



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Inventario de las especies de equinodermos de la región de  
Los Tuxtlas, Veracruz, México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

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

**BRENDA MARTÍNEZ TORRES**



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

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX.**

**2024**



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.

“El océano [...] está cargado con los recuerdos y los sueños del tiempo”.

- H. P. Lovecraft

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por ser las instituciones que permitieron mi formación académica y desarrollo personal a lo largo de estos años.

Al Taller de invertebrados marinos de la zona costera y litoral del Golfo de México y a la Colección Nacional de Crustáceos por proporcionarme un espacio de aprendizaje teórico y práctico que me acompañará durante todo mi desarrollo profesional.

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera por acogerme en la colección y brindarme la confianza para llevar a cabo este proyecto. Por sus enseñanzas, las experiencias en campo y por su paciencia y amabilidad con todos sus alumnos.

A la M. en C. Gema Armendáriz Ortega por guiarme durante la realización de este trabajo, estar al pendiente y brindarme apoyo en todo momento. Su constante seguimiento, sus consejos y correcciones fueron fundamentales para aprender a realizar mi proyecto. Gracias por cuidar con tanto detalle mis correcciones, por las revisiones de emergencia y por la paciencia, encontré en usted no solo una gran guía, sino también una gran amiga.

Al Dr. José Luis Villalobos Hiriart por sus enseñanzas en campo y en los muestreos, le agradezco mucho la disposición y buena actitud para siempre apoyarnos y guiarnos.

Al mi sinodal el M. en C. Omar Lagunas Calvo por sus importantes aportaciones a esta tesis y a mi camino académico. Porque sus clases en la licenciatura me inspiraron a estudiar la vida marina. Por ser un gran amigo. Tienes toda mi admiración.

A mis sinodales la Dra. Margarita Hermoso, la M. en C. Maricela Vicencio y al M. en C. Aquiles Bernal por sus valiosas correcciones a mi tesis, que me aportaron importantes conocimientos aún en las etapas finales de este trabajo.

A la bióloga Susana Guzmán Gómez del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad II del Instituto de Biología de la UNAM, por su instrucción y paciencia en el manejo de los microscopios.

A mis padres Lety y Oscar. Mommo: no podría tener una mamá más comprensiva y cariñosa. Muchas gracias por tu atención y tus cuidados constantes que, aun siendo una adulta, me dan la fuerza para siempre continuar. Papá: muchas gracias por todo el apoyo que me has brindado, siempre has sido una persona muy trabajadora y una inspiración para seguir adelante. A ustedes les debo todo, los amo muchísimo.

A mi abuelita Oliva, quien siempre me cuidó y me apoyó en todo lo que me propuse. Ojalá hubiera compartido este logro con usted en vida, pero sé que donde esté ahora, me sigue acompañando y cuidando. Este logro es en su memoria, la extraño y la amo mucho, bolis.

A mis hermanos pequeños Adrián y Ricardo, quienes hicieron mi infancia/adolescencia muchísimo más divertida y con quienes comparto muchos gustos, aunque ellos no lo saben. Siempre van a contar conmigo y sé que yo con ustedes. Los amo.

A mi poito, Daniel Heras. A quien conocí cuando inicié a escribir esta tesis. En ese entonces no me imaginé todo lo que nos esperaba juntos: los viajes a la playa, los voluntariados, los paseos en Cuernavaca, las visitas a la Cineteca, las siestas por la tarde, nuestro proyecto de divulgación, los cursos, La Paz. Ahora que termino la tesis, me remonto a los primeros días en el taller y pienso que no cambiaría nada de lo que nos llevó a estar juntos. Gracias por hacerme reír, por ser tan paciente conmigo, por siempre acudir cuando siento que no puedo sola. Gracias por la compañía, el apoyo, la disposición, el cariño. Te amo.

A mi mejor amiga Tania, cuyo apoyo y compañía desde hace 10 años ha sido un pilar importantísimo en mi vida. Porque hemos crecido juntas. Estoy segura que un día la vida se verá tan mágica como la veíamos en CCH. Eres la familia que elegí y siempre voy a seguir eligiendo. Gracias por siempre estar, sis.

A mi amiga Pau, eres una increíble persona y una excelente amiga. Admiro mucho la manera que tienes de querer a las personas y de hacernos sentir importantes. Gracias por aquellos días en la casita foránea, por las noches de películas extrañas, por los paseos en el centro de Tlalpan, por las pijamadas cuando hacía mucho frío o mucha tristeza, por siempre estar en los momentos más importantes. Gracias por tanto Pausita.

A mi amigo Ángel González, quien partió muy pronto de esta vida, pero a quien le estoy eternamente agradecida porque depositó muchísima confianza en mí y siempre nos abrió las puertas y oportunidades de lo que estuvo a su alcance. Amigo, hoy sigo pensando que nos quedaron muchas cosas pendientes por hacer juntos, pero que sepas que todo lo que compartimos lo atesoré mucho y siempre me acompañará.

A Lilith, la perrita más simpática y cariñosa del mundo. Porque siempre estuvo conmigo mientras escribía esta tesis en las madrugadas, porque es el ser vivo más intuitivo que conozco, siempre me consuela cuando estoy triste, siempre comparte mis alegrías y es divertidísima y, sobre todo, porque siempre me acompaña cuando tengo que terminar proyectos tan grandes como este. No dimensionaba cuanto necesitaba una perrita en mi vida hasta que llegó mi Lilith.

A mis otras personas importantes que no puedo dejar de mencionar: a mi primo John, gordito, gracias por siempre estar dispuesto a escucharme y acompañarme. A mi amigo Rodrigo quien, además de recomendarme este taller, fue un apoyo emocional importantísimo en los semestres que compartimos en la carrera. A mi pequeña Zoé, quien apenas llegó a este mundo, pero a quien amo como si nos conociéramos desde siempre, verás que todo irá saliendo bien mi niña. A mi amiga más reciente, Lulú, quien me enseñó que aprender y superarse es para todas las edades, tu paso por mi vida es una inspiración constante para cuando siento que voy tarde a algo, pues me enseñaste que nunca es tarde para nada. A mis amigos de Morelos de quienes aprendí muchísimo y admiro la pasión con la que hacen sus proyectos, en especial a mi amiga Mariam. A mis compañeros del taller Erick, Joselyne, Luz, Jasiel, Kevin por siempre tener la disposición y amabilidad para resolver mis dudas y apoyarme.

*A mi abuelita Oliva*

*A mis papás*

*A mis hermanitos*

*A mi pequeña Zoé*

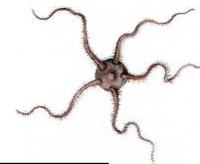
*A mi peito*

*A mi Lilith*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
Phylum Echinodermata .....	2
Clase Asteroidea .....	4
Clase Ophiuroidea .....	5
Clase Echinoidea .....	6
Clase Holothuroidea .....	7
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
Objetivo general .....	12
Objetivos particulares .....	12
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>13</b>
Playa Balzapote .....	15
Playa Montepío .....	18
Playa El Jicacal .....	20
Arrecife La Perla del Golfo .....	22
<b>MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	<b>24</b>
Trabajo en campo .....	24
Trabajo de laboratorio .....	25
Identificación taxonómica .....	25
Catálogo fotográfico .....	27
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
Listado taxonómico .....	29
Caracterización de las especies de equinodermos de Los Tuxtlas, Veracruz, México .....	32
Clase Asteroidea .....	33
Clase Ophiuroidea .....	41
Clase Echinoidea .....	53
Clase Holothuroidea .....	60
Distribución de las especies .....	67
Descripción cuantitativa .....	76

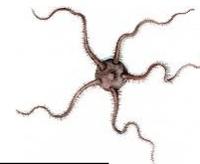
Listado de equinodermos registrados en la bibliografía.....	82
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>91</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>92</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>106</b>



## RESUMEN

El Phylum Echinodermata es un grupo de animales invertebrados marinos y anquihalinos que se caracterizan por presentar simetría pentarradial, endoesqueleto calcáreo, sistema vascular acuífero (SVA) y la piel cubierta de espinas. Son organismos de importancia ecológica ya que contribuyen a la diversidad y riqueza de la macrofauna bentónica y se encuentran en diferentes niveles en las cadenas tróficas. A pesar de que se han realizado algunos estudios sobre grupos de equinodermos en la región de Los Tuxtlas, incluyendo las playas Balzapote, El Jicacal, La Perla del Golfo y Montepío, no hay un trabajo que unifique dicha información, por lo que el objetivo del presente estudio, es realizar un inventario de todas las especies de equinodermos presentes en la región, considerando aquellas reportadas en la literatura y las que se colectaron en este estudio. Se hicieron cuatro muestreos en marzo de 2020, agosto de 2021, octubre de 2021 y mayo de 2022, en donde se recolectaron ejemplares de las cuatro clases de equinodermos de la región. Se identificaron las especies recolectadas y se realizó un catálogo fotográfico de las 14 especies obtenidas en los muestreos, incluyendo las depositadas previamente en la Colección Nacional de Crustáceos. Se hizo una revisión bibliográfica de todos los registros de equinodermos reportados para la región de Los Tuxtlas a partir de la cual se realizó un listado taxonómico que incluyó las 31 especies encontradas. Se elaboraron mapas de distribución geográfica de cada una de las especies. La clase Ophiuroidea es la que tiene mayor intervalo de distribución. Las clases con mayor número de especies fueron Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea con cuatro especies cada una. Las playas en donde se colectaron mayor número de organismos fueron El Jicacal con 162 organismos y La Perla del Golfo con 140. No obstante, las localidades con mayor riqueza fueron Montepío y La Perla del Golfo con seis especies cada una. Las especies más abundantes fueron el equinoideo *Mellita quinquesperforata* y el ofiuroido *Ophiactis savignyi*. Se concluye que Los Tuxtlas es una región con una gran riqueza de equinodermos, el sustrato donde se encuentran más organismos es el rocoso y se registra por primera vez la especie *Astropecten duplicatus* para la localidad El Jicacal.





## INTRODUCCIÓN

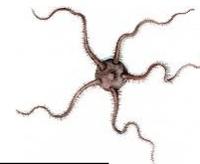
### Phylum Echinodermata de Bruguière, 1791

Los equinodermos (del griego *ekhinós*= espina y *derma*= piel) son un grupo de animales invertebrados marinos y anquihalinos. Pertenecen al clado de los deuterostomados, que son aquellos animales que, durante el desarrollo embrionario, el blastoporo no da origen a la boca. El Phylum Echinodermata se caracteriza por su simetría pentarradial secundaria en adultos y bilateral en estado larvario y por la presencia de un endoesqueleto calcáreo compuesto por osículos sueltos o fusionados (Pérez *et al.*, 2014). Presentan un sistema vascular acuífero (SVA) conformado por una serie de canales hidráulicos internos que permiten la alimentación, locomoción, intercambio gaseoso, excreción y recepción sensorial a través los pies ambulacrales, que son proyecciones externas del sistema y representan la última sección del mismo. La madreporita es el inicio del SVA y su apertura al medio externo, por donde entra agua al sistema y sirve para la orientación del patrón corporal (eje oral-aboral) (Pérez *et al.*, 2014; Solís-Marín y Laguarda, 2018).

El Phylum Echinodermata contiene un aproximado de 7,300 especies vivas y 13,000 especies fósiles. Está representado por cinco clases (Fig. 1). A nivel global, la clase Crinoidea Miller, 1821 (lirios de mar) contiene 650 especies, Asteroidea Blainville, 1830 (estrellas de mar) 2,100 especies, Ophiuroidea Gray, 1840 (estrellas quebradizas) 2,000 especies, Echinoidea Leske, 1778 (erizos y galletas de mar) 800 especies y Holothuroidea Blainville, 1834 (pepinos de mar) 1,400 especies. En México, la clase Crinoidea contiene 29 especies, Asteroidea 185, Ophiuroidea 127, Echinoidea 119 y Holothuroidea 113 (Pawson, 2007; Solís-Marín *et al.*, 2014a; Solís-Marín y Laguarda, 2018).

La distribución de los equinodermos comprende todos los mares, a diferentes profundidades, desde las costas hasta las zonas abisales, además de las cuevas anquihalinas. Abundan principalmente en zonas tropicales y subtropicales. La mayoría de





los adultos son bentónicos, pero también se pueden encontrar especies pelágicas que habitan la zona del océano donde termina la plataforma continental y batipelágicas que habita la zona pelágica entre los 1,000 y 4,000 m de profundidad. Las larvas son pelágicas y son un componente muy importante en las comunidades planctónicas, ya que sirven de alimento para otros organismos (Brusca *et al.*, 2016).

Los equinodermos pueden ser dioicos o monoicos. Pueden tener desarrollo directo o indirecto. Algunos organismos adultos, como las estrellas de mar, se reproducen mediante el fraccionamiento del cuerpo (fisión), dando origen a organismos genéticamente idénticos (Solís-Marín *et al.*, 2014a).

Las estrategias de alimentación de los equinodermos son muy variadas; hay organismos suspensívoros, como los lirios de mar; herbívoros, como algunos erizos y carnívoros, como la mayoría de estrellas de mar (Solís-Marín y Laguarda, 2018).

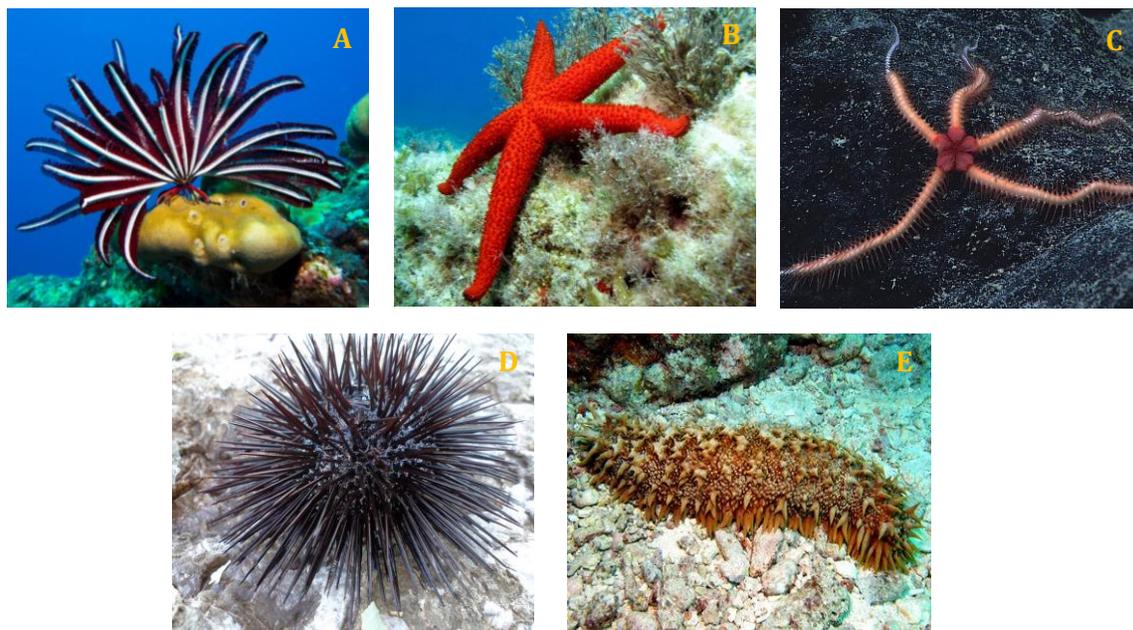
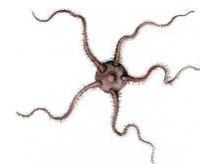


Figura 1. Clases del Phylum Echinodermata. A) clase Crinoidea (Tomado de <https://earthlife.net>), B) clase Asteroidea (Tomado de <https://naturalezasalvaje.es>), C) clase Ophiuroidea (Tomado de <http://manoa.hawaii.edu>), D) clase Echinoidea (Tomado de <https://animapedia.org>), E) clase Holothuroidea (Tomado de <https://reefguide.org>).





## Clase Asteroidea

La clase Asteroidea se caracteriza por presentar un disco central aplanado, del cual se proyectan desde cinco hasta 50 brazos (Fig. 2). En la parte ventral, se encuentra la boca al centro del disco, así como un surco ambulacral profundo de donde se extienden cuatro hileras de pies ambulacrales. Las estrellas de mar son organismos principalmente carnívoros y carroñeros, lo que las coloca en los niveles superiores de las cadenas tróficas. Se distribuyen en todos los océanos, desde la zona intermareal hasta profundidades de 6,000 m. La mayor parte de su diversidad se concentra en las zonas tropicales del Atlántico y del Indo-Pacífico. (Mah y Blake, 2012).

Una de las características más representativas de los asteroideos es su capacidad de reproducirse asexualmente por medio de fisión. La fisión puede ocurrir de dos maneras: cuando el organismo se regenera a partir de un fragmento del disco central o cuando se regenera a partir de una parte del brazo, que en algunos géneros puede ser a partir de fragmentos de hasta 1 cm (Cortés-Rivera *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2018).

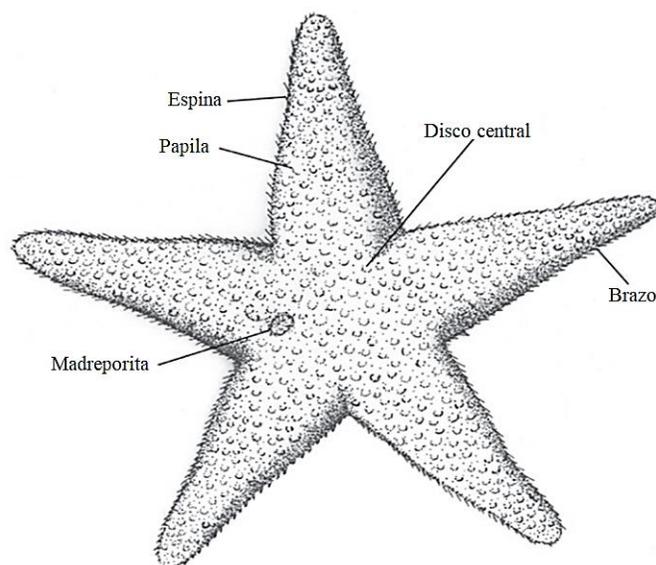
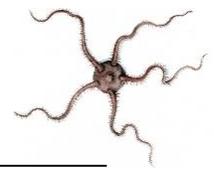


Figura 2. Morfología general de la clase Asteroidea. Se observa la zona aboral donde se señala la madreporita, el disco central, el brazo, las espinas y papilas (Modificado de Mutschke y Mah, 2009).





## Clase Ophiuroidea

Los ofiuros (del griego *ophis* = serpiente y *oura*= cola) son la clase más diversa del Phylum Echinodermata (Stöhr *et al.*, 2012). La clase se divide en 16 familias, distribuidas en los órdenes Euryalida Lamarck, 1816a y Ophiurida Müller & Troschel, 1840, siendo este último el más diverso (Pérez *et al.*, 2014).

La presencia de un disco pentagonal, central y aplanado con cinco brazos simples o ramificados es la característica propia de la clase. Tiene placas alrededor de la boca que funcionan como mandíbulas y están constituidas por osículos especializados. Los brazos son una serie de segmentos articulados y cada uno de estos cuenta con un osículo (también llamados vértebra) alrededor de la cual se encuentran placas dorsales, ventrales y laterales. En la región oral de la vértebra se encuentra una apertura que permite el paso del cordón nervioso, el canal hemal y el canal acuífero. La parte aboral de la vértebra cuenta con un par de pies ambulacrales sin ventosas que surgen de poros ubicados en las placas ventrales y laterales (Fig. 3) (Stöhr *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2014).

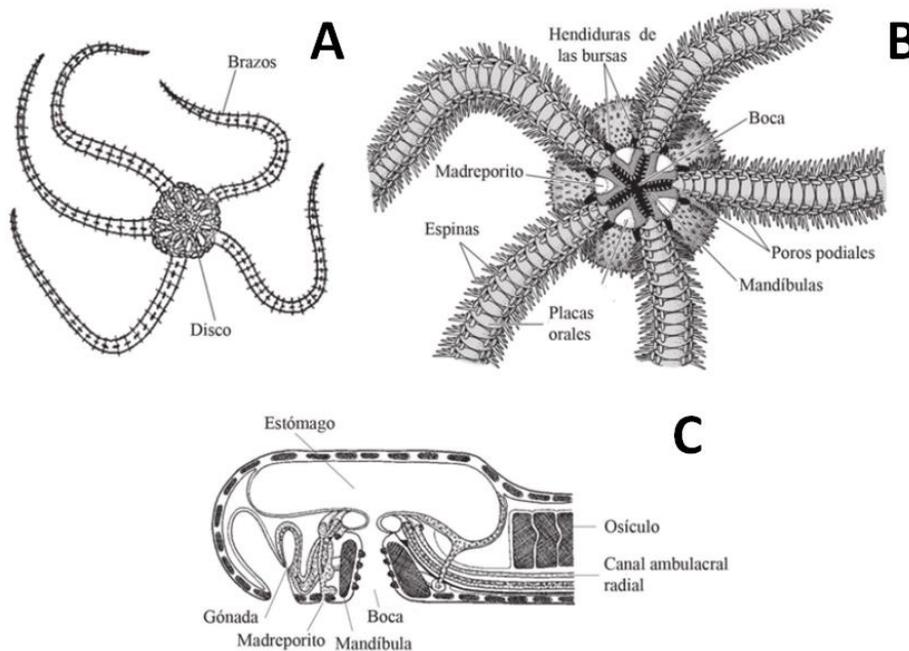
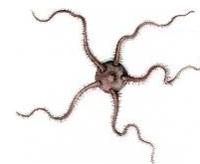


Figura 3. Morfología de un ofiuroideo: A) vista aboral, B) vista oral, C) vista transversal del disco y base del brazo (Figs. A y C tomadas de Moore, 2006 y B de Hickman *et al.*, 2001).





## Clase Echinoidea

La clase Echinoidea se caracteriza por presentar las placas del esqueleto calcáreo fusionadas formando una testa que puede ser aplanada o esférica. La clase se divide en dos grupos dependiendo de su simetría. Los equinoideos regulares presentan simetría pentaradial y comprenden los llamados erizos de mar, los cuales presentan espinas largas que pueden llegar a medir la longitud del cuerpo y se encuentran adheridas a tubérculos. El grupo presenta un aparato llamado linterna de Aristóteles, el cual está compuesto por elementos esqueléticos, músculos y ligamentos que interactúan por medio de articulaciones especializadas. Este órgano pentagonal realiza una serie de movimientos entre los cinco dientes que lo componen, lo cual permite la alimentación (Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

Los erizos irregulares tienen simetría bilateral secundaria. Aquí se encuentran las galletas y corazones de mar, los cuales presentan espinas reducidas, de menor longitud y grosor, pero mayor espesor. Presentan aberturas parciales en la testa, llamadas lúnulas, dispuestas en forma pentarradial. También presentan pétalos, que son pequeños surcos en la superficie aboral por donde se proyectan pies ambulacrales que ayudan en la respiración (Fig. 4). Los equinoideos habitan desde la zona intermareal hasta los 5,000 m de profundidad. Algunas especies de erizos se alimentan de algas marinas, por lo que son considerados de gran importancia en los arrecifes de coral para controlar el crecimiento exponencial de algas (Candia *et al.*, 1993; Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

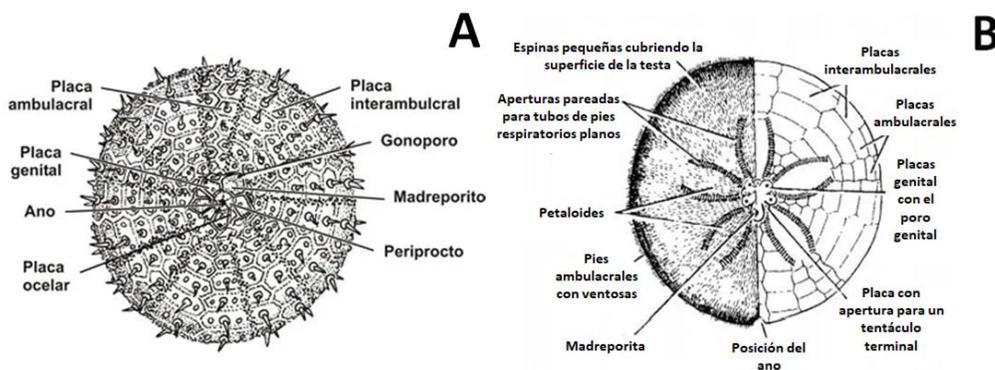
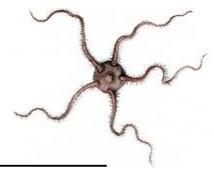


Figura 4. Morfología de la clase Echinoidea: A) vista aboral de un erizo regular y B) vista aboral de un erizo irregular (Fig. A tomada de Menendez, 2006 y B de Rogel *et al.*, 2013).





## Clase Holothuroidea

Los holoturoideos o pepinos de mar presentan simetría bilateral secundaria en contraste con la simetría pentarradial del resto de equinodermos. El esqueleto calcáreo está presente en forma de espículas embebidas en la pared corporal, que es generalmente de consistencia suave y rugosa. El cuerpo es cilíndrico y alargado, y en el extremo posterior se ubica una corona de tentáculos rodeando la boca que permiten la alimentación de tipo suspensívora (Fig. 5). La morfología de los tentáculos puede ser peltada, dendrítica, digitada o pinada y son un carácter utilizado para la clasificación taxonómica. Su tamaño varía de 1 mm hasta 2 m.

Los pepinos de mar habitan desde la zona intermareal hasta la abisal. En las zonas de profundidad, representan un 90% de la biomasa, siendo uno de los organismos más importantes en estos ecosistemas. En México, algunos pepinos de mar son relevantes desde el punto de vista económico, y la principal área de extracción con propósitos comerciales se localiza en la Península de Baja California (Pawson y Caycedo, 1980; Solís-Marín *et al.*, 2009; Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

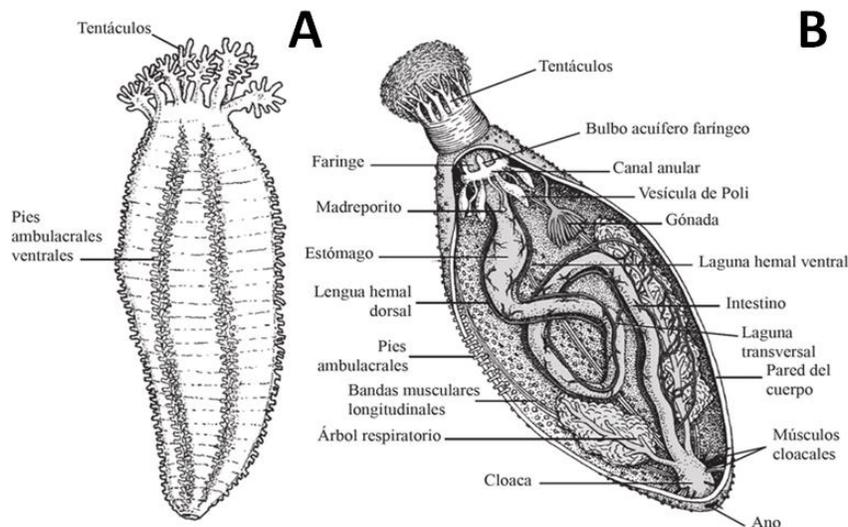
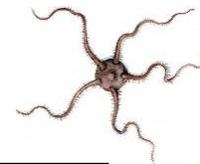


Figura 5. Morfología de la clase Holothuroidea: A) vista ventral donde se señalan los pies ambulacrales y los tentáculos y B) corte longitudinal donde se observan los órganos internos (Fig. A tomada de Moore, 2006 y B de Hickman *et al.*, 2001)



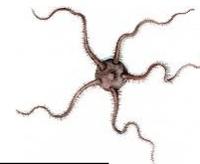


## JUSTIFICACIÓN

La región de Los Tuxtlas en el sur de Veracruz ha mostrado ser una zona de alta diversidad, concentrando en muchos grupos de invertebrados especies raras y endémicas. Existen estudios sobre la diversidad de especies de equinodermos de diferentes localidades de Los Tuxtlas, pero no se ha realizado un análisis global de toda esta información. Estos estudios previos se centran en una localidad o en alguna clase de equinodermos en específico. Sin embargo, no se ha compilado toda esta información para ser analizada como un solo conjunto de datos. El presente trabajo tiene como objetivo integrar todo el conocimiento disponible sobre las especies de equinodermos distribuidos en la región de Los Tuxtlas, Veracruz para poder contar con un listado de especies completo para toda la región.

Disponer de este tipo de listados taxonómicos es fundamental para tener un panorama amplio de la diversidad de un lugar, y con base en ellos realizar trabajos más integrativos y facilitar la labor de realizar comparaciones con otras regiones o localidades. Es imprescindible estudiar a los equinodermos porque son un grupo de importancia ecológica, pues contribuyen a la diversidad y riqueza de la macrofauna bentónica y es un componente esencial en la cadena alimenticia por ser alimento de diversas especies comerciales, así como depredador de varias especies de invertebrados por sus diferentes modos de alimentación, ya que son carnívoros, carroñeros, herbívoros y sedimentívoros.





## ANTECEDENTES

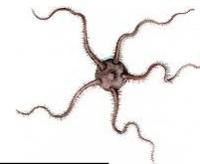
Pawson (2007) realizó un estudio sobre equinodermos a nivel mundial, describiendo su diversidad, el registro fósil y las relaciones entre clases. Encontró un total de 7,000 especies vivas y 13,000 especies fósiles. Estimó la diversidad mundial de ofiuroides en 2,000 especies descritas, divididas en dos órdenes: Euryalida y Ophiurida.

Stöhr *et al.* (2012) estimaron la diversidad global actual del Phylum Echinodermata, enfocándose en la taxonomía y patrones de distribución, haciendo una revisión de su anatomía, biología, filogenia e historia paleontológica. Encontraron que la diversidad en la plataforma continental es de 1,313 especies, mientras que en la zona de profundidad batial se encuentran 1,297. Las regiones de mayor riqueza, en orden descendente, son las siguientes: Indo-Pacífico con 825 especies, Pacífico norte con 398, Pacífico sur con 355, Atlántico occidental con 335, India con 316. Las regiones con menor riqueza de especies fueron: el Ártico con 73 especies, Atlántico oriental con 118, América del Sur con 124 y el Antártico con 126.

Solís-Marín *et al.* (2014a) analizaron la diversidad de equinodermos presentes en los mares de México, basándose en datos de la Colección Nacional de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Encontraron que la clase Crinoidea cuenta con 29 especies representando el 4% del total de especies de equinodermos presentes en México, la clase Ophiuroidea cuenta con 197 especies, representando el 31% y siendo la clase con mayor riqueza, la clase Asteroidea con 185 representa el 29%, la clase Echinoidea con 119 especies representa el 19%, finalmente la clase Holothuroidea con 113 especies representa el 17%.

Solís-Marín *et al.* (2014b) examinaron la diversidad de equinodermos de profundidad en los mares y océanos mexicanos. Encontraron que en México se hay 643 especies de equinodermos, de las cuales 348 son de aguas profundas (mayores a 200 m de profundidad) lo que equivale al 54.4% de las especies totales de equinodermos en México,





188 especies del Pacífico mexicano, 111 del Caribe Mexicano, 103 del Golfo de México y 59 del Golfo de California.

González-Gándara *et al.* (2015) estimaron la riqueza y distribución de especies en los arrecifes tanto del norte como del sur de México. Identificaron un total de 45 especies que pertenecen a 34 géneros y 26 familias. Además, añadieron cinco nuevos registros para el estado de Veracruz. Concluyeron que la zona norte presentó mayor riqueza con 40 especies en contraste con el sur donde se registraron 27 especies.

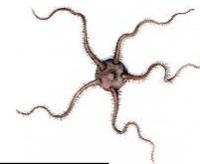
Durán-González *et al.* (2005) estudiaron la diversidad de equinodermos presentes en el Golfo de México, mediante la elaboración de una lista taxonómica de organismos registrados en diversas colecciones nacionales. El estudio reveló que el Golfo de México presentó una gran diversidad, con 209 especies registradas, pertenecientes a 129 géneros, 63 familias y 25 órdenes. Así como el registro de 31 especies nuevas, distribuidas en las cinco clases presentes en el Golfo de México.

Mah y Blake (2012) estudiaron la diversidad global y la filogenia de la clase Asteroidea. Encontraron que la diversidad de especies (1,890) está desproporcionalmente distribuida entre 36 familias, concentrándose principalmente en las familias Goniasteridae con 256 especies y Astropectinidae con 243. La filogenia de la clase es en general bastante estable.

Rahman *et al.* (2018) describieron las características biológicas, ecológicas, evolutivas y el uso de las estrellas de mar. Concluyeron que estos organismos se distribuyen por todo el mundo en todas las profundidades, teniendo predilección por climas tropicales. Su amplia distribución les confiere importancia ecológica, ecosistémica y económica.

Solís-Marín *et al.* (2019) realizaron una revisión taxonómica de las estrellas de mar presentes en los sistemas arrecifales que abarca el estado de Veracruz, incluyendo el Sistema Arrecifal Los Tuxtlas. Encontraron un total de 37 especies correspondientes a 28 géneros, 16 familias y siete órdenes. De las especies examinadas, solamente 13 están asociadas a arrecifes.





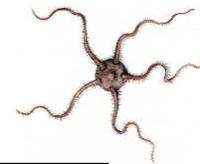
Laguarda-Figueras *et al.* (2009) elaboraron un listado y una clave de identificación taxonómica para todas las especies de ofiuros conocidos en el Golfo de México y el Caribe Mexicano. Enlistaron 98 especies, pertenecientes a dos órdenes, 14 familias y 44 géneros. El orden mejor representado fue Ophiurida con 10 familias, 33 géneros y 83 especies. La familia Ophiuridae con nueve géneros y 24 especies, y el género *Ophiomusium* Lyman, 1869 con siete especies. De los seis estados que delimitan la costa del Golfo de México y el Mar Caribe, Quintana Roo presentó la mayor diversidad con el 37.6% de las especies, seguido de Yucatán con el 23.7% y Veracruz con el 17.5%.

Laguarda-Figueras *et al.* (2005) realizaron un estudio de la diversidad de equinoideos presentes en el Golfo de México. En las 43 muestras recolectadas encontraron 190 organismos correspondientes a ocho órdenes, 11 familias, 15 géneros y 18 especies. Contribuyeron con el registro de seis especies nuevas para la zona.

Borrero-Pérez *et al.* (2012) describieron las principales características morfológicas, fisiológicas, ecológicas y económicas de diversas especies de equinoideos y holoturoideos del Caribe Colombiano que se comparten con el Caribe Mexicano. En su inventario taxonómico, los autores numeraron 383 especies, incluyendo 124 en el Pacífico y 264 en el Mar Caribe. Con 80 especies, la clase Ophiuroidea es la más diversa en esta última región, seguida por Asteroidea con 67 especies, Echinoidea con 51, Holothuroidea con 44 y Crinoidea con 22.

López (2017) estudió la diversidad de equinodermos en el arrecife de coral “Perla del Golfo” en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Se colectó un total de 553 organismos, los cuales se distribuyeron en ocho órdenes, 12 familias, 13 géneros y 13 especies. De la clase Ophiuroidea se obtuvieron 158 organismos, siendo la especie *Ophiotrix angulata* (Say, 1825) la de mayor abundancia con 113 organismos colectados. El arrecife mostró una baja riqueza específica respecto a la del Golfo de México y Veracruz.





## OBJETIVOS

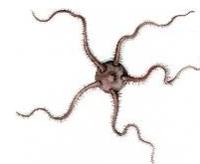
### Objetivo general

Realizar un inventario de las especies de equinodermos presentes en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México.

### Objetivos particulares

1. Identificar las especies recolectadas en el presente estudio e integrar la información ya existente de las especies de equinodermos que se encuentran depositadas en la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología. (CNCR).
2. Elaborar fichas taxonómicas con la siguiente información: diagnóstico, área de distribución, localidades de colecta, tipo de sustrato y número de organismos examinados.
3. Realizar un catálogo fotográfico de las especies recolectadas.
4. Elaborar mapas de distribución en el continente americano de las especies registradas para Los Tuxtlas, Veracruz.
5. Analizar el número de organismos y especies encontrados en cada una de las cuatro localidades muestreadas: Balzapote, Montepío, El Jicacal y La Perla del Golfo.
6. Determinar el número de especies encontradas por clase de equinodermos.
7. Determinar las especies que presenten mayores y menores abundancias.
8. Analizar las clases y localidades que presentan mayor y menor riqueza y abundancia.
9. Determinar el número de organismos encontrados por año de colecta.
10. Realizar un listado de especies de equinodermos registrados en la literatura.





## ÁREA DE ESTUDIO

La región de Los Tuxtlas se encuentra en el sureste del estado de Veracruz, México, situada entre las coordenadas 18° 30' y 18° 40' N, y 95° 03' y 95° 10' W, abarcando una extensión de 155,122 ha (Fig. 6). Esta área incluye tres zonas principales: el Volcán San Martín Tuxtla, la Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan. Está enmarcada dentro de la subprovincia fisiográfica de la Sierra de Los Tuxtlas, que forma parte de la provincia costera del Golfo de México. La región se encuentra en una zona aluvial creada por la cuenca del río Papaloapan y las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Tonalá, Santa Ana y Secos. Debido a que se encuentra en una región montañosa, la red de drenaje es radial (Suárez, 2018).

Según la clasificación de Köppen modificada por García (2004), la región presenta dos tipos de clima: el grupo de climas cálidos A (Af(m), Am y Aw2) y el subgrupo semicálido A(C) con la variante (fm) (CONAGUA, 2020). Las temperaturas máximas oscilan entre los 27 y los 36 °C y las mínimas entre los 8 y 18 °C. La precipitación anual varía entre 1,500 y 4,500 mm. Los "nortes" son más comunes durante los meses fríos, que van de octubre a febrero, y pueden alcanzar velocidades de hasta 80 km/h, caracterizándose por ser húmedos y contribuir con aproximadamente el 15% de la precipitación anual promedio. En la región se observan mareas diurnas con una profundidad media de entre 40 y 80 m. En la zona eufótica, el agua muestra una alta transparencia y una baja eutrofización (Coll-Hurtado, 1970; CONABIO, s.f.; CONANP, 2006).



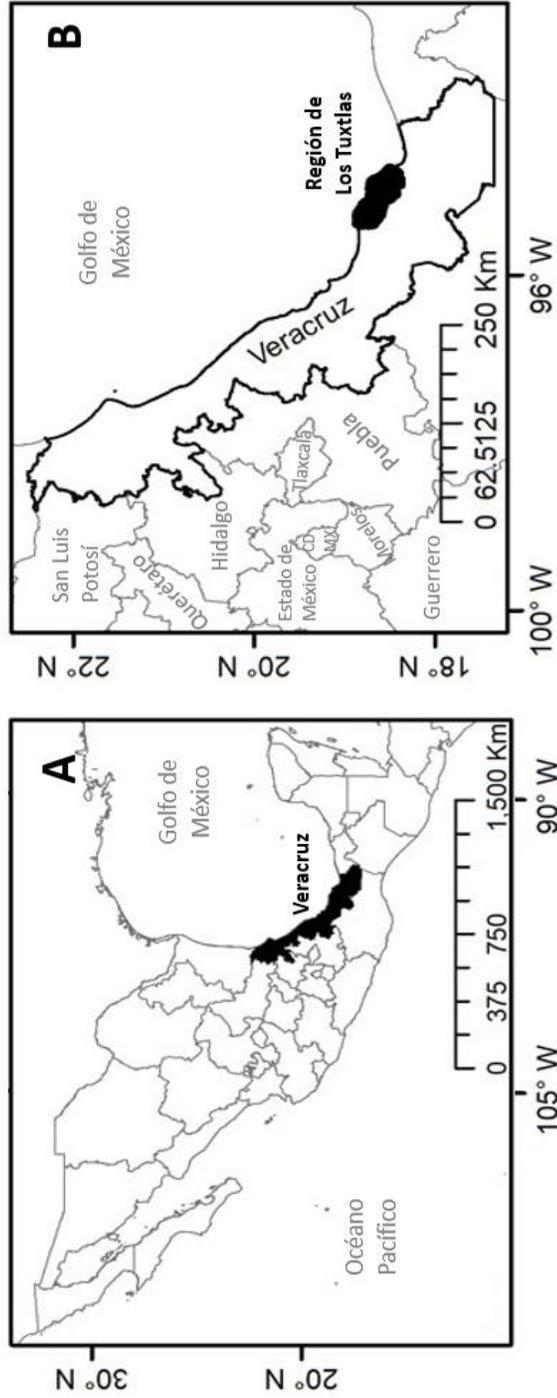
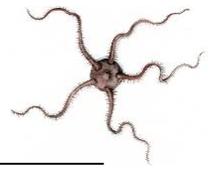
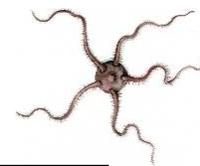


Figura 6. A) Ubicación del estado de Veracruz, México, B) ubicación de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México (Tomado y modificado de Von Thaden *et al.*, 2020).





Para esta investigación se visitaron cuatro localidades de la región de Los Tuxtlas, en donde se realizaron cuatro recolectas para obtener muestras de equinodermos, las cuales fueron: marzo de 2020, agosto de 2021, octubre de 2021 y mayo de 2022. A continuación, se muestran las características de cada localidad.

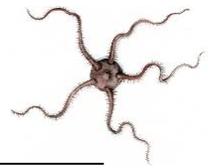
### Playa Balzapote

La playa Balzapote (18° 37' 38" N, 95° 04' 41" W) se localiza en el municipio San Andrés Tuxtla, Veracruz, México. Cuenta con un área que abarca 1,050 ha (Fig. 7A). Según la clasificación de Köppen, el clima es cálido-húmedo (tipo A) en las zonas bajas y húmedo templado (tipo C) en las zonas altas. La temperatura media se encuentra entre los 18 y 26 °C. La precipitación anual oscila entre los 2,000 y 4,500 mm, con lluvias todo el año. La superficie del agua tiene una temperatura de 24 a 25 °C en invierno y de 28 a 28.5 °C en verano. La playa puede estar interrumpida por promontorios rocosos, el paisaje se compone de rocas basálticas de la época del Plioceno (Fig. 7B, C) (Suárez, 2018; Von Thaden *et al.*, 2020). Presenta una época de lluvias que va de marzo a mayo, mientras que la temporada de secas es de junio a septiembre. La época de frentes fríos y tormentas tropicales conocida como “nortes” va de octubre a febrero (Suárez, 2018).

### Observaciones de campo

Balzapote es una playa con mucha incidencia de luz. Se distinguen dos zonas muy contrastantes en la playa; la zona arenosa y la zona rocosa, siendo la primera la más amplia. La arena es de grano fino. En la zona arenosa, la intensidad del oleaje es muy baja, por lo que en los primeros metros dentro del agua se encuentra asentada mucha materia orgánica proveniente de restos de algas. Esta zona se encuentra medianamente perturbada. Es de fácil acceso a los turistas, por lo que podemos encontrar basura en algunas zonas de la playa. La afluencia de gente es de moderada a alta. La zona intermareal es bastante amplia (Fig. 7D).





En la zona rocosa hay una mayor incidencia de viento, por lo que la sensación térmica es más fría, en comparación con la zona arenosa. Esta zona se encuentra poco perturbada debido a la dificultad para acceder, por lo que no encontramos basura ni afluencia de personas. Dicha dificultad se debe a que la intensidad del oleaje y el relieve irregular la convierten en una zona difícil de transitar y donde se tiene que acceder con calzado adecuado. La intensidad del oleaje es alta, es una zona de rompimiento de olas.

La composición de la fauna de la parte rocosa difiere mucho de la parte arenosa. En la primera se encuentran organismos como equinodermos, cnidarios, peces en las zonas inmersas en el agua, algas y pastos marinos. Mientras que en la zona arenosa se encontraron únicamente cangrejos e isópodos.



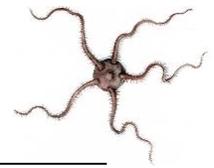
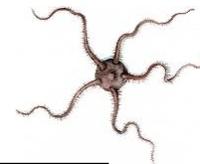


Figura 7. Playa Balzapote, Veracruz, México: A) ubicación en el mapa de la playa (Tomado de Google Earth, 2021), B) vista este desde la playa, C) vista noreste desde la playa y D) vista panorámica oeste de la zona arenosa de la playa.





## Playa Montepío

Se encuentra en el municipio de San Andrés Tuxtla al SE de Veracruz, México 18° 38' 71" N, 95° 05' 73" W (Fig. 8A), en donde desembocan los ríos Col y Máquinas. Montepío playa se encuentra establecida sobre lava del Pleistoceno, proveniente del volcán San Martín, la cual se extiende hasta 60 m de la costa, alcanzando una profundidad de más de 1.5 m (Hernández-Álvarez y Álvarez, 2007; Hernández-Álvarez, 2009). El clima es tropical cálido-húmedo con una temperatura media anual de 24.6 °C, con altos niveles de precipitación pluvial anual de más de 3,500 mm. El tipo de vegetación que rodea esta playa es selva alta perennifolia (Vital, 2013). En Montepío se identifican tres diferentes épocas estacionales, a temporada de secas que va de marzo a mayo, la época de lluvias que va de junio a octubre y los "nortes" que van de noviembre a febrero (Hernández *et al.*, 2010).

### Observaciones de campo

En la playa Montepío se distinguen dos regiones bien definidas, la arenosa y la rocosa. La zona arenosa está en su mayoría destinada al turismo. En esta zona las olas rompen con fuerza. Se pueden observar una gran cantidad de basura y de perros ferales. A pesar de esto, también hay muchos restos de materia como pueden ser algas y conchas.

Al lado oeste de la playa se encuentra la desembocadura del río Máquinas que mide en promedio unos cuatro metros de ancho. La corriente baja con mucha fuerza y la profundidad de la arena es variable, por lo que no se observa a muchos turistas en esta zona, más que en las pozas que se forman cerca de las desembocaduras. En esta región, aunque ya no se observa basura, tampoco hay materia orgánica a la vista.

En el lado este de la playa se encuentra la zona rocosa donde el oleaje es muy intenso y la subida y bajada de marea se percibe de forma contrastante. Durante todos los muestreos esta zona tuvo mucha abundancia de erizos. El paisaje es muy accidentado por lo que es difícil moverse entre las rocas. Sin embargo, dado su naturaleza, la cantidad de organismos que se encuentran es muy alta, pues se pueden observar a simple vista babosas marinas, anémonas, pepinos de mar, crustáceos, peces y moluscos.



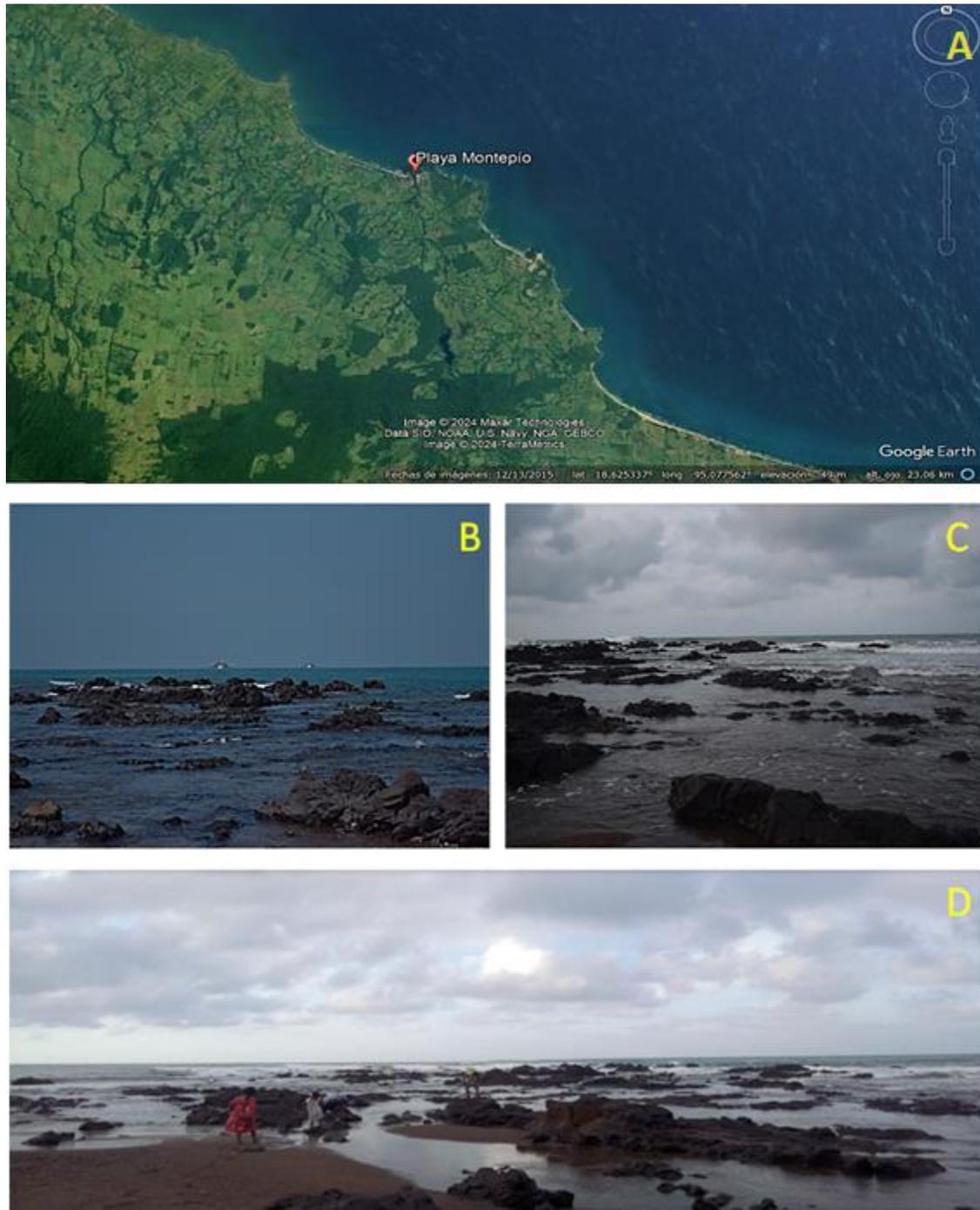
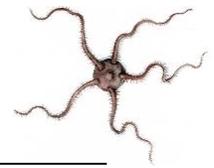
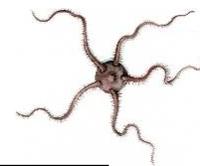


Figura 8. Zona rocosa de la playa Montepío, Veracruz, México. A) ubicación en el mapa de la playa (Tomado de Google Earth, 2024), B) vista noreste con marea baja, C) vista noreste con marea alta y D) vista panorámica de la zona rocosa.





## Playa El Jicacal

El Jicacal se localiza en el municipio de San Andrés Tuxtla en la región de Los Tuxtlas, al SE del estado de Veracruz  $18^{\circ} 35' 15''$  N,  $95^{\circ} 03' 06''$  W (Fig. 9A). Forma parte del sistema lagunar de Sontecomapan, reconocido como sitio Ramsar en el 2003 (Cabrales, 2017).

El Jicacal es una costa arenosa con clima tropical cálido-húmedo, con una temperatura media anual de  $27^{\circ}\text{C}$ . La precipitación media anual es de 4,900 mm. A pesar de presentar lluvias todo el año, se distingue una marcada época de lluvias que va de junio a febrero y una época de secas que va de marzo a mayo. El mes más seco es mayo, mientras que los más húmedos van de agosto a noviembre. Durante los meses de invierno se presentan “nortes”, los cuales aportan aproximadamente el 15% del total de precipitación anual y producen descensos de la temperatura de hasta  $10^{\circ}\text{C}$ . Cerca de la costa se encuentran pastizales inundables temporales o permanentes (Cabrales, 2017).

### Observaciones de campo

La playa El Jicacal presenta el mejor estado de conservación en comparación con las otras localidades visitadas. Esto se debe a que es considerada una playa semi-virgen, con muy poca afluencia turística y de muy difícil acceso. La única manera de acceder es por un camino sinuoso de aproximadamente dos km de extensión que presenta varias inundaciones dependiendo de la época del año. En el verano el oleaje de la playa es bajo. La extensión de la plataforma continental es muy extensa, por lo que la profundidad del agua se mantiene en aproximadamente un metro a lo largo de varios metros mar adentro. La mayor parte de la playa se conforma por un extenso y uniforme banco de arena, es por esto que los organismos que se pueden encontrar se reducen a cangrejos, galletas de mar, isópodos y algunos moluscos. La superficie rocosa es escasa, la mayoría del tiempo permanece inundada y en ocasiones cubierta por bancos de arena (Fig. 9).



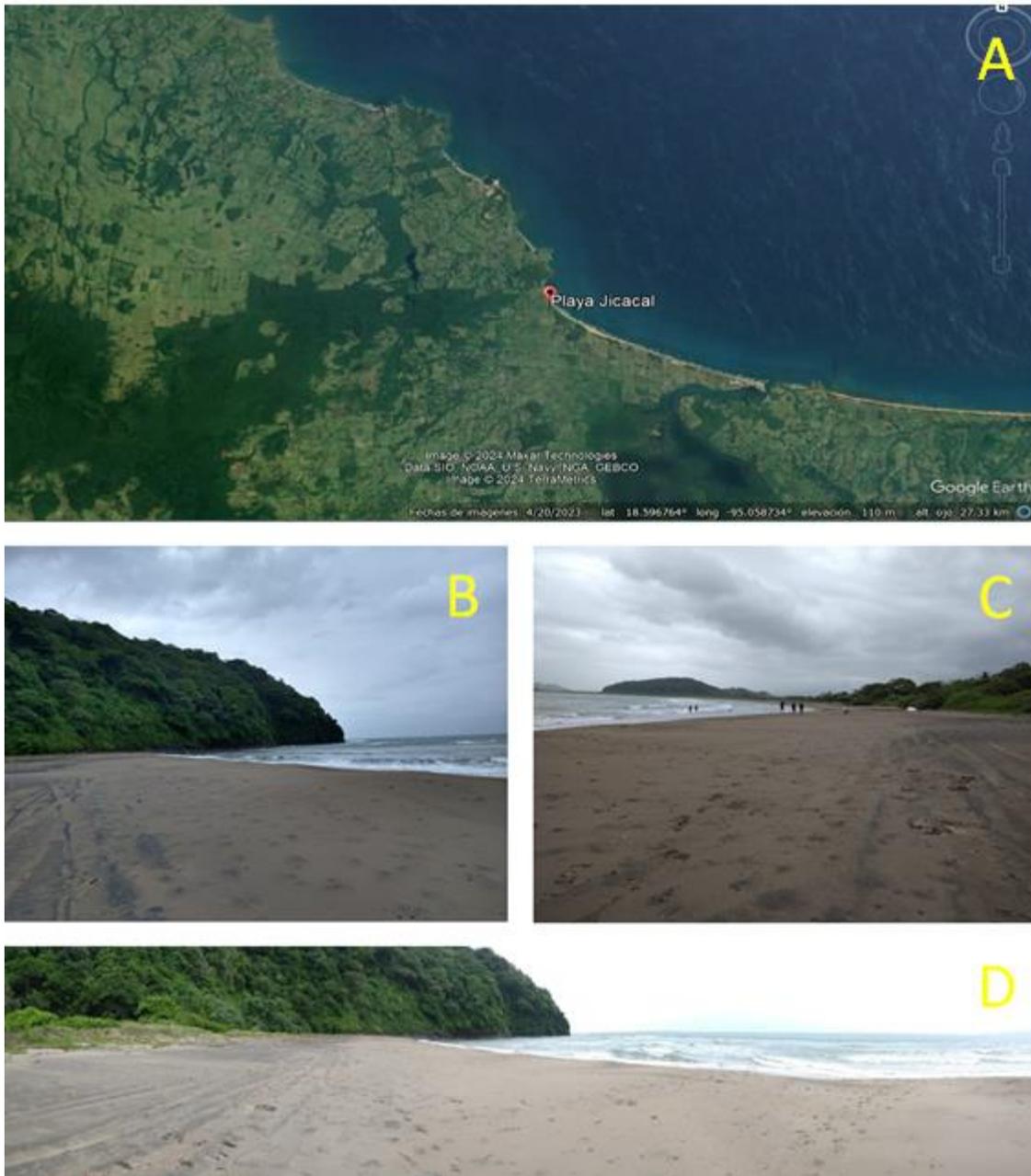
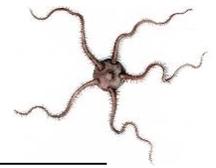


Figura 9. Playa El Jicacal, Veracruz, México: A) ubicación en el mapa de la playa (Tomado de Google Earth, 2024), B) vista noreste con marea alta, C) vista sureste con marea alta y D) vista panorámica de la playa.





## Arrecife La Perla del Golfo

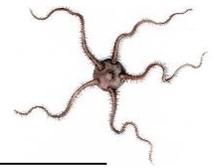
Esta localidad es un arrecife coralino ubicado al sur del estado de Veracruz a 16 km al SE de la Barra de la laguna de Sontecomapan, pertenece al municipio de Mecayapan y se localiza en las siguientes coordenadas 18° 32' 37" N, 94° 49' 54" W. El arrecife es de tipo bordeante, comienza al este de la desembocadura del río Olapa. Tiene una extensión aproximada de 8 km. La zona del arrecife se encuentra rodeada por costas rocosas, playas y dunas (Fig. 10) (Lara-Domínguez *et al.*, 2009).

La temperatura media anual supera los 22 °C, mientras que la temperatura más fría es de 18 °C. Tiene un clima cálido húmedo Am, con lluvias en verano. Se distinguen tres épocas estacionales, las lluvias van de junio a octubre, los nortes van de octubre a febrero y las secas van de febrero a junio. El promedio de la precipitación anual es mayor a 1,000 mm, donde la precipitación en los meses más húmedos es de 69.1% respecto a la anual, mientras que en el mes más seco, la precipitación es de 14.7% y va de 0-60 mm (Lara-Domínguez *et al.*, 2009).

### Observaciones de campo

El arrecife La Perla de Golfo se encuentra a una profundidad promedio de dos metros. La coloración que presentaba es muy tenue, es decir, se podían observar claramente los efectos del blanqueamiento de coral en los puntos de recolecta, ya que la mayoría de los fragmentos coralinos carecían de pigmentos. A pesar de su larga extensión, se observan grandes bancos de arena entre los fragmentos de coral en algunas zonas. De manera general el oleaje no suele ser muy intenso. Las olas más grandes que se observaron eran de aproximadamente un metro. Sin embargo, al ser una zona donde no rompen las olas, no se percibía particularmente fuerte. Por el contrario, la intensidad de las corrientes era bastante más fuerte que la de las olas, pues se tenía un poco de dificultad mantenerse en el mismo sitio de muestreo, ya que la corriente desplazaba a los recolectores con facilidad. La composición faunística variaba mucho a lo largo del arrecife, había zonas donde



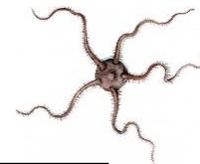


únicamente se observaban erizos adheridos a las rocas y algunos peces y otras donde había más abundancia de organismos como ofiuros y crustáceos, además de erizos y peces.



Figura 10. Arrecife de coral La Perla del Golfo, Veracruz, México: A) ubicación del arrecife (Tomado de Google Earth, 2021) y B) vista panorámica hacia la playa desde el arrecife.





## MATERIAL Y MÉTODO

### Trabajo en campo

Se realizaron cuatro muestreos entre 2020 y 2022 en tres localidades: la playa Balzapote, la playa Montepío, la playa El Jicacal y el arrecife de coral La Perla del Golfo. El primer muestreo se realizó en marzo del 2020, el segundo en agosto del 2021, el tercero en octubre del mismo año y el último en mayo de 2022.

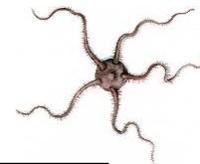
Se visitaron las zonas rocosas de Balzapote y Montepío donde se eligió un punto al azar para obtener muestras de algas adheridas a las rocas. Las algas se arrancaron de forma manual sin ayuda de ningún instrumento. También se obtuvieron muestras de fragmentos de roca que fueron desprendidas con un cincel y un mazo pequeño (Fig. 11A). Tanto las algas como la roca fueron depositados en una cubeta de 10 l, previamente llenada hasta la mitad con el agua adyacente a la zona del muestreo (Fig. 11B). Algunos organismos, como los erizos, estrellas y pepinos de mar, se extrajeron directamente utilizando guantes de carnaza.

En Balzapote únicamente se pudo realizar el primer muestreo debido a que se comenzó a extraer material (roca) para la ampliación del nuevo puerto de Veracruz. Debido a esto, para el segundo muestreo realizado en agosto de 2021 fue imposible acceder a la localidad para obtener más muestras, ya que el acceso al público estaba completamente restringido.

Para los muestreos en el arrecife de coral La Perla del Golfo se utilizó un equipo de snorkel para ubicar los puntos de posible toma de muestras. Una vez identificado el sitio, algún integrante del equipo se sumergía para extraer a los organismos de forma manual. En esta localidad no se recolectaron fragmentos de roca. Los organismos fueron depositados en cubetas con agua marina para su traslado.

En la playa arenosa El Jicacal únicamente se encontraron galletas de mar, además de los bizcochos de mar previamente depositados en la colección. Las galletas de mar se





encuentran enterradas en la arena, por lo que el método de muestreo fue excavar la arena con las manos en diferentes puntos aleatorios a lo largo de toda la playa.

Todas las muestras fueron transportadas a la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, en donde los fragmentos de roca y algas fueron revisados detenidamente. Se tomaron pequeñas fracciones de algas y se colocaron en cajas Petri iluminadas con lámparas. Se utilizaron pinzas de relojero y agujas de disección para la búsqueda de los organismos. Los individuos encontrados fueron colocados en un frasco con su etiqueta correspondiente, que contenía los siguientes datos: tipo de organismo, lugar y fecha de muestreo. La roca se colocó sobre charolas de plástico para dividir las en fragmentos más pequeños, utilizando el cincel y el mazo. Se buscaron organismos entre los fragmentos de roca y también se colocaron en los frascos correspondientes. Una vez que se terminaron de procesar todas las muestras, los organismos se colocaron en alcohol al 70% para su conservación.

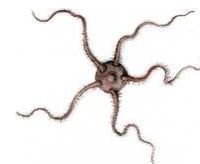
#### Trabajo de laboratorio

#### Identificación taxonómica

Las muestras fueron transportadas al laboratorio de la Colección Nacional de Crustáceos, del Instituto de Biología de la UNAM, en la Ciudad de México. Se realizó la identificación taxonómica a nivel de especie de cada organismo, utilizando claves de identificación (Fig. 11C, D).

La clase Asteroidea se identificó utilizando las siguientes claves taxonómicas: Verrill (1915), Clark (1941), Madsen (1950), Halpern (1968, 1970, 1972), Downey (1973), Tommasi y Oliveira (1976), Carrera-Rodriguez y Tommasi (1977), Caso (1990), Clark y Downey (1992) y González *et al.* (2002). Se consideraron los siguientes caracteres: disco: mediano, robusto o pequeño. Brazos: moderadamente largos y flexibles, más o menos aplanados o angostos del radio a la base, subcilíndricos o engrosados. Número de brazos: cinco a seis o mayor a 10. Pies ambulacrales: tetraseriados o biseriados. Porción libre de los radios. Surco ambulacral: protegido o desprotegido. Placas abactinales: tabulares o no tabulares. Áreas





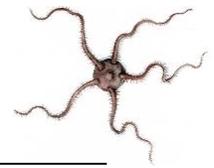
papulares: presentes actinal y abactinalmente o restringidas o ausentes, pequeñas, intercaladas entre los osículos abactinales o irregulares en contornos del cuerpo designados.

Para la clase Ophiuroidea se utilizaron las claves Hendler *et al.* (1995), Pomory (2007) y Laguarda-Figueras *et al.* (2009). Las principales características a considerar para la identificación, mediante la observación de cada individuo en un microscopio estereoscópico, son las siguientes: región aboral del disco: diámetro, ornamentaciones, tamaño y posición de las placas radiales. Región oral del disco: papilas orales, papilas dentales, bursas, diferencias con la región oral, tamaño y posición de las placas radiales. Brazos: número, presencia o ausencia de bifurcaciones, habilidad para enrollarse, longitud respecto al tamaño del disco. Segmentos de brazos individuales: tamaño y división de las placas orales y aborales, tamaño, forma y número de espinas laterales y número y tamaño de los tentáculos (Pomory, 2007).

La clase Echinoidea se identificó utilizando las guías de identificación Serafy (1970 y 1979), Caso (1971), Kier (1975), Serafy y Fell (1985), Turner y Norlund (1988) y Hendler *et al.* (1995) considerando los siguientes caracteres: testa: radial o bilateral, flexible o rígida, globosa o compacta, con o sin lúnulas, ovalada o pentagonal. Placas orales: con quilla o hundidas. Placas interambulacrales; con un único tubérculo primario o con más de uno. Número de placas en el interambulacro. Sutura ambulacral e interambulacral: no desnudas o desnudas. Fasciolo subanal: presente o ausente. Placas periproctales redondas y gruesas o delgadas. Tubérculos: perforados o imperforados, crenulados o no crenulados.

La clase Holothuroidea se identificó utilizando las claves: Clark H. L. (1946), Cherbonnier (1951), Semper (1868), Stimpson (1857) y Murphy *et al.* (2019). Algunas de las características diagnósticas a considerar fueron las siguientes: pliegues dorsales transversales: visibles o no visibles, delgados o gruesos. Papilas dorsales: visibles de diferentes tamaños, formas y abundancia, o poco visibles. Papilas ventrales laterales: visibles o poco visibles. Textura dorsal: gránulos chicos, medianos o grandes.





---

## Catálogo fotográfico

Todos los organismos recolectados para este estudio, así como los previamente depositados en la CNCR fueron fotografiados para la integración de un catálogo fotográfico. Debido al amplio intervalo de tamaños, se utilizaron tres equipos diferentes. Para los organismos de menor talla (>2 cm) se utilizó el microscopio Zeiss Axio Zoom.V16 disponible en el Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad II del IB-UNAM (Fig. 11E). Los organismos de tallas medianas (2-6 cm) un microscopio de capas de la marca Leica disponible en la CNCR. Finalmente, para los organismos de mayor talla se utilizó una cámara Canon modelo Rebel T3i (Fig. 11F).



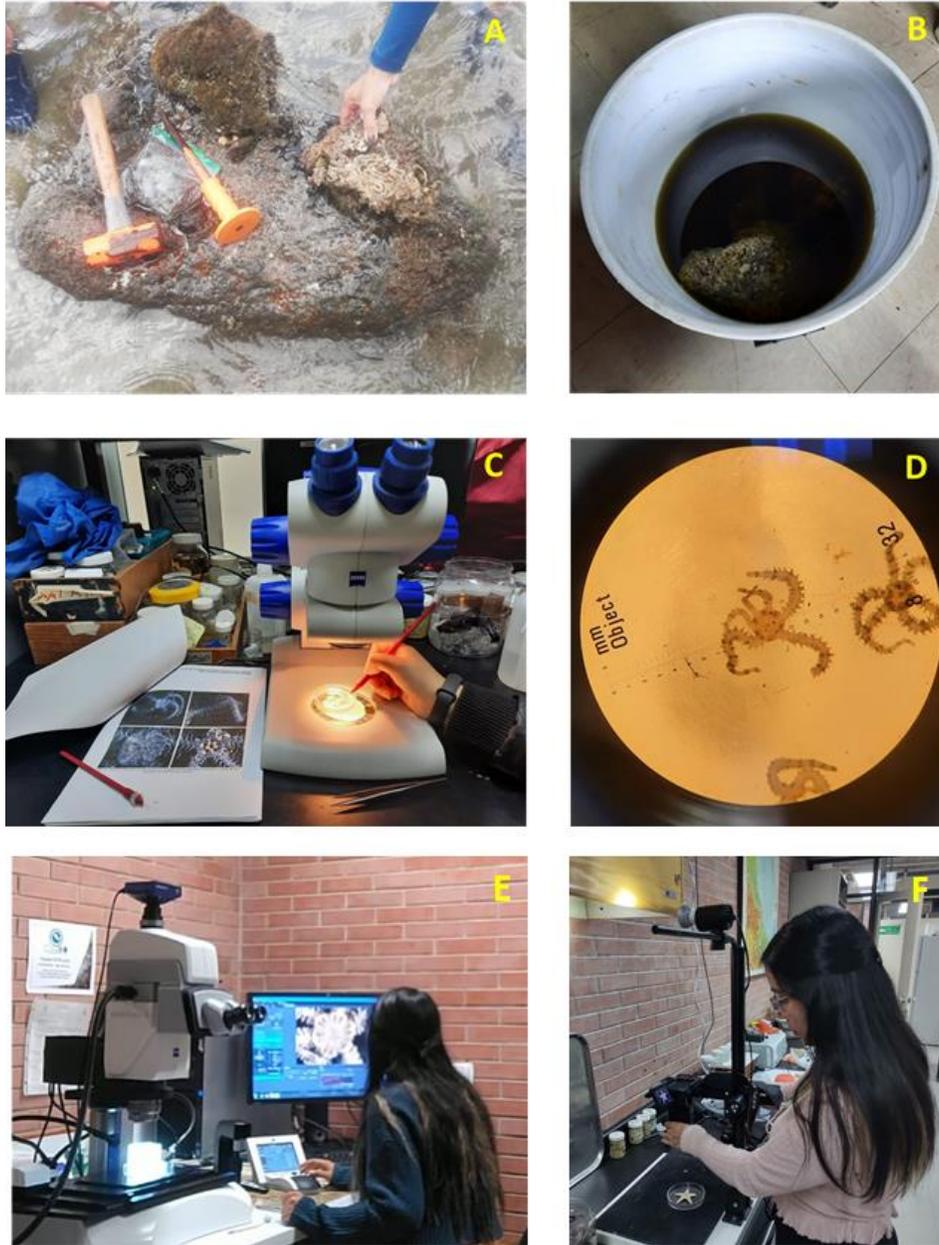
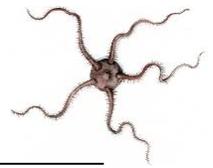
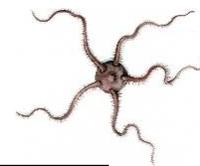


Figura 11. Muestreo en Montepío, Los Tuxtlas, Veracruz, realizado en octubre de 2021. A) Recolecta de fragmentos de roca con tapetes de algas, B) Muestra de rocas transportadas al laboratorio, C) Material de separación para los ofiuroides, D) Foto general de los organismos, E) Toma de fotografías con el microscopio Zeiss Axio Zoom.V16 y F) Toma de fotografías con la cámara Canon modelo Rebel T3i.





## RESULTADOS

### Listado taxonómico

Se registraron 32 especies de equinodermos para la región de Los Tuxtlas, Veracruz, de las cuales 31 se habían reportado previamente en la literatura y en el presente trabajo se identificó un nuevo registro de la especie *Astropecten duplicatus* para la playa El Jicacal. En el presente trabajo se recolectó un total de 14 especies de equinodermos.

Tabla 1. Listado de las especies de equinodermos registradas en la literatura y recolectadas en este estudio en Los Tuxtlas, Veracruz, México.

#### Phylum Echinodermata De Brugiére, 1791

##### Clase Asteroidea Blainville, 1830

##### Orden Paxillosida Perrier, 1884

##### Familia Asterinidae Gray, 1840

##### Género *Asterinides* Verrill, 1913

##### ***Asterinides folium*** (Lutken, 1860)

##### Familia Astropectinidae Gray, 1840

##### Género *Astropecten* Gray, 1840

##### ***Astropecten americanus*** (Verrill, 1880)

##### ***Astropecten articulatus*** (Say, 1825)

##### ***Astropecten cingulatus*** Sladen, 1883

##### ***Astropecten duplicatus*** Gray, 1840

##### Orden Spinulosida Perrier, 1884

##### Familia Echinasteridae Verrill, 1867

##### Género *Echinaster* Muller y Troschel, 1840

##### ***Echinaster serpentarius*** Müller y Troschel, 1842

##### Orden Valvatida Perrier, 1884

##### Familia Ophidiasteridae Verrill, 1867

##### Género *Linckia* Nardo, 1834

##### ***Linckia guildingii*** Gray, 1840

##### Familia Goniasteridae Forbes, 1841

##### Género *Plinthaster* Verrill, 1899

##### ***Plinthaster dentatus*** (Perrier, 1884)

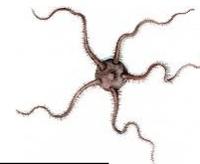
##### Clase Ophiuroidea Gray, 1840

##### Orden Amphilepidida O'Hara, Hugall, Thuy, Stöhr y Martynov, 2017

##### Familia Amphiuridae Ljungman, 1867

##### Género *Amphipholis* Ljungman, 1866





***Amphipholis squamata*** (Delle Chiaje, 1828)

Género *Amphiura* Forbes, 1843

***Amphiura stimpsonii*** Lütken, 1859

Orden Ophiurida Müller y Troschel, 1840

Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856

***Ophiactis savigny*** Müller y Troschel, 1842

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836

***Ophiocoma echinata*** (Lamarck, 1816b)

***Ophiocoma paucigranulata*** Devaney, 1974

Familia Ophiidermatidae Ljungman, 1867

Género *Ophioderma* Müller y Troschel, 1840

***Ophioderma appressa*** (Say, 1825)

Familia Ophiolepididae Ljungman, 1867

Género *Ophiolepis* Müller y Troschel, 1840

***Ophiolepis impressa*** Lütken, 1859

Familia Ophionereididae Ljungman, 1867

Género *Ophionereis* Lütken, 1859

***Ophionereis reticulata*** (Say, 1825)

Familia Ophiothrichidae Ljungman, 1866

Género *Ophiothrix* Müller y Troschel, 1840

***Ophiothrix angulata*** (Say, 1825)

Familia Ophiuridae Müller y Troschel, 1840

Género *Ophiura* Lamarck, 1801

***Ophiura fallax*** Cherbonnier, 1959

**Clase Echinoidea** Leske, 1778

Orden Arbacioida Gregory, 1900

Familia Arbaciidae Gray, 1855

Género *Arbacia* Gray, 1835

***Arbacia punctulata*** (Lamarck, 1816)

Orden Diadematoida Duncan, 1889

Familia Diadematidae Gray, 1855

Género *Diadema* Gray, 1825

***Diadema antillarum Philippi***, 1845

Orden Camarodonta Jackson, 1912

Familia Echinometridae Gray, 1855

Género *Echinometra* Gray, 1825

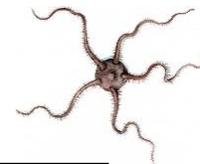
***Echinometra lucunter*** (Linnaeus, 1758)

Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

Género *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

***Tripneustes ventricosus*** (Lamarck, 1816)





Orden Cidaroida (Claus, 1880)

Familia Cidaridae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

***Eucidaris tribuloides*** (Lamarck, 1816)

Orden Echinolampadacea Mongiardino-Koch *et al.*, 2018

Familia Mellitidae Stefanini, 1912

Género *Mellita* L. Agassiz, 1841

***Mellita quinquiesperforata*** (Leske, 1778)

Orden Spatangoida L. Agassiz, 1840

Familia Brissidae Gray, 1855

Género *Rhynobrissus* A. Agassiz, 1872

***Rhynobrissus cuneus*** Cooke, 1957

**Clase** Holothuroidea Blainville, 1834

Subclase Actinopoda Ludwig, 1891

Orden Apodida Brandt, 1835

Familia Synaptidae Burmeister, 1837

Género *Euapta* Östergren, 1898

***Euapta lappa*** (J. Müller, 1850)

Orden Holothuriida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal y Rouse, 2017

Familia Holothuriidae Burmeister, 1837

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Subgénero *Halodeima* Pearson, 1914

***Holothuria (Halodeima) grisea*** Selenka, 1867

Subgénero *Selenkothuria* Deichmann, 1958

***Holothuria (Selenkothuria) glaberrima*** Selenka, 1867

Subgénero *Thymiosycia* Pearson, 1914

***Holothuria (Thymiosycia) arenicola*** Semper, 1868

Subgénero *Cystipus* Haacke, 1880

***Holothuria (Cystipus) cubana*** Ludwig, 1875

Subgénero *Semperothuria* Deichmann, 1958

***Holothuria (Semperothuria) surinamensis*** Ludwig, 1875

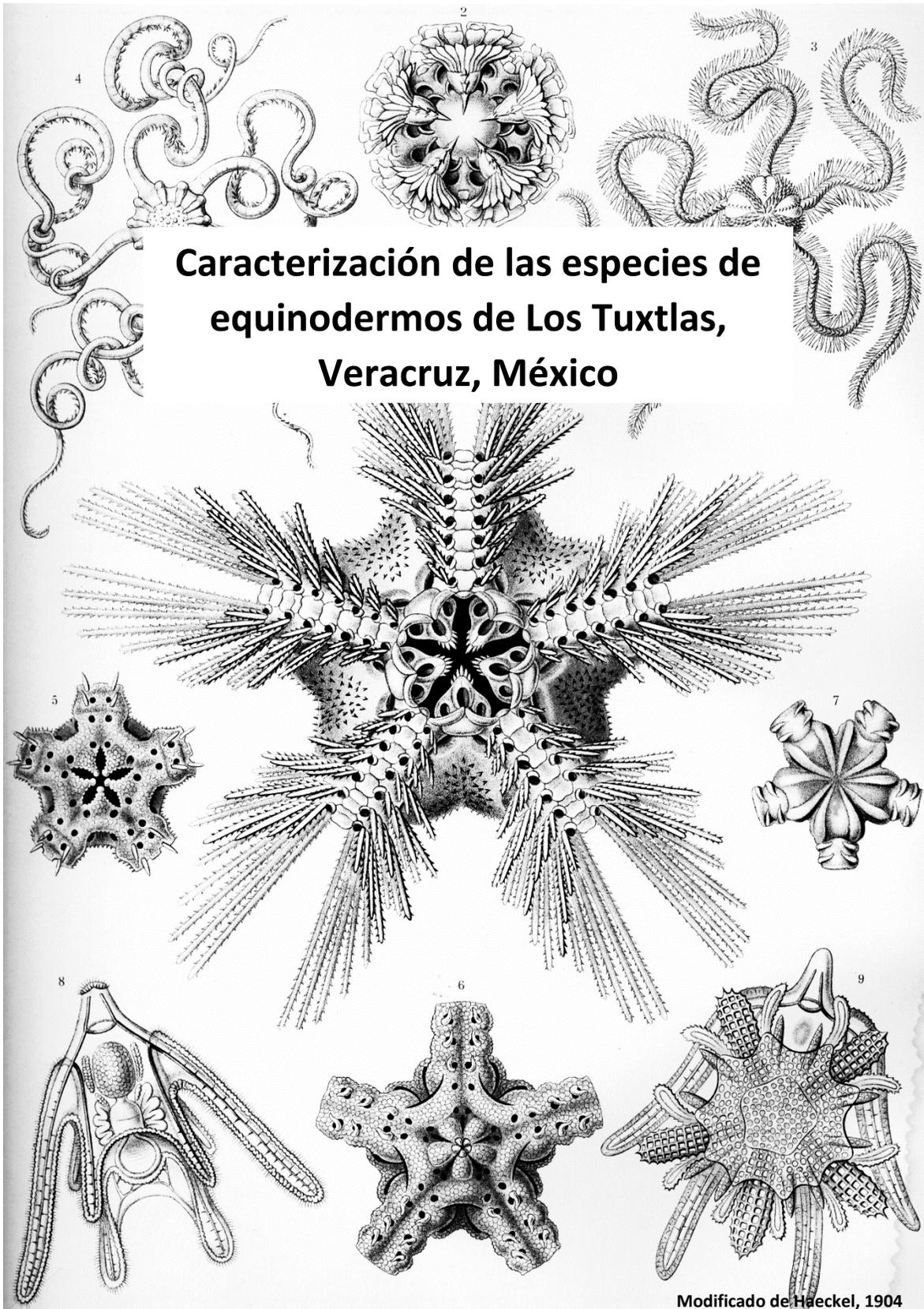
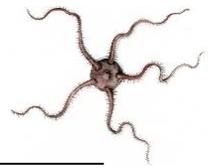
Orden Dendrochirotida Grube, 1840

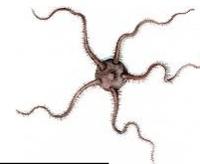
Familia Sclerodactylidae Panning, 1949

Género *Pseudothyone* Panning, 1949

***Pseudothyone belli*** (Ludwig, 1886)







A continuación, se presenta un análisis sistemático por especie que incluye las características diagnósticas, distribución, número de organismos, localidades y sustrato. Posteriormente se ofrece el catálogo fotográfico que muestra el cuerpo completo en vista aboral y oral. Adicionalmente, para los ofiuroides también se muestra la vista aboral del disco, vista oral del disco, vista aboral de los brazos y vista oral del brazo. Las fotografías que se muestran son únicamente de los organismos recolectados para este estudio.

Abreviaturas de países según la ISO 3166: AIA= Anguila, ARG= Argentina, ATG= Antigua y Barbuda, BHS= Bahamas, BLZ= Belice, BMU= Bermudas, BRA= Brasil, BRB= Barbados, CAN= Canadá, CHL= Chile, COL= Colombia, CRI= Costa Rica, CUB= Cuba, CUW= Curazao, DOM= República Dominicana, ESP= España, GLD= Guadalupe, GTM= Guatemala, GUY= Guyana, HND= Honduras, HTI= Haití, JAM= Jamaica, MEX= México, NIC= Nicaragua, PAN= Panamá, TTO= Trinidad y Tobago, URY= Uruguay, USA= Estados Unidos, VEN= Venezuela.

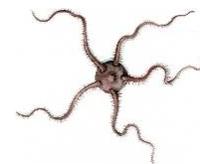
Abreviaturas para los estados de Estados Unidos según la ISO 3166/2:US: FL= Florida, MA= Massachusetts, NC= Carolina del Norte, PR= Puerto Rico, SC= Carolina del Sur, TX= Texas y VA= Virginia.

## Clase Asteroidea

### *Astropecten americanus* Verrill, 1880

**Características diagnósticas:** posee cinco brazos estrechos y bien definidos. Sus áreas paxilares son muy angostas, con cada una conteniendo 10-20 espineletes dispuestos en forma de brocha, espaciados uniformemente y organizados en filas transversales regulares. Las columnas paxilares son excepcionalmente altas, con 10-20 espineletes agudos. Las placas superomarginales son planas y generalmente limitadas hacia la superficie abactinal. Por otro lado, las placas inferomarginales sobresalen marcadamente hacia los lados, más allá de las superomarginales, y cada una sostiene dos espinas largas, delgadas y agudas,





alineadas en el mismo nivel. Estas espinas están cubiertas por espinas y espineletes finos y puntiagudos debajo. En cada interrradio, presenta de tres a seis placas actinales. Las placas adambulacrales exhiben tres espinas agudas y planas, junto con dos filas de espinas subambulacrales más largas que las adambulacrales. Se encuentran pedicelarios presentes en ambas superficies, a veces en abundancia. Las placas superomarginales pueden ser planas o cóncavas, y las espinas del borde inferomarginal están adheridas hacia las placas. Las espinas adambulacrales son redondeadas (modificado de Clark y Downey, 1992).

**Distribución:** Costa Este de USA, MEX: Golfo de México y Caribe, COL y GUY (Tomado de Bayer *et al.*, 1970; Downey, 1973; Clark y Downey, 1992; Benavides-Serrato *et al.*, 2005; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

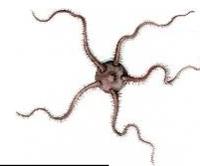
#### *Astropecten articulatus* (Say, 1825)

**Características diagnósticas:** Disco pequeño y cinco brazos largos, delgados, planos y romos. Las paxilas son poligonales e irregulares. Las espineletas paxilares periféricas son largas, gruesas, ligeramente curvadas y romas. Las espineletas centrales son granuliformes, gruesas y romas. Tres espinas inferiores marginales largas, delgadas, planas y agudas. Placas inferiores marginales cubiertas con escamas elongadas, planas y romas. Tres espinas ambulacrales largas, delgadas y romas. La espina media es la más larga. Dos espinas subambulacrales más largas que las ambulacrales, delgadas, planas y truncadas. Detrás hay otras dos espinas subambulacrales similares, aunque más cortas y hasta cinco espinas pequeñas, planas y romas. Carece de pedicelarios (modificado de Solís-Marín *et al.*, 2019).

**Distribución:** USA: VA y FL, BHS, MEX: Península de Yucatán, las Antillas Mayores y Menores, COL, VEN y BRA (Tomado de Clark y Downey, 1992; Hendler *et al.*, 1995; Abreu-Pérez *et al.*, 2005; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.





*Astropecten cingulatus* Sladen, 1883

**Características diagnósticas:** Cinco brazos con un área paxilar relativamente pequeña. Paxilares altas y aplanadas longitudinalmente, compactos en el disco. Tienen de uno a tres gránulos centrales y de siete a 11 espínulas clavadas periféricas. Los superomarginales son masivos y tópidos e invaden la superficie dorsal, cubiertos con gránulos. Canales entre las placas bordeados con muchas espínulas setiformes finas. Los inferomarginales sobresalen más allá de los superomarginales y presentan tres espinas marginales aplanadas de longitud moderada. Las placas están desnudas o con algunas espínulas agudas. Placas adambulacrales con tres o cuatro espinas paralelas al surco. Placas bucales pequeñas y estrechas, cubiertas de espínulas y con un grupo de espinas orales pequeñas y romas. La madreporita es muy pequeña, redonda, cubierta de giros profundos, y casi tocando los marginales interradiales (modificado de Downey, 1973).

**Distribución:** Desde NC, USA hasta BRA (Tomado de Bayer *et al.*, 1970; Clark y Downey, 1992).

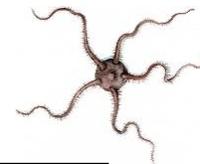
**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Astropecten duplicatus* Gray, 1840

(Figura 12A)

**Características diagnósticas:** Disco pequeño y cinco brazos largos, delgados y de punta roma. Paxilas capitadas con espineletas periféricas con forma de barra, delgadas y romas. Espineletas centrales más cortas y romas. Algunas paxilas presentan una espina central subcónica, roma y prominente. Sobre los brazos, el área paxilar es poco amplia y las filas paxilares longitudinales no son regulares. Las placas superomarginales poseen inserciones internas y externas de espinas superomarginales e invaden moderadamente la superficie abactinal. Presenta tres espinas inferomarginales moderadamente largas, planas y estrechas. La superficie de cada placa inferomarginal está parcialmente desnuda, aunque





presenta inserciones de espinas y escamas. Cuando están presentes las espinas son elongadas, agudas y planas. Las escamas son planas y romas. Presenta tres espinas ambulacrales largas, delgadas, planas y romas. La espina media es la más larga y está aplanada lateralmente. La primera fila subambulacral consta de dos espinas: la proximal es corta, larga, plana y truncada y la distal es más larga, plana y de punta estrecha. Detrás de la primera fila subambulacral, hay hasta cuatro pequeñas espinas planas y espatuladas, cuya disposición es irregular (modificado de Solís-Marín *et al.*, 2019).

**Distribución:** USA: VA y FL. BHS, Antillas Mayores y Menores, MEX, BLZ, NIC, PAN, COL, VEN y BRA (Tomado de Clark y Downey, 1992; Hendler *et al.*, 1995; Abreu-Pérez *et al.*, 2005; Durán-González *et al.*, 2005; Pawson *et al.*, 2009). Distribución batimétrica de 0 a 550 m (Clark y Downey, 1992).

**Número de organismos:** Se recolectó un ejemplar.

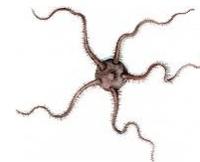
**Localidades en este estudio:** El Jicacal.

**Sustratos:** Arena.

### *Asterinides folium* (Lutken, 1860)

**Características diagnósticas:** Forma del cuerpo turgente, relativamente pequeño con cuatro a seis brazos cortos y redondos. La superficie aboral está cubierta de pequeñas placas superpuestas, con seis filas longitudinales o pápulas a lo largo de cada radio. Las espinas marginales se encuentran a lo largo del margen del cuerpo, que se unen en distintos grupos. La coloración puede variar de verde a azul en los especímenes más grandes, a amarillo, rojo o anaranjado en miembros más pequeños (modificado de Gondim *et al.*, 2014).





**Distribución:** Bermudas, USA: FL, BHS, MEX: Golfo de México, las Antillas Mayores y Menores hasta BRA (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín *et al.*, 2007; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Echinaster serpentarius* Müller y Troschel, 1842

**Características diagnósticas:** Disco pequeño con brazos largos y afilados y cinco hileras de placas regulares longitudinales. El ambitus está definido por las placas superomarginales, mientras que las placas inferomarginales unen a las placas adambulacrales. Todas las placas tienen un conjunto grande e irregular de tubérculos, y cerca del borde distal hay de dos a cinco espínulas cortas y gruesas. Hasta diez pápulas grandes pueden estar presentes en las áreas papulares entre las placas. Dentro del surco, las placas adambulacrales tienen una sola espina delgada y dos espinas gruesas colocadas oblicuamente sobre el borde del surco. Las placas generalmente tienen de una a dos espinas pequeñas sobre la superficie actinal. El tegumento es resistente. (modificado de Caso, 1978).

**Distribución:** USA: FL, MEX: Golfo de México y la Península de Yucatán, BLZ, HND, NIC, PAN y COL (Tomado de Clark y Downey, 1992; González *et al.*, 2002; Vázquez-Bader *et al.*, 2008; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Linckia guildingi* Gray, 1840

(Figura 12B)

**Características diagnósticas:** Presenta un disco pequeño con cuatro a seis brazos largos, delgados y cilíndricos. Superficies abactinales y actinales granuliformes. Dos o más madreporitas. Áreas papulares restringidas a la superficie abactinal. Espinas orales





ligeramente más largas que las espinas restantes, teniendo sus puntas redondeadas. Color muy variable, por lo general juveniles y adultos de diferentes colores. Los individuos juveniles tienen manchas marrones, rojas o violetas, mientras que los adultos son uniformemente de color marrón rojizo, marrón amarillento, violeta o verde oliva. Presentan reproducción asexual por fisión tanto del disco como del brazo (modificado de Gondim *et al.*, 2014).

**Distribución:** Atlántico oriental: Isla de Ascensión e Islas de Cabo Verde. Atlántico Occidental: BHS, MEX, el Caribe hasta BRA. Indo-Pacífico Tropical (Tomado de Álvarez, 1981; Gallo, 1985; Clark y Downey, 1992; Solís-Marín *et al.*, 2007; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** Se recolectaron tres ejemplares.

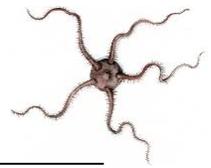
**Localidades en este estudio:** La Perla del Golfo.

**Sustratos:** Roca y arena.

*Plinthaster dentatus* (Perrier, 1884)

**Características diagnósticas:** Cuerpo estrellado, plano, brazos cortos. Las placas abactinales son poligonales, planas y carecen de cubierta en el centro, estando rodeadas por una fila de gránulos. Algunas placas con pedicelarios. Placas dispuestas irregularmente en el centro del disco, dispuestas regularmente hacia los brazos y ausentes en la punta del brazo. Madreporita grande. Placa terminal grande, desnuda, que se estrecha distalmente. Pápulas grandes y solitarias. Placas marginales en forma de bloque, con gránulos dispersos. Placas superomarginales desnudas, tres pares más distales en contacto medialmente. Áreas actinales grandes. Las placas inferomarginales son similares a las placas superomarginales, pero presentan algunos gránulos a lo largo del borde. Placas actinales planas, grandes, cubiertas con gránulos gruesos regularmente espaciados. Cinco espinas adambulacrales romas. Dos filas de espinas subambulacrales, las cuales son más pequeñas en comparación





con las espinas adambulacrales. Placas orales con nueve espinas subprismáticas que aumentan de tamaño hacia la boca. Pedicelarios bivalvos sobre placas actinales, cerca del surco ambulacral (modificado Cunha *et al.*, 2021).

**Distribución:** Atlántico oriental: desde IRL hasta África, MAR, GIN, PRT, ESP y CPV. Atlántico occidental: USA: NC hasta FL, MEX: Golfo de México, CUB, las Antillas Menores, HND, PAN, VEN, COL y BRA (Tomado de Bayer *et al.*, 1970; Halpern, 1970; Clark y Downey, 1992; Howell *et al.*, 2002; Benavides-Serrato *et al.*, 2005; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.



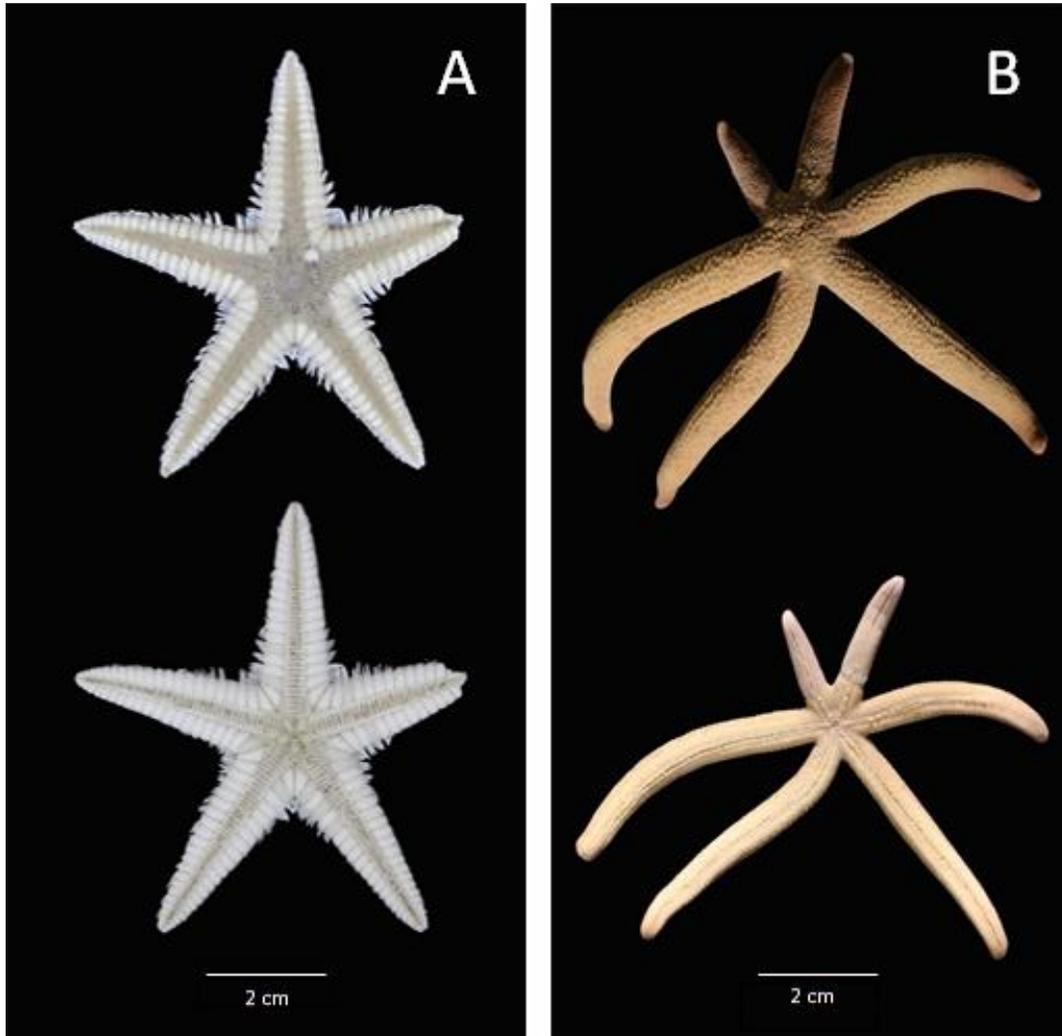
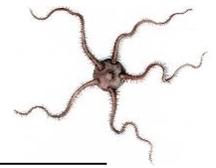
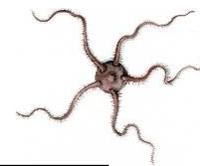


Figura 12. Morfología externa de a) *Astropecten duplicatus* y b) *Linckia guldingui*: en la parte superior se observa la vista aboral y en la parte inferior la vista oral de los organismos.





## Clase Ophiuroidea

*Amphipholis squamata* (Delle Chiaje, 1828)

(Figura 13)

**Características diagnósticas:** Disco circular cubierto por escamas irregulares e imbricadas, aproximadamente 13 entre el centro dorsal y el borde del disco. Placas primarias centrales y placas radiales primarias evidentes, más grandes que las escamas. Los escudos radiales son el doble de largos que de anchos, adyacentes en casi toda su longitud y separados proximalmente por una escala triangular. El interrradio ventral está cubierto de escamas muy imbricadas y más pequeñas que las dorsales. Ranuras bursales largas y anchas. Los escudos orales tienen una forma de diamante, con una longitud igual a su anchura. La madreporita es más grande que los otros escudos orales y presenta bordes redondeados. Brazos con placas dorsales ampliamente ovaladas y contiguas. Placas ventrales del brazo pentagonales, el doble de largas que de anchas con bordes laterales cóncavos cerca de los poros del brazo. Ángulo proximal puntiagudo y borde distal recto, contiguos. Presenta bioluminiscencia en los brazos (modificado de Alitto *et al.*, 2018).

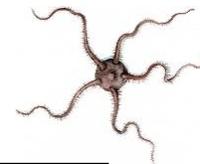
**Distribución:** Presentan una distribución cosmopolita, a excepción de las regiones polares. Atlántico occidental: desde CAN hasta ARG (Tomado de Clark, 1915; Paterson 1985; Hendler *et al.*, 1995; Garces y Romero, 2003; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** Se recolectaron dos ejemplares.

**Localidades en este estudio:** La Perla del Golfo.

**Sustratos:** Roca.





*Amphiura stimpsonii* Lütken, 1859

(Figura 14)

**Características diagnósticas:** El disco está cubierto por escamas superpuestas tanto en la parte dorsal como ventral. Los escudos radiales son alargados y delgados, unidos en la parte distal. Las placas aborales triangulares están separadas por escudos orales romboidales anchos. Las placas orales son delgadas y alargadas. Las mandíbulas poseen tres pares de papilas orales y los dientes son rectangulares. Hay un poro tentacular oral a cada lado de la mandíbula. Se observan dos hendiduras genitales pequeñas, delgadas y alargadas en cada espacio interr radial. Los brazos presentan una escama tentacular ovalada a cada lado de las placas ventrales, que son rectangulares en los primeros segmentos, más anchas que largas en los segmentos medios y pentagonales en los segmentos distales. La placa dorsal es ovalada y mucho más ancha que larga, mientras que la placa lateral es delgada y sostiene de tres a cinco espinas aplanadas, siendo la espina media la más afilada (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Distribución:** Mar Caribe: MEX, HTI, JAM, CUB, BLZ y TTO (Tomado de Alvarado, 2010).

**Número de organismos:** Se recolectaron dos ejemplares.

**Localidades en este estudio:** La Perla del Golfo.

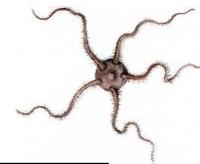
**Sustratos:** Roca.

*Ophiactis savigny* Müller & Troschel, 1842

(Figura 15)

**Características diagnósticas:** Presenta un disco cubierto por espinas pequeñas, concentradas en el centro, con las puntas rugosas y escamas ovaladas. El disco está cubierto por espinas pequeñas con puntas rugosas y escamas ovaladas concentradas en el centro. El borde del disco tiene escamas y algunas espinas pequeñas. Los escudos radiales son más





largos que anchos, excediendo la mitad del radio del disco, y están unidos en la parte distal pero separados en la parte proximal. Los escudos orales son grandes y romboides, separando a las placas aborales en la parte distal. Las placas aborales tienen forma triangular y son del mismo tamaño que los escudos orales, mientras que las placas orales son pequeñas, alargadas y anchas. Las mandíbulas tienen dos a tres papilas orales planas, en forma de escama, erectas y ubicadas en la parte distal de la mandíbula. Los dientes son rectangulares, ásperos y tienen las esquinas redondeadas. En cada espacio interr radial se encuentran dos hendiduras genitales pequeñas, ovaladas y profundas. Los brazos tienen una escama tentacular ovalada a cada lado de las placas ventrales, que son pentagonales y un poco más largas que anchas. Las placas dorsales son ovaladas y mucho más anchas que largas. La placa lateral es delgada y tiene de cinco a seis espinas ásperas y de tamaño similar, cuyas puntas presentan diminutos dientes. (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Distribución:** Indo-Pacífico, Pacífico Este y ambas costas del Atlántico. Atlántico occidental: USA: SC y PR, BHS, MEX: Golfo de México y el Caribe (Tomado de Álvarez, 1981; Gallo, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Báez, 2001; González *et al.*, 2002; Bejarano *et al.*, 2004; Benavides-Serrato, 2006; Borrero-Pérez *et al.*, 2008; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** Se recolectaron 94 ejemplares.

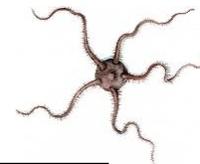
**Localidades en este estudio:** Balzapote, Montepío y La perla del Golfo.

**Sustratos:** Arena y roca.

### *Ophiocoma echinata* (Lamarck, 1816b)

**Características diagnósticas:** Presenta un disco cubierto de gránulos. Las mandíbulas presentan un conjunto de papilas dentales y varias series de papilas orales. Pies ambulacrales de color blanco. Espinas de los brazos con formas bulbosas. Las espinas dorsales de los brazos pueden variar en longitud, siendo más largas o más cortas que las





espinas adyacentes cerca del disco, y tienden a ser más largas en el extremo distal del brazo. Los segmentos del brazo de la parte distal del disco tienen dos escamas tentaculares. En el primer y segundo segmentos del brazo hay tres espinas dorsales, y en el lado opuesto de los segmentos distales, el número de espinas es variable (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Distribución:** USA: FL, BMU, BHS, MEX: Golfo de México, las Antillas Mayores y Menores, BRB, TTO COL y BRA (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

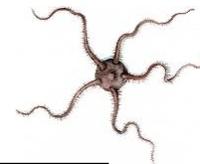
#### *Ophiocoma paucigranulatra* (Devaney, 1974)

**Características diagnósticas:** La parte central del disco está cubierta por escamas y algunos gránulos. Las espinas de los brazos son delgadas, cónicas y de forma cilíndrica. Tiene papilas dentales y orales. La parte distal de los escudos radiales, así como la región oral del disco, carecen gránulos. Las placas dorsales de los brazos son simétricas y presentan el mismo número de espinas a ambos lados de cada segmento. En cada segmento de los brazos, antes del borde del disco, hay dos escamas tentaculares. Las espinas de los brazos están ligeramente aplanadas (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Distribución:** MEX: Golfo de México, Mar Caribe, BLZ y CRI (Tomado de Felder y Camp, 2009; Alvarado, 2010; Miloslavich *et al.*, 2010).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.





*Ophioderma appressa* (Say, 1825)

**Características diagnósticas:** Disco cubierto por gránulos que están sobre pequeñas escamas. Los escudos radiales son pequeños, de forma ovalada y están cubiertos de gránulos. Los escudos orales son grandes, con forma triangular y las esquinas redondeadas. Las placas aborales son triangulares, y cada par se encuentra separado por un escudo oral. Las placas orales son alargadas, siendo más anchas en la parte proximal. Mandíbulas con siete pares de papilas orales y dientes triangulares. Presenta cuatro hendiduras genitales en cada espacio interr radial. Los brazos presentan un par de escamas tentaculares, una central con forma ovalada y la lateral con forma cuadrada. Placas ventrales cuadradas y las dorsales rectangulares. Las placas laterales presentan de seis a nueve espinas en forma cónica, gruesas, de textura áspera y adheridas a los brazos (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

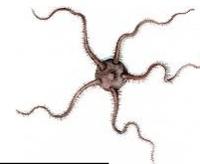
**Distribución:** USA: SC, FL, BMU, BHS. MEX: Golfo de México, las Antillas Mayores y Menores, BLZ, PAN, COL, VEN y BRA (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Bejarano *et al.*, 2004; Reyes *et al.*, 2005; Borrero-Pérez *et al.*, 2008; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Ophiolepis impressa* Lütken, 1859

**Características diagnósticas:** La cara aboral del disco presenta filas de escamas grandes y gruesas que están circundadas por escamas pequeñas y dispuestas de manera irregular. Los escudos radiales tienen una forma triangular y son más largos que anchos, separados por pequeñas escamas en la parte proximal y una más grande en la parte distal. Los escudos orales tienen forma pentagonal y son más largos que anchos. Las placas aborales son alargadas, puntiagudas y curvas en el extremo proximal y anchas en el extremo distal, mientras que las placas orales son alargadas y con forma de barra. Mandíbulas con





cuatro pares de papilas dentales rectangulares del mismo tamaño y cinco dientes rectangulares con las esquinas redondeadas. Las hendiduras en el área genital son alargadas. Los brazos al costado de la placa ventral presentan dos escamas tentaculares con forma ovalada. Placa dorsal con forma de abanico y de menor tamaño que la ventral. La placa lateral cubre aproximadamente la mitad de la parte ventral y dorsal y es más ancha que larga. Presenta cuatro a cinco espinas pequeñas, las espinas de la parte dorsal son más cortas y delgadas que las ventrales (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

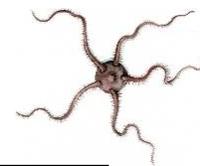
**Distribución:** USA: FL, TX y PR, BHS, BMU, MEX: Golfo de México, CUB, JAM, St. Thomas, St. Croix, GLP, BRB, CUW, TTO, ATG, BLZ, PAN, COL, VEN y BRA (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Borrero-Pérez *et al.*, 2008; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

#### *Ophionereis reticulata* (Say, 1825)

**Características diagnósticas:** Disco circular a pentagonal cubierto por numerosas escamas pequeñas e imbricadas. Los escudos radiales son pequeños, triangulares, alargados y muy separados. Superficie anterior del disco reticulado por finas líneas parduscas. Hendiduras bursales grandes y con papilas genitales. Escudos orales más largos que anchos con forma de diamante. Los escudos aborales abocinados distalmente. De tres a cinco papilas orales a cada lado del ángulo de la mandíbula. Papila oral distal es levemente más grande, otras papilas disminuyen progresivamente de tamaño hacia la boca. De dos a tres papilas apicales. Placas dorsales del brazo iguales en ancho y largo, con bordes redondeados. Placas accesorias del brazo dorsal bien desarrolladas, sin tocar las placas dorsales vecinas. Tres espinas ligeramente aplanadas en las placas laterales del brazo. Escama de tentáculo grande, única y redondeada. Banda marrón oscuro (del mismo color que la reticulación del disco) a lo largo de un segmento del brazo, alternados por tres a seis bandas claras (modificado de Gondim *et al.*, 2013).





**Distribución:** USA: SC, TX, FL y PR, BMU, BHS, MEX: Golfo de México, CUB, JAM, HTI, las Antillas Menores, BRB, TTO, BLZ, PAN, COL, VEN y BRA (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Ophiothrix angulata* (Say, 1825)

(Figura 16)

**Características diagnósticas:** Disco pentagonal con espinas bífidas o trífidas. Escudos radiales pequeños, ovalados y cubiertos por espinas. Escudos orales ovalados y anchos. Placas aborales triangulares. Placas orales alargadas. Mandíbulas sin papilas orales y presencia de grupos de 17 papilas dentales. Hendiduras genitales grandes y ovaladas. Brazos con una escama tentacular pequeña a los costados de las placas ventrales que son rectangulares. Placas dorsales pequeñas y romboidales. Las placas laterales son delgadas y cubren la zona lateral y la una parte de la zona dorsal de los brazos. La placa lateral presenta de seis a siete espinas aserradas, gruesas y transparentes (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

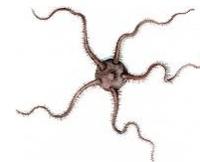
**Distribución:** USA: NC TX y FL, BMU, BHS, MEX: Golfo de México, las Antillas Mayores y Menores, URY, PAN, COL, VEN y BRA (Bayer *et al.*, 1970; Tommasi, 1970; Álvarez, 1981; Gallo, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Lalana *et al.*, 2004; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005; Benavides-Serrato, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Borrero-Pérez *et al.*, 2008; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009).

**Número de organismos:** Se recolectaron 54 ejemplares.

**Localidades en este estudio:** La Perla del Golfo.

**Sustratos:** Roca.





---

*Ophiura fallax* Cherbonnier, 1959

**Características diagnósticas:** Disco con escamas de dimensiones diferentes e imbricadas en la región oral y aboral. La escama de la zona centro-aboral tiene forma de hexágono. Los escudos radiales son largos y pentagonales, están separados por un grupo de placas desiguales y ocupan un cuarto del disco. En el extremo distal hay una escama con una docena de papilas que envuelven la zona marginal del brazo. Los escudos orales son grandes. Placas aborales delgadas y alargadas. Placas orales pequeñas, alargadas y gruesas. Hendiduras genitales delgadas y alargadas. Las placas dorsales de los brazos son más anchas que largas y levemente estriadas. Las placas laterales de los brazos presentan tres espinas. Las placas ventrales de los brazos son cortas y se hacen más pequeñas hacia los extremos. Los primeros poros tentaculares son alargados y están delimitados por cuatro o cinco escamas (modificado de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

**Distribución:** MEX: Golfo de México y Mar Caribe (Tomado de Felder y Camp, 2009; Alvarado, 2010; Miloslavich *et al.*, 2010).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.



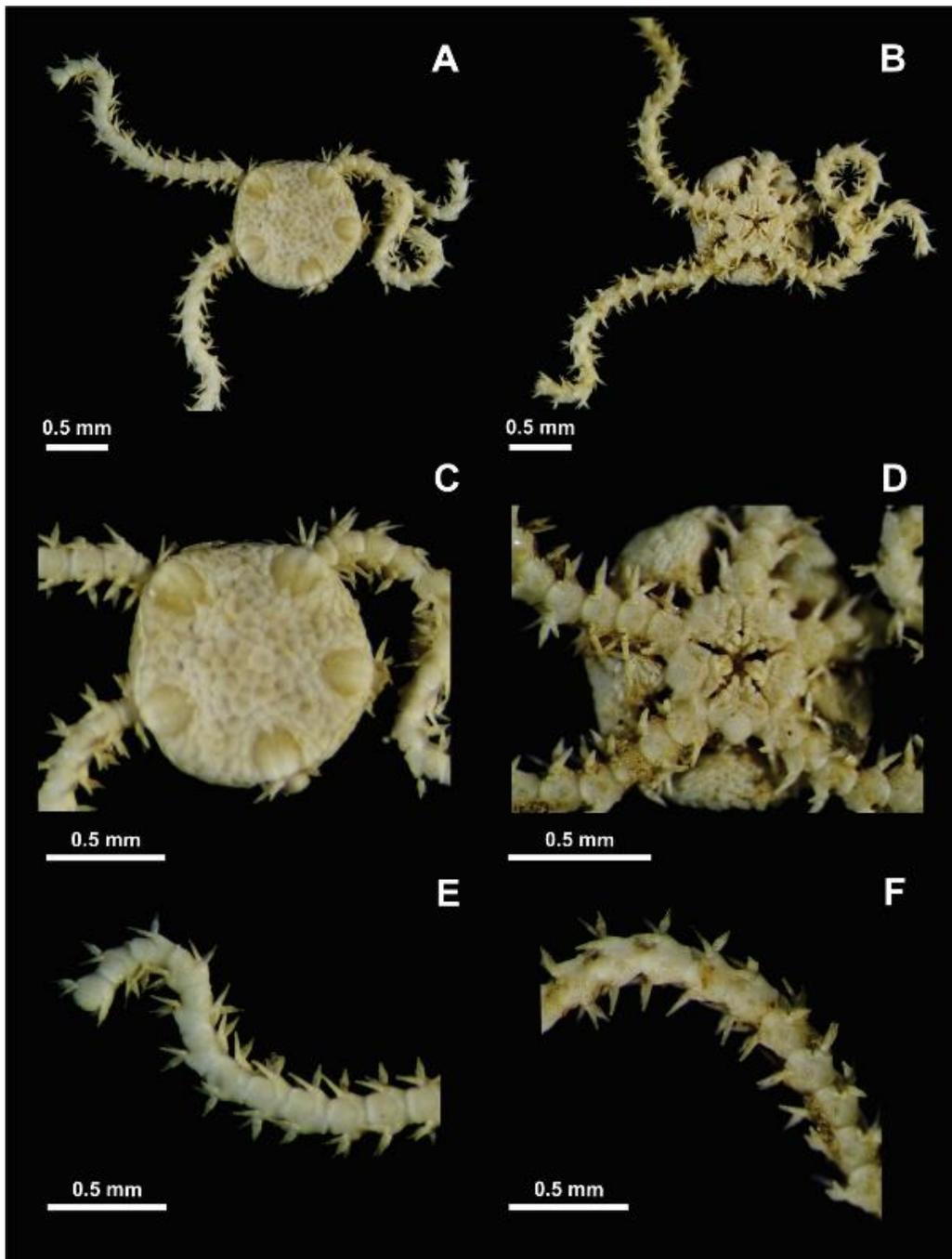
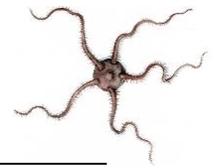


Figura 13. Morfología de *Amphipholis squamata*: A) vista de la región aboral, B) vista de la región oral, C) vista aboral del disco, D) vista oral del disco, E) vista aboral de la ornamentación del brazo y F) vista oral de la ornamentación del brazo.



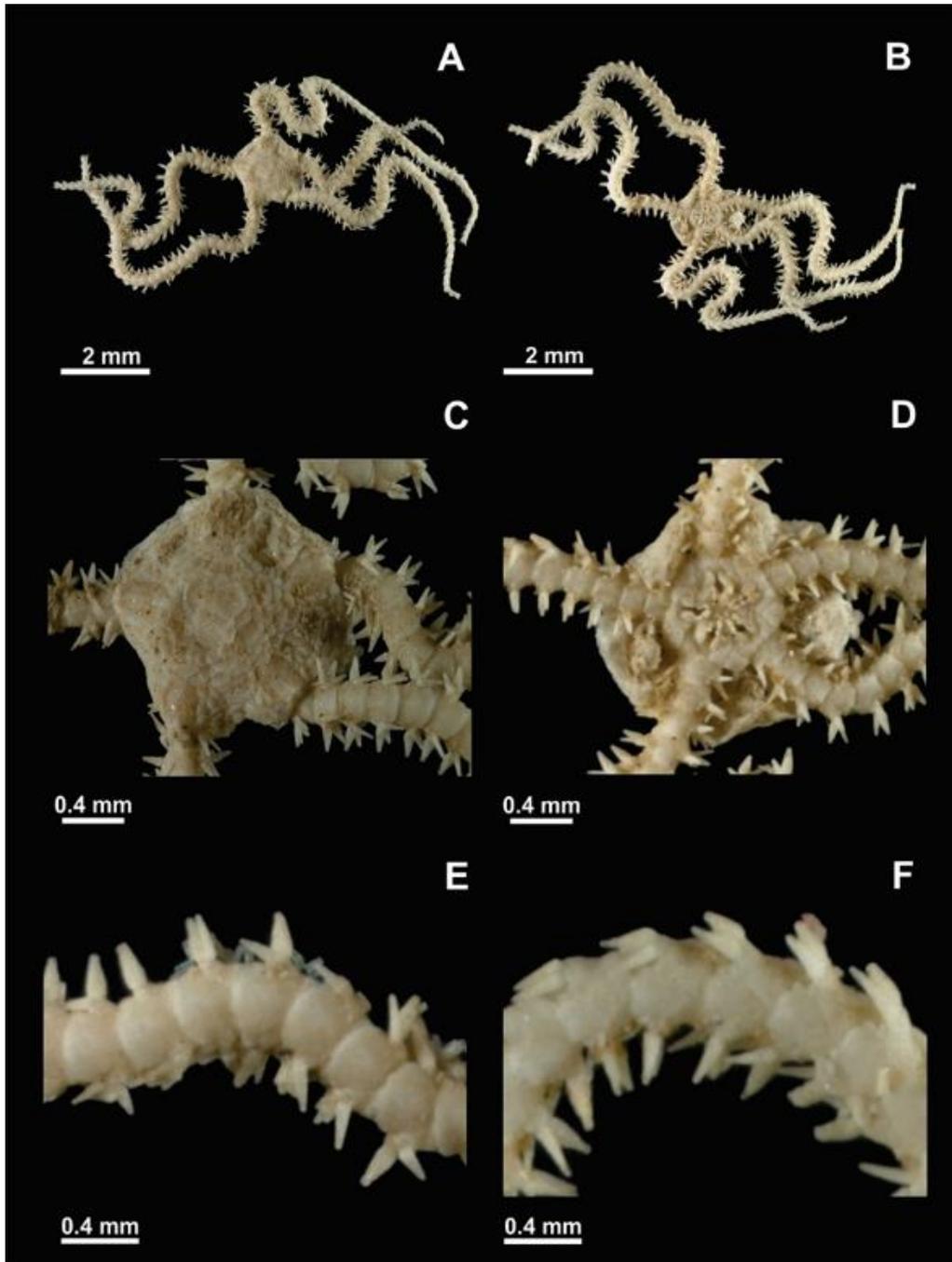
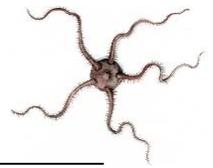


Figura 14. Morfología de *Amphipura stimpsonii*: A) vista de la región aboral, B) vista de la región oral, C) vista aboral del disco, D) vista oral del disco, E) vista aboral de la ornamentación del brazo y F) vista oral de la ornamentación del brazo.



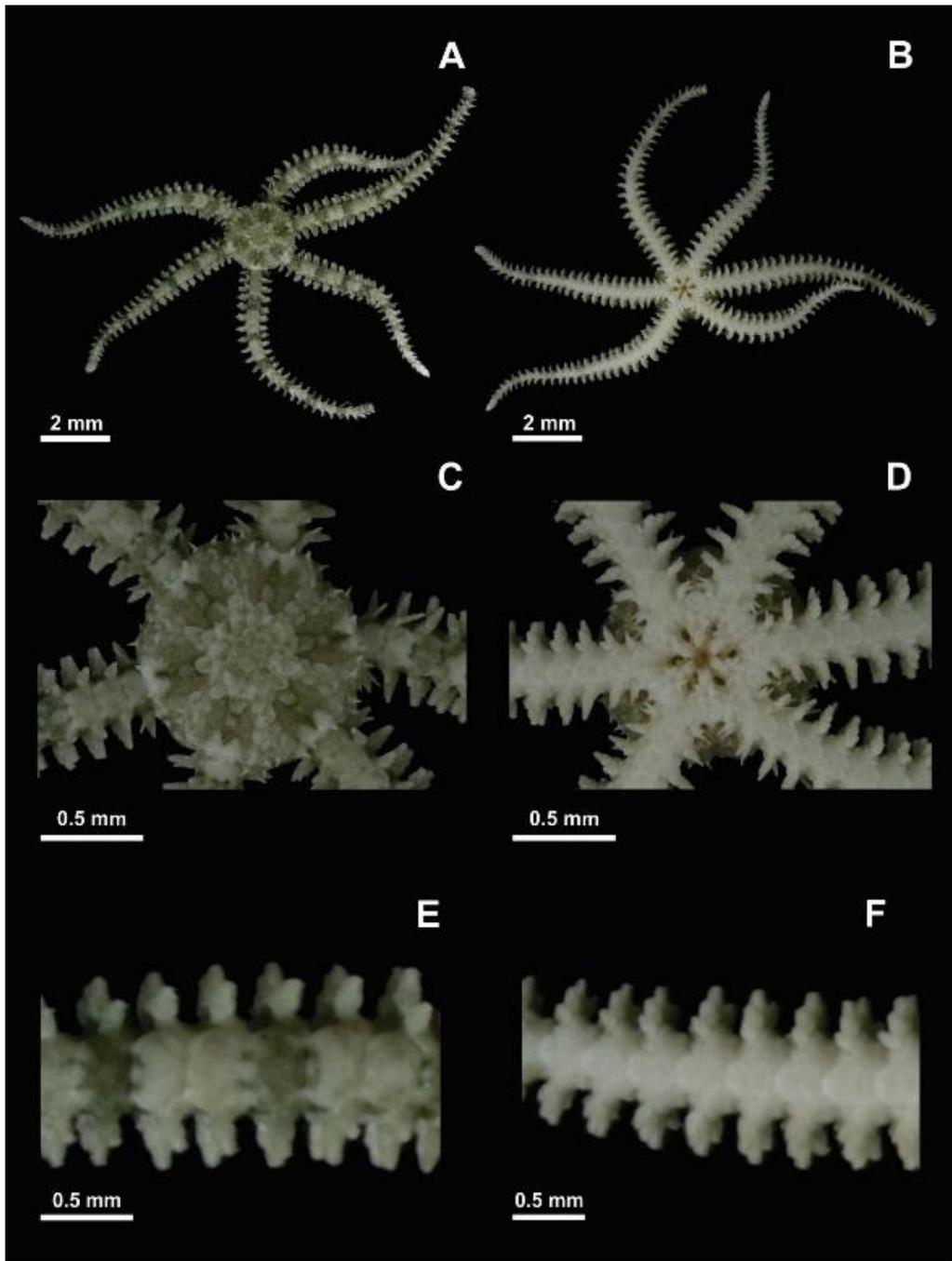
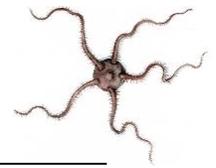


Figura 15. Morfología de *Ophiactis savigny*: A) vista de la región aboral, B) vista de la región oral, C) vista aboral del disco central, D) vista oral del disco central, E) vista aboral de la ornamentación del brazo y F) vista oral de la ornamentación del brazo.



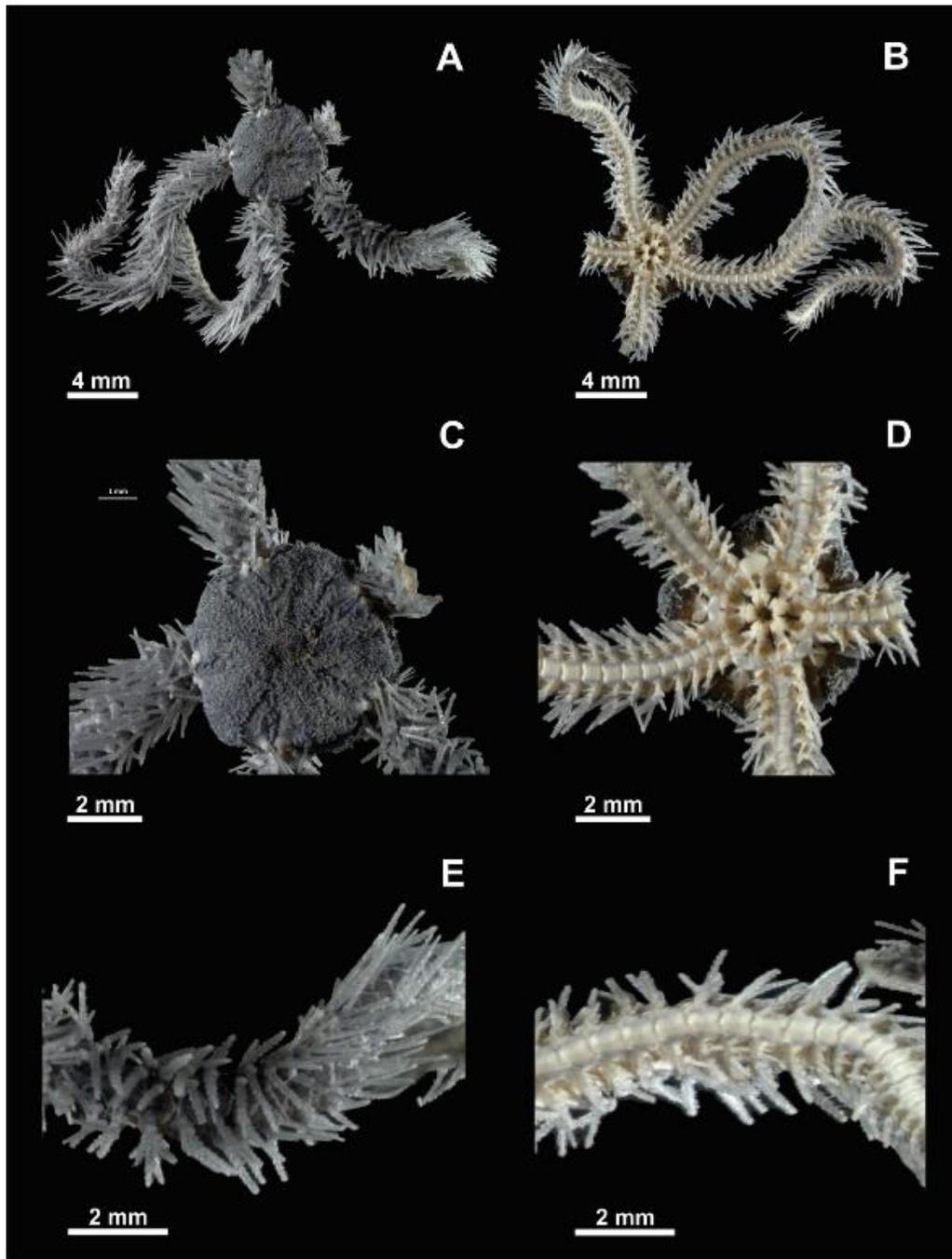
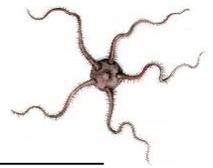


Figura 16. Morfología de *Ophiothrix angulata*: A) vista de la región aboral, B) vista de la región oral, C) vista aboral del disco central, D) vista oral del disco central, E) vista aboral de la ornamentación del brazo y F) vista oral de la ornamentación del brazo.





## Clase Echinoidea

### *Arbacia punctulata* (Lamarck, 1816)

**Características diagnósticas:** El periprocto está cubierto por cuatro placas con forma de triángulo, que son similares entre sí. La testa presenta una coloración negra, café oscura o morada, con espinas alargadas y puntiagudas con colores parecidos al de la testa. La zona del sistema apical está desnuda, así como las placas ambulacrales superiores de la superficie de la testa. La región del peristoma es café o blanca (modificado de García *et al.*, 2005).

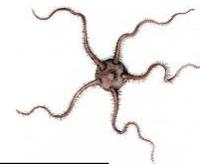
**Distribución:** USA: MA, MEX: Golfo de México, las Antillas Menores y Mayores, CUB, DOM, TTO, BRB, BLZ, PAN, COL y VEN (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Borrero-Pérez *et al.*, 2002; Kroh, 2011).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

### *Diadema antillarum* (Philippi, 1845)

**Características diagnósticas:** Testa hemisférica, grande y ligeramente aplanada en sentido oral y aboral. Sistema apical hemicíclico y deprimido. Placas oculares cortas y pentagonales, con uno o dos pequeños tubérculos. Placas genitales más anchas que largas, ligeramente triangulares, con uno a tres tubérculos a lo largo de su borde interno. Periprocto con un cono anal pequeño y totalmente negro. Ambulacra estrecha y ligeramente hinchada, con dos filas de tubérculos primarios. Interambulacra ancha, con cuatro series de grandes tubérculos primarios. Placas ambulacrales trigeminadas. Espinas primarias largas, delgadas, verticiladas y huecas internamente, negruzcas o con rayas alternas blancas y negras. Espinas secundarias similares a las primarias, pero más pequeñas. Tubérculos perforados y crenulados. Membrana peristomial negra y cubierta de muchas pedicelarias trifílicas. Placas bucales sin espinas. Sólo hay pedicelarios tridentados y trifilos. Las pedicelarias tridentadas se presentan en dos formas, una con válvulas anchas y un cuello largo y ancho sobre un tallo corto, y otra forma con válvulas estrechas, cuello corto y un tallo largo. Pedicelarios





trifílicos con válvulas anchas redondeadas distalmente, con dos filas de numerosos y pequeños dientes periféricos. Los ejemplares jóvenes tienen espinas con franjas alternas blancas y negras, mientras que los adultos son blanquecinos, negruzcos o verdosos (modificado de Gondim *et al.*, 2018).

**Distribución:** Atlántico oriental: ESP: islas Canarias hasta GIN. Atlántico occidental: USA: FL y PR, MEX: Golfo de México, BMU, COL y BRA (Tomado de Serafy, 1979; Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005; Benavides-Serrato, 2006).

**Número de organismo:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

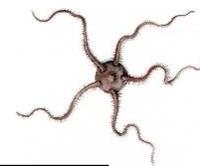
*Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758)

(Figura 17A)

**Características diagnósticas:** Testa elíptica y superficie oral cóncava. Sistema apical hemicíclico. Placas del periprocto y del sistema apical densamente cubiertas por pequeñas espinas. Placas ocular y genital con muchos tubérculos de varios tamaños. Placa ambulacral poligeminada, con seis pares de poros dispuestos en arco, un tubérculo primario y pocos tubérculos secundarios. Placa interambulacral con un tubérculo primario y muchos tubérculos secundarios. Tubérculos primarios y secundarios de la ambulacra e interambulacra no crenulados y no perforados. Espinas primarias de longitud variable, gruesas en la base y delgadas en el extremo distal. Espinas secundarias finas y cortas. Peristoma grande, con pocas placas bucales densamente cubiertas por pedicelarios oficéfalos de color púrpura. Pies tubulares con espículas en forma de C y osículos que forman una roseta en los discos terminales. Espículas de los pies tubulares a menudo organizadas en filas longitudinales. Pedicelarios globíferos, oficéfalos, tridentados y trifílicos presentes en toda la testa (modificado de Gondim *et al.*, 2018).

**Distribución:** Atlántico oriental: costas de África. Atlántico occidental: desde USA: NC hasta BRA (Tomado de Pawson *et al.*, 2009).





**Número de organismos:** Se recolectaron tres ejemplares.

**Localidades en este estudio:** Balzapote y Montepío.

**Sustrato:** Roca.

*Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

(Figura 17B)

**Características diagnósticas:** Testa hemisférica o casi pentagonal, con el lado oral plano. Sistema apical hemicíclico. Placas del sistema apical con muchos tubérculos pequeños. Ambulacra e interambulacra de aproximadamente la misma anchura. Placas ambulacrales trigeminadas, con poros dispuestos en tres hileras verticales. Placa interambulacral con tres a cuatro tubérculos primarios. Espinas primarias pequeñas, blanquecinas, con varias estrías longitudinales. Espinas secundarias similares a las primarias, pero más pequeñas. Membrana peristomial con pocas placas, numerosos pedicelarios oficefálicos rodeando la boca y pocos pedicelarios trifílicos y tridentados escasamente distribuidos. Placas bucales con muchos pedicelarios oficefálicos. Pies tubulares con espículas en forma de C. Pedicelarios globíferos pequeños y carentes de cuello, abundantes sobre todo en el sistema apical y en los interambulacros. Pedicelarios ofíceos con tallo corto, cuello largo y espículas en forma de campana. Pedicelarios trifílicos con cuello largo y cabeza corta, espículas en forma de campana dentro de todo el pedicelario. Pedicelarios tridentados con el cuello y el tallo del mismo tamaño, con espículas en forma de campana. La testa parece uniformemente marrón oscuro, incluyendo los músculos basales de las espinas primarias. Espinas primarias y secundarias cortas de color blanco a gris claro. Testa desnuda completamente blanca (modificado de Gondim *et al.*, 2018).

**Distribución:** Atlántico oriental: Islas Ascención. Atlántico occidental: desde USA: FL y PR, hasta BRA, BMU, las Antillas Mayores y Menores, CUB, HTI, DOM (Tomado de Mortensen, 1943; Hendler *et al.*, 1995; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

**Número de organismos:** Se recolectó un ejemplar.





**Localidades en este estudio:** Montepío.

**Sustrato:** Roca.

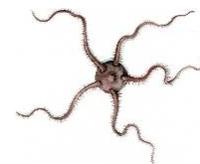
*Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816)

**Características diagnósticas:** Testa circular, ligeramente aplanada por el lado oral y aboral. Sistema apical hemicíclico, uniformemente tuberculado. Periprocto pentagonal, cubierto por placas tuberculadas que disminuyen de tamaño hacia el ano. Ambulacro estrecho y ligeramente sinuoso. Interambulacros anchos, con series verticales de espinas primarias. Placas ambulacrales simples. Placas interambulacrales con un tubérculo primario único, perforado y no crenulado, rodeado de muchos tubérculos escrobiculares. Espinas primarias gruesas y cilíndricas, dispuestas en 10 series verticales, terminadas en corona de pequeñas proyecciones. Espinas secundarias cortas y comprimidas. Las espinas primarias más orales a menudo presentan bandas de color blanco y rosado claro. Membrana peristomial densamente cubierta por pequeñas placas planas e imbricadas dispuestas en series verticales paralelas. Las espículas del pie tubular son varillas con varias espinas cortas romas y placas aplanadas alargadas con perforaciones restringidas al centro y a un lado. Pedicelarios tridentados y globíferos repartidos por toda la testa, estos últimos más numerosos alrededor de las espinas primarias y el peristoma (modificado de Gondim *et al.*, 2018).

**Distribución:** USA: NC, FL y PR, BMU, MEX: Golfo de México, Mar Caribe, PAN, COL hasta BRA (Tomado de Zoppi de Roa, 1967; Serafy, 1979; Bayer *et al.*, 1970; Benavides-Serrato, 2006; Pawson *et al.*, 2009 Alvarado y Solís-Marín, 2013).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.





*Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778)

(Figura 17C)

**Características diagnósticas:** Testa más ancha que larga, con ámbito delgado, abovedado en su parte anterior. El ápice de la testa está situado antes al sistema apical y se curva hacia el margen anterior. Sistema apical monobasal, con cuatro gonoporos. Petaloide grande. Los pétalos posteriores son levemente más largos que los anteriores. Presenta cinco lúnulas, la lúnula anal es más larga que las lúnulas ambulacrales pareadas. Espinas primarias aborales cortas y en forma de garrote, cubriendo la testa. Cada una de las espinas miliares tiene una estructura en forma de saco en la punta, densamente dispersas entre las espinas primarias. Lúnulas con dos tipos de espinas: las aborales más largas, planas y agrandadas en la punta. Espinas internas alargadas y afiladas. Superficie oral plana, con espinas locomotoras largas y delgadas, ligeramente curvadas en la base, que ocupan el centro de la interambulacra. Entre ellas hay espinas largas y delgadas en las zonas cercanas a los canales de drenaje de la presión. Peristoma pentagonal y ligeramente anterior. Periprocto ovalado a triangular, muy cerca del peristoma, con una profunda hendidura en la placa basicoronal. Las placas basicoronaes son más largas que las placas ambulacrales. Surcos alimenticios bifurcados en los bordes distales de las basicoronaes ambulacrales y muy ramificados distalmente. Pedicelarios dispersos por toda la testa, siendo más abundantes en el interambulacro oral y en las zonas próximas a las lúnulas, el peristoma y el periprocto (modificado de Gondim *et al.*, 2018).

**Distribución:** USA: PR, MAR CARIBE: MEX, CUB, DOM, NIC, CRI, PAN y COL, BRA y URY (Pawson *et al.*, 2009; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

**Número de organismos:** Se recolectaron 158 ejemplares.

**Localidades en este estudio:** El Jicacal.

**Sustratos:** Arena.





*Rhynobrissus cuneus* (Cooke, 1957)

(Figura 17D)

**Características diagnósticas:** Contorno horizontal en forma de diamante, redondeado por delante, más ancho en el sistema apical y puntiagudo por detrás. Contorno longitudinal en forma de cuña, superficie oral plana, superficie aboral ligeramente convexa. Ápice en la parte posterior del fascículo peripetal. En el sistema apical casi central, la madreporita se extiende entre y más allá de las placas oculares posteriores. Adultos con cuatro poros genitales. En la superficie aboral, el ambulacro anterior es poco visible con poros pequeños. Ambulacros pares largos, rectos, ligeramente hundidos, con poros ovalados, que alcanzan el fascículo peripetal. Superficie posterior con un fascículo anal ovalado, que llega desde el ápice hasta la mitad de la altura, donde se une al fascículo subanal en forma de corazón con patrón brísico. Peristoma fuertemente reniforme, por el labrum romo, cubierto por muchas placas móviles, rodeado de filodios conspicuos. Periprocto ovalado con extremos afilados, cubierto por varias placas móviles pequeñas en la parte superior de la región posterior. Tubérculos homogéneos en la superficie aboral. Tubérculos mayores en la superficie oral. Filodios y ambulacros posteriores desnudos. La superficie aboral está cubierta por espinas ligeramente curvadas, pilosas y sedosas. La superficie oral está cubierta por espinas, dos veces más largas que las aborales, que presentan extremos espatulados. No se encontraron pedicelarios (modificado de Martínez-Melo *et al.*, 2014).

**Distribución:** desde USA: NC hasta MEX: Golfo de México (Cooke, 1957; Martínez-Melo *et al.*, 2014).

**Número de organismos:** Se recolectaron tres ejemplares.

**Localidades en este estudio:** El Jicacal.

**Sustratos:** Arena.



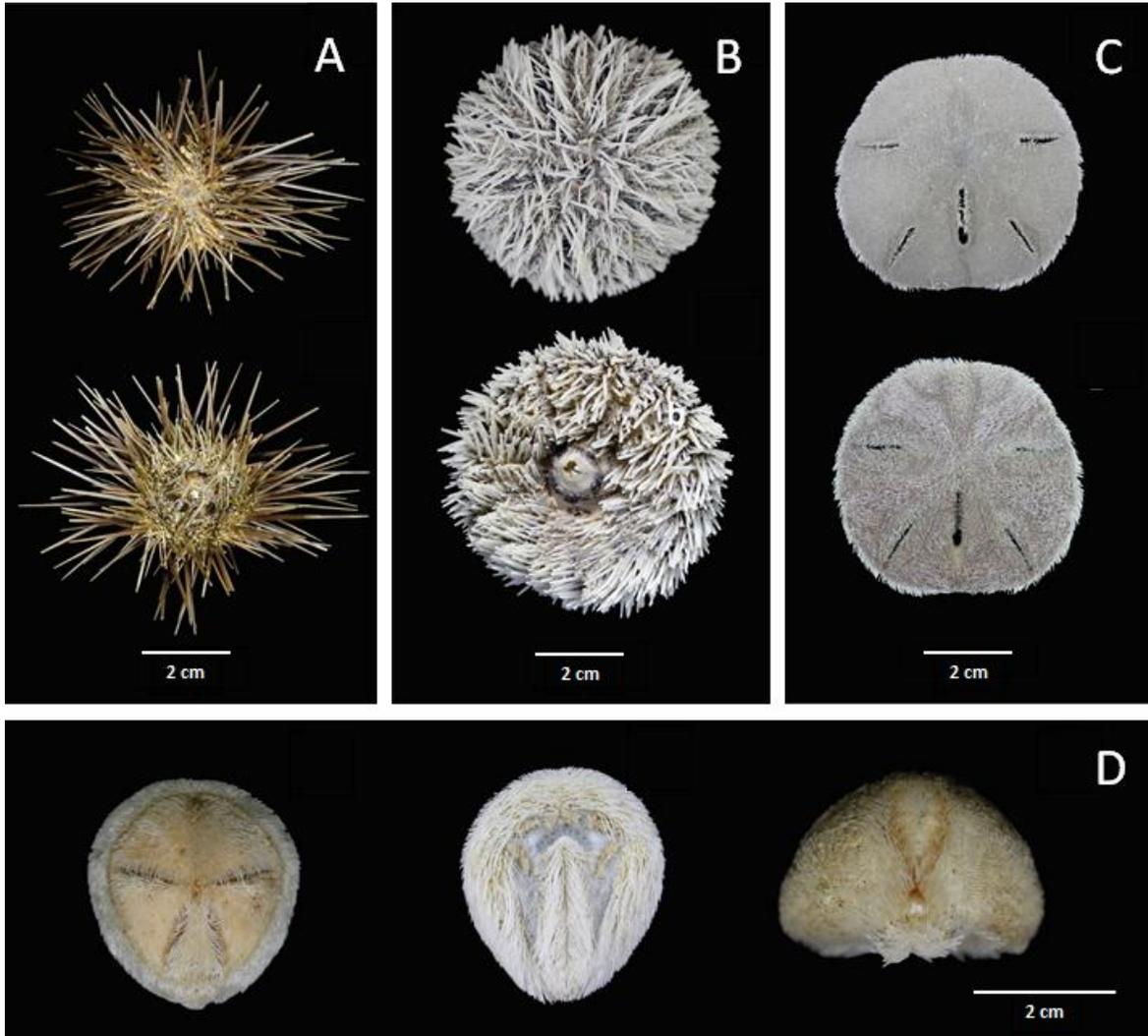
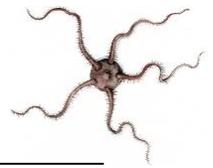
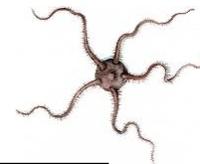


Figura 17. Morfología externa de A) *Echinometra lucunter*, B) *Tripneustes ventricosus* y C) *Mellita quinquesperforata*: en la parte superior se observa la región aboral y en la inferior la región oral. D) Morfología externa de *Rhynobrissus cuneus*: a la izquierda se observa la región aboral, al centro la región oral y a la derecha, el extremo inferior.





## Clase Holothuroidea

### *Eupta lappa* (J. Müller, 1850)

**Características diagnósticas:** El cuerpo está cubierto por crestas curvas. La estructura esquelética está formada por numerosas y pequeñas placas calcáreas, que se encuentran embebidas en la cutícula, de las cuales se proyectan pequeños ganchos que provocan una consistencia pegajosa al tacto. En la región anterior presenta un anillo con 15 tentáculos ramificados que utiliza para la alimentación. Carece de árbol respiratorio ramificado interno y pies ambulacrales. El cuerpo puede ser de color café claro o gris, con manchas blancas o rayas longitudinales más oscuras, así como con bandas transversales (modificado de Colin, 1978).

**Distribución:** Atlántico oriental: Islas Canarias. Atlántico occidental: USA: FL y PR, MEX: Golfo de México y Mar Caribe incluyendo HTI, DOM, CUB, BLZ, CRI, PAN, COL y VEN (Hendler *et al.*, 1995; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

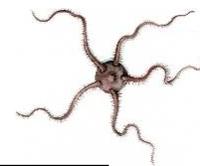
**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

### *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868

(Figura 18A)

**Características diagnósticas:** Presenta un cuerpo delgado con forma cilíndrica, con una longitud de 50 a 200 mm. La piel es delgada y presenta rugosidades. En la región ventral se ubica la boca, mientras que el ano es terminal. Presenta pies ambulacrales ventrales cilíndricos y dorsales con forma de papilas. Presenta un anillo calcáreo bajo, precedido por un canal pétreo, y una única vesícula de Poli. Los órganos de Cuvier se encuentran presentes. Las espículas externas tienen forma tabloide, el disco semicircular presenta entre cuatro y ocho aperturas en los márgenes y una espira pequeña. Los botones son lisos, pequeños y presentan seis orificios de menor tamaño en la región ventral, que desaparecen cuando el organismo envejece. Los pies ventrales presentan una placa terminal y





estructuras de soporte rectos, con orificios en los extremos o a los costados. Los pies dorsales presentan una placa terminal de menor tamaño o ausente, con forma curva. Los tentáculos son gruesos, presentan espinas y orificios en los extremos (modificado de Solís-Marín *et al.*, 2009).

**Distribución:** Distribución circumtropical. MEX: Golfo de México, GTM, BLZ, HND, PAN, COL, VEN, BRA, CUB, DOM, USA: PR (Tomado de Pawson *et al.*, 2009; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

**Número de organismos:** Se recolectó un ejemplar.

**Localidades en este estudio:** Montepío.

**Sustrato:** Roca.

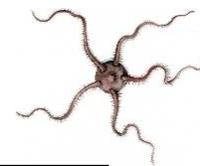
*Holothuria (Cystipus) cubana* Ludwig, 1875

**Características diagnósticas:** La longitud máxima del cuerpo es de 150 mm de largo. Cuerpo aplanado con extremos lisos. Boca en posición ventral con 20 tentáculos pequeños. Los pies ambulacrales son pequeños, tubulares, dispersos en la parte ventral, a menudo retraídos. En la parte dorsal, los pies son escasos y papiliformes. Coloración del cuerpo blanca o gris. Osículos de la pared corporal en forma de tablas con discos nudosos. La capa interna presenta botones nudosos, cortos, con tres pares de orificios dorsales, mientras que ventralmente los orificios son de mayor tamaño, menos nudoso y presenta entre cuatro a seis pares (modificada de Deichmann, 1954).

**Distribución:** USA: FL y PR, BMU, BHS, CUB, DOM, BRB, BLZ, PAN, COL, CUW, VEN (Martínez y Herminson, 1975; Hendler *et al.*, 1995; Pawson *et al.*, 2009; Alvarado y Solís-Marín, 2013). En MEX: Golfo de México, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Amador, 2017).

**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.





*Holothuria (Selenkothuria) glaberrima* Selenka, 1867

(Figura 18B)

**Características diagnósticas:** Organismos pequeños que alcanzan una longitud de 15 cm, con cuerpo cilíndrico y pared corporal suave. La superficie ventral forma una suela distintiva con numerosos pies ambulacrales cilíndricos, dorsalmente con pequeñas papilas cónicas. Presentan una corona de largos tentáculos dendríticos negros dirigidos ventralmente. Color variable, a menudo negro a café, contrastan los tentáculos al ser más oscuros. Anillo calcáreo bien desarrollado con piezas radiales altas y cuadradas y piezas interradales más cortas. Largas ámpulas tentaculares, una vesícula de Poli, sin órganos de Cuvier. Espículas con forma de barras curvas o rectas y ramificadas en los extremos, las ramas pueden unirse formando una malla. Los pies ambulacrales con placas terminales bien desarrolladas (modificado de Deichmann, 1930; Hendler *et al.*, 1995).

**Distribución:** USA: FL y PR, BHS, MEX: Mar Caribe, las Antillas Mayores y Menores, BLZ, GTM, HND, PAN, COL y VEN (Tomado de Hendler *et al.*, 1995; Alvarado y Solís-Marín, 2013; Solís-Marín *et al.*, 2013).

**Número de organismos:** Se recolectaron siete ejemplares.

**Localidades en este estudio:** Montepío.

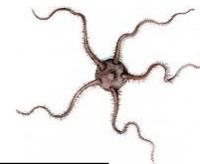
**Sustratos:** Roca.

*Holothuria (Halodeima) grisea* (Selenka, 1867)

(Figura 18C)

**Características diagnósticas:** Cuerpo cilíndrico, aplanado ventralmente, con extremos ligeramente afilados, condición que se percibe mejor en los ejemplares grandes. Pared del cuerpo engrosada. Papilas laterales dispuestas en cuatro series en las formas jóvenes y seis en las adultas. Pies tubulares que cubren el cuerpo dispuestos en cuatro series de seis





hileras en sentido ventral, formando una suela. Boca ventral, rodeada de papilas más pequeñas, con 25 tentáculos peltados. Ano ventral sin papilas anales. Anillo calcáreo simple y corto. En los ejemplares grandes, placas radiales robustas, de forma cuadrada con una ligera invaginación en la parte posterior. Placas interradales triangulares con la espira ciega y una reentrada central en la parte posterior. Vesícula poliana única, canal lítico libre y madreporita oblonga a alargada. Órgano de Cuvier presente. Árboles respiratorios largos, con ramas cortas. Pared del cuerpo con cuatro agujeros centrales y espinas en el margen. Espira de cuatro pilares con unos 12 dientes terminales. Botones oblongos irregulares con cuatro agujeros centrales grandes y algunos agujeros marginales más pequeños. Pies tubulares con varillas perforadas. Tentáculos con varillas curvadas y extremos ramificados. Ósculos dorsales mayores que los ventrales (modificado de Prata *et al.*, 2014).

**Distribución:** Atlántico oriental: costas de África e Isla Ascensión. Atlántico occidental: USA: FL y PR, MEX: Golfo de México, BLZ, PAN, COL, JAM, las Antillas Mayores y Menores, VEN y BRA (Pawson *et al.*, 2010; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

**Número de organismos:** Se recolectaron tres ejemplares.

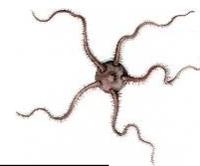
**Localidades en este estudio:** Montepío.

**Sustrato:** Roca.

*Holothuria (Semperothuria) surinamensis* Ludwig, 1875

**Características diagnósticas:** La forma del cuerpo es cilíndrica y alargada. Boca terminal con 12 tentáculos peltados y rodeada por un collar de papilas cortas. Los pies tubulares cortos forman una suela ventralmente. Pequeñas papilas dorsales irregularmente dispersas, más abundantes lateralmente. Pies de tubo en cuatro filas en cada radio ventral. En el lado dorsal, pequeñas papilas escasamente dispuestas en una fila en cada radio e irregularmente en los interradios. Ano ventral con 10 o más papilas pequeñas. Placas radiales de forma cuadrada con muesca central, margen ligeramente dentado y base con una invaginación





central. Placas interradales más pequeñas de forma triangular. Vesícula poliana única, un canal de piedra ligeramente alargado y una madreporita redondeada. Árboles respiratorios ramificados, alcanzando cerca de la mitad del cuerpo, con ramas cortas y gruesas. Músculos longitudinales bien desarrollados (modificado de Tommasi, 1969; Hendler *et al.*, 1995).

**Distribución:** BMU, MEX: Golfo de México, JAM, CUB, USA: PR, BLZ, COL, VEN y BRA (Tomado de Pawson *et al.*, 2009; Oliveira y Christoffersen, 2012; Alvarado y Solís-Marín, 2013).

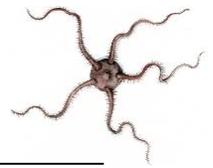
**Número de organismos:** No se recolectaron organismos nuevos de esta especie.

*Pseudothyone belli* (Ludwig, 1886)

(Figura 18D)

**Características diagnósticas:** Cuerpo subcilíndrico, alargado. Piel rugosa, debido al gran número de huesecillos. Color de marrón claro a blanco, con pocas manchas marrones en vida, blanquecinas en alcohol. La boca y el ano en posición terminal. Diez tentáculos, tupidos, los dos más ventrales reducidos. Introvertido corto, sin pies tubulares. Pies tubulares distribuidos en dos filas en los radios, con numerosos pies tubulares también en los interradios, más abundantes ventralmente. Anillo calcáreo complejo, frágil, con procesos posteriores largos. Placas radiales delgadas, con procesos posteriores afilados y extremo anterior con una corta bifurcación. Placas interradales delgadas, cortas, aproximadamente la mitad de la longitud de la placa radial, con el margen anterior puntiagudo. Cotiledón madreporita, canal lítico alargado. Vesícula poliana pequeña y única. Músculos retractores gruesos. Músculos longitudinales delgados. Árboles respiratorios poco ramificados. Gónada en mechón único, túbulos cortos, no ramificados. Los huesecillos de la pared del cuerpo consisten en botones alargados y nudosos, de cuatro a seis agujeros centrales, placas perforadas grandes y nudosas, margen liso y numerosos agujeros, los centrales más grandes. Los pies tubulares incluyen tablas de soporte alargadas con pequeños agujeros en los extremos, formadas por tres pilares cortos que terminan en tres





dientes. Placas con dos grandes agujeros centrales y algunos agujeros marginales y grandes placas terminales El introverto incluye placas alargadas a redondeadas y pequeñas rosetas. Tentáculos con rosetas (modificado de Prata *et al.*, 2020).

**Distribución:** BMU, MEX: Golfo de México, las Antillas Mayores y Menores, PAN, USA: PR y BRA (Pawson *et al.*, 2010), hasta 70 m de profundidad (Tomado de Prata *et al.*, 2020).

**Número de organismos:** Se recolectó un ejemplar.

**Localidades en este estudio:** La Perla del Golfo.

**Sustrato:** Roca.



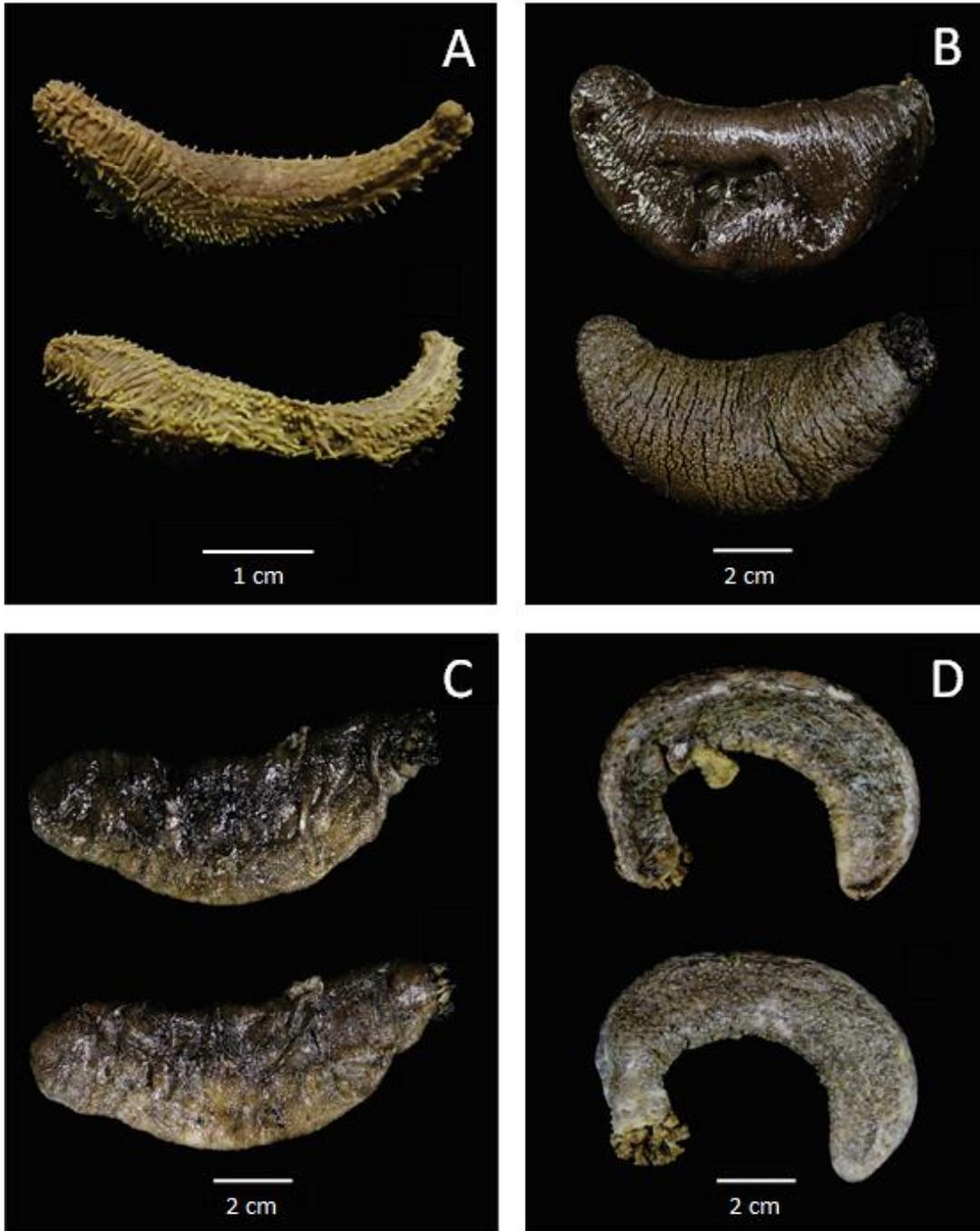
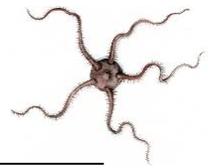
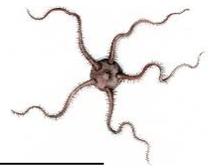
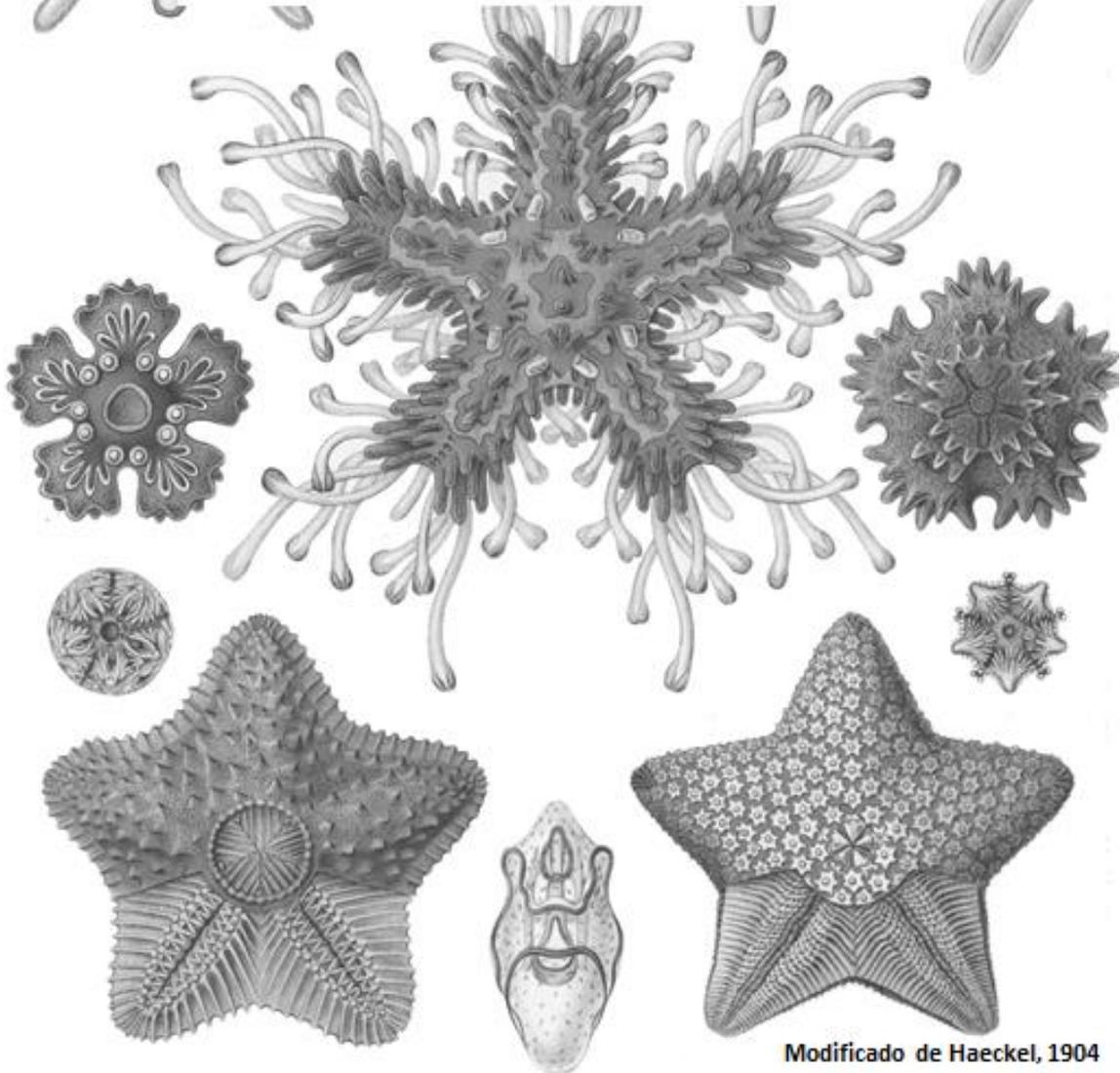


Figura 18. Morfología externa de A) *Holothuria (Thymiosycia) arenicola*, B) *Holothuria (Selenkothuria) glaberrima*, C) *Holothuria (Halodeima) grisea* y D) *Pseudothyone belli*. En la parte superior se observa la región dorsal y en la parte inferior la región ventral



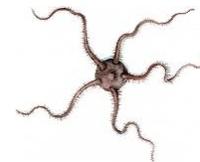


## Distribución de las especies



Modificado de Haeckel, 1904





A continuación, se muestran mapas de distribución de todas las especies de equinodermos que han sido reportadas para la región de Los Tuxtlas, Veracruz, tanto en la literatura como en las recolectas realizadas en las localidades del presente estudio.

#### Clase Asteroidea

Las especies de la clase Asteroidea se distribuyen al Este del continente americano con una marcada concentración entre el Trópico de Cáncer y el Ecuador (Fig. 19). El mayor intervalo de distribución lo presentó *Astropecten americanus* desde el norte de Canadá hasta Guayana en el sur. Esta especie también fue la que se registró más al norte, mientras que el registro más al sur fue de *Astropecten articulatus*. El menor intervalo de distribución se observó en *Echinaster serpentarius*, cuya distribución se ve restringida entre los 20 y 40 °N, la cual va desde la costa de Texas al norte, hasta Campeche, México al sur. *Asterinides folium* fue la especie que se encontró más alejada del litoral, es decir, su distribución se extiende hasta la región oceánica. *Astropecten articulatus* tuvo el mayor número de registros (14). Las especies con menor número de registros (3) fueron *Astropecten cingulatus*, *Asterinides folium* y *Echinaster serpentarius* (Bayer *et al.*, 1970; Halpern, 1970; Downey, 1973; Álvarez, 1981; Gallo, 1985; Clark y Downey, 1992; Hendler *et al.*, 1995; González *et al.*, 2002; Howell *et al.*, 2002; Abreu-Pérez *et al.*, 2005; Benavides-Serrato *et al.*, 2005; Durán-González *et al.*, 2005; Solís-Marín *et al.*, 2007; Vázquez-Bader *et al.*, 2008; Pawson *et al.*, 2009).



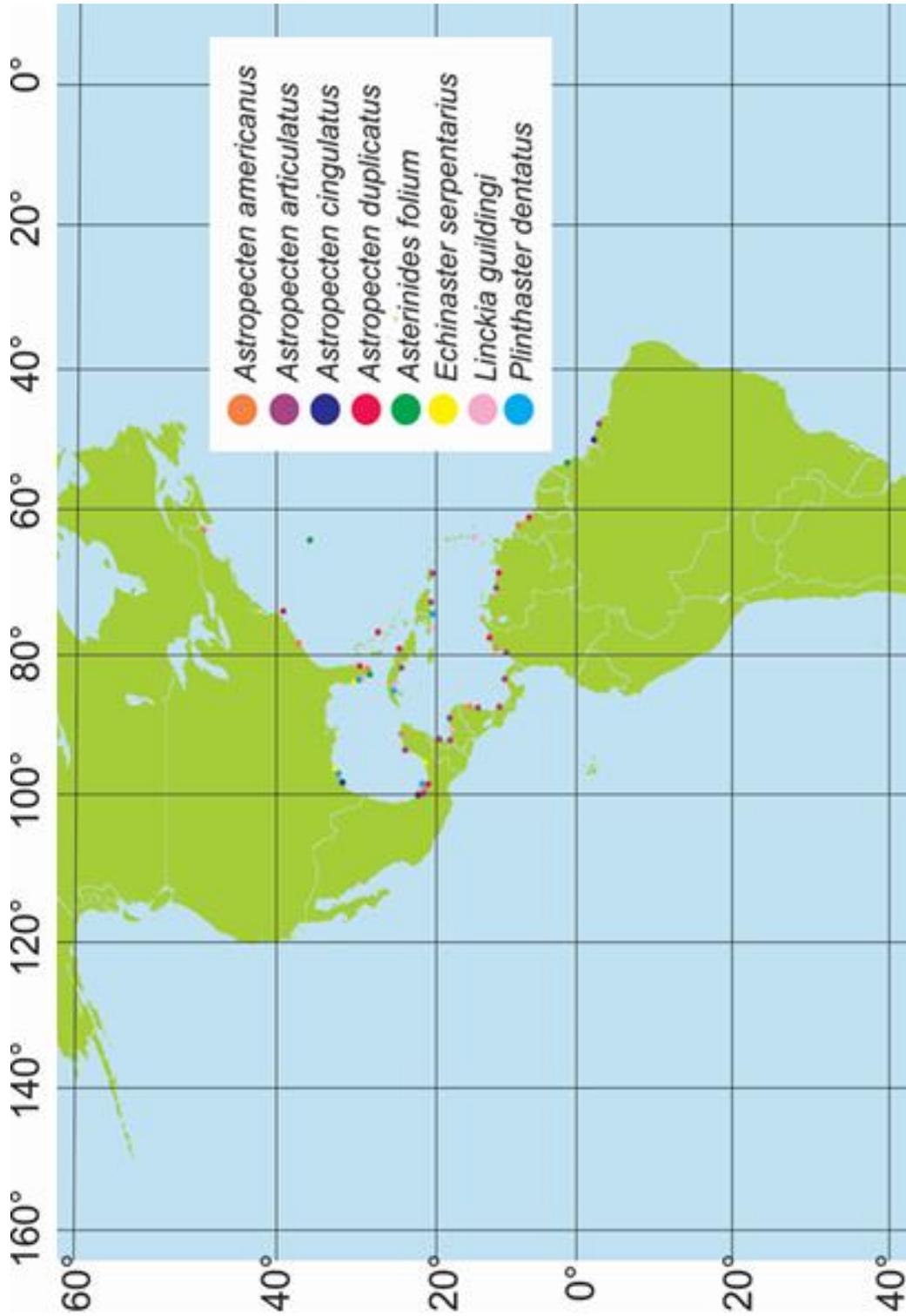
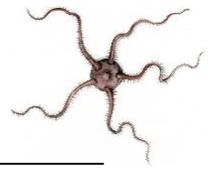
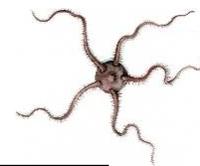


Figura 19. Distribución de las especies de la clase Asteroidea encontradas en Los Tuxtlas, Veracruz, México.





## Clase Ophiuroidea

Las especies de la clase Ophiuroidea se distribuyen en ambas costas del continente americano, con una mayor incidencia entre el Trópico de Cáncer y el Ecuador (Fig. 20). El mayor intervalo de distribución lo presentó *Ophiotrix angulata*, se distribuye desde Carolina del Norte en Estados Unidos, hasta Uruguay. Esta especie presenta el registro más al sur, mientras que la especie con el registro más al norte fue *Ophiactis savigny*. Las especies *Ophiotrix angulata* y *Ophionereis reticulata* son las más alejadas del litoral. La especie con menor intervalo de distribución fue *Amphiura stimpsonii*. *Amphipholis squamata* tuvo el mayor número de registros con 20, seguida de *Ophiactis savigny* con 19. Las especies con menor número de registros son *Ophiura fallax* y *Amphiura stimpsonii* con cuatro y cinco respectivamente (Clark, 1915; Bayer *et al.*, 1970; Tommasi, 1970; Álvarez, 1981; Paterson 1985; Gallo, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Báez, 2001; González *et al.*, 2002; Garces y Romero, 2003; Bejarano *et al.*, 2004; Lalana *et al.*, 2004; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005; Reyes *et al.*, 2005; Benavides-Serrato, 2006; Borrero-Pérez *et al.*, 2008; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder y Camp, 2009; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2009; Alvarado, 2010; Miloslavich *et al.*, 2010).



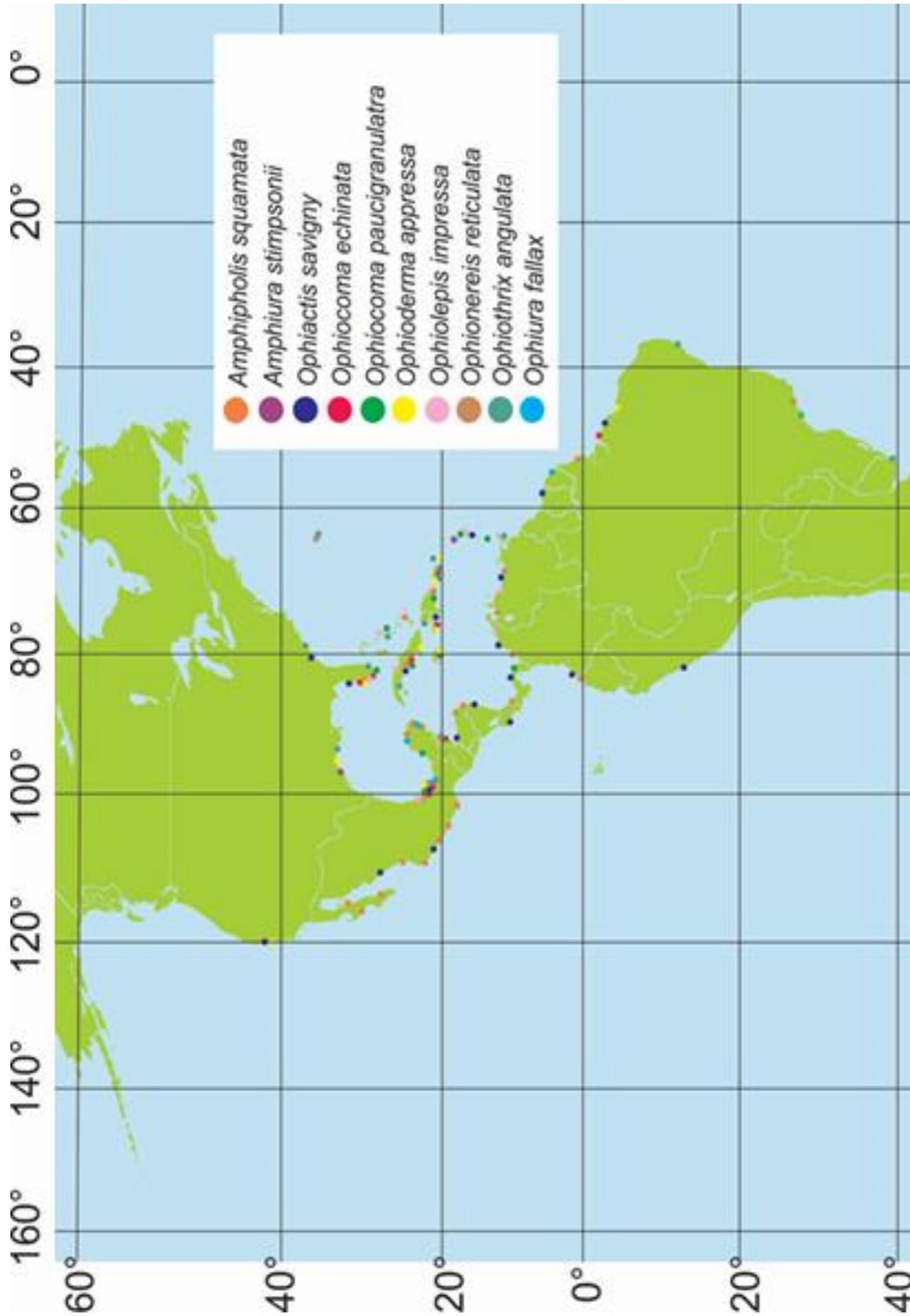
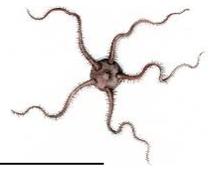
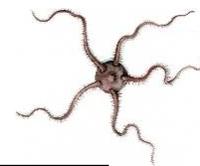


Figura 20. Distribución de las especies de la clase Ophiuroidea encontradas en Los Tuxtlas, Veracruz, México.





## Clase Echinoidea

Las especies de la clase Echinoidea se distribuyen en el lado este del continente americano con una única especie en el oeste: *Mellita quinquiesperforata* (Fig. 21). *Eucidaris tribuloides* y *Mellita quinquiesperforata* tuvieron el mayor intervalo de distribución, ambas fueron desde la costa de Carolina del Norte, Estados Unidos, hasta el sur de Brasil. *Arbacia punctulata* fue la especie registrada más al norte, mientras que el registro más al sur fue de *Mellita quinquiesperforata*. Las especies *Echinometra lucunter* y *Rhynobrisuss cuneus* presentaron el menor intervalo de distribución, restringida entre los 20 y 40 °N. *Echinometra lucunter* fue la especie más alejada del litoral. Las especies con más registros fueron *Mellita quinquieperforata* con 19 y *Tripneustes ventricosus* con 16. El menor número de registros lo presentó *Rhynobrisuss cuneus* con únicamente dos (Mortensen, 1943; Cooke, 1957; Zoppi de Roa, 1967; Bayer *et al.*, 1970; Serafy, 1979; Hendler *et al.*, 1995; Borrero-Pérez *et al.*, 2002; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005; Benavides-Serrato, 2006; de Pawson *et al.*, 2009; Kroh, 2011; Alvarado y Solís-Marín, 2013; Martínez-Melo *et al.*, 2014).



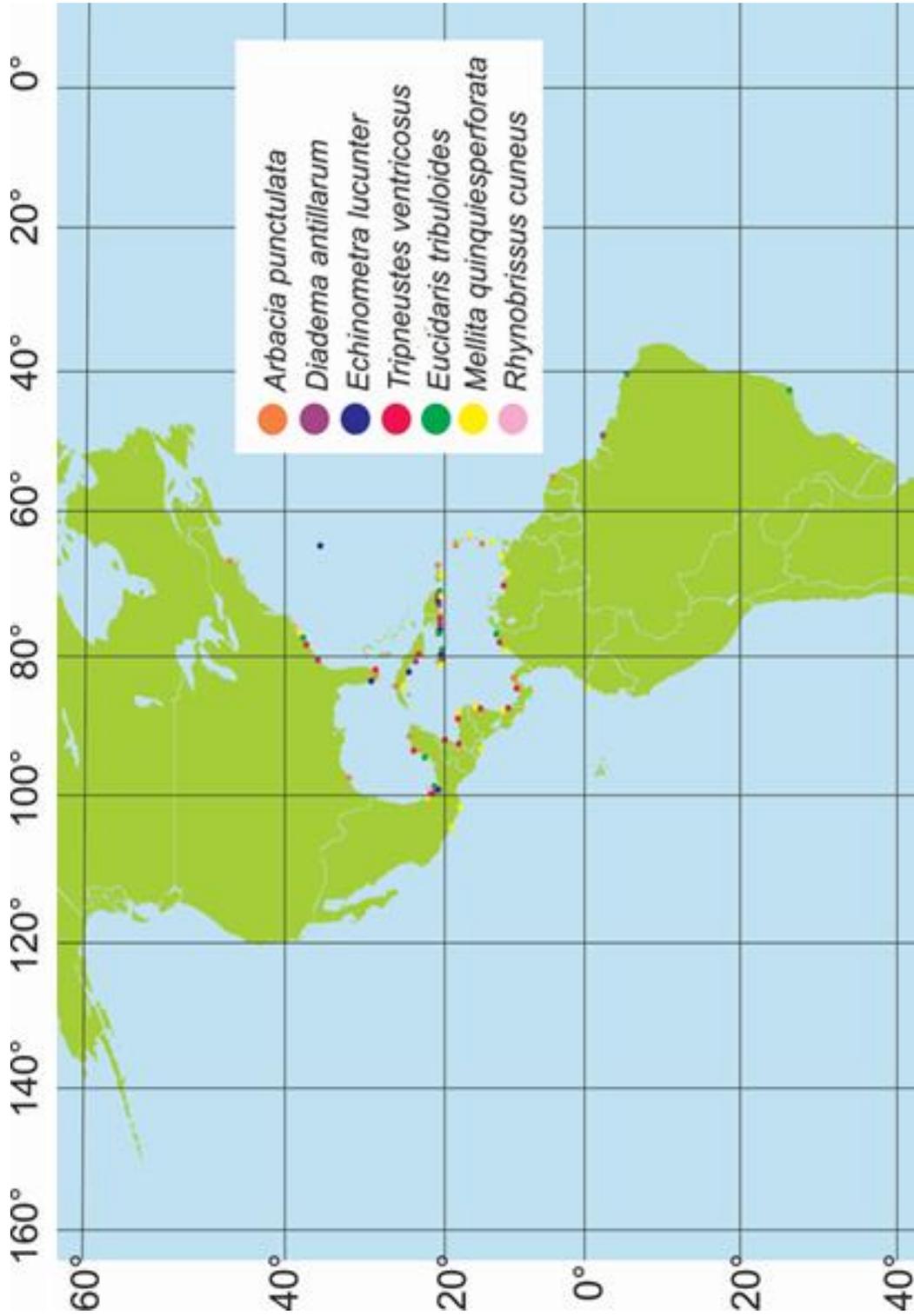
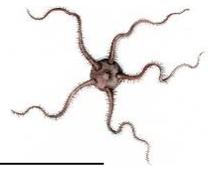
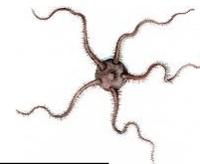


Figura 21. Distribución de las especies de la clase Echinozoa encontradas en Los Tuxtlas, Veracruz, México.





## Clase Holothuroidea

Las especies de la clase Holothuroidea se distribuyen en ambas costas del continente americano, concentrándose entre el Trópico de Cáncer y Ecuador (Fig. 22). El mayor intervalo de distribución lo presentó *Holothuria (semperothuria) surinamensis* que se encontró al norte desde la costa de Florida, Estados Unidos, hasta el sur de Brasil, seguida de la especie *Holothuria (Thymioscycia) arenicola* con una distribución similar. Esta última es la especie que se registró más al norte y más lejos de los litorales, junto con *Pseudothyone belli*. El registro más al sur fue de la especie *Holothuria (semperothuria) surinamensis*. No hubo especies con un intervalo de distribución estrictamente restringido. Sin embargo, hay tres especies cuya distribución se limitó al Golfo de México y Mar Caribe: *Euapta lappa*, *Holothuria (Cystipus) cubana* y *H. (Selenkothuria) glaberrima*. La especie con más registros fue *H. (Selenkothuria) glaberrima* con 22. El menor número de registros lo presentaron *Pseudothyone belli* y *H. (semperothuria) surinamensis* con seis y siete respectivamente (Martínez y Herminson, 1975; Hendler *et al.*, 1995; Pawson *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2010; Oliveira y Christoffersen, 2012; Alvarado y Solís-Marín, 2013; Solís-Marín *et al.*, 2013; Amador, 2017; Prata *et al.*, 2020).



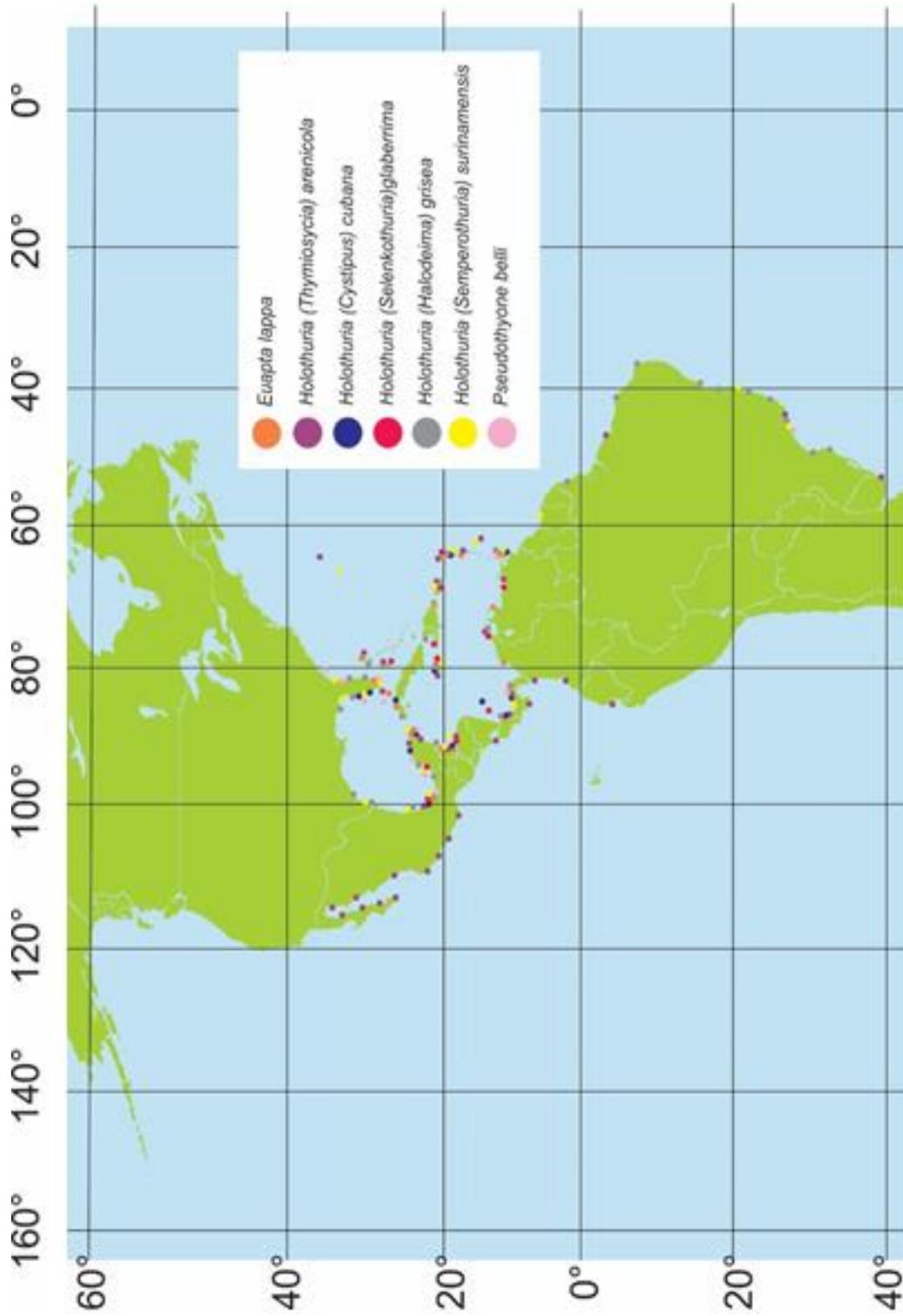
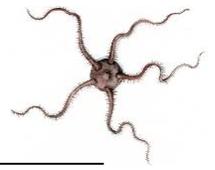
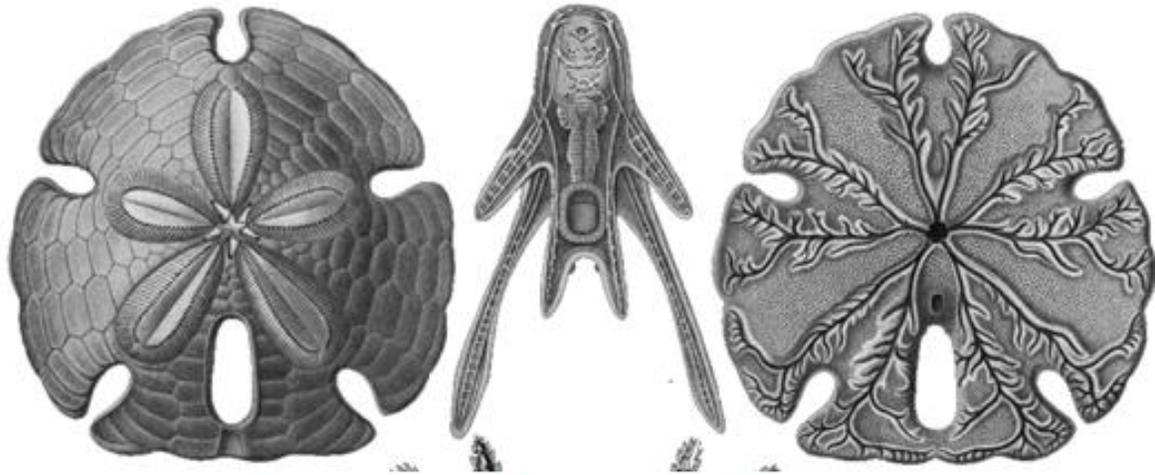
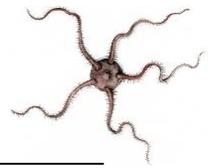
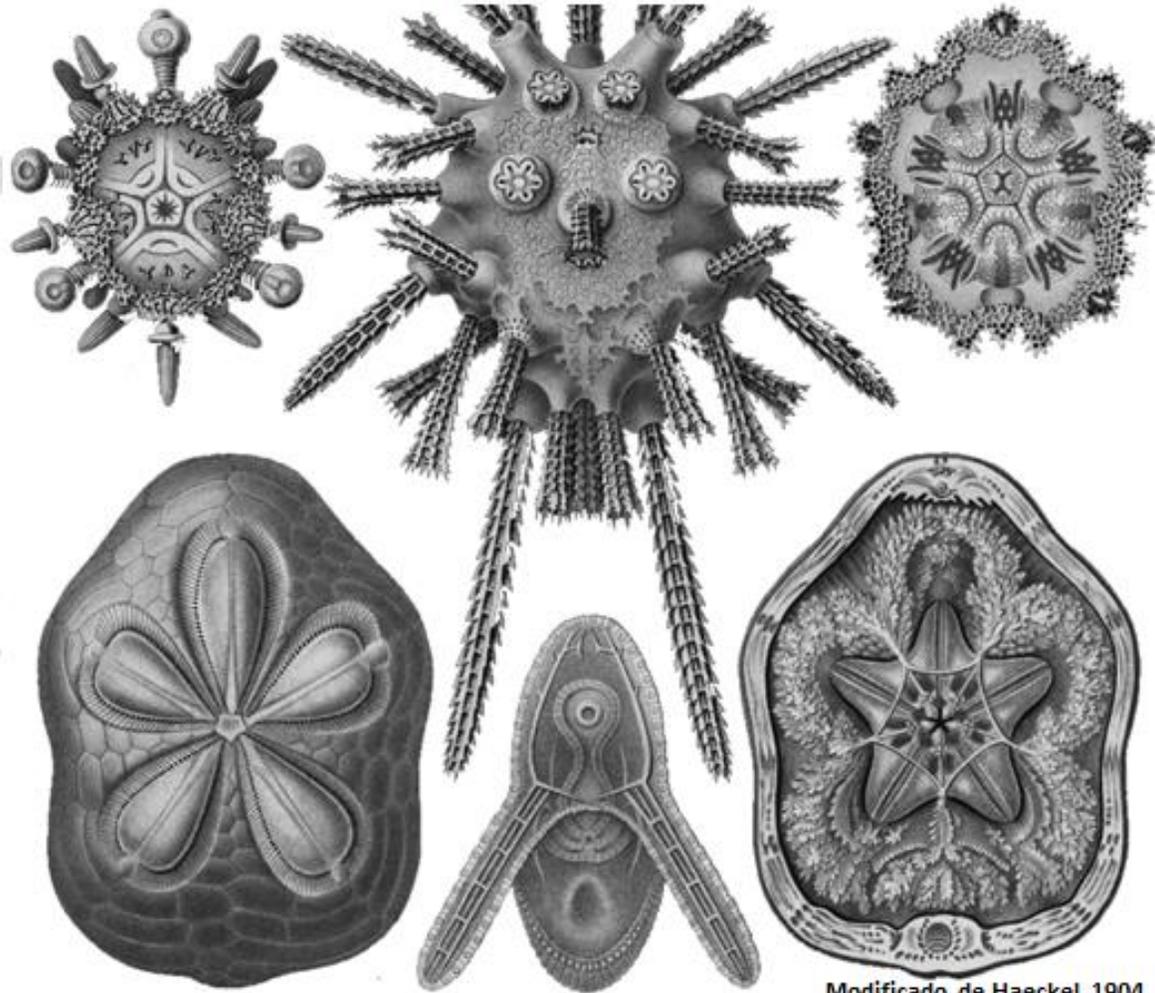


Figura 22. Distribución de las especies de la clase Holothuroidea encontradas en Los Tuxtlas, Veracruz, México.



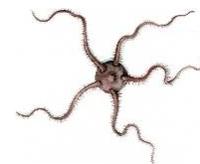


## Descripción cuantitativa



Modificado de Haeckel, 1904





A continuación, se presenta una descripción cuantitativa de los datos obtenidos en campo, de aquellas especies recolectadas en cuatro localidades de los Tuxtlas, las cuales son: playa Balzapote, playa Montepío, playa El Jicacal y el arrecife de coral La Perla del Golfo.

Se obtuvo una N total de 333 equinodermos. El número de organismos recolectados en Balzapote fue de 12 individuos (3.6%), en la playa Montepío se pudieron obtener 19 individuos (5.7%), mientras que en la playa El Jicacal se recolectaron 162 (48.6%) y finalmente en la Perla de Golfo se obtuvo un total de 140 individuos (42%) (Fig. 23A), dando un total de 333 individuos. El número de especies recolectadas por localidad es de dos para Balzapote, ocho para Montepío, tres para El Jicacal y cinco para La Perla del Golfo (Fig. 23B).

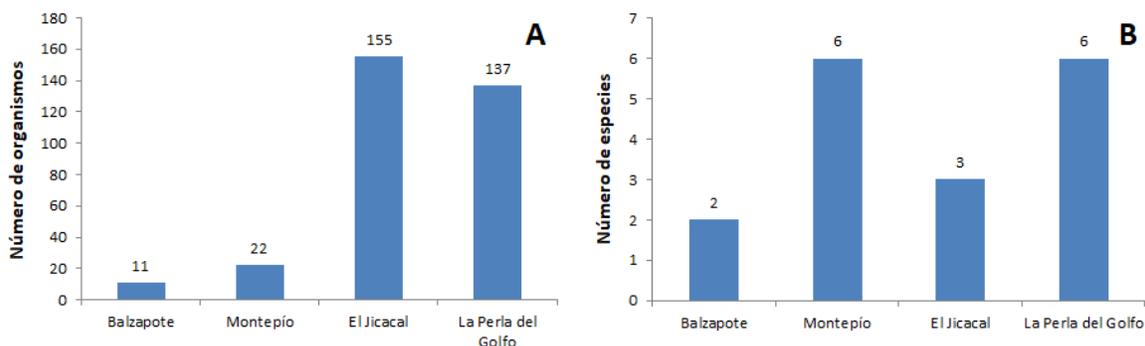
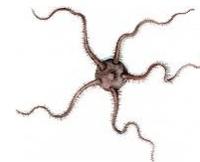


Figura 23. A) Número de organismos colectados en las localidades de Balzapote, Montepío, El Jicacal y La Perla del Golfo y B) número de especies recolectadas en las localidades de Balzapote, Montepío, El Jicacal y La Perla del Golfo en Los Tuxtlas, Veracruz.

El número de especies recolectadas por cada clase fue de dos para asteroidea, cuatro para Ophiuroidea, cuatro para Echinoidea y cuatro para holoturoidea (Fig. 24). En contraste, el número de especies reportadas en la literatura fue de ocho para asteroidea, 10 diez Ophiuroidea, siete para Echinoidea y siete para holoturoidea.





El organismo con mayor abundancia recolectado en Los Tuxtlas, Veracruz fue *Mellita quinquiesperforata* con 158 individuos, el segundo con mayor abundancia fue *Ophiactis savignyi* con 94 individuos y el tercer organismo más abundante fue *Ophiothrix angulata* con 54 individuos. *Holothuria glaberrima* presentó una abundancia de siete organismos. Las especies con tres individuos fueron *Linckia guildingii*, *Echinometra lucunter*, *Rhynobrissus cuneus* y *Holothuria grisea*, las especies con dos individuos fueron *Amphipholis squamata* y *Amphiura stiimpsonii*. Por último, las especies que presentaron un solo individuo fueron *Astropecten duplicatus*, *Tripneustes ventricosus*, *Holothuria arenicola* y *Pseudothyone belli* (Fig. 25).

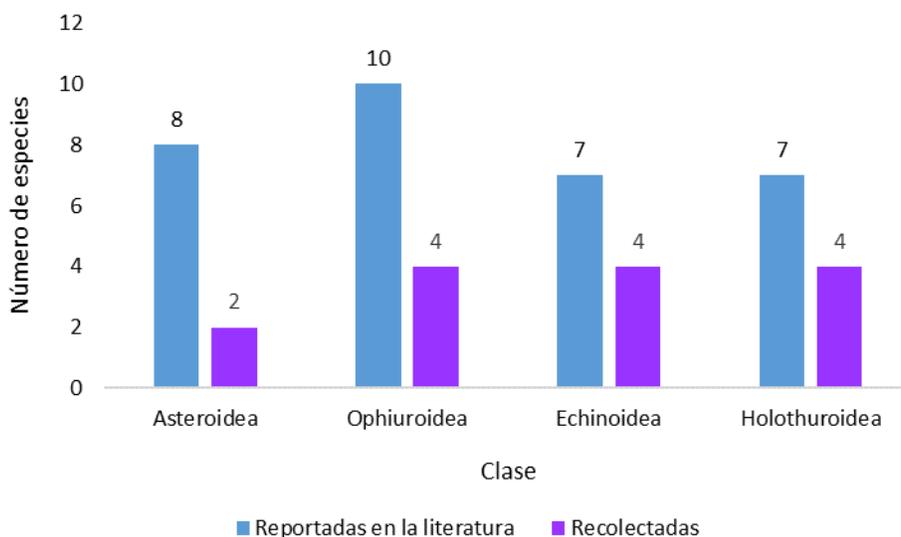


Figura 24. Número de especies por cada clase de equinodermos encontrados en Los Tuxtlas, Veracruz.



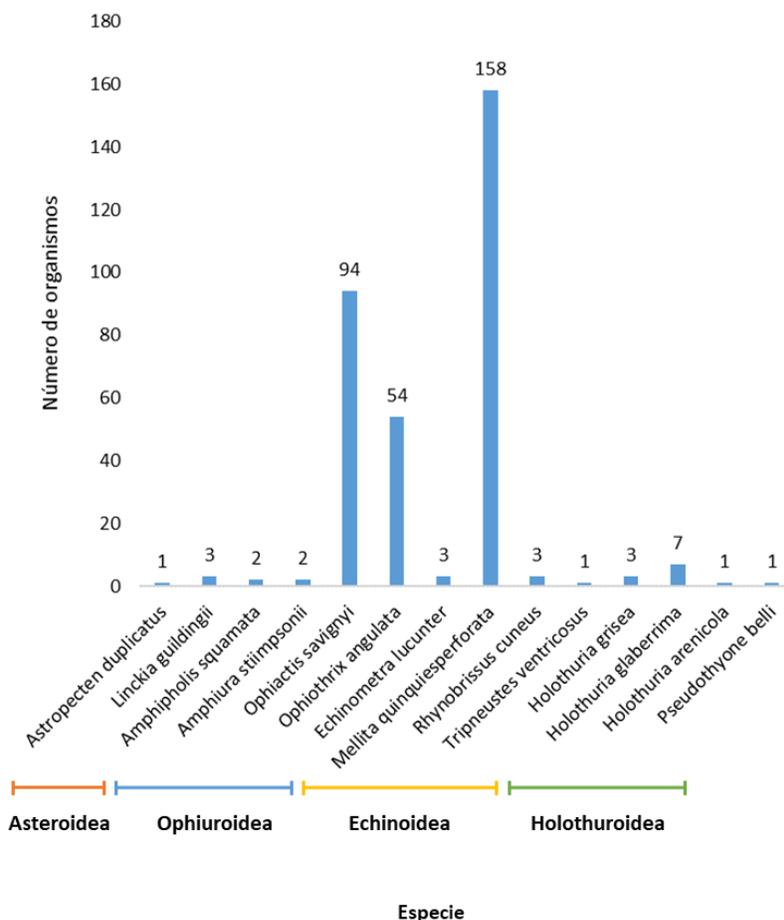
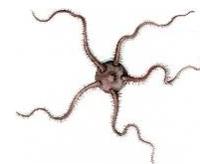
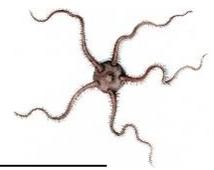


Figura 25. Número de organismos de cada especie colectada en Los Tuxtlas, Veracruz.

En la playa Balzapote, la riqueza de la clase Ophiuroidea fue de una especie y la abundancia de 11 ejemplares, mientras que para la clase Echinoidea tanto la riqueza como la abundancia fueron de uno (Fig. 26A). En la playa Montepío, la riqueza fue de una especie para la clase Ophiuroidea, dos para la clase Echinoidea y tres para la clase Holothuroidea, con una abundancia de cinco, tres y 11 ejemplares, respectivamente (Fig. 26B). En la localidad El Jicacal se recolectó un ejemplar de una especie de la clase Asteroidea, mientras que para la clase Echinoidea se recolectaron 161 ejemplares de una especie (Fig. 26C). Finalmente, en el arrecife La Perla del Golfo, la riqueza de la clase Asteroidea fue de una especie y la abundancia de tres ejemplares. La riqueza de la clase Ophiuroidea fue de cuatro





especies y la abundancia de 136 ejemplares. Por último, tanto la riqueza como la abundancia de la clase Holothuroidea fue de uno (Figs. 26D).

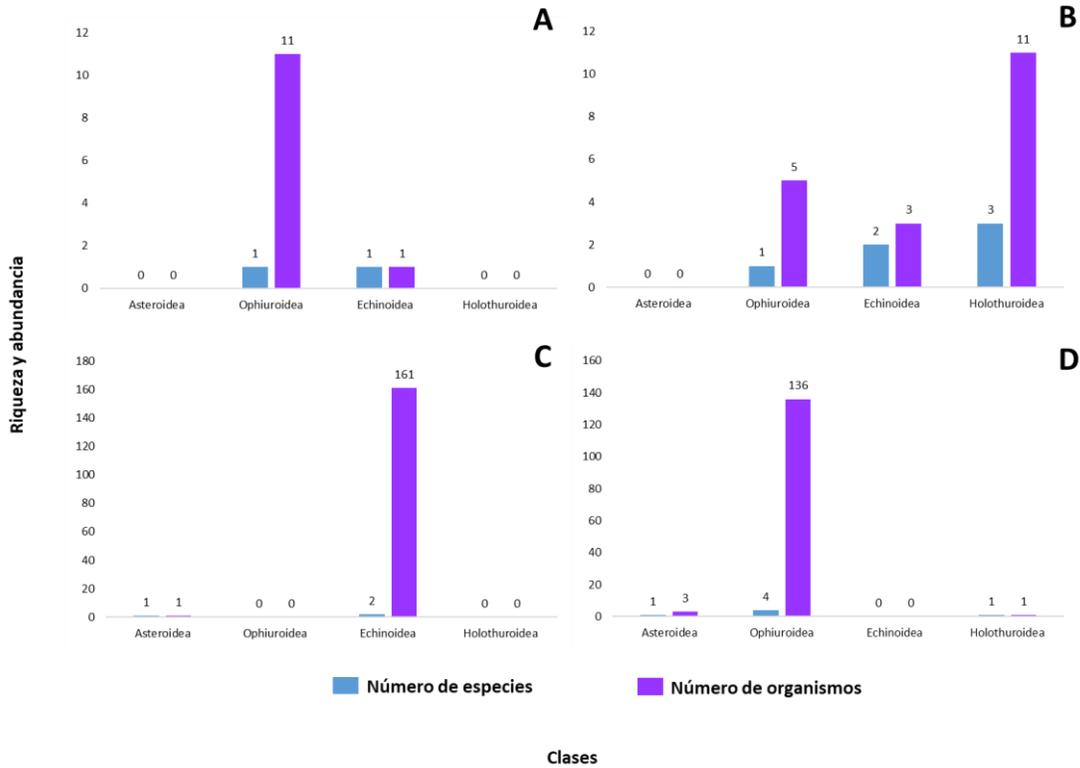


Figura 26. Número de especies y número de organismos de cada clase recolectada en las localidades. A) Balzapote, B) Montepío, C) El Jicacal y D) La Perla del Golfo.

Se encontró un total de cuatro clases 14 órdenes, 23 familias y 24 géneros. La clase Asterozoa presentó un total de tres órdenes, cinco familias y cinco géneros. La clase Ophiurozoa con dos órdenes, ocho familias y nueve géneros. La clase Echinozoa con seis órdenes, siete familias y siete géneros. Finalmente, la clase Holothurozoa con tres órdenes, tres familias y tres géneros (Fig. 27).



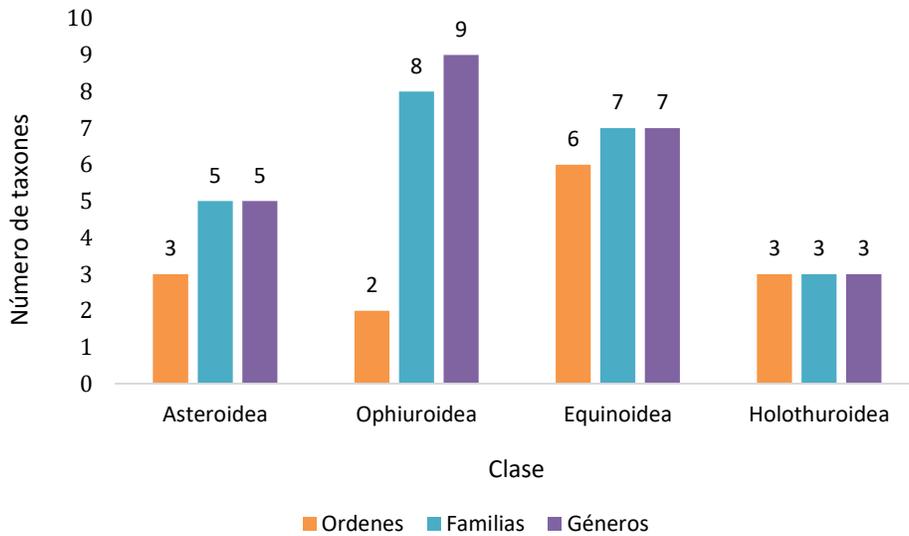
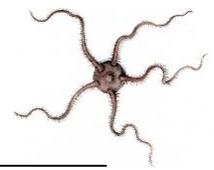


Figura 27. Número de órdenes, familias y géneros para las clases Asterozoa, Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa.

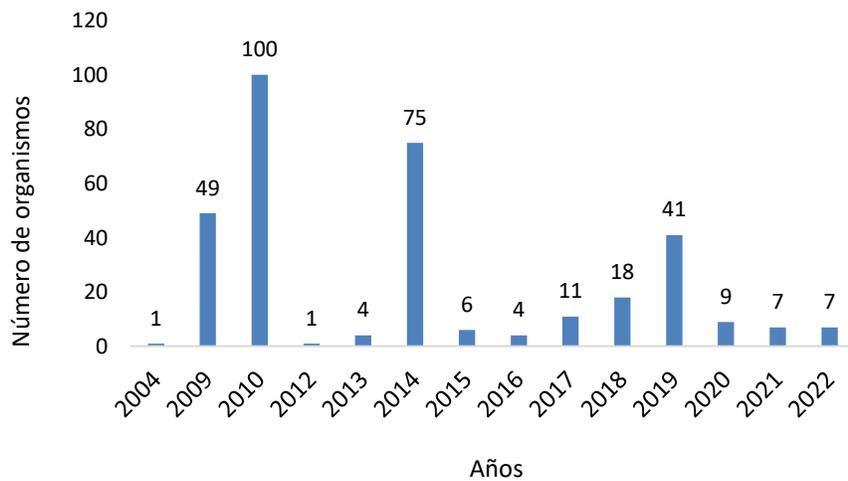
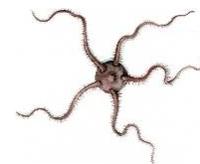


Figura 28. Número de organismos recolectados en 14 años de muestreos, entre los años 2004 a 2022 en Los Tuxtlas, Veracruz.

En un periodo de 18 años, se realizaron 14 recolectas de equinodermos. Se identificó el 2010 como el año de mayor recolecta de organismos con 100 individuos encontrados, seguido del 2014 con 75 individuos recolectados. Los años en los que se encontraron menos





organismos fueron 2013 y 2016 con cuatro organismos y 2004 y 2012 con solamente un organismo recolectado (Figura 28).

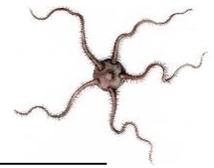
#### Listado de equinodermos registrados en la bibliografía

Según los registros de ocho trabajos realizados desde el 2014 hasta el 2022 en la región de Los Tuxtlas se encontraron 31 especies de equinodermos registradas en la literatura; siete especies de la clase Asteroidea, diez de la clase Ophiuroidea, siete de la clase Echinoidea y siete de la clase Holothuroidea. En la localidad Balzapote se ha registrado una especie, en Montepío 21 especies, en El Jicacal cuatro especies y en La Perla del Golfo se han registrado 11 especies. En el presente trabajo se recolectaron 13 especies de las previamente registradas en la literatura, las cuales fueron *Linckia guildingi*, *Amphipholis squamata*, *Amphiura stimpsonii*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiotrix angulata*, *Echinometra lucunter*, *Tripneustes ventricosus*, *Mellita quinquiesperforata*, *Rhynobrissus cuneus*, *Holothuria (Halodeima) grisea*, *H. (Selenkothuria) glaberrima*, *H. (Thymiosycia) arenícola* y *Pseudothyone belli* (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de equinodermos registrados en la bibliografía para diferentes localidades de Los Tuxtlas, Veracruz.

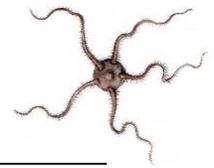
Especie	Balzapote	Montepío	El Jicacal	La Perla del Golfo	Fuentes
<b>Clase Asteroidea</b>					
<i>Astropecten americanus</i>					Esteban-Vázquez, 2018
<i>Astropecten articulatus</i>		x			Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Astropecten cingulatus</i>		x			Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Asterinides folium</i>		x			Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Linckia guildingi</i>		x		x	Vasallo <i>et al.</i> , 2014; López, 2017
<i>Echinaster serpentarius</i>				x	López, 2017 García-Bernal, 2018





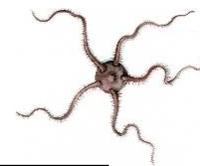
<i>Plinthaster dentatus</i>				Esteban-Vázquez, 2018
<b>Clase Ophiuroidea</b>				
<i>Ophiura fallax</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Ophiolepis impressa</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Ophiocoma echinata</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Ophiocoma paucigranulata</i>			x	López, 2017; García-Bernal, 2018
<i>Ophionereis reticulata</i>		x	x	García-Bernal, 2018; Vasallo <i>et al.</i> , 2014; López, 2017
<i>Ophiactis savignyi</i>		x	x	García-Bernal, 2021; Vasallo <i>et al.</i> , 2014; López, 2017
<i>Ophioderma appressa</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Amphiura stimpsonii</i>			x	López, 2017
<i>Amphipholis squamata</i>			x	López, 2017
<i>Ophiatrix angulata</i>				López, 2017
			x	
<b>Clase Echinoidea</b>				
<i>Eucidaris tribuloides</i>	x	x	x	Escarcega-Quieroga <i>et al.</i> , 2019; García-Bernal, 2018; Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Arbacia punctulata</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Echinometra lucunter</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Tripneustes ventricosus</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Diadema antillarum</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Mellita quinquiesperforata</i>			x	Cabrales, 2017
<i>Rhynobrissus cuneus</i>				Martínez-Melo <i>et al.</i> , 2014
			x	
<b>Clase Holothuroidea</b>				
<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i>		x		Vasallo <i>et al.</i> , 2014





<i>Holothuria (Halodeima) grisea</i>	x	x	x	García-Bernal, 2018; Hernández, 2022
<i>Holothuria (Semperothuria) surinamensis</i>	x			Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Holothuria (Selenkothuria) glaberrima</i>				Hernández-Méndez, 2022
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	x	x		Hernández-Méndez, 2022
<i>Euapta lappa</i>	x			Vasallo <i>et al.</i> , 2014
<i>Pseudothyone belli</i>			x	Hernández-Méndez, 2022





## DISCUSIÓN

Se estima que en las aguas litorales de México habitan 818 especies de equinodermos, las cuales representan el 10% a nivel global. La clase Ophiuroidea cuenta con 240 especies (29.3%), la clase Asteroidea con 229 especies (28%), la clase Holothuroidea con 165 especies (20.2%) y la clase Echinoidea con 153 especies (18.7%), registradas en las costas del Pacífico y Atlántico de México (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2018).

De acuerdo con Durán-González *et al.* (2005), existen 88 especies de asteroideos en el Golfo de México. *Astropecten*, *Cheiraster*, *Echinaster*, *Linckia*, *Luidia* y *Pteraster* son los géneros más comunes. Para la región de Los Tuxtlas, se han encontrado tres de los seis géneros: *Astropecten* (Vasallo *et al.*, 2014; Esteban-Vázquez 2018), *Linckia* (Vasallo *et al.*, 2014; López, 2017) y *Echinaster* (López, 2017; García-Bernal, 2018). En este estudio únicamente se recolectaron especies de los géneros *Astropecten* y *Linckia*, posiblemente la ausencia del tercer género se debe a que es uno de los asteroideos con menor número de registros (Fig. 19), por lo que hay pocas probabilidades de recolectar organismos de este género en un muestreo aleatorio como el de este estudio. El total de asteroideos encontrados en la región de Los Tuxtlas fue de ocho especies, lo cual representa un 9% respecto al total de especies de asteroideos en el Golfo de México.

Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2018) reportaron para el Golfo de México 58 especies de equinoideos, las más comunes son *Arbacia punctulata*, *Astropyga magnifica*, *Encope michelini*, *Eucidaris tribuloides*, *Lytechinus variegatus* *carolinus*. En este estudio no se colectaron ninguna las especies anteriormente mencionadas. La única especie registrada por los autores que también cuenta con registros en Los Tuxtlas es *Eucidaris tribuloides*. El total de equinoideos registrados en la literatura para Los Tuxtlas fue de siete, lo que representa el 12% respecto al total de especies registradas para el Golfo de México. De lo anteriormente mencionado se puede deducir que la composición de especies de la región de Los Tuxtlas difiere del resto Golfo de México.





Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2018) mencionan que existen 108 especies de ofiuroides en el Golfo de México. La especie *Ophiactis savignyi* es la más frecuente, principalmente en el estado de Veracruz. Estos datos son congruentes con los resultados de este estudio ya que el ofiuroideo con mayor abundancia fue *O. savignyi*, y es la segunda especie más abundante de todas las clases. También es la especie que se encontró en más localidades, las cuales fueron Montepío, Balzapote y La Perla del Golfo. De igual manera esto coincide con los estudios realizados por López (2017) donde registra a *O. savignyi* como la especie de ofiuroideo más abundante para una localidad de Los Tuxtlas. El total de especies de estrellas quebradizas registradas para Los Tuxtlas es de 10, representando el 9.2% del total de especies para el Golfo de México.

Los holoturoideos presentan 53 especies en el Golfo de México. Las especies más comunes son *H. (Halodeima) floridana*, *Holothuria (Halodeima) grisea*, *H. (Selenkothuria) glaberrima*, *Isostichopus badionotus* y *H. (Semperothuria) surinamensis* (Durán-González et al., 2005). Para la región de Los Tuxtlas se hay registros de *Holothuria (Halodeima) grisea* (García-Bernal, 2018; Hernández-Méndez, 2022), *H. (Selenkothuria) glaberrima* (Hernández-Méndez, 2022) y *H. (Semperothuria) surinamensis* (Vasallo et al., 2014). En este estudio se recolectaron organismos de las especies *H. (Halodeima) grisea* y *H. (Selenkothuria) glaberrima*. Se encontraron las especies *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* y *Pseudothyone belli*. El total de especies de pepinos de mar registrados para la región es de siete especies, representa el 13.2% del total del Golfo de México.

Veracruz es el tercer estado de México con mayor diversidad de equinodermos (17.5%), solo por detrás de Yucatán con 23.7% y Quintana Roo con 37.6% (Laguarda-Figueras et al., 2009).

De las 264 especies enlistadas para el Caribe Mexicano, la clase Ophiuroidea es la más diversa con 82 especies, le sigue Asteroidea con 67, Echinoidea con 61 y Holothuroidea con 44 (Borrero-Pérez et al., 2012; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2018). Las especies de equinoideos más características del Caribe Mexicano son *Diadema antillarum*, *Encope aberrans*, *Encope michelini*, *Cassidulus caribaeorum*, *Echinomentra lucunter*, *Eucidaris*





*tribuloides*, *Echinometra viridis*, *Tripneustes ventricosus* y *Clypeaster subdepressus* (Durán-González *et al.*, 2005; Solís-Marín *et al.*, 2014a). De las anteriormente mencionadas, para la región de Los Tuxtlas se han reportado las especies *Eucidaris tribuloides*, *Echinomentra lucunter*, *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus* (Vasallo *et al.*, 2014; García-Bernal, 2018). En este estudio, se recolectaron las especies *Echinomentra lucunter* y *Tripneustes ventricosus*.

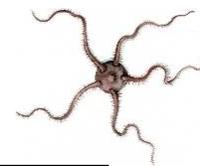
Los ofiuroides en el Caribe Mexicano presentan 82 especies, siendo la segunda región más rica en estos organismos de México. Yucatán es el estado que presenta mayor riqueza con 52 especies. Esta región comparte 51 especies con el Golfo de México (Solís-Marín y Laguarda-Figueras., 2018).

En el Caribe Mexicano se encuentran 33 especies de holoturoideos registradas, las cuales también se encuentran en el Golfo de México. Las especies más comunes son *Euapta lappa*, *H. (Halodeima) grisea*, *Holothuria (Halodeima) floridana*, *H. (Halodeima) mexicana*, *H. (Thymiosycia) impatiens*, *H. (Semperothuria) surinamensis*, *H. (Thymiosycia) thomasi*, *H. (Thymiosycia) arenicola*, *Isostichopus badiionotus* (Laguarda-Figueras *et al.*, 2001). De estas especies, se han reportado para Los Tuxtlas a *H. (H.) grisea*, *H. (Thymiosycia) arenicola*, *H. (Semperothuria) surinamensis* y *Euapta lappa*.

La riqueza de especies en los arrecifes del norte y sur del Golfo de México corresponde a un total de 45 especies. La zona norte presentó mayor riqueza con 40 especies en contraste con el sur donde se registraron 27 especies (González-Gándara *et al.*, 2015).

Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Montepío y el arrecife La Perla del Golfo, con seis especies cada una. Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas con mayor diversidad de los océanos. Se estima que albergan alrededor de un tercio de todas las especies marinas descritas. El tipo de composición de los arrecifes permite que se formen todos los posibles microhábitats para encontrar a las diferentes clases de equinodermos (rocas, algas, arena) (Hernández-Pérez, 2015). A pesar de que solamente se encontraron tres clases de equinodermos en el arrecife La Perla del Golfo (asteroideos,





ofiuroideos y equinoideos) potencialmente se pudo haber encontrado la clase Holothuroidea, puesto que López (2017) y Hernández-Méndez (2022) mencionan la presencia de las especies *Pseudothyone belli* y *Holothuria (Holodeima) grisea*. La diversidad de invertebrados en esta zona es alta debido a la gran cantidad de oquedades formadas en el arrecife, que permiten que se establezcan un mayor número de especies y de comunidades (Hernández-Pérez, 2015).

En la playa Montepío la abundancia fue baja con únicamente 22 individuos. Dicha playa es rocosa y como en el caso de los arrecifes, la presencia de oquedades permite la formación de diversos microhábitats en donde potencialmente se pueden encontrar las cuatro clases de equinodermos (Perera-Valderrama *et al.*, 2020).

La playa El Jicacal es la localidad con mayor abundancia de organismos (162), a pesar de la baja riqueza de especies, debido a la presencia de la galleta de mar *Mellita quinquiesperforata*, la cual es la especie más abundante de este estudio. Esto se atribuye a dos factores, el primero es que las comunidades de esta especie se cuentan en cientos de individuos, y la segunda es que ya se encontraban previamente depositadas en la CNCR un número considerable de ejemplares por estudios poblacionales realizados previamente. Las playas arenosas son las más adecuadas para algunas comunidades de animales macrobentónicos (González, 2019). El Jicacal cuenta con grandes bancos de arena y no se encuentra otra especie que le genere competencia (Cabrales, 2017), por lo que es una localidad ideal para que proliferen las comunidades de galletas de mar.

*Rhynobrisus cuneus* es otra especie de la misma clase, sin embargo, sus registros para esta playa son escasos, pues la competencia con *Mellita quinquiesperforata* es tan alta que sus poblaciones no pueden proliferar. La competencia se da principalmente por sustrato, pero sobre todo por espacio (Cabrales, 2017). En El Jicacal también hay ausencia de otros equinodermos como pepinos de mar y ofiuroideos, debido a que estos establecen sus poblaciones en sustratos rocosos (Solís-Marín *et al.* 2013) (Tabla 4).



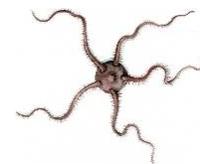


Tabla 4. Número de organismos por especie encontrados en las localidades Balzapote, Montepío, El Jicacal y La Perla del Golfo.

Especie	Balzapote	Montepío	El Jicacal	La Perla
<i>Astropecten duplicatus</i>	-	-	1	-
<i>Linckia guildingii</i>	-	3	-	-
<i>Amphipholis squamata</i>	-	-	-	2
<i>Amphiura stimpsonii</i>	-	-	-	2
<i>Ophiactis savignyi</i>	11	5	-	78
<i>Ophiothrix angulata</i>	-	-	-	54
<i>Echinometra lucunter</i>	1	2	-	-
<i>Mellita quinquesperforata</i>	-	-	158	-
<i>Rhynobrissus cuneus</i>	-	-	3	-
<i>Tripneustes ventricosus</i>	-	1	-	-
<i>Holothuria grisea</i>	-	3	-	-
<i>Holothuria glaberrima</i>	-	7	-	-
<i>Holothuria arenicola</i>	-	1	-	-
<i>Pseudothyone belli</i>	-	-	-	1

La segunda localidad más abundante es La Perla del Golfo con 140 individuos (42%). En el caso de esta localidad, la gran abundancia de equinodermos se debe al grupo de los ofiuroides. De acuerdo con Laguarda-Figueras *et al.* (2009), este grupo es uno de los grupos más abundantes, no solo en las playas y arrecifes, sino en otro tipo de ecosistemas como los cadáveres de ballena, debido a las grandes redes que forman abarcando grandes espacios (Tabla 4).

La localidad menos abundante fue la playa Balzapote con 12 individuos (3.6%). En el presente estudio se realiza el primer registro de la especie de ofiuo *Ophiactis savignyi* y del erizo de mar *Echinometra lucunter* en la localidad de Balzapote. El único muestreo realizado en esta localidad se realizó previo al aislamiento por COVID-19. Para el momento en que se retomaron las prácticas de campo y a la fecha, la localidad de Balzapote se encuentra totalmente cerrada a cualquier tipo de investigación biológica y al turismo debido a la extracción masiva de material basáltico originalmente destinado para la ampliación del puerto de Veracruz y posteriormente utilizado para la construcción del Tren Maya (Ramos *et al.*, 2022), por lo que ya no se pudieron realizar más muestreos en esta localidad. La playa de Balzapote presentaba una gran diversidad de invertebrados (Suárez, 2018). Sin embargo, dadas las circunstancias actuales de la localidad, se desconoce si la biota pueda recuperarse



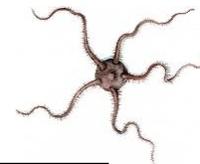


en el futuro. Para que esto suceda, la localidad deberá entrar en un periodo de recuperación, el cual dependerá de la capacidad de resiliencia del ecosistema (Cuevas-Reyes, 2010) (Tabla 4).

De acuerdo con Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2018), los ofiuroides con distribuciones más amplias en aguas someras del Golfo de México y del Caribe Mexicano son: *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma echinata*, *Ophiolepis elegans*, *O. impressa*, *Ophiothrix angulata* y *Ophiactis savignyi*. Estos datos coinciden con los registros de distribución de las especies realizados para el presente trabajo, donde se identificó a *Ophiothrix angulata* como la especie con mayor intervalo de distribución.

Actualmente, se cuenta con pocos estudios enfocados en la región de Los Tuxtlas, aunque dicha región se incluye en estudios más amplios sobre el estado de Veracruz (Solís-Marín *et al.*, 2019), como el realizado por Granados *et al.*, 2019 en el que estudia los corredores arrecifales. También se incluye en las actualizaciones de listados faunísticos para el estado (Simoes *et al.*, 2020). En este estudio se aportan nuevos registros para la región como la estrella de mar *Astropecten duplicatus* para la playa El Jicacal y las especies *Ophiactys savigny* y *Echinometra lucunter* para la playa Balzapote.

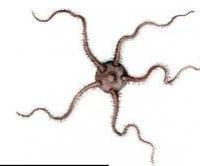




## CONCLUSIONES

- Se registró por primera vez en la región a la estrella de mar *Astropecten duplicatus*.
- Se obtuvo un total de 333 organismos recolectados en las localidades de Balzapote, Montepío, El Jicacal y La Perla del Golfo.
- Se encontró un total de 31 especies de equinodermos reportadas en la literatura para Los Tuxtlas, Veracruz, México, de las clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea.
- La playa arenosa El Jicacal y el arrecife de coral La Perla del Golfo fueron las localidades con mayor abundancia.
- La playa rocosa Montepío y el arrecife de coral La Perla del Golfo fueron las localidades con mayor riqueza.
- El número de especies encontradas por localidad va de un mínimo de dos (Balzapote) y un máximo de seis (Montepío y La Perla del Golfo).
- El número de especies por Clase va de un mínimo de dos (Asteroidea) a un máximo de cuatro (Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea).
- La especie con mayor abundancia fue *Mellita quinquiesperforata* con 158 ejemplares y las menos abundantes fueron *Astropecten duplicatus*, *Tripneustes ventricosus*, *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* y *Pseudothyone belli* con un ejemplar.
- Ninguna de las cuatro localidades muestreadas presentó las cuatro clases de equinodermos.
- Balzapote solo presentó ofiuroides y equinoideos, Montepío presentó ofiuroides equinoideos y holoturoideos, Montepío presentó ofiuroides, equinoideos y holoturoideos, El Jicacal presentó asteroideos y equinoideos y La Perla del Golfo presentó asteroideos, ofiuroides y equinoideos.

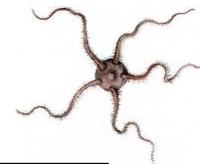




## LITERATURA CITADA

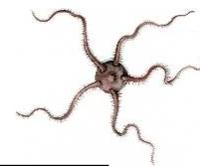
- Abreu-Pérez, M., F. A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figueras. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asterozoa y Ophiurozoa) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Revista Biología Tropical*, 53(Supl 3): 29-52.
- Agassiz, L. 1836. Prodrome d'une Monographie des Radiaires ou Echinodermes. *Mémoires de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel*. 1: 168-199.
- Agassiz, L. 1840. Catalogus systematicus Ectyporum Echinodermatum fossilium Musei Neocomiensis, secundum ordinem zoologicum dispositus; adjectis synonymis recentioribus, nec non stratis et locis in quibus reperiuntur. Sequuntur characteres diagnostici generum novorum vel minus cognitorum. Neuchâtel: Oliv. Petitpierre. p. 20.
- Agassiz, L. 1841. Monographies d'Échinodermes vivans et fossiles. Échinites. Famille des Clypéasteroides. 2 (Seconde Monographie). Des Scutelles. Neuchâtel, Switzerland, i-iv, 1-151, pls 1-27.
- Agassiz, A. 1872. Revision of the Echini. *Memoirs Museum Comparative Zoology*, III (1-4). 744 pp.
- Alitto, R., M., L. Bueno, P. D. B. Guilherme, M. Di Domenico, A. B. Christensen y M. Borges. 2018. Shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiurozoa) from Araçá Bay (Southeastern Brazil), with spatial distribution considerations. *Zootaxa*. 4405 (1): 1-66, DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4405.1.1>
- Alvarado, J. J. 2010. Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. *Marine Biodiversity*. 41(2): 261-285.
- Alvarado, J. J. y F. A. Solís-Marín (Eds.) 2013. Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer, Berlín. 425-437. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20051-9>
- Álvarez L. R. 1981. Listado preliminar de los equinodermos de la costa Atlántica colombiana. *Boletín Museo del Mar*, 10:24-39.
- Amador-Carrillo, S. R. 2017. Taxonomía de los pepinos de mar (Echinodermata: Holothurozoa) de la Península de Yucatán y algunos de la University of Miami Deep Sea Expeditions. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México. 216 pp.
- Báez, P. 2001. Estructura de la biocenosis asociada a raíces sumergidas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la isla Tintipán, archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. Tesis de licenciatura. Universidad Javeriana. Bogotá. 83 pp.
- Bayer, F., G. Voss., y R. Robin. 1970. Bioenvironmental and radiological safety feasibility studies Atlantic-Pacific Interoceanic Canal. Report on the marine fauna and benthic shelf slope communities of the Isthmian Region. University of Miami, Florida. 99 pp.
- Bejarano S., S. Zea., y J.M. Díaz. 2004. Ofiuros (Ophiurozoa: Echinodermata) en ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 33:29-47.





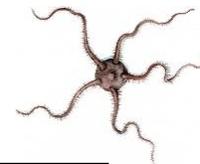
- Benavides-Serrato, M., G.H. Borrero-Pérez., G.R. Navas., y O.D. Solano. 2005. Listado taxonómico de los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de la plataforma y el talud superior del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*. 53(Suppl3):171-194.
- Benavides-Serrato, M. 2006. Taxonomic list of the shallow water echinoderms of Puerto Rico with new information for La Parguera. Tesis de maestría. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 334 pp.
- Blainville, H. M. de. 1830. Zoophytes. Dictionaire des Sciences Naturales, Levrault 60: 1-546.
- Blainville, H. M. D. de. 1834. Manuel d'actinologie ou de zoophytologie. F.G. Levrault. Paris: Strasbourg. 1-2: 1-644, pls. I-C.
- Borrero-Pérez, G.H., O.D. Solano y M. Benavides-Serrato. 2002. Lista revisada de los erizos (Echinodermata: Echinoidea) del mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*. 3(1):141-148.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato., O.D. Solano., y G.R. Navas. 2008. Brittle-stars (Echinodermata: Ophiuroidea) from the continental shelf and upper slope of the Colombian Caribbean. *Revista de Biología Tropical*, 56(Suppl 3):169-204.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato y C.M. Diaz-Sánchez. 2012. Equinodermos del Caribe Colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. *Serie de Publicaciones Especiales de Invemar*. 30: 1-250 pp.
- Brandt, J. F. 1835. Prodomus descriptionis animalium ab H. Mertensio in orbis terrarum circumnavigationes observatorum, Petropoli. 75 pp.
- Bruguière, J. G. 1791. Tableau encyclopédique et méthodique des trois règnes de la nature. Vers, coquilles, mollusques et polypiers. Parte 7 [Entrega 46, 1791]: Tomo 1, pp. [i]-viii, 1-83, pl. 1-95, Paris: Panckoucke. Parte 10 [Entrega 49, 1792]: Tomo 1, pp. 85-132; Tomo 2, pl. 96-189, Paris: Panckoucke. Parte 19 [Entrega 62, 1797], pl. 190-286, Paris: H. Agasse. Panckoucke, Paris, 180pp.
- Brusca, R. C., W. Moore, y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Sinauer Association Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. 1104 pp.
- Burmeister, H. 1837. Handbuch der Naturgeschichte. Zum Gebrauch bei Vorlesungen. Zweite Abtheilung: Zoologie. 858 pp.
- Cabrales, F. A. S. 2017. Estudio poblacional de *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) (Echinodermata: Echinoidea: Mellitidae) en la playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 72 pp.
- Candia, D., I. Wilkie, E. Lucca, F. Andrietti y G. Melone. 1993. The Aristotle's lantern of the sea-urchin *Stylocidaris affinis* (Echinoida, Cidaridae): functional morphology of the musculo-skeletal system. *Zoomorphology*, 113: 173-189.
- Carrera-Rodriguez, C. J. y L.R. Tommasi. 1977. Asteroidea de la plataforma continental de río Grande do Sul (Brasil), coleccionados durante los viajes del N/Oc. "Prof. W. Besnard" para el proyecto río Grande do Sul. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 26: 51-130.





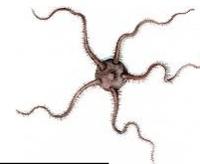
- Caso, M. 1971. Contribución al conocimiento de los Equinoideos de México. Estudio morfológico de *Brissopsis alta* Mortensen, erizo de profundidad. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*. 42: 41-56.
- Caso, M. 1978. Los equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea) de la Laguna de Términos, Campeche. *Publicaciones especiales Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 6-7.
- Caso, M. 1990. Un nuevo asteroideo del Caribe Mexicano *Astropecten caribemexicanensis* sp. nov. y comparación con la especie afín *Astropecten nitidus*. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 17:107-130.
- Cherbonnier, G. 1951. Holothuries de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique* (Deuxième série). 41: 65 pp. 28.
- Cherbonnier, G. 1959. Echinodermes de la Guyane française (Crinoïdes, Asterides, Ophiurides, Holothurides). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*. 2: 367-372.
- Clark, H.L. 1915. Catalog of recent ophiurans: Based on the collection of the Museum of Comparative Zoology. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology of Harvard College*, 25:165-376.
- Clark, H. L. 1941. Reports on the scientific results of the Atlantis expeditions to the West Indies, under the joint auspices of the University of Havana and Harvard University. *Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural*, 15(1): 1-154.
- Clark, H. L. 1946. The echinoderm fauna of Australia. Its composition and its origin. *Carnegie Institution of Washington Publication*, 566: 1-567.
- Clark, A.M, y M.E. Downey. 1992. Starfishes of the Atlantic. Natural History Museum Publications. Chapman y Hall. 794 p.
- Claus, C. F. W. 1880. Grundzüge der Zoologie, Vol. 1, N. G. Elwertsche Universitätsbuchhandlung, Marburg y Leipzig. vii + 821 pp., vol. 2, iv + 522 pp.
- Colin, P. L. 1978. Marine Invertebrates and Plants of the Living Reef. *T.F.H. Publications*. p. 431-434.
- Coll-Hurtado, A. 1970. Aspectos de morfología litoral en México. *Investigaciones Geográficas*, 1(3): 34-38.
- CONABIO. S.f. Los Tuxtlas. México. Recuperado de: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_080.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_080.html)
- CONAGUA, 2020. Actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero sierra de San Andrés Tuxtla, estado de Veracruz. Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas. México. 25 pp.
- CONANP. 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. México. 293 pp.
- Cooke, C. W. 1957. *Rhynobrissus cuneus*, a new echinoid from North Carolina. *Proceedings of the United States National Museum*, 107: 9-12.
- Cortés-Rivera, Y., R. I. Hernández, P. San Martín-del Ángel, E. Zarza-Meza y R. Cuervo-González. 2016. Potencial regenerativo de la estrella de mar *Linckia guildinguii*. *Hidrobiológica* 26(1): 103-108.





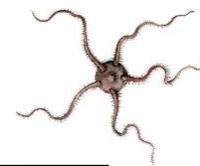
- Cuevas-Reyes, P. 2010. Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas*, 12(1): 1-7.
- Cunha, R., L. Martins, C. Menegola y C. Souto. 2021. Taxonomy of the sea stars (Echinodermata: Asteroidea) from Bahia State, including ontogenetic variation and an illustrated key to the Brazilian species. *Zootaxa*, 4955 (1): 1-78, DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4955.1.1>
- Deichmann, E. 1930. The holothurians of the western part of the Atlantic Ocean. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 71(3):41-226.
- Deichmann E. 1954. The holothurians of the Gulf of Mexico. US Fish and Wildlife Service. *Fishery Bulletin*, 55:381-410.
- Deichmann, E. 1958. The Holothuroidea collected by the Velero III and IV during the years 1932to 1954. Part II Aspidochirotida. *The University of Southern California Publications*. Allan Hancock Pacific Expeditions, 11(2), 253-349.
- Delle Chiaje, S. 1828. Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vertebre del regnodi Napoli. *Napoli: Fratelli Fernandes 1*, and *Società Tipografica 2-4*.
- Devaney, D. M. 1974. Shallow-water echinoderms from British Honduras, with a description of a new species of Ophiocoma (Ophiuroidea). *Bulletin of Marine Science*. 24: 122-164.
- Downey, M. E. 1973. Starfishes from the Caribbean and the Gulf of Mexico. *Smithsonian Contributions to Zoology*. 1-158. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.126>
- Duncan, P. M. 1889. A revision of the genera and great groups of the Echinoidea. *Journal of the Linnean Society, Zoology*, 23 :1-311.
- Durán-González, A., A. Laguarda-Figueras, A. Solís-Marín, B. Buitrón, C. Gust y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista biológica Tropical*, 53(S3): 53-68.
- Escárcega-Quiroga, P. A., A. Granados-Barba, C. González-Gándara, L. Epherra, M. Marín-Hernández y A. Crespi-Abril. 2019. Variación fenotípica del erizo *Eucidaris tribuloides* (Cidaroida: Cidaridae) en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 67(6): 1146-1159.
- Esteban-Vázquez, B. L. 2018. Biodiversidad de estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) del estado de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 378 pp.
- Felder, D.L. y D.K. Camp (Eds.). 2009. Gulf of Mexico: origin, waters, and biota. Volume 1, Biodiversity. Texas A&M University Press. 1393 pp.
- Forbes, E. 1841. A history of british starfish and other animals of the class Echinodermata. John van Voorst, London, 267 pp.
- Forbes, E. 1843. On the radiata of the eastern Mediterranean. *Trans. Linn. Soc. London*, 19:143-153.





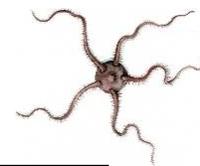
- Gallo, N.J. 1985. Contribución al estudio de los equinodermos del Parque Nacional Natural Tayrona: III Asteroidea. Programa ecosistemas marinos: informes técnicos subproyectos Inderena-Invemar. 40 p.
- Gallo, N.J. 1988. Contribución al conocimiento de los equinodermos del Parque Nacional Natural Tayrona: II Ophiuroidea. Trianea (*Act. Cient. Tecn. Inderena*). Inderena, 2: 383-402.
- Gárces, N., y C. Romero. 2003. Caracterización estructural de la comunidad de ofiruos (Echinodermata: Ophiuroidea) presente en la zona norte de la bahía de Gaira (Caribe Colombiano), asociada al mesolitoral rocoso. Tesis de licenciatura. Universidad de Bogotá, Bogotá. 156 pp.
- García de Miranda, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- García, M., J. Rosas, I. Hernández, A. Velázquez, T. Cabrera, y C. Manciro. 2005. Supervivencia y crecimiento larval de *Arbacia punctulata* (Echinodermata: Echinoidea) alimentada con cinco microalgas a dos salinidades *Revista de Biología Tropical*, 53: 329-336.
- García-Bernal, A. 2018. Comparación de la diversidad y complejidad estructural de dos arrecifes de coral: La Perla del Golfo, Veracruz y Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 91 pp.
- García-Bernal, A. 2021. El uso de ARMS (Autonomous Reef Monitoring Structures) como herramienta para el estudio del reclutamiento en invertebrados crípticos en la Perla del Golfo, Veracruz. Tesis de maestría. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 93 pp.
- Gondim, A. I., C. Alonso, T. L. P. Dias, C.L.C Manso y M. L. Christoffersen. 2013. A taxonomic guide to the brittlestars (Echinodermata, Ophiuroidea) from the State of Paraíba continental shelf, Northeastern Brazil. *ZooKeys*, 307: 45-96, DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.307.4673>.
- Gondim, A. I., M. L. Christoffersen, T. L. Pereira Dias. 2014. Taxonomic guide and historical review of starfishes in northeastern Brazil (Echinodermata, Asteroidea). *ZooKeys*, 449: 1-56, DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.449.6813>,
- Gondim, A. I., R. B. De Moura, M. L. Christoffersen, T. L. Pereira-Dias. 2018. Taxonomic guide and historical review of echinoids (Echinodermata: Echinoidea) from northeastern Brazil. *Zootaxa*, 4529(1): 1-72, DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4529.1.1>
- González-Bedolla, J. 2019. Revisión taxonómica de isópodos (Crustacea: Peracarida) en las playas de Montepío y Balzapote, así como del Arrecife la Perla del Golfo, región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. 150 pp.
- González D., O. D. Solano y G. R. Navas 2002. Equinodermos recolectados por la Expedición CIOH-INVEMAR-SMITHSONIAN entre Cartagena y el Golfo de Urabá (29-380 m). Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 31: 85-132.





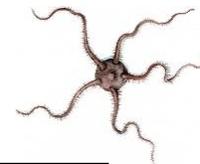
- González-Gándara, C., F. A. Solís-Marín, V. de la Cruz-Francisco, A. Granados-Barba, J. J. Salas-Pérez, J. Argüelles-Jiménez y P. A. Escárcega-Quiroga. 2015. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 63(Suppl. 2):183-193.
- Google Earth, 2021. Maxar Technologies. TerraMetrica, CNES/ Airbus. Data SO, NOAA, U.S. Navy. NGA, GEBCO, INEGI.
- Granados-Barba, A., L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara y D. Salas-Monreal (eds.), 2019. Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 376 pp.
- Granja-Fernández, M. y R. López-Pérez. 2011. Nuevos registros de ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) para localidades de Zihuatanejo (Guerrero) y Puerto Escondido (Oaxaca), Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4): 1320-1323.
- Granja-Fernández, R., M. D. Herrero-Pérezrul, A. López-Pérez, A. Hernández-Morales y P. D. Rangel-Solís. 2015. A literature review of the Ophiuroidea (Echinodermata) from the Pacific coast of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 63(2): 37-47.
- Gray, J.E. 1825. An attempt to divide the Echinida, or Sea Eggs, into natural families. *Annals of Philosophy, new series*. 10: 423-431.
- Gray, J. E. 1835. On the genera distinguishable in Echinus Lamarck. *Proceedings of the Zoological Society*, 3: 57 – 59.
- Gray, J. E. 1840. A synopsis of the genera and species of the Class Hypostoma (AsteriasLin.). *Annals and Magazine of Natural History*. Ser. 1, 6:175-184; 275-290.
- Gray, J.E. 1855. An arrangement of the families of Echinida, with descriptions of some new genera and species. *Proceedings of the Zoological Society of London, 1855*: 35-39.
- Gregory, J. W. 1900. The Echinoidea. In A Treatise on Zoology. Part III. The Echinodermata. Lankester, E. R. (Ed.) London: A. y C. Black. 282-332.
- Grube, A.E. 1840. Actinien, Echinodermen und Würmer des Adriatischen- und Mittelmeers nach eigenen Sammlungen beschrieben. Königsberg: J.H. Bon. 92 pp.
- Haacke, W. 1880. Holothurien. En: Beitrage zur Meeresfauna der Inseln Mauritsius und der Seychellen bearbeit von K. Moebius, F. Richters und von Mertens nach Sammlungen angelegt auf einer reise nach Mauritsius von Moebius.
- Haeckel, E. 1904. Kunstformen der Natur. Leipzig und Wien. Verlag des Bibliographischen Instituts.
- Halpern, J.A. 1968. Biological Investigations of the deep sea. A new western Atlantic Dipsacaster (Echinodermata: Asteroidea) with the distribution of known species. *Proceedings of The Biological Society of Washington*, 81: 231-240.
- Halpern, J.A. 1970. Biological investigations of the deepsea. Goniasteridae (Echinodermata: Asteroidea) of the Straits of Florida. *Bulletin of Marine Science*, 20: 193-286.





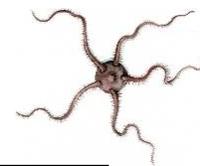
- Halpern, J.A. 1972. Pseudarchasterinae (Echinodermata: Asteroidea) of the Atlantic. *Proceedings of The Biological Society of Washington*, 85: 359-384.
- Hendler, G. 1995. Echinodermata collected at Rocas Alijos. *En: Rocas Alijos. Scientific results from the Cordell Expeditions*, W. Schmieder (ed.). Monographic Biological, Lower. 319-338.
- Hendler, G., Miller, J., Pawson, D. y Kier, P. 1995. Sea star, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press.
- Hernández-Álvarez, C. y F. Álvarez. 2007. Changes in the crustacean community of a tropical rocky intertidal shore: is there a pattern? *Hidrobiológica*, 17:25-34.
- Hernández-Álvarez, C. 2009. Estructura de la comunidad carcinológica y reclutamiento en sustrato duro, en Veracruz, México. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 130 pp.
- Hernández-Herrejón, L.A., F.A. Solís-Marín., y A. Laguarda-Figueras. 2008. Ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 56 (Suppl. 3): 83-167.
- Hernández, C., F. Álvarez y J. L. Villalobos. 2010. Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 141- 151.
- Hernández-Pérez, J. R. 2015. Estudio faunístico de los moluscos del arrecife “La Perla del Golfo”, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 89 pp.
- Hernández-Méndez, M. A. 2022. Los holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 110 pp.
- Hickman C.P., Roberts R. y Parson A. 2001. Integrated Principles of Zoology. 11ra ed. Mcgraw-Hill college St. Augustine, Florida. USA. 899 pp.
- Howell, K., D. Billett., y P. Tyler. 2002. Depth-related distribution and abundance of seastars (Echinodermata: Asteroidea) in the Porcupine Seabight and Porcupine Abyssal Plain, N.E. Atlantic. *DeepSea Research*, 49: 1901-1920.
- International Standard ISO 3166-1, Codes for the representation of names of countries and their subdivisions Part 1: Country codes. Disponible en: [http://www.iso.org/iso/home/standards/country\\_codes.htm](http://www.iso.org/iso/home/standards/country_codes.htm).
- Jackson, R. T. 1912. Phylogeny of the Echini with a revision of Palaeozoic species. *Memoirs of the Boston Society of Natural History*, 7: 1-491.
- Kier, P.M. 1975. The echinoids of Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 206: 1-20.
- Kroh, A. 2011. *Centrostephanus rubricingulus* H.L. Clark, 1921. *En: Kroh, A. y Mooi, R. 2010. World Echinoidea Database*. Accedido a través de: Kroh, A. y Mooi, R. 2010. World Echinoidea Database at <http://www.marinespecies.org/echinoidea/aphia.php?p=taxdetails&id=513167> on 2012-06-04.





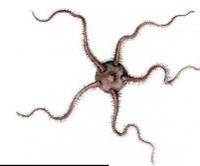
- Lalana, R., M. Ortiz., C. Varela., y N. Tariche. 2004. Compilación sobre los invertebrados colectados en las expediciones del "Atlantis" en el archipiélago cubano. *Revista Investigaciones Marinas*, 25(1): 3-14.
- Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Durán-Gonzalez, A., Pliego, P.H. & García, R.V. 2001. Holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 14: 7-46.
- Laguarda-Figueras, A., A. I. Gutiérrez-Castro, F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, y J. Torres-Vega. 2005. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 53(3): 69-108.
- Laguarda-Figueras, A., L.A. Hernández-Herrejon., F.A. Solís-Marín., y A. Durán-González. 2009. Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. Conabio. 248 pp.
- Lamarck, J. B. 1801. Système des animaux sans vertèbres, ou tableau général des classes, des ordres et des genres de ces animaux; Présentant leurs caractères essentiels et leur distribution, d'après la considération de leurs rapports naturels et de leur organisation, et suivant l'arrangement établi dans les galeries du Muséum d'Histoire Naturelle, parmi leurs dépouilles conservées; Précédé du discours d'ouverture du Cours de Zoologie, donné dans le Muséum National d'Histoire Naturelle l'an 8 de la République. Paris: viii + 432 pp.
- Lamarck, J.-B. M. de. 1816a. Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, Tome troisième. En: Histoire naturelle des animaux sans vertèbres présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux, leur distribution, leurs classes, leurs familles, leurs genres, et la citation des principales espèces qui s'y rapportent. 586 pp.
- Lamarck, J.-B. de. 1816b. Ordre Second. Radiaires Échinodermes. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. 2: 522-568.
- Lara-Domínguez, A. L., J. López-Portillo., A. Ávila-Ángeles, y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar Tuxpan, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. México.
- Leske, N. G. 1778. Jacobi Theodori Klein naturalis dispositio echinodermatum, edita et descriptionibus novisque inventis et synonymis auctorem aucta. Addimenta ad IT Klein naturalem dispositionem Echinodermatum. GE Beer, Leipzig, xxii+278 pp.
- Linnaeus, C. 1758. Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Laurentius Salvius: Holmiae. 1: 824 pp.
- Linnaeus, C. 1767. Systema naturae per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Ed. 12. 1., Regnum Animale. 1 y 2. Holmiae (Stockholm), Laurentii Salvii. pp. 1-532 (1766) pp. 533-1327 (1767).





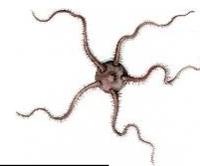
- Ljungman, A. 1867. Ophiuroidea vivencia huc usque cognita enumerat. *Öfversigt af Kgl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*. 23(9): 303-336.
- Ljungman, A. V. 1866. Om några nya arter af Ophiurider. *Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*. 23(6): 163-166.
- López, C. 2017. Diversidad del Phylum Echinodermata en el arrecife de coral “Perla del Golfo”, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 74 pp.
- Ludwig, H. L. 1875. Beiträge zur Kenntniss der Holothurien. Arbeiten aus dem zoolog. Zootom. Institut in Würzburg, 2(2), 77-120
- Ludwig, H. 1886. Die von G. Chierchia auf der Fahrt der Kgl. Ital. Corvette “Vettor Pisani” gesammelten Holothurien. Zoologische Jahrbücher. *Zeitschrift für Systematik, Geographie und Biologie der Thiere*. 2(I), 1-36, pls. I-II.
- Ludwig, H. 1891. Ankyroderma musculus (Risso), eine Molpadiide des Mittelmeeres, nebst Bemerkungen zur Phylogenie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. 51(4): 569-612.
- Lütken, C. F. 1856. Bidrag til kundskab om Slangestjernerne. II. Oversigt over de vestindiske Ophiurer. *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening i Kjøbenhavn*. 7: 1-19.
- Lütken, C. 1859. Bidrag til Kundskab om de ved Kysterne af Mellem-og Syd-Amerika levende arter af Söstjerner. *Videnskabelige Meddelelser*: 25-96.
- Madsen, F.J. 1950. The echinoderms collected by the Atlantide-Expedition 1945-46. I. Asteroidea. *Atlantide Reports*, 1: 167-222.
- Mah C. L. y D.B. Blake. 2012. Global Diversity and Phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). *PLoS ONE* 7(4): e35644. DOI:10.1371/journal.pone.0035644
- Mah, C.L. 2022. World Asteroidea Database. *Astropecten americanus* (Verrill, 1880). Disponible en: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=158490>
- Martínez, A. y Herminson, A. 1975. Contribución al conocimiento de los holoturoideos (Holothuroidea: Echinodermata) de la región oriental de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. 14(2): 187-197.
- Martínez-Melo, A., F. A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figueras. 2014. New record of the irregular sea urchin *Rhynobrissus cuneus* (Echinoidea: Brissidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 617-620.
- Matsumoto, H. 1915. A new classification of the Ophiuroidea: with description of new genera and species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 68: 43-92.
- Menéndez, J. 2006. Los Equinoideos. Los erizos de mar. Asturnatura. Recuperado de: [https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/equinodermos/erizos\\_comunidad](https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/equinodermos/erizos_comunidad)





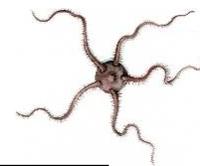
- Miller J.S. 1821. A natural history of the Crinoidea or lily-shaped animals, with observations on the genera *Asteria*, *Euryale*, *Comatula*, and *Marsupites*. C. Frost. Bristol. 150 pp.
- Miller, A., Kerr, A., Paulay, G., Reich, M., Wilson, N., Carvajal, J. y Rouse, G. 2017. Molecular Phylogeny of Extant Holothuroidea (Echinodermata). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 111: 110-131.
- Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J., Escobar-Briones, E., Cruz-Motta, J. J., Weil, E., Cortés, J., Bastidas, A. C., Robertson, R., Zapata, F., Martín, A., Castillo, J., Kazandjian, A. y Ortiz, M. 2010. Marine Biodiversity in the Caribbean: Regional Estimates and Distribution Patterns. *PLoS ONE*. 5(8): e11916.
- Mongiardino-Koch, N., Coppard, S. E., Lessios, H. A., Briggs, D. E. G., Mooi, R. y Rouse, G. W. 2018. A phylogenomic resolution of the sea urchin tree of life. *BMC Evolutionary Biology*. 18(1).
- Moore J.J. 2006. *An introduction to the invertebrates*. 2da ed. Cambridge university Press. Cambridge. 340 pp.
- Mortensen, T.H. 1943. A monograph of the Echinoidea. Camarodonta. I. Orthopsidae, Glyphocyphidae, Temnopleuridae and Toxopneustidae. Vol III.2. C. A. Reitzel, Copenhagen. 553 pp.
- Müller, J. 1850. Anatomische Studien über die Echinodermen. *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*. 129-155.
- Müller, J y F. H. Troschel. 1840. Ueber die Gattungen der Asterien. *Archiv für Naturgeschichte*, 10: 178-185.
- Müller, J. y F. H. Troschel. 1842. System der Asteriden. Mit *Swölf Kupfertafeln*, 134 pp.
- Mutschke, E. y Mah, C. 2009. Clase Asteroidea. Phylum Echinodermata. En: Häussermann, V. y Försterra, G (Ed.), *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia*, 802-830 pp.
- Murphy, N., M. Fischer y T. Skewes. 2019. Torres Strait Bêche-de-mer (Sea cucumber) species ID guide. CSIRO Oceans and Atmosphere, Brisbane, Australia.
- Nardo, J. D. 1834. De Asteriis. *Isis*, Jena. *Encyclopaedische Zeitung*. 716-717 pp.
- O'Hara, T. D., Hugall, A. F., Thuy, B., Stöhr, S., Martynov, A. V. 2017. Restructuring higher taxonomy using broad-scale phylogenomics: The living Ophiuroidea. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 107: 415-430.
- Oliveira, J.P., y M.L. Christoffersen. 2012. *Holothuria (Semperothuria) surinamensis* Ludwig, 1875 (Echinodermata: Holothuroidea): Record of the species for the northeast coast of Brazil. *Check List* 8(4): 768-770.
- Östergren, H. 1898. Das System der Synaptiden. *Öfversigt af Kongelige Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*. 55: 111-120.
- Panning, A. 1949. Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothuroidea, Dendrochirotida). *Zool. Jb., Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*. 78 (4): 404-470.
- Paterson, G.L.J. 1985. The deep-sea Ophiuroidea of the North Atlantic Ocean. *Bulletin of the British Museum Natural History*, 49(1): 1-160.





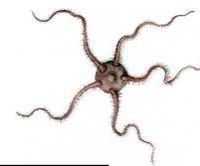
- Pawson, D. L. y Caycedo, I. 1980. *Holothuria (Thymiosycia) thomasi* new species, a large Caribbean coral reef inhabiting sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science*, 30(2): 454-459.
- Pawson, D. L. 2007. Phylum Echinodermata. *Zootaxa*, 1668: 749-764.
- Pawson, D. L., Vance, D. J., Messing, C. G., Solís-Marin, F. A. y Mah, C. L. 2009. Echinodermata of the Gulf of Mexico. En: Felder, D. L. y Camp, D. K. (eds.) Gulf of Mexico, Origin, Waters, and Biota. 1. Biodiversity. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies Series. *Texas A&M University Press*, 1: 1177-1204.
- Pawson D, D. Pawson y R King. 2010. A taxonomic guide to the Echinodermata of the South Atlantic Bight, USA: 1. Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). *Zootaxa*, 2449: 1-48.
- Pearson, J. 1914. Proposed reclassification of the genera Mülleria and Holothuria. *Spolia Zeylanica*, 9(35), 163-172.
- Perera-Valderrama, S., H. Caballero, E. Santamaría-Del-Angel, L. Alvarez-Filip, S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L. Rosique-de la Cruz y R. Ressler. 2020. Arrecifes coralinos. En: Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe Mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 31-81pp.
- Pérez, A. F., D. Gaspar, y T. Rubilar. 2014. Echinodermata. En: Los Invertebrados marinos, J. Calcagno (ed.). Fundación de Historia Natural, Buenos Aires, Argentina. 295-316 pp.
- Perrier, E. 1884. Mémoire sur les étoiles de mer recueillies dans la mer des Antilles et le golfe du Mexique: durant les expéditions de dragage faites sous la direction de M. Alexandre Agassiz. Archives (Muséum national d'histoire naturelle. France. 2 sér., 6: 127-276.
- Philippi, R. A. 1845. Beschreibung einiger neuer Echinodermen nebst kritischen Bemerkungen über einige weniger bekannte Arten. *Archiv für Naturgeschichte*, 11, 344-359.
- Pomel, A. 1883. Classification méthodique et Genera des Échinides vivantes et fossiles. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias de París. Francia. 131 pp.
- Pomory, C. 2007. Key to common shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science*, 10: 1-42.
- Prata, J., Manso, C. L. C., y Christoffersen, M. L. 2014. Aspidochirotida (Echinodermata: Holothuroidea) from the northeast coast of Brazil. *Zootaxa*, 3889: 127-150.
- Prata, J., Manso, C. L. C., y Christoffersen, M. L. 2020. Dendrochirotida (Echinodermata: Holothuroidea) from the northeastern coast of Brazil. *Zootaxa*, 4755: 401-453.
- Rahman, M. A., M. H. R. Molla, F. O. Megwalu, O.E. Asare, A. Tchoundi, M. M. Shaikh y B. Jahan. 2018. The Sea Stars (Echinodermata: Asteroidea): Their Biology, Ecology, Evolution and Utilization. *SF Journal of Biotechnology and Biomedical Engineering*, 1(2): 1007.
- Ramos, C., M. Beltrán y P. Martínez. 2022. Sin permisos vigentes, la extracción de roca para las obras del Tren Maya acaba con el cerro de Balzapote. Animal Político. Disponible en: <https://animalpolitico.com/sociedad/sin-permisos-vigentes-extraccion-roca-acaba-cerro-balzapote>





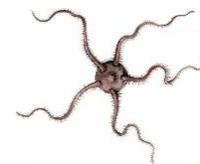
- Reyes J.O., N. Santodomingo., A. Gracia., G.H. Borrero-Pérez., G.R. Navas., L.M. Mejía-Ladino., A. Bermúdez, y M. Benavides. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities off Colombia, 309-330 pp. En: Freiwald A. y J.M. Roberts, Cold-water Corals and Ecosystems, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1267 pp.
- Rogel, M., J. Palleiro, E. Ortiz, D. Montero, I. Ortega-Salgado y J. Ulloa. 2013. La pesquería y el manejo del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* en la costa occidental de Baja California. En: Recursos bentónicos de Baja California: Erizo y pepino de mar. INAPESCA. 33 pp.
- Say, T. 1825. On the species of the linnean genus *Asterias* inhabiting the coast of the United States. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 5(1): 151-154.
- Selenka, E. 1867. Beiträge zur Anatomie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 17: 291-374.
- Semper, C. 1867-1868. Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Wissenschaftliche Resultate. Ester Band. Holothurien. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. 177 pp.
- Serafy, D.K. 1970. A new species of *Clypeaster* from the Gulf and Caribbean and a key to the species in the Tropical Northwestern Atlantic (Echinodermata: Echinoidea). *Bulletin of Marine Science*, 20: 662-677.
- Serafy, D. K. 1979. Memoirs of the Hourglass Cruises. V (III): Echinoids (Echinodermata: Echinoidea). St. Petersburg, Florida: Florida Department of Natural Resources. 120 pp.
- Serafy, D.K. y F.J. Fell. 1985. Marine flora and fauna of the Northeastern United States. Echinodermata: Echinoidea. *NOAA Technical Report National Marine Fisheries Service*, 33: 1-27.
- Simoës, N. y D. Ugalde. 2020. Actualización del conocimiento de la diversidad de especies de invertebrados marinos bentónicos de aguas someras (<50m) del Sur del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Unidad Sisal-Yucatán. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. NE018. Ciudad de México.
- Sladen, W. P. 1883. The Asteroidea of H. M. S. Challenger Expedition. (Preliminary notices). 2. Astropectinidae. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology* 17: 214-269.
- Solís-Marín, F.A., A. Laguarda-Figueras., y M.A. Gordillo-Hernández. 2007. Estudio Taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 73-100 pp. En: A. Granados-Barba, L. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (Eds.). Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- Solís-Marín, F. A., J. A. Arriaga-Ochoa, A. Laguarda-Figueras, S. C. Frontana-Uribe y A. Durán-González. 2009. Holoturoideos del Golfo de California. CONABIO-UNAM, Ciudad de México. 165 pp.
- Solís-Marín F. A., M. B. I. Honey-Escandón, M. D. Herrero-Pérezrul, F. Benítez-Villalobos, J. P. Díaz-Martínez, B. E. Buitrón-Sánchez, J. S. Palleiro-Nayar y A. Durán-González. 2013. The echinoderms of Mexico: biodiversity, distribution and current state of knowledge. En Echinoderm research and diversity in Latin America, J. J. Alvarado-Barrientos y F. A. Solis-Marin (Eds.). Springer-Verlag, Berlin. 11-65 pp.





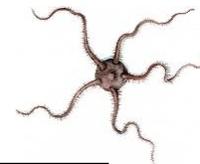
- Solís-Marín, F., A. Laguarda-Figueras y M. Honey-Escandón. 2014a. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S441-S449.
- Solís-Marín, F., A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, A. R. Vázquez-Bader y A. Gracia. 2014b. Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano. *En: La frontera final: El océano profundo*, A. Low y M. Peters (eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, México. 215-253 pp.
- Solís-Marín, F. A., A. Durán-González y L. A. Hernández-Herrerón. 2016. Ofiuros (Ophiuroidea). *En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (ed.)*, Colima, México. 305-308 pp.
- Solís-Marín, F. y A. Laguarda-Figueras. 2018. Phylum Echinodermata. *En: Niveles de organización en animales*, M. A. Fernández y G. Rivas (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México, México. 307-322 pp.
- Solís-Marín, F., B. Esteban-Vázquez y A. Laguarda-Figueras. 2019. Estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) de Veracruz. *En: Estudios científicos en el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México*, A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara y D. Salas-Monreal (eds.). Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México. 75-98 pp.
- Stefanini, G. 1912. Osservazioni sulla distribuzione geografica, sulla origini e sulla filogenesi degli Scutellidae. *Bolletino della Società Geologica Italiana* 30 (1911): 739-754.
- Stimpson, W. 1857. On the Crustacea and Echinodermata of the Pacific shores of North America. *Boston Journal of Natural History*. 6: 444-532.
- Stöhr, S., T. O'Hara y B. Thuy. 2012. Global Diversity of Brittle Stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *PLoS ONE* 7(3): 1-14.
- Suárez, J. L. 2018. Análisis de diversidad de moluscos y crustáceos en la playa rocosa de Balzapote, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 99 pp.
- Tommasi, L.R. 1970. Os ofiuróides recentes do Brasil e de regioes Vizinhas. Contribuicoes avulsas do Instituto Oceanográfico Sao Paulo, Séries Oceanografía Biológica, 20:1-146.
- Tommasi, L. R. 1969. Lista dos Holothuroidea recentes do Brasil. *Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico, série Oceanografia Biológica*, 15: 1-29.
- Tommasi, L. R. y E. Oliveira. 1976. Equinodermes do Brasil. Sobre algumas espécies coletadas durante viagens do N/Oc. "Prof. W. Besnard". *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, 25: 1.
- Troschel, F. H. 1872. Die Familie der Echinocidariden (1). *Archiv für Naturgeschichte*, 38: 293-356.





- Turner, R.L. y C.M. Norlund. 1988. Labral morphology in heart urchins of the genus *Brissopsis* (Echinodermata: Spatangoida), with an illustrated revised key to Western Atlantic species. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 10: 890-897.
- Valle-García, R., F. A. Solís-Marín, M. Abreu-Pérez, A. Laguarda-Figuera, y A. Durán-González. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Revista de Biología Tropical*, 53(Suppl3): 9-28.
- Vasallo, A., Y. Dávila, N. Luviano, S. Deneb-Amozurrutia, X. Vital, C. Conejeros, L. Vázquez y F. Álvarez. 2014. Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(2): 349-362. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.42628>
- Vázquez-Bader, A.R., A. Laguarda-Figuera, A. Gracia, F.A. Solís-Marín, E.V. Celaya-Hernández, y A. Durán-González. 2008. Seasonal changes in the density and species composition of the epifaunal echinoderms recorded from the southwestern Gulf of Mexico. *Revista Biología Tropical*, 56(Suppl. 3): 297-310.
- Verrill, A. E. 1867. Notes on Radiata in the Museum of Yale College, with descriptions of new genera and species. No. 3. On the geographical distribution of the echinoderms of the West coast of America. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 1(2): 323-351.
- Verrill, A. E. 1880. Notice of the remarkable marine fauna occupying the outer banks off the southern coast of New England. *American Journal of Science*, 3(20): 390-403.
- Verrill, A. E. 1899. Revision of certain genera and species of starfishes, with descriptions of new forms. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*. 10(1): 145-234.
- Verrill, A. E. 1913. Revision of the genera of starfisher of the subfamily Asterininae. *American Journal of Science*, 35: 477-485.
- Verrill, A. E. 1915. Report on the starfishes of the West Indies, Florida, and Brazil, including those obtained by the Bahama expedition from the University of Iowa in 1893. *Bulletins from the Laboratories of Natural History*. 7(1): 1-232.
- Vital, X. G. 2013. Diversidad y distribución de los opisthobranchios benthicos (Mollusca: Gastropoda) de Montepío, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 57 pp.
- Von Thaden, J., J. Laborde, S. Guevara y P. Mokondoko-Delgadill. 2020. Dinámica de los cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (2006-2016). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91: 1-14.
- Zoppi de Roa, E. 1967. Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. *Acta Biológica de Venezuela*, 5: 267-333.





## GLOSARIO

### A

**Abactinal:** El área del cuerpo opuesta a la boca.

**Aboral:** Región del cuerpo opuesta a la posición de la boca.

**Aciculares:** De forma alargada, angosta y puntiaguda.

**Actinal:** La superficie del cuerpo que contiene la boca.

**Adambulacral:** Hacia o inmediatamente adyacente a un ambulacrum.

**Ambitus:** El punto de mayor circunferencia en la testa.

**Anillo calcáreo:** Un anillo de huesecillos grandes que rodean el esófago holotúrico. Forma un punto de inserción para los músculos longitudinales y, cuando están presentes, los músculos retractores.

**Anillo circumoral:** Parte del sistema nervioso de los equinodermos, junto con los nervios radiales, que consiste en un anillo ubicado alrededor de la parte terminal del conducto que termina en la boca.

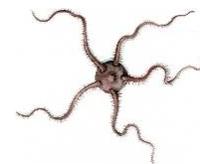
**Anquihalino:** Cuerpos de agua salada o salobre que no están directamente conectados a la superficie del mar y que experimentan cambios en su nivel debido a las mareas.

**Árboles respiratorios:** Ramificaciones tubulares que se originan en la región anterior de la cloaca y se encuentran en el celoma, tanto a la derecha como a la izquierda del conducto digestivo. Su principal función radica en facilitar el intercambio de gases.

### B

**Batipelágico:** Zona del océano que se encuentra entre los 1,000 y 4,000 metros de profundidad. A los organismos que presentes en la columna de agua en esta zona, también se les denomina batipelágicos o de profundidad.





**Bentónico:** Organismo que forma parte del bentos, es decir, que habita en los fondos oceánicos y marinos.

**Bentos:** Grupo de organismos que viven en el lecho de los ecosistemas acuáticos.

**Bilateral:** Tipo de simetría con dos partes iguales respecto al plano sagital.

**Blastoporo:** Apertura que comunica el arquenterón con el exterior durante la fase de gástrula en el desarrollo embrionario. En los deuterostomados, se convertirá en el ano, mientras que en los protostomados se transformará en la boca.

**Brazo:** Parte del cuerpo de asteroideos y ofiuroides que se compone de placas de carbonato de calcio. Se proyectan a partir del disco central y casi siempre son cinco. Presenta surcos por los que se proyectan pies ambulacrales que ayudan en la locomoción y alimentación del organismo.

**Brazo simple:** En ofiuroides, es el brazo que surge a partir del disco central y que es una proyección única, es decir, no se proyectan ramificaciones a partir de éste.

**Brazo ramificado:** Brazo de algunas especies de ofiuroides que presentan proyecciones, ya sea desde la parte más cercana al disco o en la parte distal, de menor ancho y largo que el brazo principal.

**Bulbosas:** Forma de las espinas que asemeja a un bulbo.

**Bursa:** Invaginaciones de la pared del disco central que funcionan como aperturas al medio a través de hendiduras en los márgenes de los brazos.

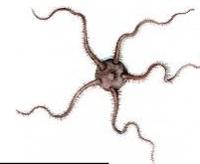
## C

**Canal acuífero:** Canales radiales que se desprenden del canal anular del sistema vascular acuífero y se proyecta hacia los brazos.

**Canal hemal:** Sistema de conductos poco desarrollados que se extienden a lo largo del tejido conectivo de la pared corporal. Este sistema desempeña funciones excretoras y facilita el transporte de nutrientes.

**Canal hidráulico:** Parte del sistema vascular acuífero que conecta la madreporita con el canal anular.





**Canal pétreo:** Un tubo, generalmente reforzado con huesecillos, que va desde el madreporito hasta el canal del anillo vascular del agua.

**Característica emergente:** Característica única y exclusiva de una categoría. En ecología de comunidades, las características emergentes son atributos únicos de la comunidad y solamente son evidentes en estas, no se presentan en los individuos o en las poblaciones.

**Clase Asteroidea:** Clase del Phylum Echinodermata que se caracteriza por presentar cuerpo aplanado o ligeramente abultado formado por un disco pentagonal con cinco o más brazos, que están unidos entre sí en la parte más proximal al disco. Son llamadas estrellas de mar.

**Clase Crinoidea:** Clase más ancestral dentro del Phylum Echinodermata. Su anatomía se compone de un pedúnculo segmentado que sostiene la corona, formada por el cuerpo central y cinco radios, usualmente ramificados. El cuerpo está ubicado sobre una estructura con forma de cáliz que alberga las vísceras. Comúnmente son conocidos como plumas o lirios de mar.

**Clase Echinoidea:** Clase del Phylum Echinodermata que presenta una testa con forma globosa o discoidal, formada por la unión de placas calcáreas, en las que se articulan las espinas móviles. No presentan brazos. Son llamados erizos, galletas o bizcochos de mar.

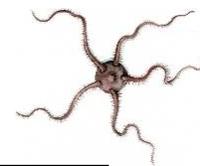
**Clase Holothuroidea:** Clase más derivada dentro del Phylum Echinodermata, que se distingue por exhibir simetría bilateral secundaria en su estado adulto. Estos organismos poseen cuerpos alargados y blandos, además viven en el lecho marino. El esqueleto calcáreo se reduce a pequeñas espículas microscópicas incrustadas en la pared corporal. Estos organismos son conocidos como pepinos de mar.

**Clase Ophiuroidea:** Clase del Phylum Echinodermata que se caracteriza por la presencia de brazos largos y articulados, separados entre sí, que se proyectan a partir del disco central aplanado. Son llamadas estrellas quebradizas.

**Comunidad:** Conjunto de poblaciones de distintas especies que coexisten y comparten un mismo espacio geográfico, también conocido como biotipo.

**Cordón nervioso:** Proyecciones del anillo nervioso o collar periesofágico que forman el sistema nervioso anular en equinodermos.





**Corona de tentáculos:** Estructura presente en los pepinos de mar que rodea la boca. Es un conjunto de pies modificados y retractiles que ayudan a capturar la materia suspendida en el agua y permitir la alimentación del organismo.

## D

**Desarrollo directo:** Tipo de desarrollo en el cuál un organismo nace con una morfología muy similar a la de la etapa adulta, no tiene estadios larvarios.

**Desarrollo indirecto:** Tipo de desarrollo en el cuál los organismos nacen como larvas y se transforman hasta llegar a la etapa adulta.

**Desarrollo embrionario:** Es el desarrollo de un individuo a partir de un huevo o cigoto diploide, producto de la fecundación de dos gametos haploides (óvulo y espermatozoide) anisogámicos. El huevo va a pasar por una serie de divisiones mitóticas y diferenciación celular (segmentación, blastulación, gastrulación, histogénesis y organogénesis) hasta convertirse en un organismo pluricelular.

**Desarrollo indirecto:** Tipo de desarrollo en el cuál un organismo pasa por una o más etapas larvales y procesos de metamorfosis, antes de adoptar una morfología y procesos similares a los de la etapa adulta.

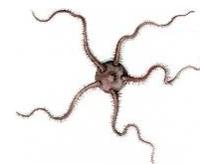
**Deuterostomado:** Tipo de animal que, durante el desarrollo embrionario, el blastoporo forma primero la cavidad que dará origen al ano y posteriormente se forma la cavidad que dará origen a la boca.

**Diagnosis:** En el ámbito de la biología, se refiere a una descripción concisa y distintiva que destaca las características diferenciales de una especie, género, familia, orden, clase o filo.

**Dientes:** En los ofiuroides, pequeñas placas o espinas adheridas a la placa dental en el borde interno de la mandíbula. En los equinoideos, los cinco osículos duros, afilados y móviles incorporados en la Linterna de Aristóteles.

**Dioco:** Organismo con gametos únicamente femeninos o masculinos, es decir, los sexos se encuentran separados en los individuos.





**Disco central:** Parte central del cuerpo de algunos equinodermos en la que se presentan estructuras como la madreporita, la boca y el ano. También contiene las partes más importantes de estructuras como el sistema vascular acuífero y el anillo nervioso. A partir del disco se proyectan los brazos en asteroidea y ofiuroides.

**Distal:** En dirección alejada del centro del cuerpo; por ejemplo, hacia la punta del brazo en los asteroideos.

## E

**Eje oral-aboral:** También llamado heteropolar, es el tipo de eje que define a la simetría radial. La zona oral es donde se encuentra la boca y la aboral es el lado opuesto.

**Endoesqueleto:** Esqueleto interno cubierto por una pared corporal constituida por la dermis y la epidermis. Está dividido en placas o vértebras calcáreas. Tiene las funciones de soporte y locomoción.

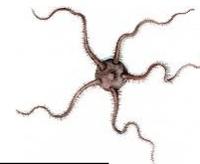
**Epitelio ciliado:** Tipo de epitelio que contiene células tubulares y vibrátiles (cilios) en su superficie. El movimiento de los cilios permite la circulación de líquidos circundantes para la captación de partículas.

**Equinodermo:** Animal invertebrado mayoritariamente marino, con el cuerpo cubierto de espinas, simetría pentarradial, esqueleto calcáreo dividido en placas independientes o articuladas y sistema vascular acuífero.

**Escamas imbricadas:** Escamas de tamaño reducido y en forma de lámina, siendo más gruesas en la parte cercana y más delgadas en la parte distal. La porción libre de cada escama se sitúa sobre la parte proximal de la siguiente, presentando un arreglo superpuesto que se asemeja a la disposición de las tejas en un tejado.

**Escudo bucal:** Placa de considerable tamaño en el extremo distal de la mandíbula de los ofiuroides. Al menos uno de los escudos bucales ha experimentado modificaciones para funcionar como madreporita.





**Escudos radiales:** Par de placas en la parte dorsal del disco de los ofiuroides, ubicadas cerca de la base de cada brazo. A menudo, estos escudos son notables en tamaño y apariencia, aunque pueden estar escondidos por gránulos o escamas superficiales.

**Espina:** Estructura que confiere el nombre a los equinodermos. Es una proyección del endoesqueleto calcáreo que cubre todo el cuerpo. Dependiendo de la clase, las espinas pueden ser fijas o móviles y alargadas o reducidas. Permiten la locomoción y defensa contra la depredación.

**Espículas:** Estructuras microscópicas compuestas de carbonato de calcio presentes en la piel de los pepinos de mar. Son estructuras reducidas equivalentes a las placas en otros equinodermos. Son muy importantes en la clasificación taxonómica de holoturoideos ya que representan el endoesqueleto calcáreo.

**Espina bífida:** Espina abierta o hendida por dos partes.

**Espínula setiforme:** Espina de pequeñas dimensiones en forma de seta o queta.

**Espina trifida:** Espina abierta o hendida por tres partes.

**Espinas subprismáticas:** Espinas aplanadas, con una base cónica.

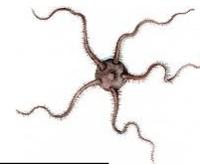
**Espinas verticiladas:** Conjunto de tres o más espinas que están en un mismo plano alrededor de un brazo.

**Espineletes:** Gránulos agrandados, cilíndricos alargados o angulares fijados a la superficie de escamas o placas

**Esqueleto calcáreo:** Estructura interna formada por placas compuestas de carbonato de calcio, del cual se proyectan espinas. Generalmente se encuentra cubierto de piel. Dependiendo de la clase las placas pueden ser grandes y fusionadas entre sí, o pequeñas y articuladas.

**Excreción:** Es el proceso de expulsión de residuos del metabolismo (como CO<sub>2</sub>, compuestos nitrogenados, minerales, etc.) del cuerpo de un animal. Algunos animales pueden expulsar los desechos mediante difusión a través de las paredes celulares, mientras que otros cuentan con órganos o sistemas especializados en la excreción.





## F

**Fasciolo:** Estrecha franja de espinas ciliadas de pequeño tamaño, densamente distribuidas en algunos erizos irregulares. En la superficie desnuda de la testa, se nota una banda angosta de diminutos tubérculos.

**Fasciolo subanal:** Fasciolo que rodea un área medianamente elíptica en la parte posterior de la testa, debajo del periprocto.

**Filodios:** Área de los ambulacros próxima al peristoma que se ensancha y contiene pares de poros especializados. Esta característica se observa en algunos órdenes de erizos irregulares.

**Fisión:** Tipo de reproducción asexual donde el individuo se divide a través de su disco. Cada mitad es capaz de regenerar las partes perdidas y, posteriormente, puede dividirse nuevamente cuando alcanza un tamaño adecuado.

**Fisiparidad:** Tipo de reproducción asexual en la cual se puede regenerar todo un organismo a partir de un fragmento desprendido de otro organismo de su misma especie.

## G

**Gónadas:** Órganos sexuales.

**Gonóporo:** En los equinodermos, la abertura en la pared del cuerpo a través de la cual se liberan los óvulos y los espermatozoides.

**Granuliforme:** Con forma de gránulo.

## H

**Hermafrodita:** Organismo que presenta ambos sexos, por lo que es capaz de producir gametos femeninos y masculinos.





## I

**Índice de diversidad:** Es un método cuantitativo para medir la diversidad dentro de una comunidad. Su principio es la relación entre el número de especies y el número total de organismos. Considera tres propiedades de las comunidades: abundancia, equitatividad y riqueza.

**Intercambio gaseoso:** Es el proceso de obtención y expulsión de gases al medio, producto de la respiración celular y otros procesos metabólicos, generalmente  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

**Interradio o Interambulacro:** Sector oral o aboral del cuerpo que se encuentra entre dos ambulacros.

**Invertebrado:** Animal que no cuenta con columna vertebral y esqueleto interno articulado. La mayoría de los fila de animales pertenecen a este grupo.

## L

**Labrum:** Proyección posterior o inferior del borde de la boca en equinoideos irregulares.

**Larva:** Estadio juvenil de un animal con desarrollo indirecto, que pasa por un proceso de metamorfosis antes de adquirir el aspecto y las características de los organismos adultos de su especie.

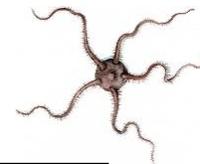
**Linterna de Aristóteles:** Sistema pentagonal que consta de elementos esqueléticos, músculos y ligamentos que interactúan por medio de articulaciones especializadas y que realiza una serie de movimientos entre los cinco dientes que lo componen para permitir la alimentación.

**Lúnula:** Aperturas o perforaciones presentes en la testa de las galletas de mar que sirven para la estabilización del organismo a través del agua.

**Lúnula ambulacral:** Lúnula desarrollada a lo largo de la línea media del ambulacro.

**Lúnula anal:** Lúnula desarrollada a lo largo de la línea media del interambulacro posterior, entre el peristoma y el periprocto.





## M

**Madreporita:** Placa porosa ubicada en la región aboral del cuerpo de los equinodermos que permite la entrada de agua al sistema vascular acuífero.

**Mandíbula:** Estructura triangular móvil que se extiende hacia la boca en ofiuroideos y asteroideos.

**Membrana peristomal:** Membrana que circunda la boca y se extiende hasta el borde del peristoma.

**Muesca:** Hendidura con forma de U en el margen de la testa, posicionada en los interradios de las placas.

## O

**Ofiuro:** Organismo exclusivamente marino, perteneciente al Phylum Echinodermata, que se caracteriza por presentar un disco central del cual se desprenden cinco brazos articulados.

**Órganos de Cuvier:** También llamados Túbulos de Cuvier, son estructuras defensivas, presentes en los pepinos de mar, que son liberadas por el ano en forma de túbulos tóxicos o pegajosos con el propósito de enredar a posibles depredadores.

**Osículo:** Estructura calcárea en forma de placa, que puede estar articulada e integra los elementos esqueléticos de los equinodermos. Da soporte y movilidad al organismo.

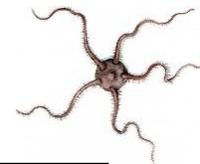
**Oscículo suelto:** Unidades mínimas del esqueleto calcáreo de los equinodermos que son independientes entre sí. Generalmente confieren más movilidad al organismo.

**Oscículo fusionado:** Unidades mínimas del esqueleto calcáreo de los equinodermos que se encuentran unidos unos con otros. Generalmente la unión de los oscículos confiere más resistencia, pero menor movilidad al organismo.

## P

**Pápulas:** Funcionalmente, estas son las branquias de una estrella de mar y sirven para la respiración y la eliminación de desechos. Son de paredes delgadas, pequeñas y se encuentran en la superficie aboral de los asteroides.





**Pared corporal:** Superficie externa del cuerpo que cubre el esqueleto calcáreo. Dependiendo de la clase, la pared corporal puede componerse de: cutícula, epidermis, plexo nervioso, membrana basal, dermis y musculatura.

**Patrón corporal:** Disposición, estructura y organización del cuerpo de un animal y sus componentes.

**Paxilas:** En algunos asteroideos, son las placas columnares que llevan un grupo apical de espinetas o gránulos.

**Pedicelarias:** Pequeños órganos en forma de pinza con o sin tallo en el cuerpo de asteroideos y equinoideos, que se utilizan para la defensa y el aseo.

**Pedicelario:** Pies ambulacrales modificados. La porción terminal de estos pies se modifica para formar una pinza que puede abrirse y cerrarse. Estos pedicelarios se presentan generalmente en Asteroidea y Echinoidea, desempeñando funciones principalmente de limpieza y defensa. Su estructura consta de tres partes: cabeza, cuello y pedúnculo, y típicamente tienen tres osículos en la cabeza.

**Pedicelario bivalvos:** Pedicelario que posee dos valvas largas y puntiagudas en forma de mandíbula.

**Pedicelario globífero:** Tipo de pedicelario que presenta forma de globo o esférica además de tres valvas que poseen glándulas venenosas.

**Pedicelario oficéfalo:** Pedicelario con forma de clavo, semejante a la cabeza de las serpientes, que se encuentra en el ambulacro. Se distingue por la presencia de un mango destacado en la base de cada valva.

**Pedicelario tridentado:** Pedicelarios más abundantes, dispersos en el peristoma, que exhiben tres valvas largas, puntiagudas y con forma de mandíbula.

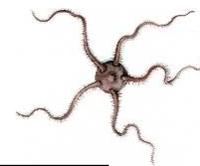
**Pedicelarios trifoliados:** Pedicelarios que muestran valvas pequeñas con apariencia de hoja y se encuentran por toda la testa, a excepción de los interambulacros.

**Pelágico:** Organismo que reside en la columna de agua del piélago, región del océano situada sobre la plataforma continental.

**Periprocto:** En los equinoideos, el área de la testa que lleva el ano.

**Peristoma:** En equinoideos, el área de la testa que lleva la boca.





**Petaloide:** Con forma de pétalo.

**Pétalos:** Forma del arreglo de los poros respiratorios en las galletas de mar, que están presentes en la superficie aboral del organismo.

**Phylum:** Es un nivel de clasificación taxonómico aplicado a animales, protista o procariontes y los agrupa de acuerdo a diferentes criterios.

**Pies ambulacrales:** Extensión final del sistema vascular acuífero de los equinodermos. Es una estructura muscular, formado por apéndices con forma tubular y ventosas, que está en contacto con el medio y es utilizado para la locomoción, respiración, alimentación y sensibilidad.

**Placa ambulacral:** Cada una de las 5 placas que forman parte del esqueleto compacto de los erizos. Sólo aparecen en el caso de los erizos. Son cinco y se corresponden con los cinco canales ambulacrales. Las placas ambulacrales son comparables a los brazos de las estrellas de mar.

**Placa basicoronal:** Primera placa formada en serie inmediatamente adyacente al peristoma. Esta placa se reabsorbe comúnmente en los equinoideos regulares, pero generalmente se conserva en los equinoideos irregulares.

**Placas:** Componentes que constituyen el esqueleto calcáreo, pueden estar fusionadas o articuladas.

**Placas bucales:** Placas ambulacrales ovadas que se encuentran en la membrana peristomial y que sostienen los pies ambulacrales. Hay diez placas bucales en la mayoría de los equinoideos regulares, un par en cada zona ambulacral.

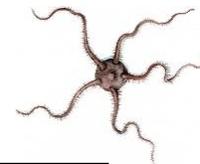
**Placa ocular:** Placa en el sistema apical de equinoideos. Las cinco placas oculares están en posición radial (ambulacral) y se desarrollan nuevas placas ambulacrales en sus bordes distales. En asteroideos, la placa más distal del brazo, que encierra el pie tubular terminal.

**Placas inferomarginales:** En los asteroideos, la fila de placas que definen el borde ventral del cuerpo; las inferomarginales están superpuestas por una fila de superomarginales.

**Placas superomarginales:** En los asteroideos, la fila de placas que definen el borde dorsal del cuerpo. Se superponen a la fila de inferomarginales.

**Plancton:** Es un grupo de organismos marinos que vive en la columna de agua y se desplazan por el movimiento de las corrientes marinas. Se divide en fitoplancton y zooplancton. El fitoplancton es un





productor primario y aporta gran parte del oxígeno que se libera a la atmósfera. El zooplancton se alimenta del fitoplancton y agrupa organismos como bacterias, cnidarios, radiolarios, foraminíferos, rotíferos, crustáceos y larvas.

**Plataforma continental:** Margen de los continentes que inicia desde la región costera hasta el talud continental donde comienza la plataforma oceánica.

**Proximal:** Hacia el centro del cuerpo.

## R

**Recepción sensorial:** Es la capacidad de un organismo de percibir, procesar y responder ante estímulos del medio. Existen células y órganos especializados en la recepción sensorial, como las neuronas y los órganos de los sentidos. Los estímulos pueden ser químicos, mecánicos, lumínicos y térmicos.

**Región aboral:** Región del cuerpo de un animal contraria a la ubicación de la boca.

**Región oral:** Región del cuerpo de un animal que corresponde a la parte donde se encuentra ubicada la boca.

**Reniforme:** Con forma de riñón.

**Riqueza:** Número o diversidad de especies que conforman una comunidad biológica.

**Romboidal:** Que tiene forma de romboide.

**Rosetas:** Elementos calcáreos (normalmente cinco) que se disponen en círculo para formar el marco del disco con ventosas de los pies ambulacrales.

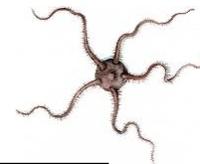
## S

**Simetría:** Planos en los que puede ser dividido el cuerpo de un animal.

**Sistema apical:** En los equinoideos, un anillo de placas esqueléticas especializadas, incluidas las placas genitales y las placas oculares. Suele estar situado en el punto más alto de la testa.

**Simetría bilateral:** Tipo de distribución del cuerpo de un animal donde las secciones divididas por el eje sagital son iguales.





**Simetría bilateral secundaria:** Tipo de simetría en la que la bilateralidad está presente solo en los estadios larvarios, cuando el organismo es adulto, la simetría pasa a ser radial.

**Simetría pentarradial:** Tipo de distribución del cuerpo de un animal, el cual puede ser dividido en cinco secciones iguales a partir del eje central.

**Sistema digestivo incompleto:** Sistema digestivo que tiene un único orificio de entrada (boca) y una cavidad digestiva. No cuenta con un orificio de salida (ano).

**Sistema vascular acuífero:** Sistema interno de canales y compartimentos flexibles interconectados con extensiones externas, abierto al entorno mediante la madreporita.

**Surco ambulacral:** Cavidad perforada por la cual los pies ambulacrales se extienden hacia el exterior mediante poros. Por lo general, se encuentran en la región oral de los brazos.

**Suspensívoro:** Animal que se alimenta de las partículas suspendidas en la columna de agua, mediante filtración o por órganos o apéndices especializados en la captura de dichas partículas.

## T

**Tentáculos:** Estructuras alrededor de la boca utilizadas para la alimentación, con diversas formas como peltadas, dendríticas, pinnadas, digitiformes o digitadas. Se encuentran en los holoturoideos.

**Tentáculo peltado:** Tipo de forma del tentáculo de los pepinos de mar que tiene una apariencia de hojas, láminas o escamas.

**Tentáculo dendrítico:** Tipo de forma del tentáculo de los pepinos de mar que presenta ramificaciones densas y regulares.

**Tentáculo digitado:** Tipo de forma del tentáculo de los pepinos de mar que tiene una apariencia de lóbulos ovalados sin terminación en punta y separados entre sí.

**Tentáculo pinnado:** Tipo de forma del tentáculo de los pepinos de mar que tiene terminaciones paralelas entre sí dispuestas a lo largo de cada tentáculo.

**Testa:** Nombre que recibe el esqueleto calcáreo, generalmente de los echinoideos, compuesta por placas u oscículos de carbonato de calcio fusionados entre sí, formando una única estructura que contiene los órganos internos del organismo y a partir de la cual se proyectan las espinas.





**Tubérculo:** Protuberancia que sobresale del esqueleto calcáreo y que representa la base de las espinas.

**Tubérculo escrobicular:** Pequeño tubérculo que rodea inmediatamente al tubérculo primario y que tiene una espina aplanada especializada que protege el músculo de la espina primaria adyacente.

**Tubérculo primario:** Tubérculo primario claramente más grande que se forma en el centro de crecimiento de la placa. Hay un tubérculo primario en cada placa.

**Tubérculo secundario:** Tubérculo más pequeño que flanquea el tubérculo primario.

## V

**Ventosa:** Es una estructura muscular con forma circular que se adhiere a una superficie u objeto, creando un vacío que le permite fijarse fuertemente sin gasto energético. Está presente en diversos animales, en su mayoría acuáticos y sirven para la alimentación y locomoción.

**Vértebra:** Estructura que resulta de la articulación de dos placas ambulacrales u oscículos, ubicada en los brazos de los ofiuroides. Tienen la función de soporte y locomoción del organismo.

**Vesícula de Poli:** Sacos llenos de líquido adheridos al anillo hidrovacular. Actúan como depósitos, reteniendo el líquido que se desplaza cuando se contraen los pies ambulacrales.

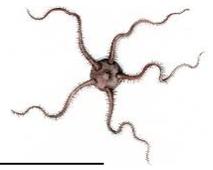
## Z

**Zona abisal:** Es la zona del océano comprendida entre los 4,000 y 6,000 m de profundidad. En esta zona no hay penetración de luz solar, la presión hidrostática es muy elevada y la temperatura oscila entre los 0 y 3 °C.

**Zona intermareal:** Franja de las costas que está cubierta por agua solo durante la marea alta, pero queda expuesta durante la marea baja. Se divide en zona intermareal inferior, media y superior.

**Zona subtropical:** Son las zonas ubicadas por arriba del Trópico de Capricornio, hasta los 35° norte y por debajo del Trópico de Cáncer, hasta los 35° sur. La temperatura media varía entre los 20 y los 35 °C.





---

**Zona tropical:** Es la zona ubicada entre los trópicos de cáncer y capricornio. Está dividida en partes iguales por el Ecuador y se encuentra a 23.5° norte y sur. La temperatura media varía entre los 20 y 30 °C.

