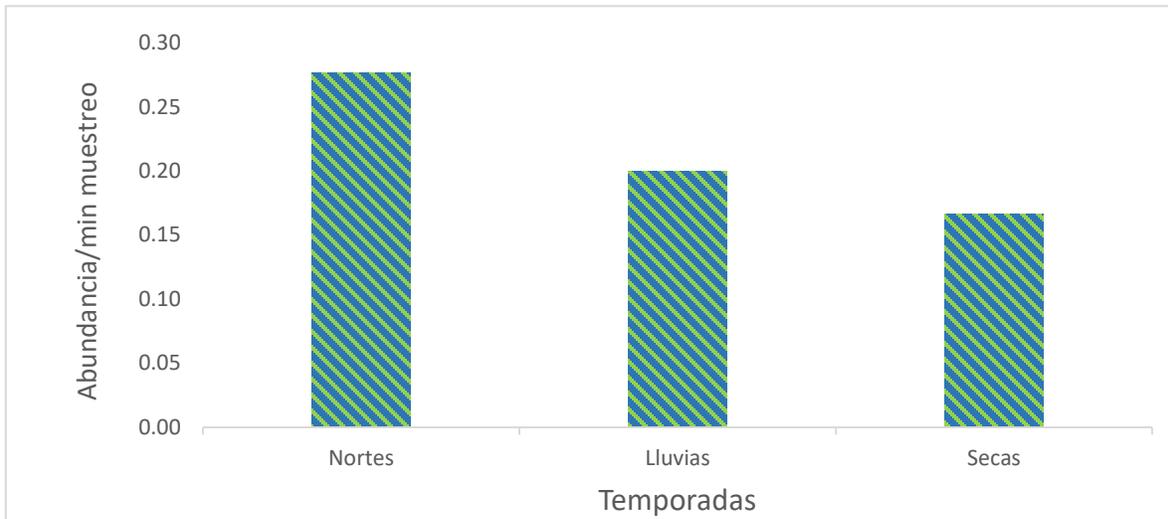
Por otra parte, la abundancia de *Cyerce antillensis* en las muestras de alga fue de un organismo por 11.87 gramos de alga, mientras que en la especie de la familia Facelinidae fue de un organismo por un total de 447 gramos de alga.



**Figura 16.** Abundancia de Opistobranquios por mes de muestreo

### Estacionalidad

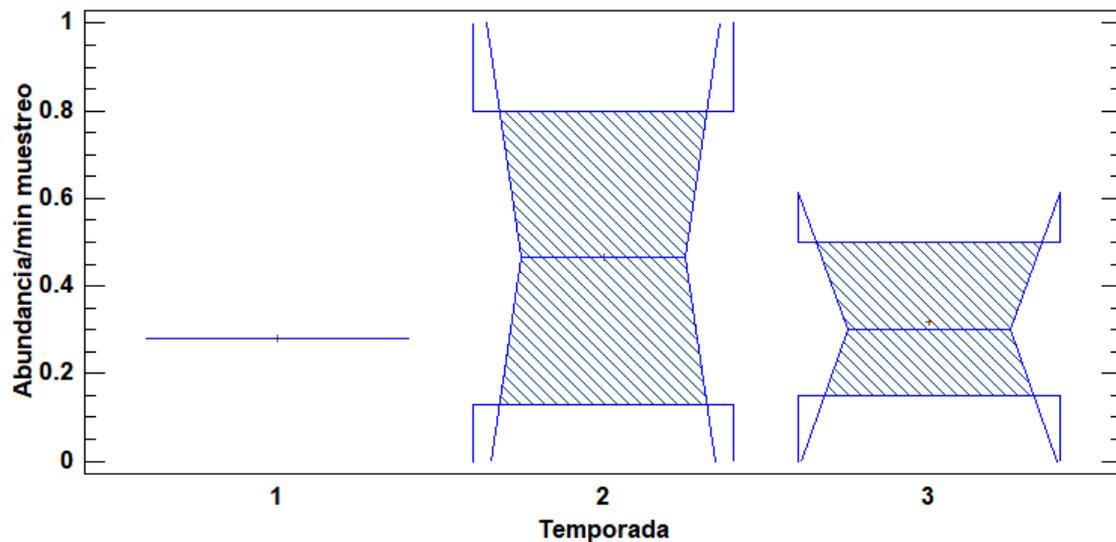
El tiempo total de muestreo en las tres temporadas fue de 580 minutos. De los cuales 200 minutos se realizaron en lluvias, 210 en secas y 170 minutos en nortes. En lo que refiere a la abundancia de opistobranquios durante el periodo de lluvias se contabilizaron un total de 47 organismos, 35 en secas y 40 en nortes. Sin embargo, al estandarizar la abundancia con respecto al tiempo de muestreo en cada temporada, la que tuvo una mayor abundancia fue la de Nortes, a pesar de solo haber realizado un muestreo en el mes de marzo. (Figura 18)



**Figura 17.** Abundancia de opistobranquios por temporada.

Como se aprecia en la Figura 18 existe una diferencia entre las tres temporadas con respecto a la abundancia y tiempo muestreado, sin embargo, con un diagrama de caja (Figura 19) se aprecia que no existen diferencias estadísticamente significativas entre temporadas. Y a pesar de que en la temporada de nortes se haya muestreado en una única ocasión, la abundancia fue comparable con las dos temporadas más.

En las tres temporadas la dispersión de los datos se aprecia de manera uniforme, lo que hace que los gráficos sean simétricos, encontrándose la media y la mediana muy cerca del centro.

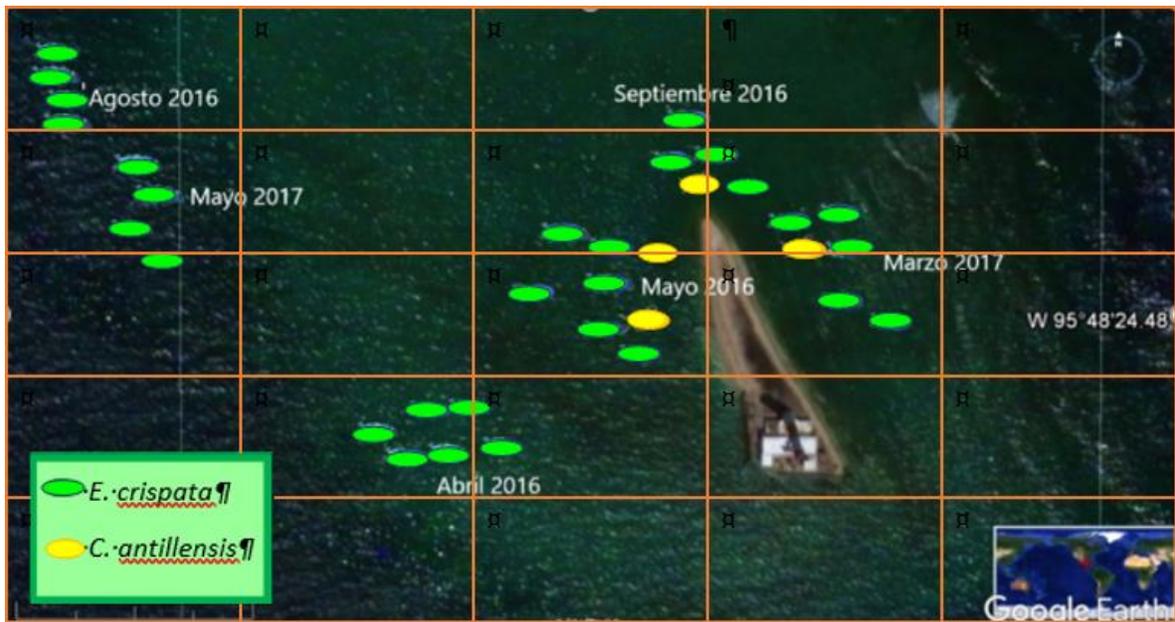


**Figura 18.** Diagrama de caja para ambas temporadas con respecto al esfuerzo. 1.-Nortes, 2.-Lluvias y 3.-Secas

### Distribución

Los sitios donde se observaron mayores abundancias de *Elysia crispata* se localizaron en la parte noreste de la isla con una profundidad mayor a dos metros, lo que contrasta con los muestreos realizados en la parte central de la plataforma donde no se encontró la misma agregación de la especie. Por otro lado, *Cyerce antillenses* se encontró en muestras de alga tomadas cerca de la isla. en la parte norte, este y oeste del arrecife, finalmente la especie de la familia Facelinidae se encontró igualmente en muestras de alga en el último muestreo realizado en la parte Oeste de arrecife (Figura 20).

Cabe señalar que en la parte sur del arrecife no se realizaron muestreos debido a la poca profundidad y a la abundancia de erizos, lo que hacía peligrosa la búsqueda con equipo de buceo libre.

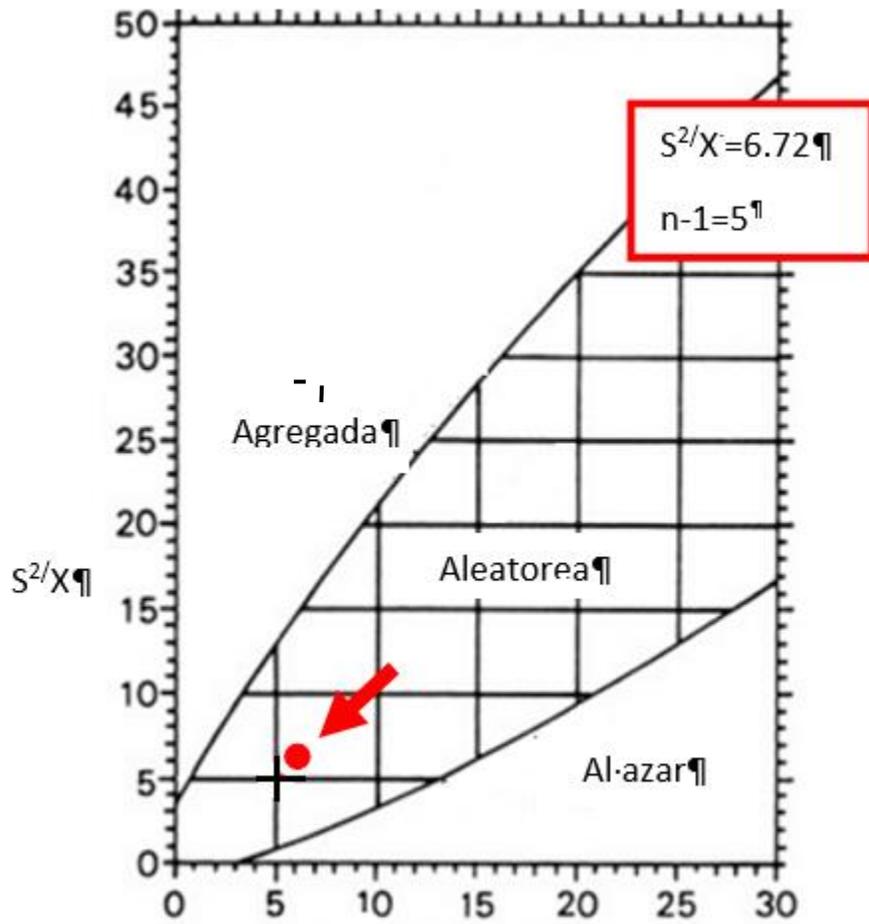


**Figura 19.** Distribución de Opistobranquios en arrecife Santiaguillo.

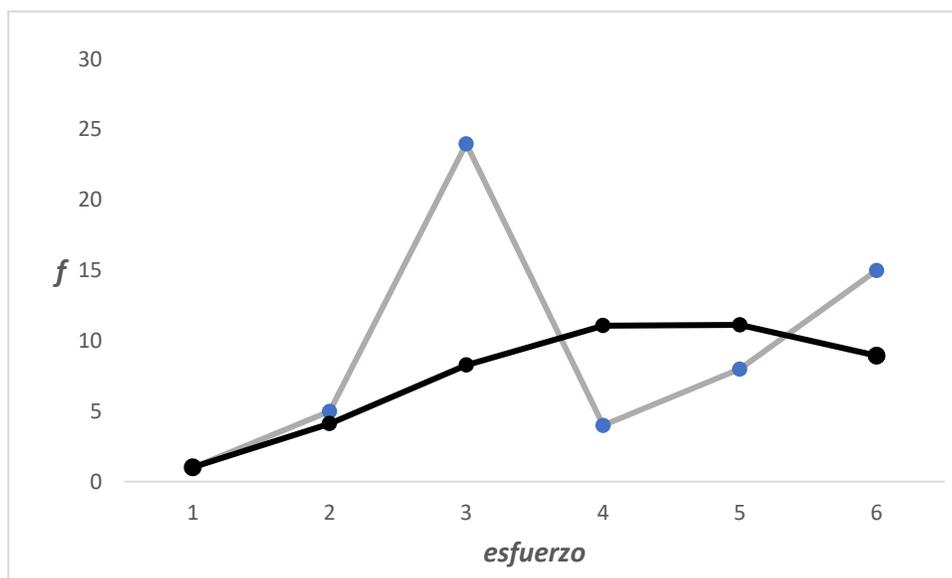
A partir de los datos obtenidos de abundancia por esfuerzo y por medio del modelo de dispersión ecológica de Fowler & Cohen, 2013 el índice de dispersión ( $S^2/\bar{x}$ ) para la especie *E. crispata*, tuvo un valor de 1.12 y la intersección de  $S^2$  fue igual a 6.72 con cinco grados de libertad (número de muestreos-1) lo que sugiere que la especie presenta una distribución de tipo aleatoria para el arrecife Santiaguillo (Figura 21).

Siguiendo el mismo método anteriormente citado, se propuso el modelo de distribución Poisson (Figura 22), para obtener las distribuciones esperadas en *E. crispata*, se decidió utilizar este método debido a que los valores de varianza (4.01) y de media (4.50) tienden a la igualdad, y a que el índice de dispersión ecológica sugiere ser de tipo aleatorio. Sin embargo, en la Figura 21 se logra apreciar en los datos obtenidos de la distribución observada en campo comparados con la distribución esperada con el modelo tienen una gran diferencia por lo que se infiere

que la prueba de distribución de Poisson no fue significativa, posiblemente debido a la poca cantidad de datos obtenidos.



**Figura 20.** Distribución aleatoria para *E. Crispata* con un 95% de confianza



**Figura 21.** Distribución de frecuencias observadas (azul) y esperadas (negro) para *Elysia crispata* con el modelo de Poisson.

---

---

### Relación de la abundancia con los parámetros hidrobiológicos

Los valores promedios de los parámetros hidrobiológicos en el arrecife presentaron variación entre temporadas (Tabla 4), siendo que los valores más bajos se presentaron en la temporada de secas, con excepción de la temperatura, la cual se registró en Nortes. Sin embargo, la variación fue muy pequeña entre temporadas, siendo que los valores promedios de temperatura, pH y oxígeno variaron menos de una unidad entre temporadas. Los valores más altos registrados de abundancias coinciden con la temporada de Nortes donde la temperatura fue más alta y los valores restantes se encontraron en medio de las dos temporadas restantes.

**Tabla 4.** Promedios de los parámetros hidrobiológicos del arrecife. \*Conductividad, \*\*Total de sólidos disueltos.

<b>Temporada</b>	<b>T °C</b>	<b>pH</b>	<b>O<sup>2</sup> g/L</b>	<b>Salinidad %</b>	<b>CTv* mS</b>	<b>TDS** ppm</b>
<b>Nortes</b>	28.6	7.73	7.6	38.25	65.3	46000
<b>Lluvias</b>	29.61	7.91	6.25	38.68	65.15	45475
<b>Secas</b>	29.2	7.4	5.9	36.6	62.4	43850
<b>Total</b>	28.13	7.68	6.58	37.84	64.28	45108

---

---

## DISCUSIÓN

### Diversidad

Existe un registro de 35 especies de opistobranquios únicamente para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Zamora-Silva & Ortigosa, 2012), lo cual representa el 35% del total para el Golfo de México que cuenta con 97 especies registradas (Ortigosa-Gutiérrez *et al.*, 2007). En este estudio se encontraron únicamente tres especies, de las cuales *Cyerce antillensis* y la especie perteneciente a la familia Facelinidae representan nuevos registros para el arrecife Santiaguillo, mientras que la primera es un nuevo registro para PNSAV, ya que únicamente había sido reportada para la costa del Golfo mexicano en el arrecife Alacranes, Yucatán, mientras que la especie de la familia Facelinidae, se puede inferir que es una especie no registrada para el Parque ni para el estado de Veracruz, debido a que las especies reportadas, pertenecientes a este género no muestran las mismas características y suelen ser de tallas superiores.

Las especies reportadas en este estudio presentan los valores más bajos de diversidad, en comparación con distintos trabajos realizados en otros arrecifes pertenecientes al PNSAV. En Gallega e Isla Verde se han reportado 12 especies, en Blanquilla e Ingeniero siete, y en el arrecife Anegada de Adentro y Rizo se reportan seis y cuatro especies respectivamente, siendo estos últimos los que presentan una menor diversidad. Sin embargo, cabe señalar que existen diferencias muy marcadas entre estos arrecifes, entre las cuales destacan la longitud y el área, la cobertura coralina, la diversidad de sustratos, la distancia con respecto a la costa

---

---

y el impacto antropogénico que presentan (Anexo 1). Castillo-Rodríguez, (2014) menciona que existen diversos factores relacionados principalmente con el cúmulo de desechos humanos que llegan a afectar de manera directa o indirecta a las poblaciones de moluscos marinos, las cuales pueden modificar o restringir su distribución.

Aunado a lo anterior, las discrepancias de los valores obtenidos en este y otros trabajos, también se pueden deber a otros factores, tales como el método de búsqueda utilizado y la experiencia del investigador sobre el grupo de estudio. (Vital Arriaga, 2013). Lo que concuerda con lo observado durante la realización del primer muestreo, donde el registro de abundancias de *Elysia crispata* fue bajo (cuatro organismos) en un lapso de 120 minutos esto se atribuye a la poca experiencia, el poco conocimiento de los organismos, y a la alta capacidad de camuflaje que presenta la especie con el medio, ya que conforme al avance en muestreos su localización y registro fue más rápido.

Con respecto a los métodos de búsqueda, algunos autores mencionan que el método directo suele ser muy efectivo para la búsqueda de ejemplares de mayor tamaño, así como para aquellos que presentan coloraciones vistosas (Ortigosa-Gutiérrez, 2012; Camacho-García *et al.*, 2005). Sin embargo, no se sugiere para especies de tamaño reducido o que presentan un buen mimetismo con el medio que habitan, ya sean fondos arenosos, rocas o algas, o incluso los que viven enterrados en el sedimento o bajo rocas. Por lo que se recomienda seguir un método indirecto, así como la búsqueda exhaustiva en lugares que puedan ser habitados por estos organismos, No obstante, suele ser poco recomendable al ser un método

---

---

destrutivo, y únicamente se recomienda si existe evidencia de la presencia de opistobranquios (Camacho-García *et al.*, 2005).

En este trabajo la especie *Elysia crispata* fue la única que se encontró utilizando el método directo, ya que es una especie de tamaño relativamente grande y que se puede observar fácilmente en el medio, por el contrario, se obtuvieron dos especies más empleando un método indirecto, con toma de muestras de alga del género *Halimeda*. Se optó emplear este método debido a la baja diversidad del grupo en cuanto a especies de talla superior ya que no formaba parte de la metodología inicial. Los resultados obtenidos sugieren que, de haber empleado otro tipo de método indirecto, tales como cepillado en esponjas y corales, arrastre o toma de muestras de otras especies de alga el número de especies de opistobranquios hubiera sido mayor para el arrecife.

En éste, al igual que en otros trabajos enfocados al estudio de opistobranquios en parte del Golfo mexicano, se han utilizado métodos de búsqueda diferentes, lo cual también se ve reflejado en la cantidad de organismos reportados. Caso de ello es Rojas-Ramírez (2013) quien utilizó el método de Plotess techniques, el cual consiste en armar un sistema de coordenadas y cuadrantes con búsqueda visual directa, en donde a pesar de abarcar gran parte de la zona de estudio, el autor reporta una baja diversidad para el grupo, Vital Arriaga (2013) reporta una mayor diversidad para dos arrecifes del PNSAV, utilizando también el método directo, con la diferencia de una búsqueda por tiempo en presas conocidas, así como debajo de rocas. Finalmente, el trabajo de Ortigosa *et al.* (2015) reporta 37 especies en un arrecife de Yucatán, sin embargo, el autor, comparado con los dos primeros además de realizar una

---

---

búsqueda directa, utiliza también métodos indirectos, como cepillado sobre presas conocidas, bomba de succión sobre algas, y arrastre. Si bien la diferencia de la riqueza entre los dos primeros trabajos con respecto al tercero se puede deber al método utilizado, pudiera atribuirse a la zona de estudio ya que los dos primeros fueron realizados en arrecifes del estado de Veracruz, donde existe una desigualdad en cuanto a la diversidad de moluscos gasterópodos con respecto al estado de Yucatán, Campeche y Quintana Roo que presenta mayor riqueza y abundancia del grupo (González-Solís & Torruco-Gómez, 2010).

Por lo que se refiere al arrecife Santiaguillo, los trabajos dirigidos al estudio exclusivo de moluscos han sido casi nulos, con la excepción del trabajo realizado por Tapia-Domínguez (2013), en el que reportó 13 especies, de las cuales únicamente *Elysia crispata*, perteneció al grupo de opistobranquios; con una abundancia total de tres organismos. Los cuales fueron registrados sobre los sustratos de pedacería de coral y parches de macroalgas en la parte oeste de la planicie arrecifal, lo cual, comparado con este trabajo fueron los dos sustratos con la menor abundancia de la especie.

### **Abundancia y tipo de sustrato**

En cuanto a los registros de especies del PNSAV muchos trabajos reportan a *Elysia crispata* como la especie dominante. En Isla verde Ortigosa-Gutiérrez (2005) reporta un total de 86 organismos, siendo las algas el sustrato con la mayor frecuencia de aparición de la especie. En el estudio realizado por Rojas-Ramírez (2013) la abundancia de la especie representó el 85% para Anegada de Adentro, 61% para Isla Verde y 45% en Blanquilla, las cuales se encontraron sobre pedacearía de coral,

---

---

coral vivo y arena. En comparación con el presente estudio *E. crispata* se registró mayormente sobre pavimento calcáreo-roca, seguido por roca cubierta de alga y coral vivo, y con una frecuencia menor pedacearía de coral y alga. De manera similar Marcus & E., Marcus (1967) y Sevilla *et al.*, (2003) han reportado a *E. crispata* en una gran variedad de sustratos, entre ellos se encuentran, bajo rocas a 3 m de profundidad, en relleno calcáreo con el género de alga *Thalassia* a menos de 1.5 m, en corales junto con *Thalassia* a profundidades de 3 a 9 m, en fondo rocoso con *Acropora* a profundidades de 1.2 a 1.5 m, sobre rocas cubiertas de alga hasta 4 metros de profundidad y asociadas a rocas del fondo desde 10 hasta 13 m.

La gran abundancia de *E. crispata* en diferentes hábitats se podría deber a la diversidad que presenta en su dieta la cual incluye a las especies *Halimeda incrassata*, *H. opuntia*, *H. monile*, *Penicillus capitatus*, así como otras especies de *Penicillus* y *Bryopsis* (Pierce *et al.*, 2006; Curtis *et al.*, 2005). Aunado a esto se puede mencionar también la capacidad de albergar cloroplastos funcionales por periodos de tiempo de hasta cuatro meses (cleptoplasia), manteniendo de esta manera su metabolismo sin la necesidad de ingesta. (Curtis *et al.*, 2005). Lo que podría explicar el por qué se le encuentra comúnmente en diferentes sustratos, no relacionados directamente con su dieta.

Los registros de *C. antillensis* en sustratos suelen ser menos diversos, Camacho-García *et al.*, (2005) reporta a la especie debajo de rocas a una profundidad de 3 a 7 m, mientras que los reportes en algas únicamente son en especies pertenecientes al género *Halimeda* y *Penicillus*, lo que concuerda con lo registrado en este estudio. Por otro lado, a diferencia de otras especies de Sacoglossos, *C. antillensis* no

---

---

presenta cleptoplastia (Barnes, 2003). Y a pesar de que presenta un bajo registro de organismos en este estudio, se puede decir que su abundancia es grande en el arrecife debido a que solo se tomaron muestras de algas en dos ocasiones en tres sitios elegidos al azar, hallándose al menos un espécimen en cada una de ellas. Cabe señalar que en otros trabajos donde se reporta la especie, únicamente se hace alusión a pocos especímenes recolectados, un ejemplo de esto es el trabajo de Sanvicente-Añorve *et al.*, (2012) donde realizó muestreos en tres temporadas diferentes en el arrecife Alacranes ubicado en Yucatán y reportó únicamente cuatro especímenes en una sola temporada. En dicho trabajo se resalta también la gran abundancia de *E. crispata* con 108 ejemplares en las tres temporadas.

A diferencia de las dos especies de Sacoglossos anteriormente citadas, en las cuales su alimentación es estrictamente herbívora, la familia Facelinidae perteneciente al grupo de nudibranquios, se caracteriza por su alimentación totalmente carnívora, y es muy común encontrarlos cerca de sus presas, tales como esponjas, corales, hidrozooos e incluso cerca de las puestas de huevos de otros opistobranquios, por lo que su distribución se encuentra estrechamente relacionada con su dieta (Miller, 1961). Siendo que para este estudio el ejemplar se encontró en muestras de alga, lo cual podría indicar que la especie se alimenta de puestas de huevos. La abundancia registrada en este trabajo fue baja, con un solo organismo colectado, sin embargo, al igual que en *C. antillensis*, en algunos trabajos donde se llegan a reportar especies de esta familia las abundancias son bajas, con menos de cinco organismos (Villalba & Crescini, 2013).

---

---

Finalmente, con respecto al tipo de sustrato asociado en las especies de opistobranquios se puede decir que en las especies de mayor tamaño como lo es *E. crispata*, puede ser una característica descriptiva relativa, ya que en ciertos lugares donde fue observada existían varios tipos de sustratos en un área relativamente pequeña, lo que sugiere que el mínimo desplazamiento del organismo la haría cambiar de sustrato, sin que existiera realmente una preferencia a alguno de estos. Caso contrario ocurre en *C. antillensis*, la cual, al ser una especie de tamaño reducido (5-15 mm) se reporta en tipos de algas específicas, lo que también suele ser una característica importante para su determinación, ya que algunas guías usan la relación de especie-alga, al tener conocimientos previos del tipo de alga que se alimentan.

### **Distribución**

El modelo de distribución para la especie *E. crispata* apuntó ser de tipo aleatorio, dicho modelo se llega a presentar en poblaciones donde no existe una interacción social, así como en sitios donde el ambiente presenta características homogéneas y favorables, ya que la probabilidad de encontrar a un organismo de esa especie es la misma para toda el área de estudio (Morlans & María, 2014). Lo que no se llegó a observar en este trabajo, ya que las características del ambiente en los puntos muestreados variaban entre sitios, sin presentar homogeneidad, únicamente existieron dos sitios específicos con una mayor agregación y abundancia de la especie, los cuales contaban con características homogéneas, específicas y similares entre sí, lo que sugiere que la especie *E. crispata* realmente se encuentra asociada a este tipo de características en el arrecife, condicionando de esta manera

---

---

su distribución aleatoria al ambiente que les rodea. Tal como menciona González (2006) la ocurrencia de especies en zonas de estudio específicas se puede explicar por la presencia de otras especies que son necesarias para su supervivencia, ya sea porque forman parte de su alimento, les brindan protección contra depredadores o son sitios de anidación, siendo que los organismos bentónicos y en especial los moluscos llegan a presentar una estrecha relación con el sustrato que habitan (Sánchez & Ponce, 1996).

### **Parámetros hidrobiológicos**

Los registros de parámetro hidrobiológicos del arrecife presentaron una diferencia mínima entre temporadas, sin embargo, debido a la poca abundancia de datos no se logró realizar una prueba estadística que revelara diferencias significativas, así como tampoco una que relacionara los datos con las abundancias observadas. Por lo que en este trabajo no se corrobora que exista una relación entre los parámetros hidrobiológicos y la abundancia de opistobranquios, en este caso *E. crispata*.

Por lo que se refiere al registro de los parámetros, la temperatura del agua superficial tuvo un incremento hacia los meses de agosto y septiembre, decreciendo para los meses siguientes, lo que concuerda con lo registrado por Pérez-España (2015), para el PNSAV. En cuanto a los valores promedios de salinidad se encuentran por arriba de lo reportado para Santiaguillo, y los sólidos disueltos en el arrecife se reportan como uno de los que presentan menor cantidad, así como una mayor visibilidad durante el año.

---

---

Algunos autores sugieren que la abundancia de moluscos, así como la diversidad se puede ver afectada principalmente por la concentración de oxígeno, salinidad y sólidos en suspensión

### **Registro de tallas**

La talla máxima registrada en *E. Crispata* es de 150 mm (Rosenberg, 2009), sin embargo para este estudio los valores más altos oscilaron alrededor de los 60 mm con un valor máximo de 68 mm en el mes de mayo, no obstante, no existió un mes exclusivo en el cual se hayan registrado únicamente tallas mayores o menores de la especie, sino que los tamaños variaron de 20 a 60 mm para todos los meses de muestreo, esta homogeneidad en cuanto a la estructura de tallas de la especie se podría asociar a diferentes variables, las cuales podrían estar relacionadas con la frecuencia de su reproducción y puesta de huevos en más de una temporada durante el año, así como el ciclo de vida de la especie el cual podría ser anual o incluso de mayor tiempo. Por lo que el estudio de su ciclo de vida podría explicar el porqué es una especie dominante tanto en el Golfo de México como en el Caribe.

Aunado a lo anterior, a partir del conocimiento del ciclo de vida de *E. crispata* se sabe que las larvas provenientes de las masas de huevo eclosionan como nadadoras libres en un lapso de 19 días después de la deposición, y presentan otra metamorfosis después de cuatro a cinco días. Lo cual comparado con otra especie perteneciente al mismo género (*E. clarki*) representa un tiempo más corto. Y a pesar de que el ciclo de vida de ambas especies es desconocido, han mantenido a ejemplares en el laboratorio después de 22 meses sin que se hayan reproducido, lo

---

---

que sugiere que quizá vivan por más tiempo, cabe señalar que esta última especie fue confundida con *E. crispata* por mucho tiempo (Pierce *et al.*, 2006).

En cuanto a los registros de las tallas de *C. antillensis* para este trabajo fueron menores a los 10 mm, no obstante, los datos obtenidos fueron tomados después de un proceso de fijación, lo cual hace que el organismo se encoja un par de milímetros por lo que se presume que en el medio acuático presentaban tallas superiores a lo registrado, considerando que la talla máxima registrada en la especie es de 60 mm (Rosenberg, 2009).

### **Estacionalidad**

La abundancia de *E. crispata* fue mayor en la temporada de secas, lo que concuerda con lo registrado por Zamora-Silva & Ortigosa (2012), donde mencionan que la especie llega a presentar un mayor registro de abundancias entre la temporada que comprende los meses de marzo a agosto, sin embargo, es fácilmente observable durante todo el año.

---

---

## CONCLUSIONES

- Se registró un total de 122 organismos, con la realización de un listado taxonómico se agruparon en dos órdenes, tres familias y tres especies. Siendo que la especie *Cyerce antillensis* y Facelinidae sp son nuevos registros para el arrecife y para el PNSAV.
- La descripción anatómica de cada especie correspondió con la diagnosis original realizada por el primer o segundo autor de la especie o familia para el caso de Facelinidae sp.
- La riqueza de especies de Opisthobranchios en el arrecife Santiaguillo es baja con un total de tres especies registradas para este estudio. Lo que representa la diversidad más baja en comparación con los diferentes estudios realizados en el PNSAV.
- *Elysia crispata* es la especie dominante del arrecife y su distribución en el arrecife apuntó ser de tipo aleatoria, sin datos suficientes para presentar el modelo completo de distribución de Poisson.
- Se determinaron seis sustratos diferentes para el arrecife Santiaguillo: alga, coral, roca cubierta de alga, pedacearía/cascajo, coral muerto reciente y pavimento calcáreo roca, donde la especie *Elysia crispata* se encontró en cada uno de ellos, siendo que las dos especies restantes se obtuvieron únicamente en el sustrato de alga.
- No se encontró una estacionalidad en ninguna de las especies, debido a que *Elysia crispata* se observó en todos los meses de muestreo y *Cyerce*

---

---

*antillensis* y Facelinidae Sp. resultaron ser poco abundantes para una determinación fidedigna.

- No se encontraron diferencias significativas en los parámetros hidrobiológicos del arrecife, entre ambas temporadas de muestreo, y debido a la poca cantidad de datos no se lograron obtener pruebas estadísticamente significativas que se relacionaran las abundancias de opistobranquios.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere un estudio únicamente de opistobranquios asociados a diferentes especies de algas, debido a que en el presente estudio se consideró únicamente una especie perteneciente al género *Halimeda*, además de que en el PNSAV se han reportado pocas especies de tamaño reducido, por lo que también sería aconsejable emplear otras técnicas de muestreo indirecto tales como cepillado, arrastre, bomba de succión y muestreos nocturnos. ya que en su mayoría los trabajos realizados para esta zona se han empleado métodos directos y diurnos.

Asímismo, se recomienda que los especímenes recolectados en campo sean estudiados vivos, ya que si no se logra obtener una descripción del organismo vivo muchas de las características anatómicas para su identificación se pierden volviéndose esta más compleja.

## ANEXOS

### Anexo 1.

Tabla 5. Diferencias entre algunos arrecifes del PNSAV con respecto a Santiaguillo. Valores tomados de Pérez-España (2005); Rojas-Ramírez (2013); Vital-Arriaga (2016). Cm-coral muerto, Cv-coral vivo, Al-algas, P-pastos marinos, Ar-arena, Pc-pavimento coralino, R-roca coralina y Pdc- pedacearía de coral

	Distancia a la costa km	Área m <sup>2</sup>	Máxima cobertura coralina %	Sustratos presentes	Impacto antropogénico	Número de opistobranquios Registrados
<b><u>Santiaguillo</u></b>	<u>19.75</u>	<u>93,330</u>	<u>40</u>	<u>Cm, Cv, Al,</u> <u>Rc, Pdc</u>	<u>Poco</u>	<u>3</u>
Rizo	5.25	1,958,000	7	Ar, Cm, Cv, P, Al	Medio/muy alto	6
Isla Verde	5.37		48	Ar, P, Cv, Cm, A, Pdc	Poco/moderado	6
Anegada de A.	7.5		12	Cv, Cm, Pdc, Pc, Rc, A.	Poco/moderado	4
Gallega	Unión artificial	1,362,000	20	Ar, Cm, Cv, P, Al.	Muy Alto	12
Blanquilla	4.6	668,680	45	Cv, Cm, Pdc, Pc, A		7
Ingeniero			>5			7
Sacrificios	1.4		12		Poco/moderado	1

---

---

## Anexo 2

Tabla 6. Sustratos considerados para este estudio. Modificado de Garza-Pérez (2009).

<b>Sustrato</b>	<b>Definición</b>
<b>Alga</b>	Se incluyen los siguientes tipos de algas: calcáreas articuladas, filamentosas, coralinas incrustantes, pastos marinos y macroalgas rojas, verdes y pardas.
<b>Coral</b>	Se incluyen: corales escleractinios, hidrocorales y octocorales.
<b>Roca cubierta de alga</b>	Sustrato de carbonato de calcio cubierto por tapetes algales de diferentes tipos.
<b>Pedacearía/cascajo</b>	Pedazos de colonias rotas de corales ramosos y digitiformes (Acropora y Porites). No presenta tejido vivo, pero se puede encontrar cubierto por una película de microalgas o por parches de algas coralinas incrustantes.
<b>Coral muerto reciente</b>	Tejido coralino muerto no mayor a un año, producido por lesiones, tales como mordidas de peces, enfermedad, o daños mecánicos. Se puede observar los detalles del esqueleto coralino y puede presentar una ligera capa de microalgas o sedimento.
<b>Pavimento calcáreo/roca</b>	Sustrato de carbonato de calcio y/o colonias coralinas muertas erectas, se puede encontrar desnudo o relativamente desnudo, con una ligera capa de microalgas y/o sedimento

---

---

## Referencias

1. Ávila, C (1995). Natural products of Opisthobranch molluscs: a biological review *Oceanography and Marine Biology: An Annual review*.
2. Barnes, H. (2003). *Oceanography and marine biology*. CRC Press. 114 pp
3. Barrientos, Z. (2003). Aspectos básicos sobre la clasificación, recolección, toma de datos y conservación de los moluscos. *Revista de Biología Tropical*, 51(3), 13-30.
4. Beeman, R. (1977). *Gastropoda: Opisthobranchia*. In-*Reproduction of Marine Invertebrates* (AC Giese & J. S Pearse, eds), Academic Press, New York.
5. Beherens D. W. (2005). *Eastern Pacific nudibranchs: a guide of the Opisthobranchs from Alaska to Central America*.
6. Bergh, L. S. R. (1892). *System der nudibranchiaten Gasteropoden*. CW Kreidel's Verlag.
7. Bergh, L. S. R. (1894). *Die Opisthobranchien*. Reports on the dredging operations off the West Coast of Central America to the Galapagos to the West Coast of Mexico, and in the Gulf of California. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology of Harvard College*. 25 (10) 123-233 pp
8. Bertsch, H. (1973). Distribution and natural history of opisthobranch gastropods from Las Cruces, Baja California del Sur, México.
9. Bertsch H. y Hermosillo A. (2007). Biogeografía alimenticia de los opisthobranchios del Pacífico Noroeste 71-73 pp. En *estudios sobre Malacología y Conquiliología en México*.
10. Bertsch, H., (2008). Ten-Years Baseline Study of Annual Variation in the Opisthobranch (Mollusca: Gastropoda) Populations at Bahía de los Ángeles, Baja California, México. 319-338 pp.
11. Bouchet, P., Rocroi, J. P., Frýda, J., Hausdorf, B., Ponder, W., Valdés, Á., & Warén, A. (2005). Classification and nomenclator of gastropod families.
12. Brusca R. C. & G. J. Brusca. (2005). *Invertebrados*. 2da edición. McGraw Hill. Interamericana de España, S. A. 1005 pp.
13. Camacho-García, Y. E., Gosliner, T., & Valdés, Á. (2005). *Guía de campo de las babosas marinas del Pacífico Este Tropical*. California Academy of Sciences.
14. Castillo-Rodríguez, Z. G. (2014). Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 419-430.
15. Clark, K.B., Jensen, K.R. & Stirts. (1990). Survey for functional kleptoplasty (chloroplast symbiosis) among West Atlantic Ascoglossa (=Sacoglossa) (Mollusca: Opisthobranchia).

- 
- 
16. Carrillo, L., Horta-Puga, G. & Carricart-Ganivet, J. P. (2007). Climate and oceanography. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press. Corpus Christi, USA, 34-40.
  17. CONANP (Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Ficha informativa de los Humedades Ramsar "Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano"
  18. CONANP (Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas). 2011. Estudio Previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México.
  19. Curtis, N. E., Massey, S. E., & Pierce, S. K. (2006). The symbiotic chloroplasts in the Sacoglossan *Elysia clarki* are from several algal species. *Invertebrate Biology*, 125(4), 336-345.
  20. Curtis, N. E., Massey, S. E., Schwartz, J. A., Mangel, T. K., & Pierce, S. K. (2005). The intracellular, functional chloroplasts in adult sea slugs (*Elysia crispata*) come from several algal species and are also different from those in juvenile slugs. *Microscopy and Microanalysis*, 11(S02), 1194.
  21. De la Calle, F. (2009). Fármacos de origen marino. *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*: 141-155.
  22. DOF (Diario Oficial de la Federación). (2012). Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida con carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano. Secretaría de Desarrollo Social. México, D.F. Gobierno Federal
  23. Dorantes-Mejía, C. P. (2010). *Elysia Crispata* (Molusca: Sacoglossa: Elysiidae) como biomonitor de contaminación en tres arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 67 p.
  24. Fowler, J., Cohen, L., & Jarvis, P. (2013). *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons.
  25. Garza-Perez J. R. (2009). Evaluación de Comunidades Bentónicas Arrecifales. Guía de campo y Laboratorio. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Investigación Espacial en Ambientes Costeros y Marinos. UMDI-SISAL
  26. González, A. R. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Pontificia Universidad Javeriana.
  27. González-Solís & Torruco-Gómez. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO; SEDUMA
  28. Gosliner, T. M. (1990). Additions to the aeolidacean nudibranch fauna of the tropical eastern Pacific. *The western society of Malacologists Annual Report*.
  29. Gosliner, T. M., Behrens, D. W., & Valdés, A. (2015). *Nudibranch & sea slug identification: Indo-Pacific*. New World Publications.

- 
- 
30. Gutiérrez, M. C., et al. (2008). "Babosas marinas (Sacoglossos y Opisthobranchios) de la bahía de Santander." *Locustella: Anuario de la Naturaleza de Cantabria* (5): 44-57.
  31. Goodheart, J. A., Ellingson, R. A., Vital, X. G., Galvão Filho, H. C., McCarthy, J. B., Medrano, S. M., & Hoover, C. A. (2016). Identification guide to the heterobranch sea slugs (Mollusca: Gastropoda) from Bocas del Toro, Panama. *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 56.
  32. Helmut Debelius (1998). *Guía de nudibranchios y caracolas de mar del Indopacífico*. M&C Difusion.
  33. Hermosillo, A., Behrens, D. W., & Jara, E. R. (2006). *Opisthobranchios de México: Guía de babosas marinas del Pacífico, Golfo de California y las islas oceánicas*. CONABIO.
  34. Horta-Puga, G. (2009). Informe final del Proyecto DM005 Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: primera etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. División de Investigación y Posgrado Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos.
  35. Jensen, K. R. (2007). Biogeography of the Sacoglossa (Mollusca, Opisthobranchia). *Bonner Zoologische Beiträge*, 55(3/4), 255-281.
  36. King D. & Fraser V. (2002). More reef fishes & nudibranchs East and South coast of southern Africa Struik.
  37. Krebs C. J. (1999) *Ecological methodology*. Benjamin/Cummings. E.U.A. 620pp.
  38. Maeda, T., Kajida, T., Maruyama, T., & Hirano, Y. (2010). Molecular phylogeny of the Sacoglossa, with a discussion of gain and loss of kleptoplasty in the evolution of the group.
  39. Marcus, E., & Marcus, E. (1967). *American opisthobranch mollusks*.
  40. Marcus E. D. 1980. Review of westerns Atlantic Elysiidae (Opisthobranchia Ascoglossa) with a description of a new Elysia species *Bulletin of Marine Science*, 30(1), 54-79.
  41. Miller, M. C. (1961). Distribution and food of the nudibranchiate Mollusca of the south of the Isle of Man. *The Journal of Animal Ecology*, 95-116
  42. Mörch, O. A. (1863). Contributions a la faune malacologique des Antilles Danoises. *Journal de Conchyliologie*, 11, 21-43
  43. Morláns, C., & María, B. (2014). Introducción a la ecología de poblaciones.
  44. Ortea, J. & Templado, J. 1988. Una nueva especie de *Cyerce* Bergh 1871 (Opisthobranchia: Ascoglossa) de la Isla de Cuba. *Revista de la Sociedad Española de Malacología*. Vol. 8 (1). Barcelona, 1988
  45. Ortea, J., Moro, L., Bacallado, J. J., Herrera, R. (2001). Catálogo actualizado de Moluscos Opisthobranchios de las Islas Canarias. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, 12(3-4), 105-136.

- 
- 
46. Ortigosa-Gutiérrez, J. D. (2005). Riqueza y distribución de opistobranquios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) en la laguna arrecifal de Isala Verde, Veracruz. *Tesis profesional*.
  47. 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
  48. Ortigosa-Gutiérrez, J. D., Calado, G., & Simões, N. (2007). Revisión bibliográfica de moluscos opistobranquios del Golfo de México. *Estudios sobre Malacología y Conquiliología en México*, 35
  49. Ortigosa-Gutiérrez, J. D. Calado, G., & Simões, N. (2010). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
  50. Ortigosa, D., Simões, N., & Calado, G. (2013). Seaslug (Mollusca: Opisthobranchia) from Campeche Bank, Yucatán Peninsula, México. *Thalassas*, 29(1), 59-75
  51. Ortigosa, D. & Valdés, A. (2012). A new species of *Felimare* (formely Mexicromis) (Gastropoda: Opisthobranchia: Chromodorididae) from Yucatán Peninsula, México) *The Nautilus* 126 (3): 98-104
  52. Pérez-España, H. (2015) Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: segunda etapa. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. GM004. México
  53. Piece, S. K., Curtis, N. E., Massey, S. E., Bass, A. L., Karl S. A., & Finney, C. M. (2006). A morphological and molecular comparison between *Elysia crispata* and new species of kleptoplastic sacoglossan sea slug (Gastropoda: Opisthobranchia) from the Florida Keys, USA. *Molluscan Research* 26(1), 23-38
  54. Ramírez-González A. (2006). Ecología métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Ed. Pantificia Universidad Javeriana
  55. Redfern, C. (2001). Bahamian seashells: a thousand species from Abaco, Bahamas. *Bahamianseashells*.
  56. Reyna-González, P. C. (2014). Modelo de soporte para la toma de decisiones en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Tesis doctotal*. Instituto de Ciencias Marinas y Pesqueras. Universidad Veracruzana 152pp
  57. Rojas-Ramírez, V. H. (2013). Opistobranquios de la planicie arrecifal de los arrecifes Anegada de Adentro, La Blanquilla y Verde, Veracruz, México. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Edo. Méx. 85 p
  58. Rosenberg, G. (2009). Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca [WWW.database (versión 4.1.1)] URL <http://www.malacolog.org/>

- 
- 
59. Ruíz-Cruz, C. L. (2014). Riqueza y sistemática del grupo informal Opistobranchia en los arrecifes Tuxpan, En medio y Lobos, Veracruz. *Tesis profesional*. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz 69 pp
  60. Salas-Pérez, J & Granados-Barba. (2008). Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmosfera* (21) 3: 281-301
  61. Sanchez-Ortiz. (2000). Biodiversidad de moluscos opistobranquios (Mollusca: Opisthobranchiata), del Pacífico mexicano: Islas Cedros Vizcaino e Islas del Golfo de California parte sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Informe Final. SNIB-CONANIO. Proyecto L136
  62. Sánchez, R. M. P., & Ponce, M. M. E. (1996). Métodos hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunares y de agua dulce. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
  63. Sanvicente-Añorve, L., Solís-Weiss, V., Ortigosa, J., Hermoso-Salazar, M., & Lemus-Santana, E. (2012). Opisthobranch fauna from the National Park Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *Cahiers de Biologie Marine*, 53: 447-460
  64. Saxena, A. 2005. The Book of Mollusca, Discovery Publishing House.
  65. Sevilla, L. R., Vargas, R., & Cortés, J. (2003). Biodiversidad marina de Costa Rica gastropodos (Mollusca: Gastropoda) de la costa Caribe. *Revista de Biología Tropical*, 51(3), 305-399.
  66. Tapia-Domínguez, M. (2012). Estructura comunitaria de gasterópodos de la planicie arrecifal de Santiaguillo, Sistema Arrecifal Veracruzano. *Tesis profesional*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Edo de Méx. 49 p.
  67. Tovar-Juárez, E. (2000). Evaluación de metales pesados en dos sistemas bentónicos arrecifales de Veracruz, Ver. *Tesis profesional*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Edo. De Méx. 68 p.
  68. Tunnell, J. W. (2007). Coral reefs of the Southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press-
  69. Valdés, A., Hamann, J., Nehrens, D., W., & DuPont A. (2006). Caribbean Sea slug. A field guide to the opisthobranch mollusks from the tropical north western Atlantic. *Sea Challenger*, California 289 p.
  70. Vital-Arriaga, X. G. (2013). Diversidad y distribución de los moluscos opistobranquios Bénticos (Mollusca: Gastropoda) de Montepío, Veracruz. *Tesis profesional*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 58 p.
  71. Vital-Arriaga, X. G. (2016). Estructura comunitaria de moluscos opistobranquios en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Tesis de Maestría*. Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 104 p

- 
- 
72. Villalba, W., & Crescini, R. (2013). Primer registro de *Favorinis auritulus* (Mollusca: Facelinidae) para Venezuela. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(4), 1321-1324.
  73. Wägele, H. & A. Klussumann-Kolb. (2005). Opisthobranchia (Mollusca Gastropoda) more than just slimy slugs. Shell reduction and its implications on defence and foraging. *Frontiers in Zoology* 2(3): 1-18
  74. WoRMS Word Register of Marine Species (2017). Editorial board Disponible en: <http://www.marinespecies.org/>
  75. Zamora-Silva, B.A., Cruz, F. & Reguero, M. (2002). Opistobranquios bénticos de Punta Macambo, Veracruz, México. Abstracts 49 Annual Meeting of South Western Association of naturalist. Universidad Autónoma de Morelos.
  76. Zamora-Silva, B. A. (2003). Opistobranquios bénticos de la Gallega Veracruz, México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Edo. de Méx.
  77. Zamora-Silva, A. & Ortigosa, D. (2012). Nuevos registros de opistobranquios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(2), 359-369.
  78. Zamora-Silva, A., & Naranjo-García, E. (2008). Los opistobranquios de la Colección Nacional de Moluscos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79(2), 333-342.