



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Diversidad del Phylum Echinodermata en el
arrecife de coral “Perla del Golfo”, Veracruz,
México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

CECILIA LÓPEZ CHÁVEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. GEMA YOLANDA ARMENDÁRIZ ORTEGA



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno
López
Chávez
Cecilia
55151195
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
309246602
2. Datos del Tutor
M. en C.
Gema Yolanda
Armendáriz
Ortega
3. Datos del Sinodal 1
Dr.
Francisco Alonso
Solís
Marín
4. Datos del Sinodal 2
Dr.
Fernando
Alvarez
Noguera
5. Datos del Sinodal 3
M. en C.
David
Salinas
Torres
6. Datos del Sinodal 4
M. en C.
Alicia
Rojas
Ascencio
7. Datos del trabajo escrito
Diversidad del Phylum Echinodermata en el arrecife de coral “Perla del Golfo”, Veracruz, México
75pp.
2017

“El amor por todas las criaturas vivientes
es el más noble atributo del hombre”.

Charles Darwin

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas de esta bella Universidad.

A la Facultad de Ciencias, por la formación académica brindada.

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

El presente estudio se realizó con ayuda de los proyectos: CONABIO, LH010 “Invertebrados del PNAPM”; DGAPA-UNAM, IN205314 “¿Puede la criptofauna de crustáceos indicar el estado de conservación de un arrecife?”; otorgado a F. Alvarez.

Al taller de Invertebrados de la zona costera y Arrecifal del Golfo de México y a la Colección Nacional de Crustáceos, por permitirme realizar este trabajo.

A mi tutora, Gema, por apoyarme siempre con mi tesis con tus enseñanzas, consejos, correcciones y exhortarme siempre a hacer las cosas lo mejor posible; gracias por confiar en mí tutora equinoderma, te quiero.

Al Dr. Fernando Alvarez, por todo el apoyo en la realización de cada muestreo, por sus consejos y enseñanzas en el campo y laboratorio y por todos tus comentarios para la mejora de este estudio.

Al Dr. José Luis Villalobos (Pepe), por todo el conocimiento y apoyo brindado durante las prácticas de campo y clases del taller, para la realización de este estudio y (por aguantarme en tu camioneta en las prácticas de campo).

Al Dr. Francisco Solís y a la Colección Nacional de Equinodermos, por el apoyo y consejos brindados para la identificación de organismo, así como sus comentarios para el enriquecimiento de este trabajo.

Al M. en C. David Salinas, por la revisión y sugerencias para mejorar este trabajo y por todas sus enseñanzas en la clase de anatomía.

A la M. En C. Alicia Rojas, por tomarse el tiempo de revisar mi tesis y todos sus comentarios para mejorarla.

Al Dr. Luis Medrano y la M. en C. María de Jesús Vázquez, por abrirme las puertas de su laboratorio para realizar mi servicio social.

A Quetzta, por tomarse el tiempo de enseñarme y ayudarme a identificar ofiuridos.

A la bióloga Susana, por la enseñanza y ayuda en el uso del microscopio de capas del Instituto de Biología.

A todos mis compañeritos del taller, por brindarme su apoyo en la búsqueda de equinodermos, en especial a Isaias, Viri, Lalo, Blanca, Ale, Oscar, Sergio, Olinka, Alma, Magda, George, Aarón, Uziel, gracias por esas divertidas prácticas de campo.

A mis Papás, Cecy y Jorge, por enseñarme a siempre dar lo mejor de mí misma, por darme su apoyo incondicional en cada paso de mi vida; a mi mom por siempre creer en mí y enseñarme a nunca darme por vencida y a mi papi por ayudarme en el diseño de mi tesis y por soportar mis platicas biológicas y términos científicos; gracias por todo su amor, cariño y apoyo en mi educación.

A mi hermano Georgi, gracias feo por desvelarte conmigo viendo series para no quedarme dormida haciendo mi tesis, por estar siempre conmigo siendo mi partner in crime, por tu apoyo y cariño a tu manera, te quiero.

A Ara, por todo su apoyo en mi educación.

A mis abuelos, en especial a Tito, por enseñarme desde niña a siempre luchar por mis sueños.

A toda mi familia, por su cariño.

A todos mis amigos, en especial a Abraham, Irais, Max, Ricardo, Giselle, Daniel, por hacer de mi carrera y prácticas, la mejor etapa de mi vida.

A Pablo Pelletier, en especial a ti, por toda la ayuda en el diseño de fotografías y formato de mi tesis, por siempre animarme y estar ahí para apoyarme, gracias corazón.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| Clase Crinoidea | 4 |
| Clase Asteroidea | 6 |
| Clase Ophiuroidea..... | 8 |
| Clase Echinoidea | 10 |
| Clase Holothuroidea..... | 12 |
| JUSTIFICACIÓN | 14 |
| ANTECEDENTES | 15 |
| OBJETIVOS..... | 18 |
| Objetivo General..... | 18 |
| Objetivos Particulares..... | 18 |
| ÁREA DE ESTUDIO | 19 |
| MATERIAL Y MÉTODO | 21 |
| Muestreo | 21 |
| Trabajo de gabinete..... | 21 |
| RESULTADOS | 25 |
| Diagnosís | 28 |
| Índice de diversidad, equidad y dominancia..... | 57 |
| Índice de asociación Olmstead-Tukey..... | 57 |
| Discusión | 62 |
| Conclusiones | 68 |
| Literatura Citada | 70 |



RESUMEN

Los equinodermos están representados por cinco clases. Son uno de los phyla con mayor importancia ecológica en la trama trófica de los arrecifes coralinos. A pesar de que se han realizado diversos estudios en el golfo de México sobre el Phylum Echinodermata, en especial en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), aún se encuentran localidades en las que hay muy pocos estudios faunísticos o simplemente son nulos, tal es el caso del arrecife de coral Perla del Golfo. Por lo que este estudio contribuye con el registro y diversidad de especies para esta zona. Se realizaron cinco muestreos en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz, durante los meses de mayo y agosto 2015, abril, junio y agosto 2016, una vez encontrados los organismos y extraídos del material rocoso previamente procesado, se colocaron en una charola con una solución de cloruro de magnesio ($MgCl_2$) para narcotizarlos hasta que los organismos dejaran de presentar movimiento, una vez fotografiados en vivo, se colocaron en alcohol al 70% para su preservación y posterior identificación. Se colectaron un total de 553 organismos distribuidos en cuatro clases, ocho órdenes, 12 familias, 13 géneros y 13 especies. De las 13 especies obtenidas, cuatro de ellas, fueron encontradas en todos los muestreos: *Linckia guildingii*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y *Echinometra lucunter*. *Ophiactis savignyi* es la especie más abundante con 284 organismos. De la clase Asteroidea, la especie con mayor abundancia sobre coral y roca es *Linckia guildingii* con 46 organismos, a diferencia de *Echinaster serpentarius*, la cual se encontró un solo organismo en todo el muestreo. De la clase Ophiuroidea, la especie que presenta una mayor abundancia bajo las rocas es *Ophiothrix angulata* con 113 organismos, seguido de *Amphiura stimpsonii* con 23 organismos, *Amphipholis squamata* con 20 organismos, por último *Ophionereis reticulada* y *Ophiocoma paucigranulata* con un sólo organismo en todo el muestreo. De la clase Echinoidea, *Echinometra lucunter* es la que obtuvo una mayor abundancia sobre el sustrato rocoso a diferencia de *Eucidaris tribuloides*, que se encuentra mayormente en intersticios de roca; por el contrario de la especie *Tripneustes ventricosus* se encontró un sólo organismo a lo largo de todo el muestreo. De la clase Holothuroidea, *Pseudothyone belli* muestra una mayor abundancia con 15 organismos, contra tres de *Holothuria grisea*. Se encontró una similitud de tan solo cinco especies, al comparar nuestro estudio con el de González-Gándara et al. 2015 en la Perla del Golfo y seis especies, al compararlo con los arrecifes Blanquilla, Lobos, Blake, Zapotitlán y Palo Seco. El arrecife de coral Perla del Golfo, mostró una baja riqueza específica, con respecto a las reportadas para el golfo de México y Veracruz.



INTRODUCCIÓN

El Phylum Echinodermata (del griego *echino*: espina y *derma*: piel) está representada por cinco clases: Crinoidea (lirios de mar; Fig. 1A), Asteroidea (estrellas de mar; Fig. 1B), Echinoidea (erizos de mar; Fig. 1C), Holothuroidea (pepinos de mar; Fig. 1D) y Ophiuroidea (ofiuroideos, estrellas quebradizas o estrellas serpientes; Fig. 1E). En 1986 se incorporó la sexta clase, Concentricycloidea (margaritas de mar) pero ahora se le conoce como un grupo aberrante de Asteroidea (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín *et al.*, 2012).

Los equinodermos son invertebrados exclusivamente marinos y forman parte de las comunidades de organismos bentónicos, con más de 7 000 especies vivientes y aproximadamente 13 000 especies fósiles, cuyo origen se remonta a principios del Cámbrico, en el Paleozoico inferior, (hace 540 a 550 m.a). Estos organismos presentan gran variedad de estrategias alimenticias, que van desde comedores pasivos por suspensión o depósito, herbívoros y depredadores, hasta caníbales estrictos. Pueden habitar cualquier tipo de ambiente marino, desde pozas de marea, hasta profundidades abisales mayores a 11 000 m, incluso ambientes extremos como ventilas hidrotermales, infiltraciones de metano y cuevas anquihalinas, como es el caso de la estrella *Copidaster cavernicola*. No todos los equinodermos son bentónicos, ya que existen especies pelágicas como el pepino de profundidades *Enypniastes exemia* las cuales pasan la mayor parte de su vida nadando en la columna de agua. También habitan una gran variedad de sustratos, desde los arenosos y fangosos, a coralígenos, dendríticos, rocosos o incluso madera y pueden encontrarse a cualquier temperatura, desde las zonas tropicales hasta los polos, mostrando así una distribución geográfica y batimétrica sumamente amplia, que incluye su presencia en todos los mares de mundo (Hendler *et al.*, 1995; Entrambasaguas *et al.*, 2008; Domínguez *et al.*, 2009; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Solís-Marín *et al.*, 2010, 2014).

Son invertebrados deuterostomados, esto se refiere a que la boca se desarrolla a partir de una segunda abertura en el embrión, opuesto a la abertura inicial del blastoporo. Se caracterizan por presentar un endoesqueleto calcáreo de origen mesodérmico formado por espículas, su cuerpo está organizado en un eje (oral-aboral), con una simetría bilateral en estado larvario y simetría radial pentámera en adultos. Sin embargo, en algunas especies de holotúridos regresan a simetría bilateral en su estado adulto. Presentan un sistema vascular acuífero (SVA) de origen celómico, compuesto por una serie de ductos, reservorios y podios, que regulan la locomoción, alimentación y otras funciones. El sistema vascular acuífero se encuentra abierto a través de una madreporita, la cual puede presentar variaciones según sea la clase o incluso estar ausente y tiene la función de entrada de agua al sistema. Su sistema digestivo es completo y ciego, carecen de sistema excretor, tienen sistema circulatorio hemal y un sistema nervioso descentralizado. Los equinodermos son dioicos, con alta tendencia al hermafroditismo, presentan capacidad de autotomía empleado durante la reproducción asexual, en el cual el individuo se puede dividir en dos o más partes generando organismos genéticamente idénticos (clones). Presentan reproducción sexual con fecundación externa y se llegan a presentar especies vivíparas (Hendler *et al.*, 1995; Pawson, 2007; Solís-Marín *et al.*, 2012).

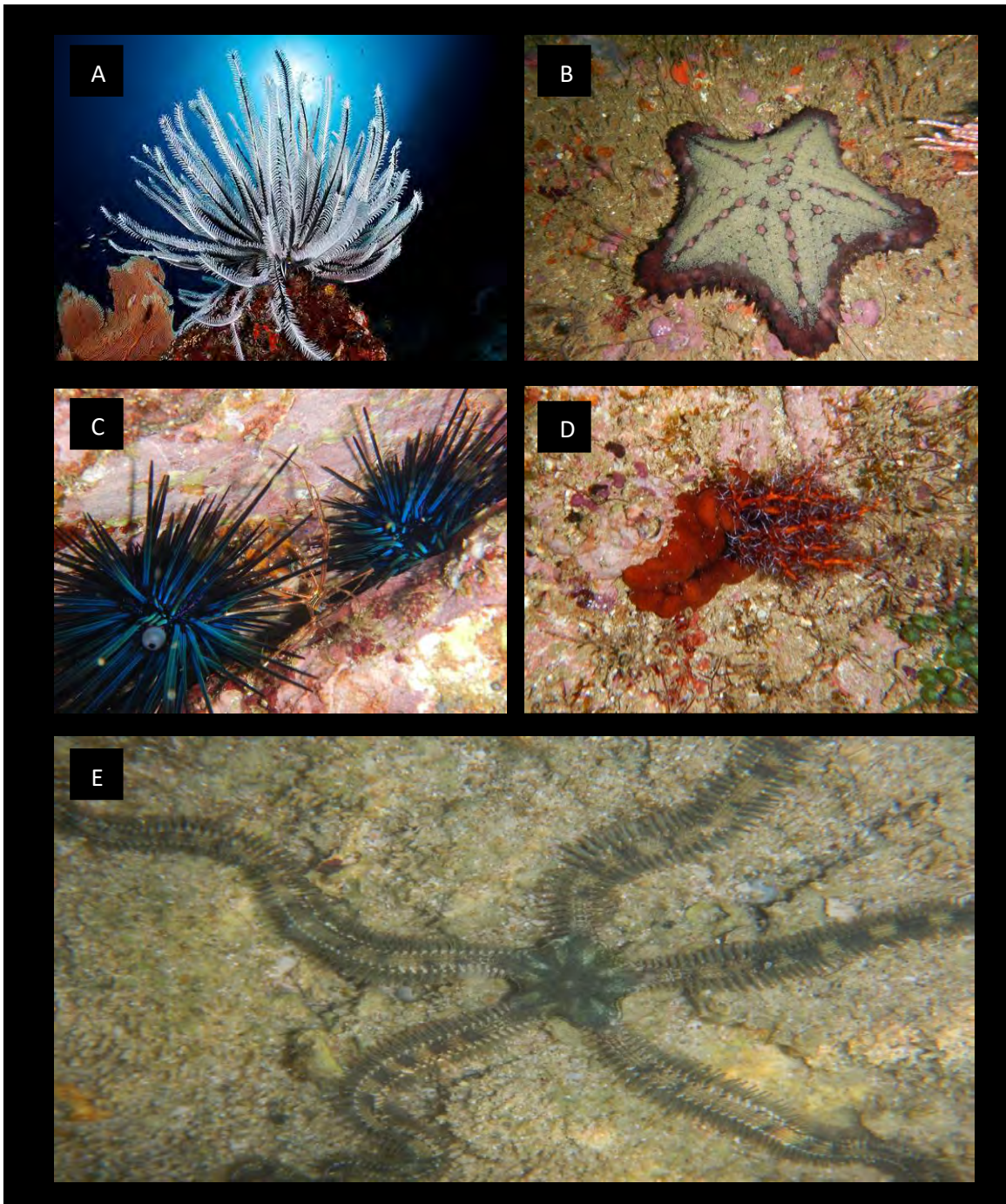


Figura 1. Clases del Phylum Echinodermata: (A) Crinoidea, (B) Asteroidea, (C) Echinoidea, (D) Holothuroidea y (E) Ophiuroidea; fotografía (A) tomada de The Echinoblog, fotografías (B, C, D y E) tomadas por Cecilia López Chávez.

En México se encuentran 643 especies de equinodermos, aproximadamente el 10% total de especies en el mundo, siendo la clase Ophiuroidea la más rica con 197 especies (31%), Asteroidea con 185 (29%), Echinoidea 119 (19%), Holothuroidea 113 (17%) y Crinoidea, siendo la clase menos abundante con 29 especies (4%) (Solís-Marín *et al* 2014).



Clase Crinoidea

Los crinoideos del griego *krion*: lirio y *eidos*: forma, mejor conocidos como “lirios de mar” o “plumas de mar”, son los equinodermos más antiguos que viven actualmente, con aproximadamente 700 especies, aparecieron en el Ordovícico con su máxima diversificación en el Paleozoico. Su endoesqueleto consta de numerosas placas de calcita divididas en tres regiones: 1) el pedúnculo que sustenta la corona y le permite la fijación al sustrato, como en los pedunculados o “lirios de mar” o puede perderse, como es el caso de los comatulidos o “plumas de mar”; 2) la teca o cáliz que contiene y protege la masa visceral y 3) el aparato braquial formado por cinco brazos simples o ramificados provistos o no de pínulas (Fig. 2). No presentan una madreporita externa, la cual es sustituida por conductos pétreos. Los crinoideos pertenecen a la epifauna bentónica, son sésiles en su mayoría. Su alimentación es de tipo filtradora o “nieve de fondo” por lo general pasiva, abriendo sus brazos a corrientes de agua, aunque algunos pueden ser activos mediante la agitación de sus brazos generando corrientes. Son organismos dioicos, con reproducción sexual y fecundación externa, que da lugar a una larva llamada “doliolaria o vitelaria” (Domínguez *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2011).

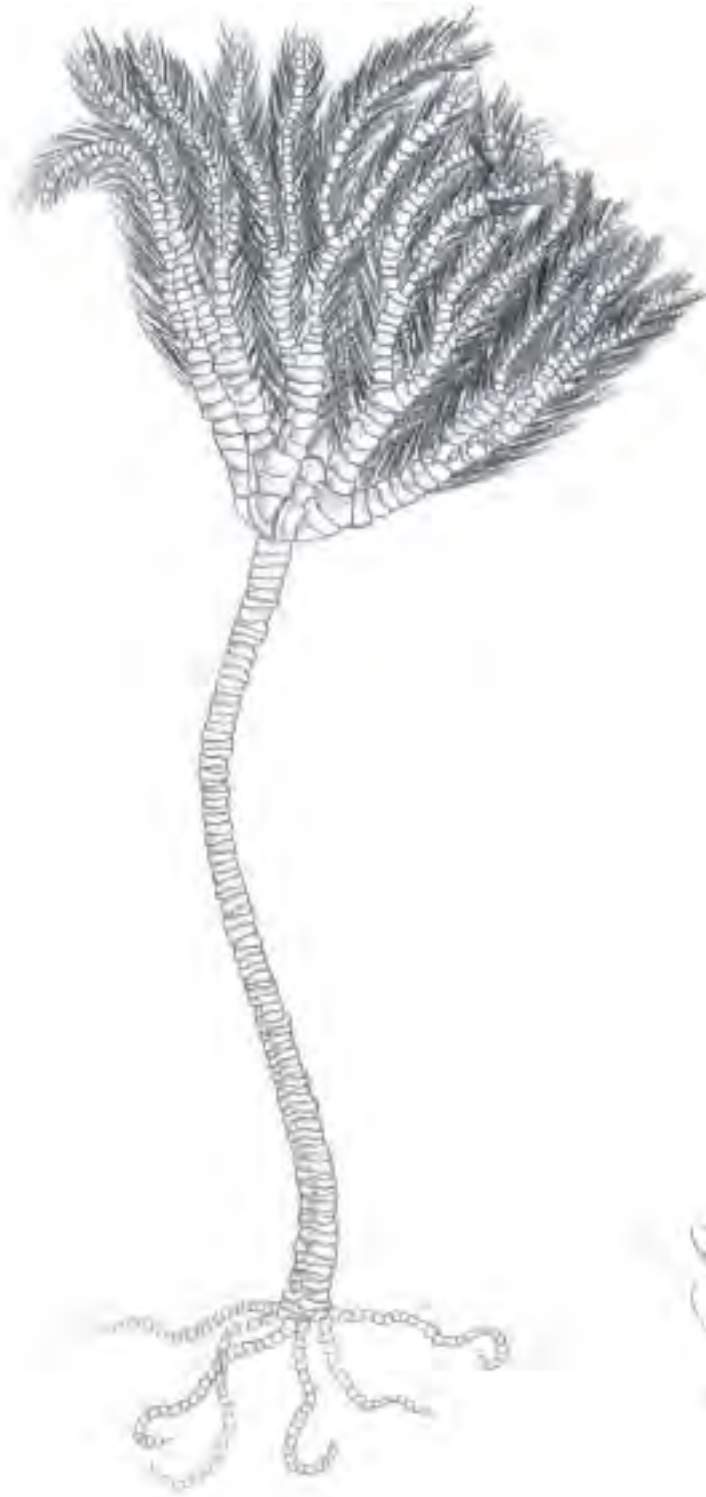


Figura 2. Dibujo a lápiz de la clase Crinoidea, realizado por Cecilia López Chávez 2017.



Clase Asterozoa

Los asterozoos del griego *aster*: estrella y *eidos*: forma, mejor conocidas como “estrellas de mar”, es una de las clases más abundantes dentro del Phylum con 1 800 especies. Aparecieron en el Ordovícico. Su cuerpo en forma estelar, con un disco central del cual salen de cinco hasta 50 brazos (radios) no diferenciados totalmente del disco; presentan un eje oral-aboral en el cual la región oral se encuentra hacia el sustrato, con surcos ambulacrales y pies ambulacrales en los radios, los cuales pueden presentar ventosas y una madreporita en el interambulacro C y D cerca del ano en la región aboral o dorsal (Fig. 3). Son bentónicos y presentan una mayor abundancia en ambientes someros. Pueden ser suspensívoros o comedores de sedimentos, aunque la mayoría son carroñeros y carnívoros, se llegan a presentar casos de canibalismo. Presentan reproducción asexual o “fisiparidad” con poder de autotomía y reproducción sexual con una larva llamada “bipinnaria o braquiolaria” (Hendler *et al.*, 1995; Domínguez *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2011).

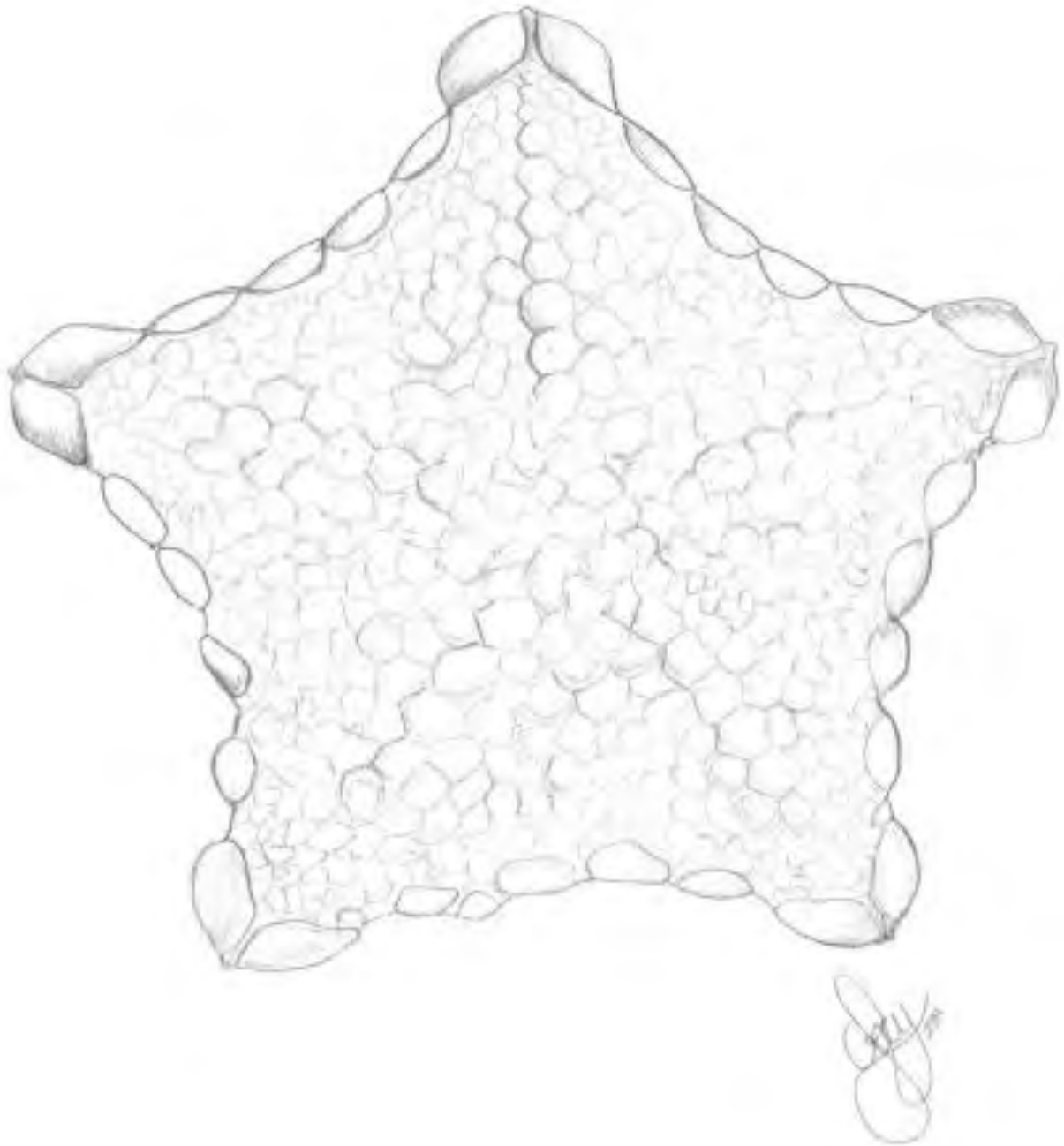


Figura 3. Dibujo a lápiz de la clase Asteroidea, realizado por Cecilia López Chávez 2017.



Clase Ophiuroidea

Los ofiuroides del griego *ophis*: serpiente y *ura*: cola, mejor conocidos como “ofiuros”, “estrellas quebradizas” o “estrellas serpiente”, ya que el movimiento de sus brazos simula el de una serpiente. Son la clase más abundante entre los equinodermos, con 2 000 especies alrededor del mundo, aparecieron en el Ordovícico. Su cuerpo está deprimido dorsoventralmente, formado por un disco central pentagonal o redondo bien definido, por donde salen de cinco a seis brazos, que pueden estar ramificados o no, compuestos por una serie de placas, pies ambulacrales sin ventosas, espinas y nódulos en las placas esqueléticas, con los que perciben la luz, permitiéndoles esconderse y cambiar de color según la cantidad de luz debido a su fototaxismo negativo. Presentan un eje oral-aboral, en donde la boca y la madreporita se encuentran en la región oral o ventral hacia el sustrato (Fig. 4). Los ofiuroides se encuentran en todo tipo de ambientes bentónicos, incluso en zonas abisales y esteros. Tienen dietas muy variadas, como carroñeros, carnívoros, filtradores o consumidores de partículas de sedimento. La mayoría de los organismos son dioicos, con algunos casos de hermafroditismo, presentan reproducción sexual, la cual es externa, generando una larva llamada “ofiopluteus”, algunas especies son vivíparas, también pueden presentar la reproducción asexual por “fisiparidad”. A pesar de no tener importancia comercial, son de importancia fundamental, ya que desempeñan un papel como carroñeros en ambientes de gran profundidad funcionando como recicladores de materia orgánica que llega al fondo, además de ser parte de la dieta de especies comerciales (Hendler *et al.*, 1995; Bejarano-Chavarro *et al.*, 2004; Pawson, 2007; Domínguez *et al.*, 2009; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2011).



Figura 4. Dibujo a lápiz de la clase Ophiuroidea, realizado por Cecilia López Chávez 2017.



Clase Echinoidea

Los equinoideos del griego *Echino*: espina y *idos*: forma, mejor conocidos como “erizos de mar” “galletas y bizcochos de mar”, con 900 especies alrededor del mundo, que se extienden desde el Ordovícico hasta nuestros días. Su esqueleto está compuesto por placas de calcita fusionadas, formando un esqueleto sólido llamado “testa”, que puede presentar diferencias morfológicas, definiendo la separación de la clase Echinoidea en erizos “regulares” (erizos de mar) con una testa esférica y simetría radial pentámera y los erizos “irregulares” (galletas y bizcochos de mar) con una testa más aplanada y simetría bilateral secundaria. Sin embargo, en ambos grupos la testa está formada por 20 columnas de placas, de los cuales cinco, constituyen a los ambulacros por donde se proyectan podios que pueden tener ventosas y espinas que les sirven para la locomoción, fijación y alimentación. Son organismos bentónicos que habitan desde zonas someras hasta grandes profundidades (Fig. 5). La mayor parte de los equinoideos son sedimentívoros o herbívoros, pero también hay algunos carnívoros, carroñeros o filtradores, la alimentación se lleva a cabo por medio de un aparato masticador situado en la región oral llamada “linterna de Aristóteles”, presentan una madreporita situada en la región aboral cercana al ano. Generalmente son dioicos y se han encontrado individuos hermafroditas, considerados como anormales; presentan reproducción sexual con fecundación externa con una larva llamada “equinopluteus”. Los equinoideos son de gran importancia comercial, principalmente por la utilización de sus gónadas como alimento, pero también ecológico ya que pueden representar el 90% de la biomasa de un arrecife, además de ser formadores de sedimento en fondos marinos contribuyendo al flujo de energía (Pawson, 2007; Domínguez *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2012; Solís-Marín *et al.*, 2014).

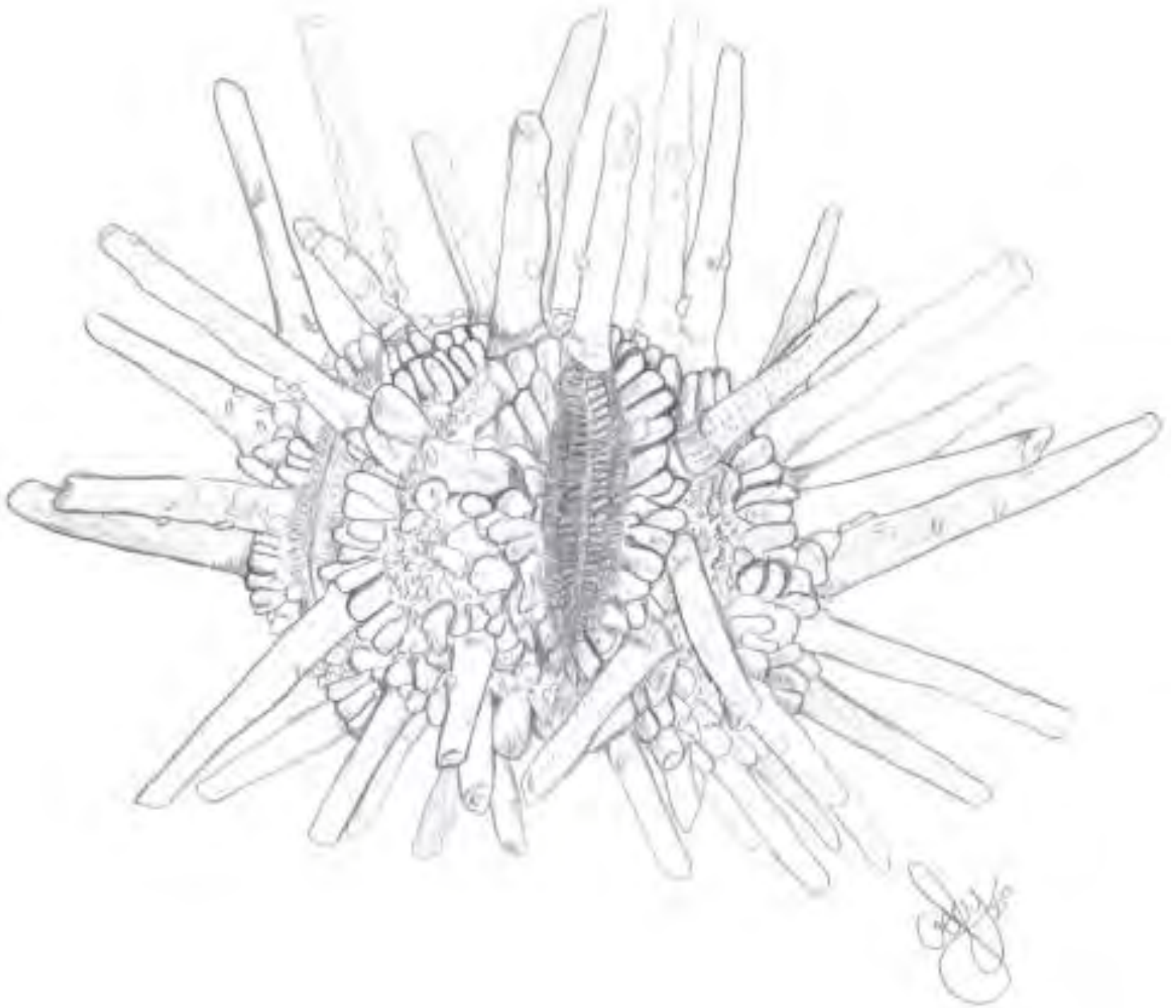


Figura 5. Dibujo a lápiz de la clase Echinoidea, realizado por Cecilia López Chávez 2017.



Clase Holothuroidea

Los holoturoideos del griego *holothurion*: que se agita y *eidos*: forma, mejor conocidos como “pepinos de mar”, son una clase abundante y diversa con alrededor de 1 400 especies, se cree que aparecieron en el Silúrico. Su cuerpo es de forma alargada y cilíndrica con un eje oral-aboral que por lo general se encuentran en posición horizontal, presentan una corona de tentáculos alrededor de la boca. Su madreporita es interna, la superficie ventral está formada por tres radios I, IV y V que constituyen el “*trivium*” y los radios II y III conforman el “*bivium*” (Fig. 6). Son organismos bentónicos, aunque hay algunos representantes pelágicos y se encuentran desde la zona intermareal hasta profundidades abisales, siendo suspensívoros y comedores de sedimento. Se reproducen sexualmente de manera externa formando una larva llamada “auricularia”, son dioicos, pero no existe dimorfismo sexual en estos organismos. Sin embargo, existen especies hermafroditas y también se reproducen de manera asexual por fisión transversal. Los holotúridos desempeñan un papel importante en las comunidades bentónicas, ya que son recicladores de nutrientes y agentes de perturbación, lo cual permite la oxigenación y movimiento del sustrato evitando así la estratificación; además de su importancia ecológica. Algunas especies poseen un alto valor comercial, principalmente alimenticio, medicinal y ornamental (Domínguez *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2012; González, 2012; Solís-Marín *et al.*, 2014).



Figura 6. Dibujo a lápiz de la clase Holothuroidea, realizado por Cecilia López Chávez 2017.



JUSTIFICACIÓN

En México, el estado de Veracruz es una de las zonas más estudiadas. Sin embargo, a la fecha siguen existiendo localidades en donde los estudios faunísticos sobre el Phylum Echinodermata son nulos, uno de ellos es el arrecife de coral Perla del Golfo. Por lo cual este trabajo pretende contribuir con la diversidad y registro de especies de equinodermos, los cuales no han sido descritos para esta zona, puesto que son organismos de gran importancia por el papel ecológico que desempeñan en la cadena trófica, además de su capacidad de modificar el sustrato en el que viven, algunos al alimentarse de sedimento transforman la materia orgánica haciéndola accesible para otros organismos o como recicladores de materia orgánica, contribuyen al establecimiento de las colonias coralinas por su papel de herbívoros, al mantener estable el crecimiento de las algas, principales competidoras de los corales por sustrato. Dada su capacidad de adaptación a los lugares en los que habitan, son considerados como bioindicadores del estado de conservación de los arrecifes.



ANTECEDENTES

Aristóteles, uno de los grandes naturalistas y taxónomos griegos clasificó a los equinodermos, bajo el conjunto de *Anaima*, en el subgrupo de *Ostracoderma*, el cual incluía erizos y estrellas de mar. Linck (1733) publicó el libro “*De Stellis Marinis*” en el que establecía el grupo *Stella*, en el cual ya se incluían las verdaderas estrellas de mar, a las que llamó *Stellae fissae* y a los ofiuroides *Stella lacertosa*.

El término Echinodermata fue acuñado por Jacob Klein (1734), utilizado para referirse a los equinodermos. En ese mismo año Jacob Klein, en su libro “*Naturalis Dipositio Echinodermatum*” designó a los erizos como organismos pertenecientes a la categoría Echinodermata (Solís-Marín *et al.* 2012).

Miller en 1821, separó a los crinoideos, que habían permanecido desde el inicio de la sistemática de los equinodermos como parte del grupo de los Stelleroidea, de tal forma que para ese año ya se habían descrito las cinco clases de equinodermos que hasta hoy se conocen (Caso, 1948 en Solís-Marín *et al.*, 2012).

Los estudios sobre equinodermos en México se iniciaron en 1838, con algunas referencias sobre organismos colectados en localidades cercanas a las costas mexicanas. Son muchas las expediciones extranjeras que han colectado ejemplares en distintos puntos de nuestras costas desde 1838, es de esta manera como se iniciaron los estudios sobre los equinodermos en el Golfo de México, tal es el caso de los primeros trabajos de L. E. Agassiz y G. Valentín (1837-1842) quienes citaron a *Mellita hexapora* (galleta de mar) para las costas de Veracruz.

En 1848 Leuckart, reconoció y estableció el Phylum Echinodermata como un grupo taxonómico diferente de los demás invertebrados (Solís-Marín *et al.* 2012).

Rathbun (1885), estudió los equinodermos colectados por el “Albatross” en 1884 en el Golfo de México y gran Caribe. De 1877 a 1880, en el “Blake” se realizaron colectas en el Golfo de México y gran Caribe, las cuales fueron estudiadas y dadas a conocer por Agassiz (1878-1879, 1888), Perrier (1881) y Théel (1886).

Ives (1890), reportó 13 especies de equinodermos para los estados de Veracruz y Yucatán,



aportando los primeros datos sobre equinodermos de aguas someras de esas zonas.

En 1939, la Dra. María Elena Caso Muñoz con ayuda del Dr. Enrique Rioja Lobianco comenzaron el estudio sistemático de los equinodermos de México, que rebasaron los 50 años de trabajo y dieron como resultado más de 60 trabajos publicados que incluyen categorías taxonómicas descubiertas por la autora, entre subfamilias, subgéneros, especies y variedad de grupos representados en aguas de México. La Dra. Caso creó la Colección Nacional de Equinodermos, ahora depositada en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM; esta cuenta actualmente con más de 65 000 ejemplares de 657 especies.

Caso (1951), reportó 18 especies de ofiuroides, los cuales fueron encontrados en Veracruz, y en 1961, realizó un estudio de actualización de datos describiendo 17 ofiuroides.

Caso (1974), describió la morfología y ecología de especies de la clase Echinoidea, con ejemplares de Islas en Veracruz.

Durán-González *et al.* (2005), realizaron un estudio para mostrar la importancia de la biodiversidad de equinodermos en el golfo de México, descubriendo 31 nuevas especies, 16 Asteroidea, nueve Ophiuroidea, un Echinoidea y cinco Holothuroidea.

Laguarda-Figueras *et al.* (2005), estudiaron la fauna de los Equinoideos en el golfo de México, identificando 18 especies, aportando seis nuevos registros para el golfo de México.

Nishimura-Murakami (2005), estudió el tamaño poblacional, distribución y variación del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* en la laguna arrecifal Isla Verde, Veracruz.

Solís-Marín *et al.* (2007), realizaron un estudio taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), encontrando 27 especies, de las cuales 15 fueron nuevos registros para el estado de Veracruz.

Hernández-Herrejón *et al.* (2008), obtuvieron un listado y claves taxonómicas de la clase Ophiuroidea, a través de la revisión e identificación de ejemplares de diferentes colecciones científicas: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM (ICML-UNAM) y National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D. C. (USNM).



Villanueva-Sousa (2008), encontró 24 especies, pertenecientes a las cinco clases del Phylum Echinodermata, al realizar un estudio taxonómico y de distribución de los equinodermos en el arrecife Galeguilla en Veracruz.

Pawson *et al.* (2009), realizaron una compilación de especies, pertenecientes a las cinco clases del Phylum Echinodermata, reportados para el golfo de México.

Mohedano-Maldonado (2010), estudió la comunidad de equinodermos en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro, Veracruz, encontrando 20 especies de equinodermos para esta zona, distribuidas en cuatro clases del Phylum Echinodermata; Asterozoa, Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa.

Trujillo-Alvarez (2012), realizó un listado taxonómico con datos ecológicos de los equinodermos en el arrecife La Blanquilla, Veracruz; reportando 14 especies para este arrecife.

González-Mejía (2014), con el estudio de ensamblaje de equinodermos de los arrecifes de Isla Sacrificios y Rizo del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano, determinó dos nuevos registros para Isla Sacrificios: *Ophioderma appresum* y *N. parvujm*, ésta última es un nuevo registro tanto para el PNSAV como para México.

Solís-Marín *et al* (2014a), con el estudio de biodiversidad de los equinodermos del mar profundo mexicano, se encontraron un total de 348 especies de equinodermos que habitan en aguas profundas mexicanas, de las cuales 103 especies pertenecen al golfo de México.

Solís-Marín *et al* (2014b), realizaron un estudio sobre la biodiversidad de equinodermos en México, encontrando un total de 292 especies, 25 Crinozoa, 96 Asterozoa, 79 Ophiurozoa, 59 Echinozoa y 33 Holothurozoa para el golfo de México.

González-Gándara *et al.* (2015) con el estudio de riqueza y de distribución de equinodermos en los arrecifes del Norte y Surde Veracruz, se encontraron un total de 45 especies de equinodermos, incluyendo cinco nuevos registrados para el Estado de Veracruz.



OBJETIVOS

Objetivo General

- ❖ Conocer la diversidad de especies de equinodermos en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz, México.

Objetivos Particulares

- ❖ Realizar un listado taxonómico de las especies, con fotografías.
- ❖ Determinar la riqueza específica de equinodermos colectados en el arrecife de coral Perla del Golfo.
- ❖ Determinar la abundancia por especie.
- ❖ Calcular el índice de diversidad Shannon-Wiener.
- ❖ Clasificación de las especies por medio de la técnica de asociación Olmstead-Tukey.
- ❖ Calcular el índice de Pielou.
- ❖ Obtener una curva acumulada de especies.
- ❖ Realizar una comparación en cuanto a la diversidad de equinodermos de la Perla del Golfo, con respecto a otros arrecifes del golfo de México.
- ❖ Comparar la riqueza específica de la Perla del Golfo, con respecto a lo reportado para el golfo de México y el estado de Veracruz.



ÁREA DE ESTUDIO

El arrecife de coral Perla del Golfo, se encuentra ubicado al sur del estado de Veracruz, en el municipio de Mecayapan, el cual pertenece a la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas. Esta cuenta con una gran barrera de arrecifes coralinos, a 16 km de la barra de Sontecomapan, ubicados al sureste del golfo de México, con una latitud de 18°33'08.0" N y una longitud de 94°51'32.0" W (Fig.7).

Presenta un clima Cálido-húmedo AM (f) con una temperatura promedio de 23°C y una precipitación pluvial media anual de 2 247 mm.

El arrecife de coral está formado principalmente por roca de origen volcánico, con una planicie somera conformada por áreas de roca plana y arena, así como otras más heterogéneas que forman laberintos rocosos con canales de arena (Fig. 8). Presenta una longitud aproximada de 8km, se encuentra localizado aproximadamente a 50 metros de la playa arenosa y rocosa, con una profundidad mínima de un metro y una profundidad máxima de 7 a 8 metros; está influenciado principalmente por dos cuerpos de agua, Olapa y el Guardia.

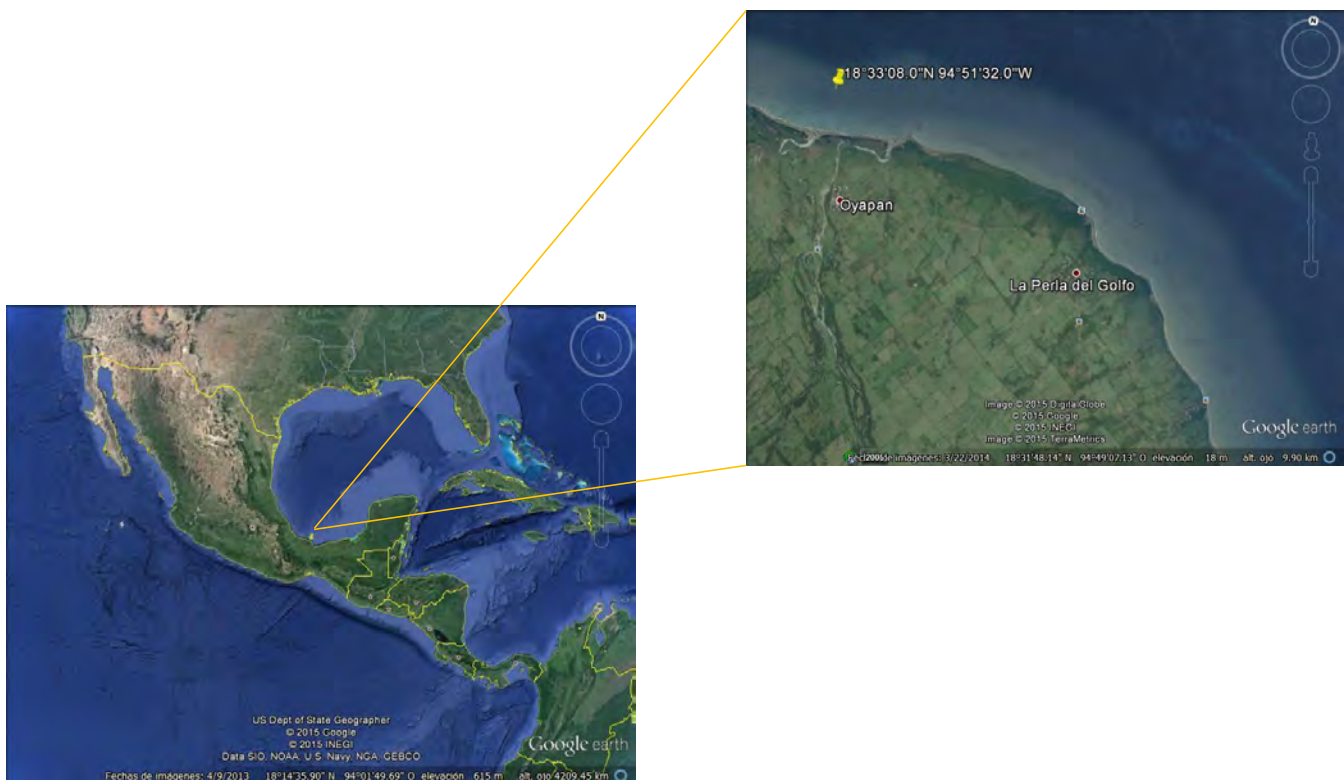


Figura 7. Mapas de ubicación del arrecife de coral, Perla del Golfo, Veracruz, México (Tomada de Google Earth, 2015).



Figura 8. Fotografías que muestran distintas áreas del arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz, México.



MATERIAL Y MÉTODO

Muestreo

Se realizaron cinco muestreos en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz, durante los meses de mayo y agosto 2015; abril, junio y agosto 2016, partiendo del embarcadero de la Laguna de Sontecomapan en lancha, pasando por la Barra de Sontecomapan donde desemboca al mar. A partir de ese punto se recorrió la costa en la lancha aproximadamente media hora. Se utilizó un GPS para geoposicionar el lugar de colecta. Para la toma de fotografías se utilizó una cámara subacuática (Nikon). Posteriormente se realizó la colecta de sustrato rocoso a diferentes profundidades utilizando cincel y martillo, colocando la roca en cubetas de plástico de aproximadamente 20 l, con agua marina para conservar vivos a los organismos el mayor tiempo posible. Se prosiguió a la colecta manual, por medio de la búsqueda visual de los equinodermos en algas, coral o sobre otros organismos y levantando rocas (Fig. 9), utilizando equipo de buceo libre y una tablilla de escritura de acrílico para la toma de datos bajo el agua, como temperatura, profundidad y sustrato en el que se encontraron los equinodermos, colocando los ejemplares en bolsas herméticas, para su transportación al Laboratorio de la Estación Biológica de los Tuxtlas.

Trabajo de gabinete

Para el procesamiento del material rocoso, se fragmentó con cincel y martillo, para así poder sacar la mayor cantidad de equinodermos posibles con pinzas de relojero. Una vez extraídos de la roca, se colocaron junto con los organismos colectados en una charola con solución de Cloruro de Magnesio ($MgCl_2$) para narcotizarlos durante 5 min, hasta que los organismos dejaran de presentar movimiento. Una vez narcotizados, se colocaron las extremidades de los ofiuroideos en forma de cometa con todos los brazos extendidos hacia un solo lado del disco central, cuidando que no se toque ninguna extremidad, para que la identificación y posterior manejo sea facilitado. Una vez acomodados los organismos de esta manera, se colocaron en alcohol al 70% para su preservación.

Todos los organismos fueron depositados en frascos, con sus respectivas etiquetas de papel albanene con el lugar de colecta, coordenadas, temperatura, profundidad, sustrato en el que se encontró, fecha de colecta y nombre de la especie a la que pertenecía el organismo.



Se realizó la identificación de los ejemplares colectados, utilizando guías y claves taxonómicas como: Hendler *et al.* (1997); Pomory (2007); Laguarda- Figueras *et al.* (2009). Mediante la observación de las estructuras de interés taxonómico, utilizando un microscopio estereoscópico para la clase Asterozoa, Ophiurozoa y Echinozoa; en la clase Holothurozoa, se realizaron pequeños cortes en el tejido ventral y dorsal, para la observación de las espículas en el microscopio óptico, previamente disueltas en cloro, con las cuales se determinó a nivel específico.

Los organismos de la clase Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa fueron fotografiados con ayuda del microscopio de capas (Leica Z16 APOA), con una cámara (Leica DFC) del Instituto de Biología de la UNAM, utilizando el programa LAS-Leica Application Suite, para una mejor identificación de las especies (Fig. 10).

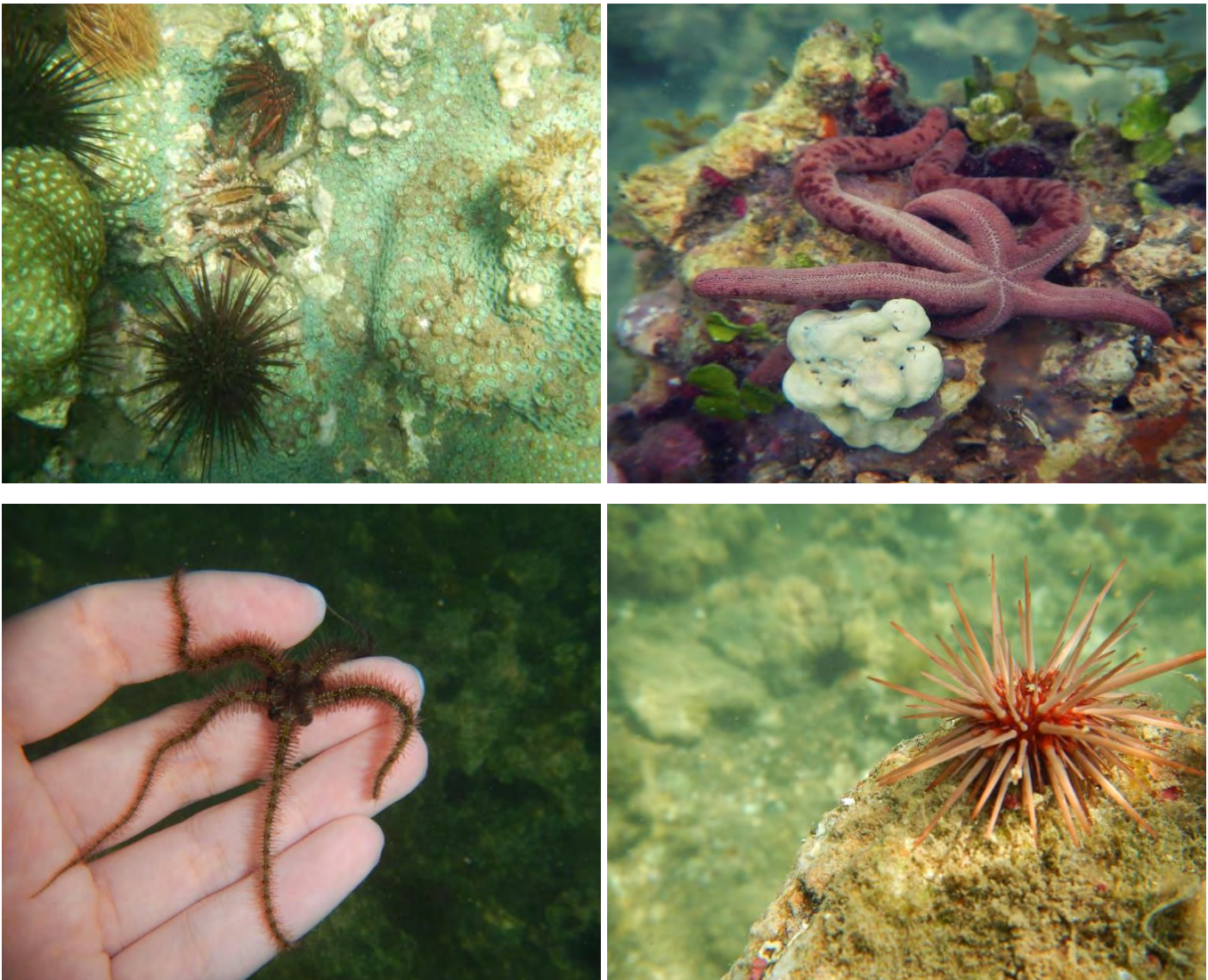


Figura 9. Muestra de colecta manual de la búsqueda de los equinodermos en algas, coral, sobre otros organismos y levantando rocas, en el arrecife de coral Perla del Golfo.



Para el análisis de datos se calcularon los índices de diversidad, equidad y dominancia, así como el índice de asociación Olmstead-Tukey.

Índice de Shannon-Wiener (H')

Como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad extensa.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \log_2(P_i)$$

Donde:

S= Número de especies.

p_i =Proporción de individuos en la especie i

$p_i = n_i/N$

Índice de Simpson (D)

Calcula la probabilidad de que dos organismos seleccionados al azar de una muestra, pertenezcan a la misma especie.

$$D = \frac{\sum (n_i(n_i-1))}{N(N-1)}$$

Donde:

n_i = es el número de individuos en la especie i

N = Número total de individuos de todas las especies

Índice de Pielou (J')

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la diversidad máxima esperada.

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

Se utilizó el índice de Olmstead-Tukey, para caracterizar a las especies a partir de su abundancia relativa y frecuencia de aparición



Figura 10. Toma fotográfica de las estructuras principales de equinodermos, en el microscopio de capas LeicaZ16 APOA del Instituto de Biología, UNAM.



RESULTADOS

Se colectaron un total de **553** organismos, en el arrecife de coral Perla del Golfo; distribuidos en cuatro clases, ocho órdenes, 12 familias, 13 géneros y 13 especies. Con la siguiente taxonomía (Tabla 1).

Tabla 1. Número de organismos representantes de cada clase de acuerdo a un orden, Familia, Género y Especie.

| Clase | Orden | Familia | Género | Especie |
|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Crinoidea | - | - | - | - |
| Asteroidea | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Ophiuroidea | 1 | 5 | 6 | 6 |
| Echinoidea | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Holothuroidea | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total | 8 | 12 | 13 | 13 |

En la Tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica ordenada de las especies encontradas en este estudio.

De los 553 organismos colectados en los cinco muestreos realizados, la clase Ophiuroidea presentó la mayor abundancia en organismos colectados, con 442 organismos; esto representa el 80%, seguido de la clase Asteroidea y Echinoidea, con 46 y 45 organismos, representando el 9% y 8% de los organismos respectivamente. Por último la clase Holothuroidea con 18 organismos, representando solo el 3% del total de los organismos colectados (Fig. 11).

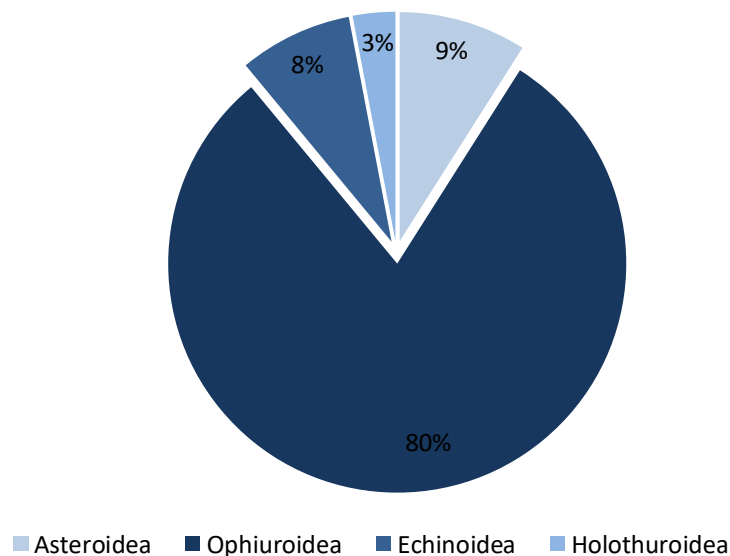


Figura 11. Proporción de organismos colectados en el arrecife de coral Perla del Golfo, pertenecientes a las clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea.



Tabla 2. Clasificación taxonómica de especies encontradas en el arrecife de coral Perla del Golfo

PHYLUM ECHINODERMATA

CLASE ASTEROIDEA Blainville, 1830

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Ophidiasteridae Verril, 1870

Género *Linckia* Nardo, 1834

Linckia guildingii Gray, 1840

Orden Spinulosida Perrier, 1884

Familia Echinasteridae Verril, 1867

Género *Echinaster* Müller & Troschel, 1840

Echinaster serpentarius Muller & Troschel, 1842

CLASE OPHIUROIDEA Gray, 1840

Orden Ophiurida Müller & Troschel, 1840

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Subfamilia Ophiocominae

Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836

Ophiocoma paucigranulata Devaney, 1974

Familia Ophionereididae Ljungman, 1867

Género *Ophionereis* Lütken, 1859

Ophionereis reticulata (Say, 1825)

Familia Ophiactidae Matsmuto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856

Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)



Familia Amphiuroidae Ljungman, 1867

Género *Amphiura* Forbes, 1843

Amphiura stimpsonii Lütken, 1859

Género *Amphipholis* Ljungman, 1866

Amphipholis squamata Delle Chiaje, 1828

Familia Ophiothrichidae Ljungman, 1866

Género *Ophiothrix* Müller & Troschel, 1840

Ophiothrix angulata Say, 1825

CLASE ECHINOIDEA Leske, 1778

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidaridae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

Eucidaris tribuloides Lamarck, 1816

Orden Temnopleuroida Mortensen, 1942

Familia Toxopneustidae Agassiz, 1841

Género *Tripneustes* Agassiz, 1841

Tripneustes ventricosus Lamarck, 1816

Orden Echinoida Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Género *Echinometra* Gray, 1825

Echinometra lucunter Linnaeus, 1816



CLASE HOLOTHUROIDEA Blainville, 1834

Orden Dendrochirotida Grube, 1840

Familia Sclerodactylidae Ayres, 1851

Género *Pseudothyone* Panning, 1949

Pseudothyone belli (Ludwig, 1886)

Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Ludwig, 1894

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Subgénero *Halodeima*

Holothuria (Halodeima) grisea (Selenka, 1867)



Diagnosis

CLASE ASTEROIDEA Blainville, 1830

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870

Género *Linckia* Nardo, 1834

***Linckia guildingii* (Gray, 1840)**

(Fig. 16A)

No menos de siete placas abactinales entre las placas súperomarginales. Áreas papulares más pequeñas que las placas abactinales. Tres hileras de placas laterales. Pequeños gránulos abactinales. Radios cilíndricos.

Descripción: El disco de esta especie es muy pequeño, presentan de cuatro a siete radios cilíndricos y delgados en su extremo distal, usualmente con longitudes desiguales, los brazos más alargados de hasta 22 cm de largo, 9 a 10 veces el diámetro del disco. Muchos individuos son considerablemente de menor talla, ya que con frecuencia tienen un brazo notablemente más largo que los demás. Superficie irregular, debido a que todo su cuerpo está tapizado por gránulos semiesféricos; los de la superficie abactinal y los laterales, aproximadamente del mismo tamaño; los de la superficie actinal aumentan de tamaño al aproximarse a los surcos ambulacrales. Áreas papulares con 30 a 40 poros y dos o más madreporitas, uno por interradio. La coloración de *L. guildingii* es altamente variable y usualmente diferente en juveniles e individuos adultos. Los juveniles están moteados con tonos de rojo, marrón, violeta o morado; los adultos son por lo general de color rojizo, amarillento, marrón o violeta.

Hábitat: Por lo general en la región dura del arrecife de coral; también se han reportado en camas de arena entre los arrecifes.

Distribución: *L. guildingii* es una especie circumtropical. Bien distribuida en el Océano Atlántico, Florida, Bahamas, México, golfo de México, mar Caribe, Brasil, Océano Índico, Antillas, Madagascar e Islas Hawaii.

Biología: Son filtradores de microorganismos adheridos. Con frecuencia se encuentran organismos regenerándose, con un brazo más largo que los otros, es por esta razón que son llamadas “estrellas cometas”; esto se debe a que presentan una reproducción de tipo asexual, con poder de autotomía en su etapa adulta, generando organismos genéticamente idénticos a sus progenitores (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Benavides *et al.*, 2011).



Orden Spinulosida Perrier, 1884

Familia Echinasteridae Verrill, 1867

Género *Echinaster* Müller & Troschel, 1840

***Echinaster serpentarius* (Müller & Troschel, 1842)**

(Fig. 16B)

Brazos delgados y acusados; madreporita plana, ligeramente cóncava, con espínulas cerca de la periferia; 11 series longitudinales de placas; espinas abactinales múltiples con puntas obtusas y romas de hasta 1.5 mm de longitud. Placas actinales ausentes.

Descripción: Disco pequeño, brazos largos, moderadamente anchos y acusados gradualmente hacia los extremos donde toman una forma redondeada, el ancho distal de los brazos es un 40 a 55% el ancho proximal; tegumento grueso. Placas ordenadas en claras líneas longitudinales, una carinal midradial y las demás dispuestas a cada lado del brazo. La disposición de las placas en los brazos son: carinales, adradiales, superomarginales, intermarginales e inferomarginales. Placas primarias de una a tres espinas con grupos cristalinos, pequeños y compactos, los cuales cubren menos de la mitad del área de una placa. Cada placa ambulacral con un total de tres o cuatro espinas, de las cuales la del centro es más pequeña y las otras más gruesas y largas en el borde. Placas orales pequeñas con dos espinas en la punta y dos más largas en los márgenes; madreporita plana, redonda u ovalada.

Hábitat: Se encuentran en arrecifes de coral, sustratos lodosos, fragmentos de conchas y esponjas, son comunes en la región batial superior y suelen llegar a presentar rangos de profundidad restringidos. Se encuentran comúnmente en aguas tropicales. Se encuentran en profundidades de cero a 107 m.

Distribución: Florida, golfo de México, Panamá y Colombia.

Biología: Se alimentan de organismos ciliados, algas, ascidias, esponjas e hidroides. Por lo general son de color café rojizo (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Benavides *et al.*, 2011).

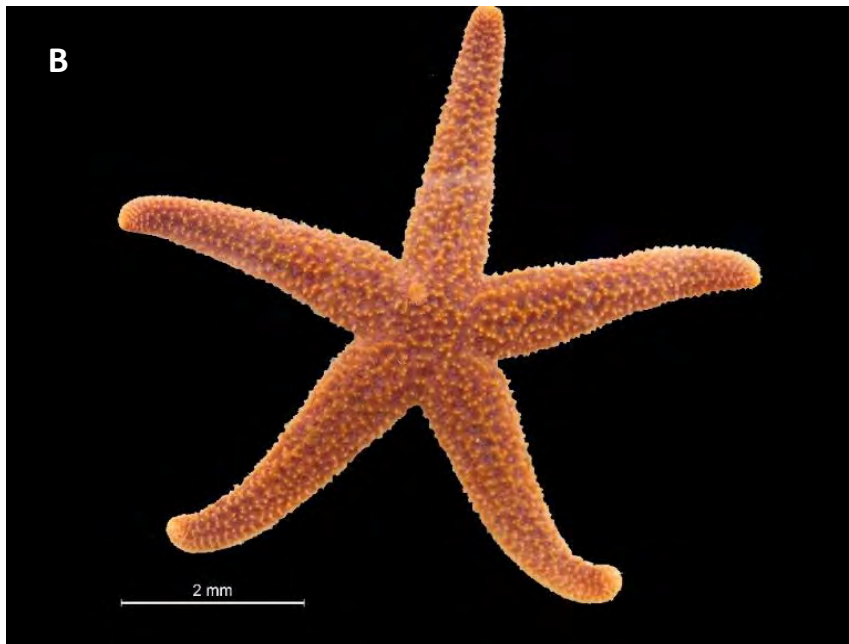
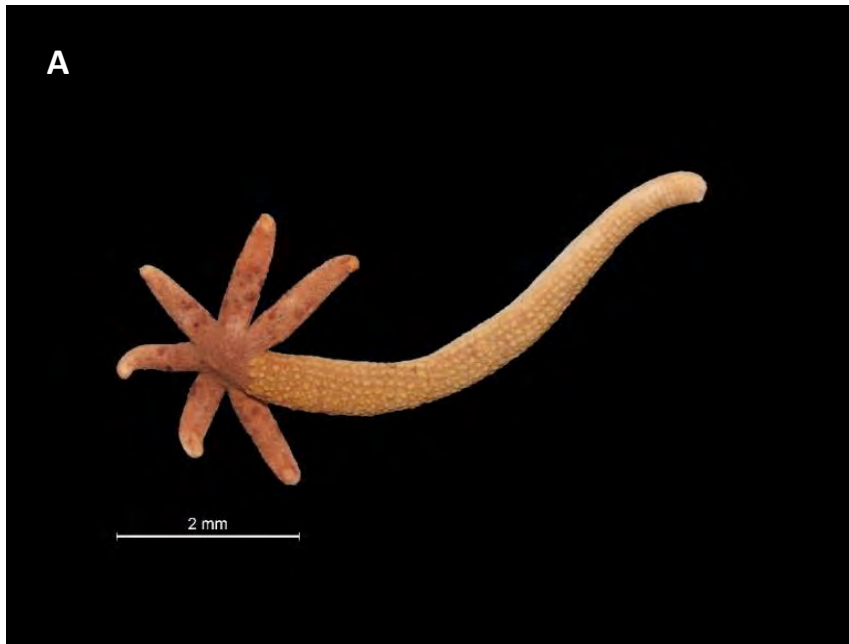


Figura 16. (A) *Linckia guildingii* (Gray, 1840), (B) *Echinaster serpentariu* (Müller & Troschel, 1842) región aboral.



OPHIUROIDEA Gray, 1840

Orden Ophiurida Müller & Troschel, 1840

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Subfamilia Ophiocominae

Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836

***Ophiocoma paucigranulata* (Devaney, 1974)**

(Fig. 17)

Disco cubierto por escamas y algunos gránulos en la parte central. Las espinas de los brazos son finas, cónicas y cilíndricas. Presenta tanto papilas orales como dentales. La parte distal de cada escudo radial está libre de gránulos; la cara oral del disco está libre de gránulos, las placas dorsales de los brazos son simétricas y presentan el mismo número de espinas a ambos lados de cada segmento de los brazos. Presenta dos escamas tentaculares en cada segmento de los brazos antes del borde del disco, las espinas de los brazos son levemente aplanadas.

Descripción: Disco de 11 mm de diámetro, cubierto por escamas y algunos gránulos en la parte central y el borde del disco. Escudos radiales muy pequeños, casi triangulares. Placas adorales triangulares. Placas orales pequeñas y alargadas, cada una sostiene cuatro papilas orales: la más distal en forma rectangular y las proximales ovaladas, presenta un grupo de 9 papilas dentales por cada mandíbula y dientes en forma rectangular. Los brazos de 44 mm de largo. Las placas dorsales, en forma de abanico y las placas laterales son delgadas, poseen dos espinas en el primer segmento del brazo, tres en el segundo y tercer segmentos y cuatro espinas, en el resto de los segmentos. Las espinas son gruesas, aplanadas con las puntas chatas.

Hábitat: En arrecifes poco profundos, pero considerablemente más abundantes en las zonas más profundas de los arrecifes; en los intersticios de coral, escombros y algas. Se encuentran a una profundidad de uno a 24 m.

Distribución: Florida, Islas Bahamas, Islas Caimán, México y Belice.

Biología: Presentan una mayor actividad durante la noche y son capaces de someterse a reversibles cambios de color diurno; durante el día son de negro parduzco con una indistinta franja de color marrón claro en el brazo, y por la noche se convierten en un color gris oscuro, con la franja de un gris pálido o blanco en el brazo. También pueden bloquear sus largas espinas y producir una especie de moco para alimentación y la defensa (Hendler *et al.*, 1995; Benavides *et al.*, 2011).

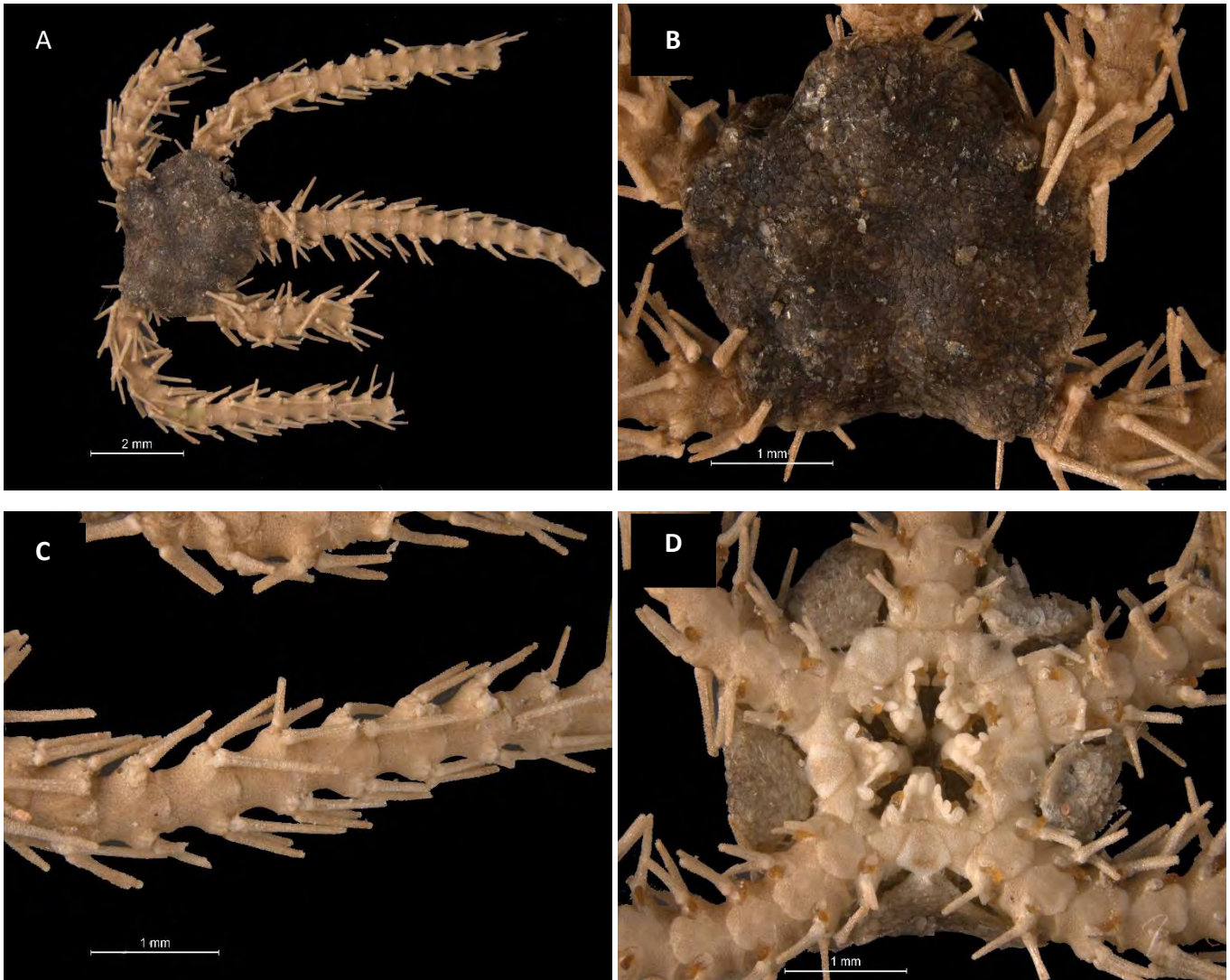


Figura 17. *Ophiocoma paucigranulata* (Devaney, 1974). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Familia Ophionereididae Ljungman, 1867

Género *Ophionereis* Lütken, 1859

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

(Fig. 18)

Disco pentagonal, con ángulos redondeados y cóncavos, ligeramente escamoso. La cara aboral está cubierta por pequeñas escamas imbricadas y desprovistas de espinas, con coloración amarilla, reticulados con motas oscuras. Los brazos son delgados, amarillos y anillados con motas oscuras; placas dorsales más o menos cuadradas y delgadas, con placas laterales que poseen una serie de espinas.

Descripción: Los individuos pueden crecer hasta 15 mm de diámetro en el disco y con brazos de hasta 120 mm de largo. En el disco los escudos radiales son pequeños; las placas primarias son raramente discernibles en adultos, a diferencia de otras especies de *Ophionereis*. Las placas del brazo dorsal proximal son aproximadamente dos veces tan anchas como largas; las placas dorsales accesorias son tan largas como las placas dorsales adyacentes. Presentan tres espinas en los brazos suaves, comprimidas, de punta roma. La espina media es la más grande y más larga en las articulaciones a una distancia desde el borde del disco equivalente a un diámetro de disco. Un sólo y largo tentáculo cubre completamente el poro tentacular. *Ophionereis reticulada* como su nombre lo indica, tiene una red bien definida de color café rojizo en el disco, pero a veces es más clara que el patrón en el disco de *O. olivacea* y *O. squamulosa*. Típicamente los brazos están bandeados con un color negruzco o marrón violáceo alrededor de cada cuarta articulación y hay una fina banda oscura entre las articulaciones de los brazos que son de color más pálido.

Hábitat: En todas las zonas arrecifales, manglares y camas de pastos marinos. Comúnmente en arena, debajo de rocas, pedacera de coral y corales. Se encuentran a profundidades de uno a 221 m.

Distribución: Bermudas, Islas Bahamas, Carolina del sur, Florida, Texas, Cuba, México, Jamaica, Haití, Puerto Rico, Barbados, Tobago, Antillas, Belice, Panamá, Colombia, Venezuela y Brasil.

Biología: Este es uno de los ofiuroideos que se encuentran con mayor frecuencia en Bermudas y Florida. Presentan fototaxismo negativo, por lo tanto, presentan más actividad durante la noche o prefieren las superficies oscuras. Se alimentan de partículas del sedimento, incluyendo algas filamentosas y diatomeas. Se ha reportado que *Ophionereis* es luminiscente verde azulado pero no se ha verificado (Hendler *et al.*, 1995; Benavides *et al.*, 2012).

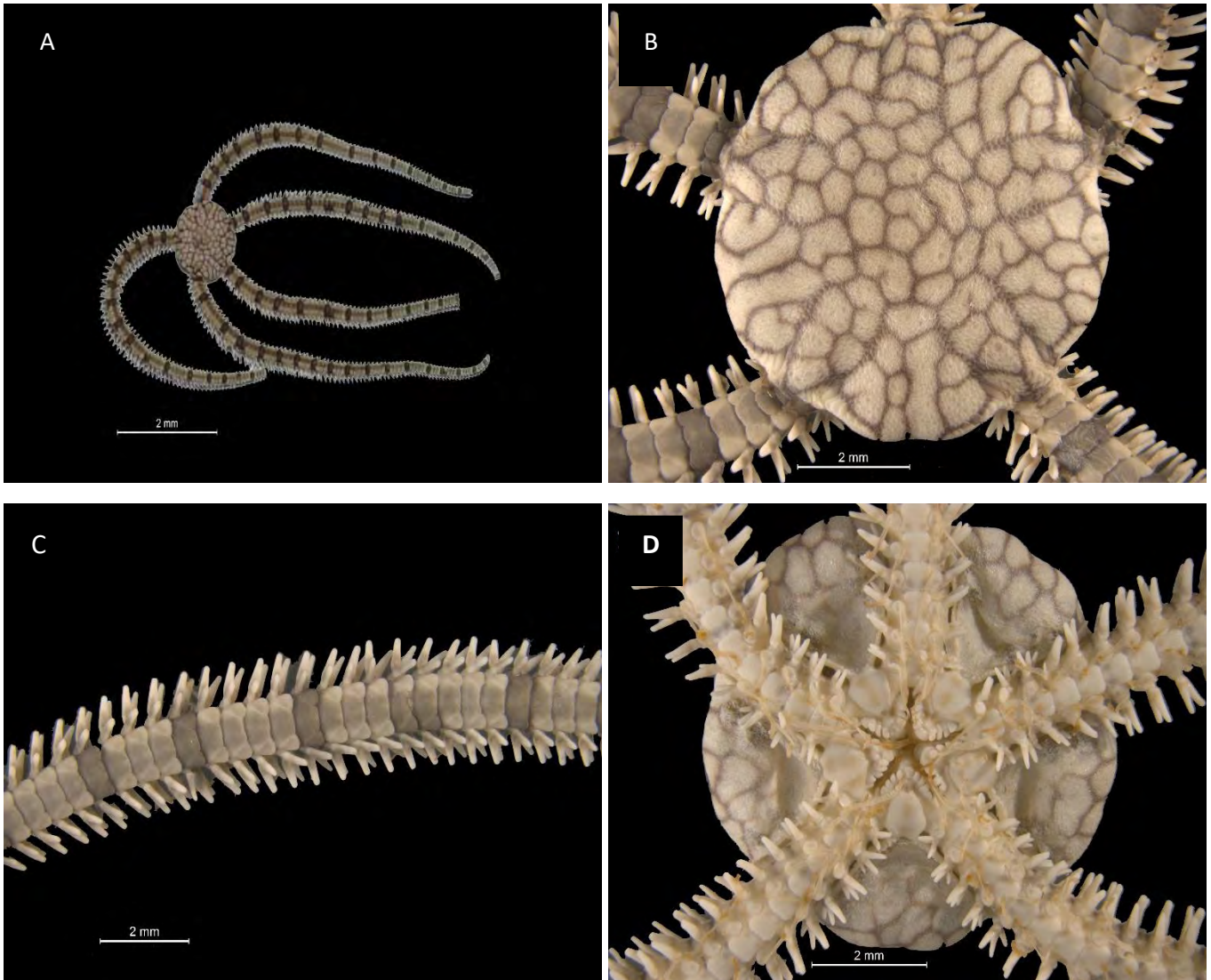


Figura 18. *Ophionereis reticulata* (Say, 1825). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Familia Ophiactidae Matsmuto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856

***Ophiactis savignyi* (Müller & Troschel, 1842)**

(Fig. 19)

Color del disco verde amarillento. Superficie ventral, amarillenta. Disco central con espinas y escamas (ovaladas), escudos radiales grandes (cubren casi todo el disco) y triangulares, unidos distalmente. Espinas pequeñas cubren el disco, principalmente en los interradios, los márgenes y la superficie ventral. De cinco a seis espinas braquiales. Dos a tres papilas bucales a cada lado de las hendiduras bucales. Dos hendiduras genitales y las placas laterales de cinco-seis espinas con pequeños dientes.

Descripción: Disco de tres a cuatro mm de diámetro, se caracteriza por presentar seis brazos de 14 a 16 mm de longitud. Escudos radiales granulados, grandes y triangulares, típicamente exceden en longitud la mitad de los radios del disco; son de color verde olivo con excepción de una marca amarillenta, próxima al extremo convexo de cada escudo; la cara externa de los escudos, son convexas y las internas aplanadas. Brazos ligeramente aplanados, afilados hacia el extremo distal; su dorso es verde y la superficie ventral amarilla. Placas dorsales de los brazos trapezoidales, dos veces más anchas que largas, granuladas, ligeramente sobrepuestas. De cinco a seis espinas cortas, gruesas, aplanadas y romas. Placas laterales, exteriormente separadas entre sí por amplios surcos. Una escama tentacular sobre cada placa lateral, aplanada, delgada, más ancha que larga, con el borde externo cóncavo y el interno y distal convexas. Escudos bucales romboidales, con gránulos microscópicos. Cuatro papilas bucales, delgadas y aplanadas; seis dientes cuadrados, aplanados; el superior e inferior más pequeños.

Hábitat: En todas las zonas de los arrecifes coralinos, pastos marinos y áreas de manglar. Viven en algas, corales, esponjas y escombros.

Distribución: Especie cosmopolita, principalmente en regiones tropicales y subtropicales, en aguas cálidas del Indo-Pacífico, Atlántico, carolina del Sur, Bermudas, golfo de México, mar Caribe y Brasil.

Biología: Es la especie más abundante dentro de la Clase Ophiuroidea, pueden vivir en densidades de 3 000 individuos por litro y arriba de 850 individuos por esponja. Los individuos de esta especie suelen vivir solamente en esqueletos de coral muerto, ya que pueden morir en los pólipos de coral vivo. Presentan una reproducción tanto sexual como asexual por fisión del disco; esta doble capacidad de reproducción, es la que les permite ser tan abundantes y tener una mayor distribución (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995).

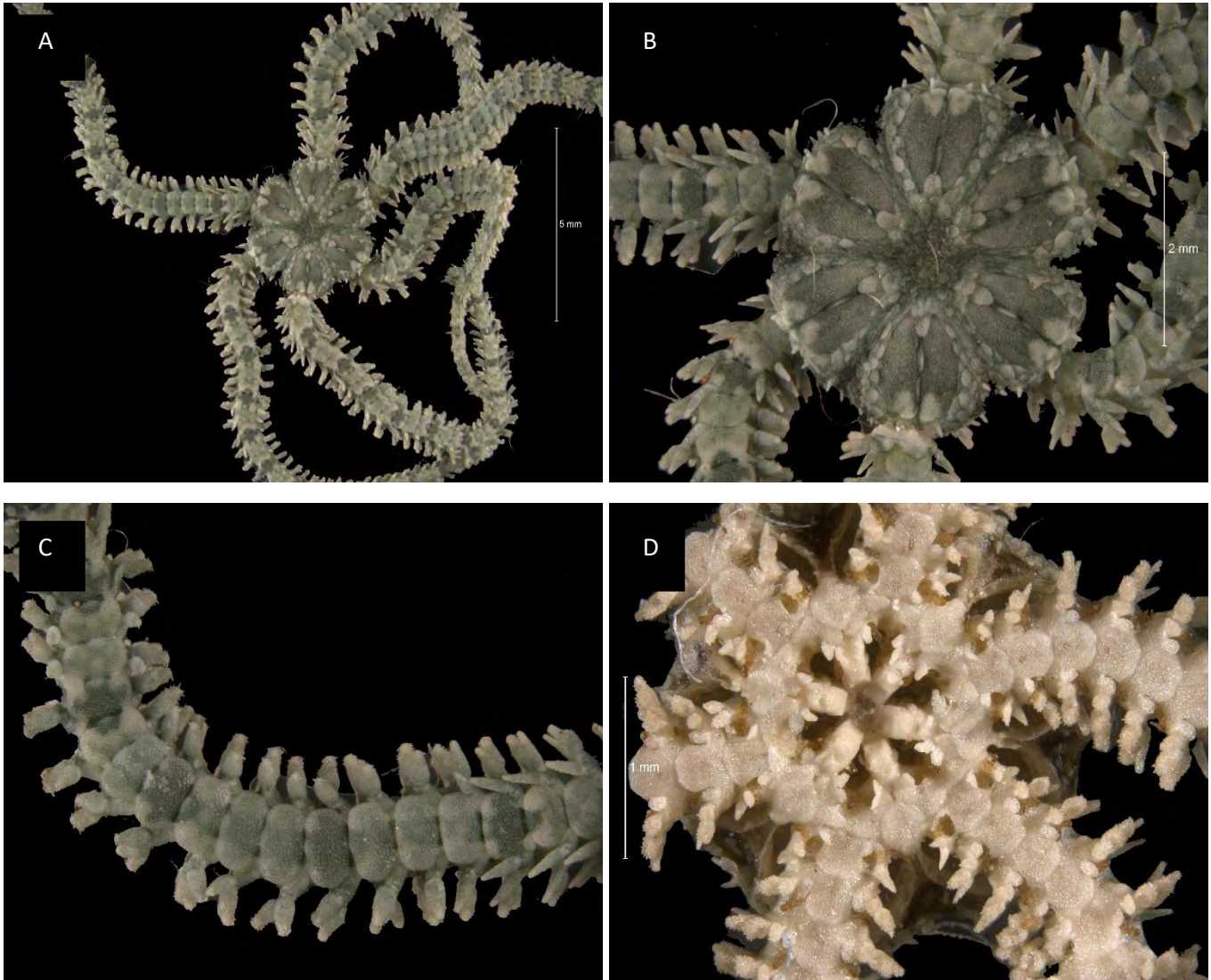


Figura 19. *Ophiactis savignyi* (Müller & Troschel, 1842). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Familia Amphiuroidae Ljungman, 1867

Género *Amphiura* Forbes, 1843

***Amphiura stimpsonii* (Lütken, 1859)**

(Fig. 20)

Disco central cubierto por escamas imbricadas, tanto en la región aboral como oral. Los escudos radiales son alargados y delgados, se encuentran unidos solamente en la parte distal y completamente separados. Escudos orales son romboidales, más anchos que largos y separan a las placas adorales, que son de forma triangular. Cada mandíbula posee tres pares de papilas orales. Los dientes son en forma rectangular. Poseen un poro tentacular a cada lado de la mandíbula. Hay dos hendiduras genitales delgadas y alargadas. Los brazos poseen una escama tentacular ovalada a cada lado de las placas ventrales, que son rectangulares en los primeros segmentos. La placa dorsal es ovalada mucho más ancha que larga y la placa lateral sostiene de tres a cinco espinas aplanadas.

Descripción: Es una de las especies más pequeñas, rara vez miden más de cuatro mm de diámetro en el disco; con brazos de 15 a 20 mm de largo. Se distinguen por la presencia de tres a cinco espinas en los brazos; placas ventrales de los brazos más largas que anchas y las placas dorsales de los brazos presentan bordes proximales laterales rectos y un borde distal convexo. El disco de color grisáceo o rojizo, en placas primarias y los escudos radiales pigmentado, con puntas externas generalmente pálidas. Los brazos usualmente suelen ser más pálidos que el disco, ligeramente amarillento o blanco, algunas veces con bandas irregulares de color marrón o gris.

Hábitat: En la pendiente frontal de los arrecifes; en sustrato protegido; como densas marañas de algas, coral de ramificado, fragmentos de coral, concha y escombros.

Distribución: Florida, Islas Bahamas, Texas, México, Jamaica, Haití, Puerto Rico, Barbados, Antillas, Belice y Brasil.

Biología: Se encuentran comúnmente en grupos de algas coralinas, con otras especies de talla pequeña. Son vivíparos o con reproducción asexual; empollan los embriones en su bursa, los cuales son liberados en la columna de agua. Los juveniles tienen un diámetro de disco de 0.8 mm y hasta 10 articulaciones por brazo. Son hermafroditas; presentan un ovario y un testículo conectados a cada bursa (Hendler *et al.*, 1995).

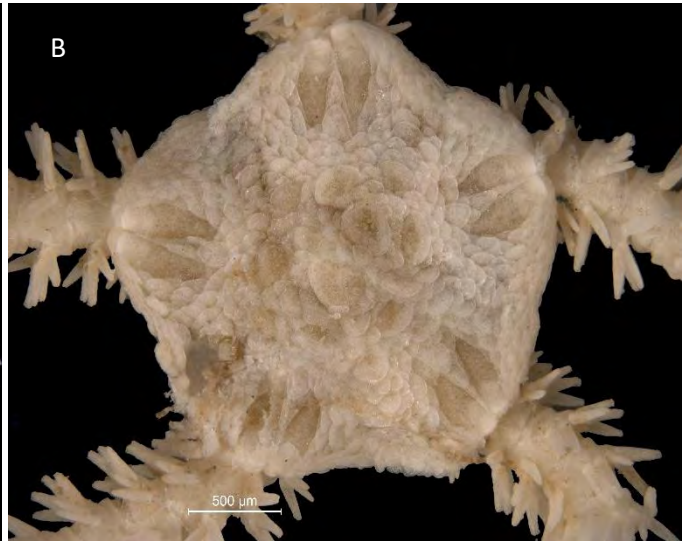


Figura 20. *Amphiura stimpsonii* (Lültkén, 1859). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Familia Amphiuridae Ljungman, 1867

Género *Amphipholis* Ljungman, 1866

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

(Fig. 21)

Disco completamente cubierto de escamas ovaladas de un tamaño similar. Escamas gruesas en la parte superior, las placas primarias generalmente ausentes y presentan pares de escudos radiales que se tocan entre ellos; los escudos orales son de tamaño medio y romboides. Las mandíbulas presentan tres pares de papilas orales, presentan dos hendiduras genitales alargadas y delgadas. Las placas adorales más grandes que los escudos orales, de forma triangular. Los brazos poseen dos escamas tentaculares ovaladas a cada lado de las placas ventrales, pequeñas y en forma de abanico. Las placas dorsales y ventrales están separadas por las placas laterales.

Descripción: Los organismos de mayor tamaño, son aproximadamente de tres a cinco mm de diámetro del disco y con brazos de 11 mm de largo. Presentan una coraza en la parte superior del disco, carece por lo general de placas primarias, escudos radiales que se tocan entre sí, casi circulares. Papilas orales redondeadas y papilas infradentales alargadas. Las placas dorsales y ventrales de los brazos tienen crestas sobresalientes de las placas laterales que le dan al brazo una apariencia de cuentas. Presentan tres espinas en los brazos. Los escudos adorales están en contacto proximal a la placa bucal. El disco puede ser de color blanco, amarillo, naranja, marrón, rojizo o gris. Los escudos radiales comúnmente tienen una punta distal blanca; los brazos son amarillentos, blancos, algunas veces con una delgada y oscura banda verde o café.

Hábitat: En rocas de arrecifes de coral, pastos marinos y camas de algas, manglares, estuarios. Vive debajo de las rocas sobre fondos de arena, bajo escombros, en colonias y grupos de esponjas, briozoos, mejillones y plantas marinas.

Distribución: Cosmopolitas, se encuentran en cualquier región, excepto en regiones polares.

Biología: *Amphipholis squamata* es una especie luminiscente, vivípara, son hermafroditas y presentan autofecundación. Se presentan agregaciones superiores a 500 individuos por metro cuadrado; o 500 por litro de alga. Estas grandes densidades se mantienen, en parte, por un comportamiento de fototaxis negativo, por la propensión de los individuos a rodar en una bola y hundirse hasta el fondo (Hendler *et al.*, 1995).

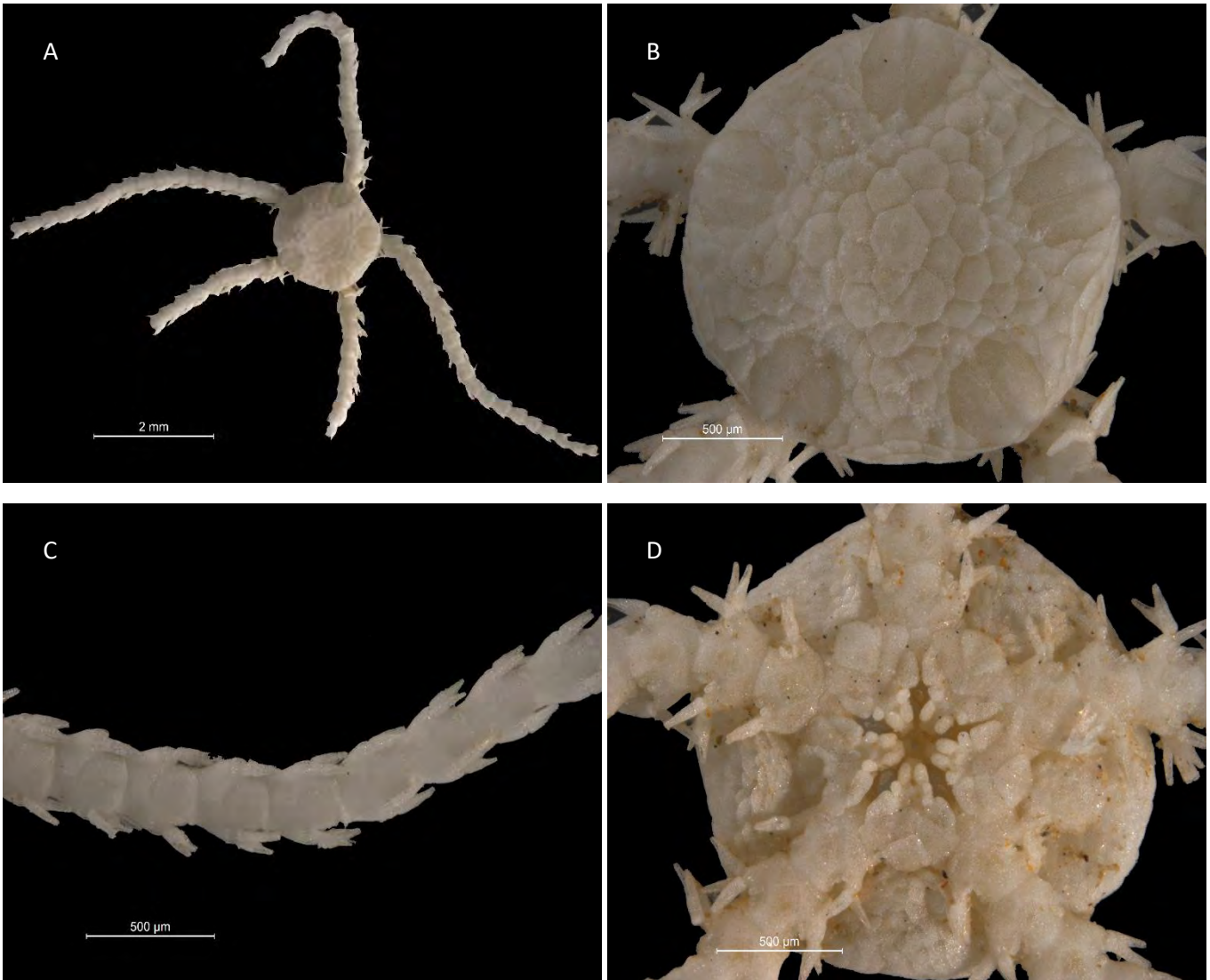


Figura 21. *Amphipholis squamata* (Delle Chiaje, 1828). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Familia Ophiothrichidae Ljungman, 1866

Género *Ophiothrix* Müller & Troschel, 1840

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

(Fig. 22)

Disco ligeramente pentagonal con espinas bifidas y trífidas. Los escudos radiales son pequeños, ovalados y están cubiertos por espinas. Los escudos orales son largos y ovalados, con placas adóales triangulares. No presentan papilas orales en la mandíbula y presentan grupos de 17 papilas dentales. Las hendiduras genitales son grandes y ovaladas. Las placas dorsales en forma de abanico, las placas laterales son delgadas y presentan de seis a siete espinas gruesas y transparentes con una espina en la región más ventral en forma de gancho o “hook”.

Descripción: Es una especie moderadamente pequeña de 1 mm de diámetro en el disco, con brazos de 80 mm de largo. A diferencia de otras especies de *Ophiothrix* no presentan papilas orales, solo papilas dentales. Placas dorsales en forma de abanico y pequeñas. Placas ventrales rectangulares. Las seis espinas de los brazos aserradas, gruesas y transparentes, con una escama tentacular pequeña; espinas cercanas al disco son dentadas, medio aplanadas; las espinas más largas cerca de la punta del brazo son suaves, altas y alargadas. Los brazos tienen generalmente una raya mediana negra, blanca o de un color contrastante; la superficie ventral de los brazos es generalmente de color blanco. La superficie dorsal puede ser de color rosa, violeta, azul, púrpura, carmesí, café, gris, verde, naranja-rojo, este último relativamente poco común (Fig. 22A, 22B).

Hábitat: Manglares, pastos marinos y en todos los arrecifes coralinos; en substratos de pedacería coralina, sobre algas, esponjas y organismos sésiles. Se encuentran en profundidades de uno hasta los 540 m.

Distribución: Bermudas, Islas Bahamas, Carolina del norte, Florida, Texas, Antillas, México, mar Caribe, Centro y Sur América hasta Uruguay. Hay registros al oeste de África.

Biología: Es una de las especies de ofiúridos más comunes en Florida, Islas Bahamas y aguas templadas de Caribe. Estas poblaciones presentan densidades que exceden los 100 individuos por litro de agua y 16 individuos por litro de esponja seca. Las diferencias observadas en la coloración en una misma localidad, pueden reflejar la asincronía reproductiva que prevalece entre las poblaciones de ofiúridos más tropicales (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Benavides *et al.*, 2011).

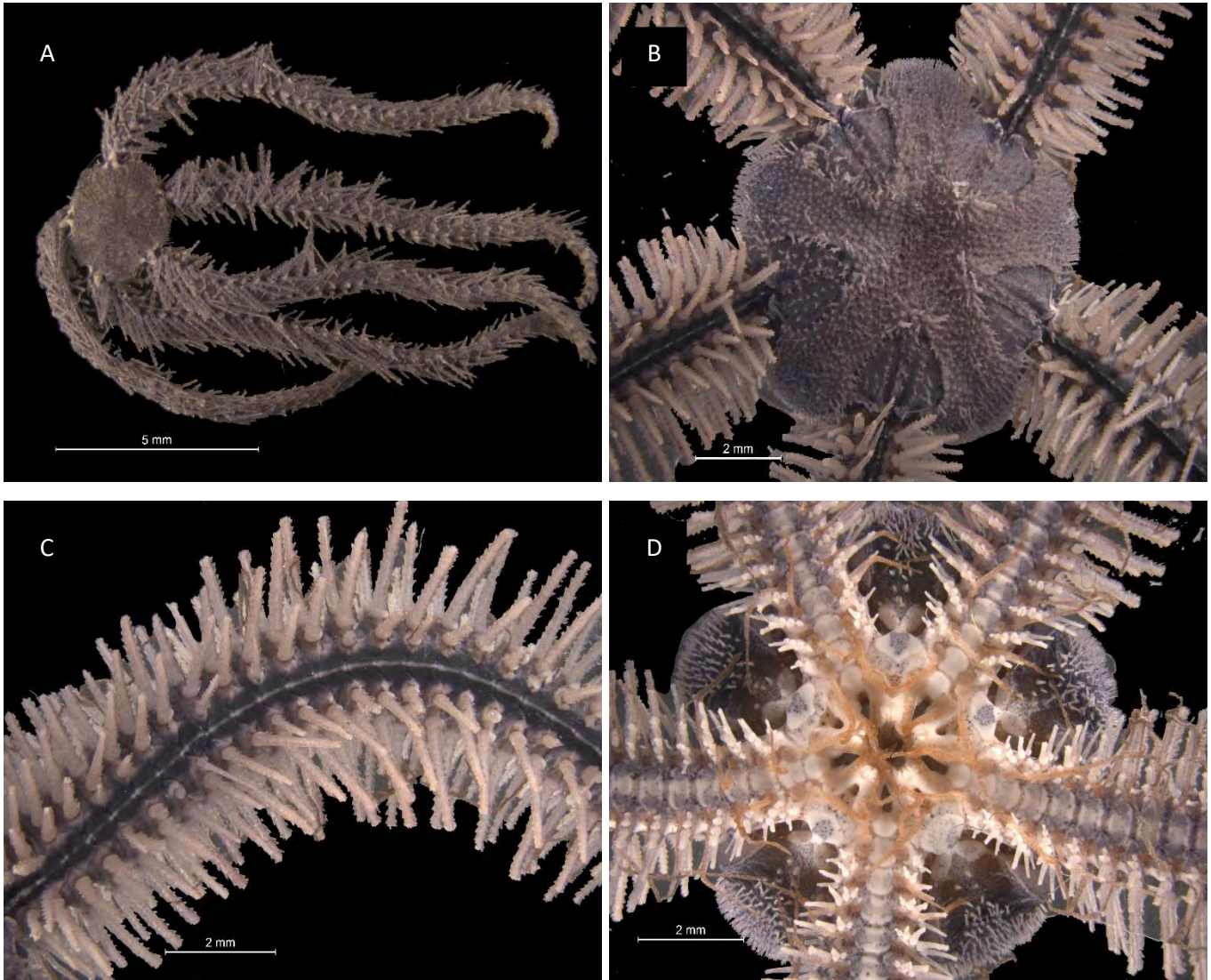


Figura 22. *Ophiothrix angulata* (Say, 1825). (A) Vista dorsal, (B) región aboral, (C) placas dorsales de los brazos y (D) región oral del disco.



Figura 22A. *Ophiothrix angulata* diferencias morfológicas, con vista completa de la región aboral, donde se observan los diferentes patrones de coloración para esta misma especie.

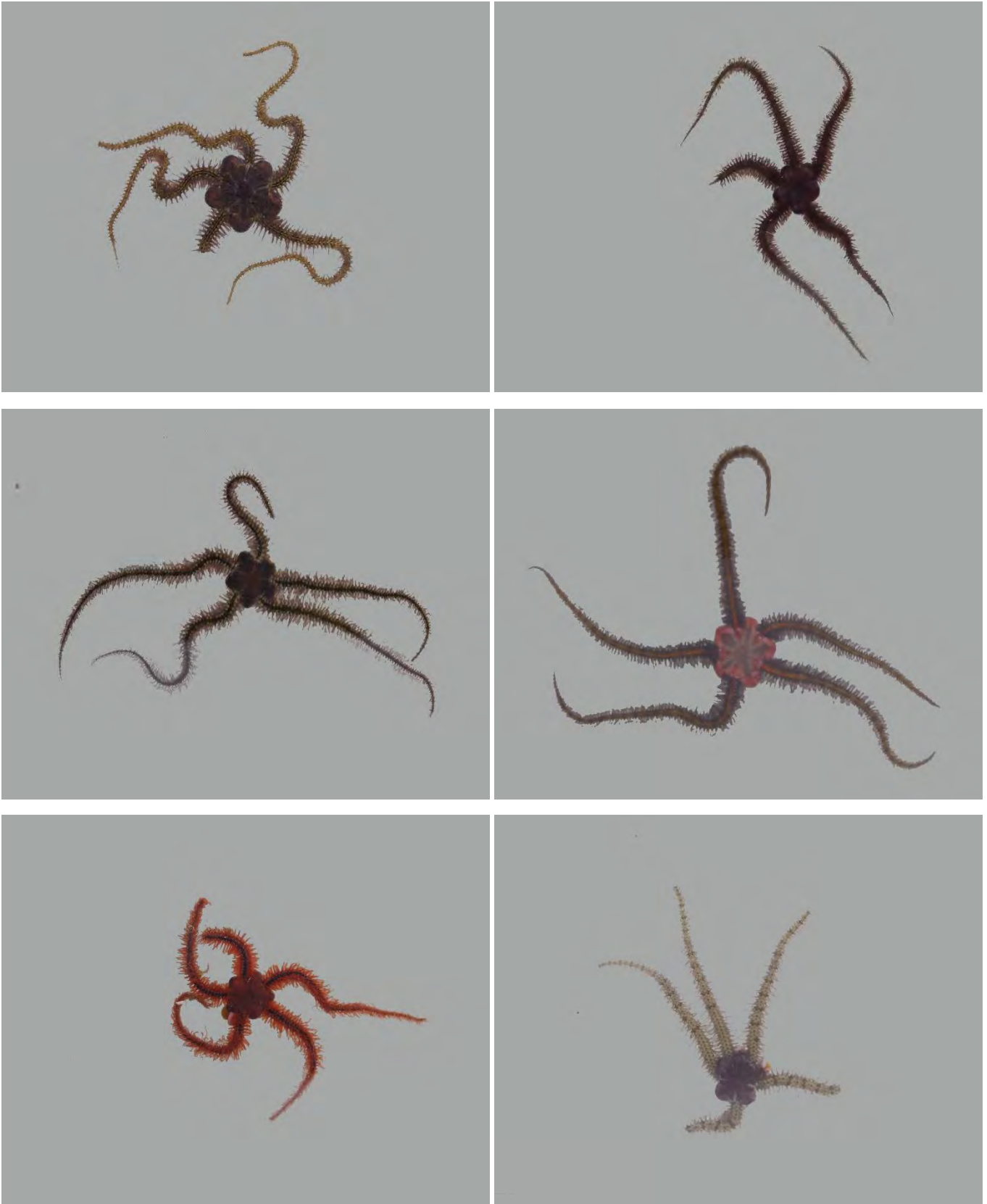


Figura 22B. *Ophiothrix angulata* diferencias morfotípicas, con vista completa de la región aboral, donde se observan los diferentes patrones de coloración para esta misma especie.



CLASE ECHINOIDEA Leske, 1778

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidaridae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

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

(Fig. 23)

Esqueleto grueso, circular, en forma de turbante, con la región actinal y abactinal igualmente aplanadas. Espinas primarias gruesas, cilíndricas, escasas, iguales o menores que el diámetro, frecuentemente bandeadas en juveniles. Espinas secundarias cortas, aplanadas lateralmente. Color pardo oscuro, jaspeado de blanco o amarillo y con manchas rojas o verdes.

Descripción: La testa de 39 a 55 mm de largo, con una altura de 25 a 35 mm. Pueden alcanzar 130 mm de diámetro incluyendo las espinas. Espinas primarias gruesas, escasas, cilíndricas, afiladas ligeramente en sus extremos distales; generalmente con la misma longitud que el diámetro de la testa; la superficie externa de estas espinas está erizada por tubérculos dispuestos en series longitudinales. Espinas secundarias cortas aplanadas lateralmente, de color amarillo verdoso, con extremos pardos; truncados o ligeramente redondeados. Los Pedicelarios de tres tipos: 1) pedicelarios globíferos grandes, están distribuidos principalmente sobre la superficie abactinal de las regiones interambulacrales, de márgenes dentados; 2) pedicelarios globíferos pequeños, distribuidos sobre toda la testa; 3) pedicelarios tridentados, abundantes sobre la superficie actinal de las zonas interambulacrales.

Hábitat: En arrecifes de coral en pequeñas grietas, o debajo de las rocas y escombros. Se encuentran en profundidades de los cero a 800 m, pero es más común encontrarlo a los 50 m.

Distribución: En el océano Atlántico desde Carolina del Sur a las Bermudas, Azores, Cabo Verde, Antillas, golfo de México, México, mar Caribe a Río de Janeiro, Brasil, costa Este de América Central, Noroeste de Sur América.

Biología: Las espinas son de crecimiento lento; una nueva columna vertebral necesita un año para alcanzar una longitud de 23 mm. Las espinas de esta especie son a menudo cubiertas de incrustantes animales y plantas, unidos al esqueleto muerto, debido a que solo la región basal de la columna vertebral está cubierto con epitelio vivo. Son omnívoros, se alimentan de algas, briozoos, fragmentos de coral, esponjas y pastos marinos (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Borrero *et al.*, 2012).



Figura 23. *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816). Vista completa del organismo.



Orden Temnopleuroida Mortensen, 1942

Familia Toxopneustidae Agassiz, 1841

Género *Tripneustes* Agassiz, 1841

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

(Fig. 24B)

Testa de color púrpura, grande y robusto, ligeramente arqueado, de contorno circular. Poros ambulacrales dispuestos en tres series verticales. Tubérculos primarios presentes sobre cada tercera o cuarta placa ambulacral. Peristoma pequeño en relación al diámetro del caparazón. Espinas cortas y robustas, afiladas, blancas o blanco amarillento. La altura del caparazón es aproximadamente igual a la mitad del diámetro.

Descripción: Es un erizo largo, que alcanza un diámetro de hasta 150 mm. La testa hemisférica con poros ambulacrales en tres series verticales, con numerosos tubérculos pequeños que tienden a formar series horizontales de cinco o seis sobre cada placa interambulacral. En organismos vivos, la testa presenta un color uniformemente café. Las espinas primarias y secundarias cortas, que contrastan entre ellas por su color blanco. Periprocto con cientos de bandas de pedicelarios de tipo globífero, con pedúnculos calcáreos. Están cubiertos con una gruesa capa de tejido café y con valvas café más oscuras que el tallo. La región de la testa ligeramente café. El peristoma tiene pequeños grupos de espineletas y pedicelarios.

Hábitat: Zonas de pastos marinos, fondos arenosos, entre arrecifes coralinos, así como en rocas y escombros. En profundidades de cero a 55 m.

Distribución: Florida y Bermudas, Colombia, sur de Brasil, Occidente de África, Islas de Trinidad.

Biología: Estos organismos suelen cubrir la parte superior de la testa con fragmentos de pastos, conchas y cascajos aunque en mucho menor cantidad que *Lytechinus variegatus variegatus*. Presentan animales asociados como los camarones de coloración criptica *Gnathophylloides mineri* Schmitt, que vive entre las espinas y se alimenta de la epidermis de las espinas. (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Borrero *et al.*, 2012).



Orden Echinoida Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Género *Echinometra* Gray, 1825

***Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1816)**

(Fig. 24A)

Especie de color muy variable, algunos de color púrpura o pardo verdusco, aunque predomina el color pardo rojizo. Espinas primarias, por lo general, más cortas que el diámetro de la testa. Esqueleto delgado y alargado. De seis a siete pares de poros en los arcos.

Descripción: Esta especie alcanza un diámetro máximo de 150 mm; la longitud de la testa es de 33 a 71 mm y una altura de 14 a 19 mm; las espinas primarias de dos a 45 mm. Tienen una testa ovalada y alargada con dos filas de grandes tubérculos, a lo largo de los ambulacros e interambulacros, con seis a siete pares de poros dispuestos en arcos y un gran peristoma. Espinas primarias robustas, cónicas, ligeramente aplanadas y afiladas, estriadas longitudinalmente, de diversos tamaños; generalmente más cortas que el diámetro de la testa. Espinas secundarias finas, frágiles, con aspecto semejante a las primarias, pero menores que la cuarta parte de ellas. Las placas genitales son pequeñas, con grandes aberturas genitales. La madreporita excede en tamaño a las otras placas genitales. Pedicelarios de tres formas: 1) pedicelarios gemmiformes, que rodean al peristoma, esparcidos entre las espinas secundarias, con márgenes dentados y ganchos característicos; 2) pedicelarios tridáctilos, menos abundantes, sobre el peristoma; los extremos distales angostos, con márgenes granulados; 3) pedicelarios trifoliados dispuestos abundantemente en el peristoma, por fuera del anillo principal de pedicelarios gemmiformes.

Hábitat: Sobre roca caliza en arrecifes, por lo general en la zona de rompiente. En profundidades de cero a 45 m, por lo general en la zona litoral.

Distribución: Carolina del Norte, Bermudas, al Sur del mar Caribe, costa Este de México, América Central, Venezuela, costa Norte de Sur América, Antillas, Brasil y costa Oeste de África.

Biología: En substrato duro, es la especie más común; con frecuencia quedan expuestos en los arrecifes de poca profundidad, incluyendo las zona meso litoral de playas rocosas. Se encuentran arriba de los 129 individuos por metro cuadrado. Esta especie es resistente al estrés físico causado por factores, como incremento de temperatura y salinidad. Se alimentan principalmente por la noche, principalmente derivados de algas (Hendler *et al.*, 1995; Borrero *et al.*, 2012).

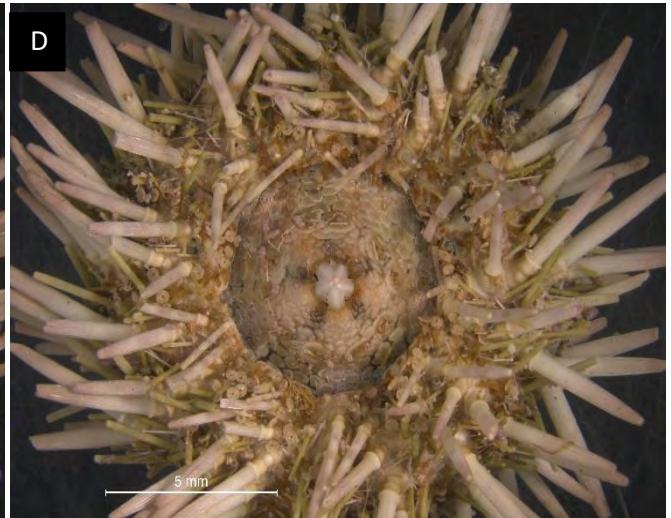
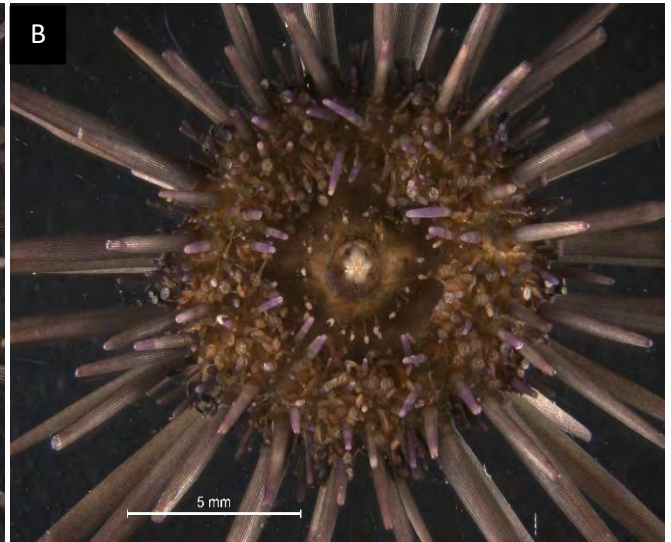
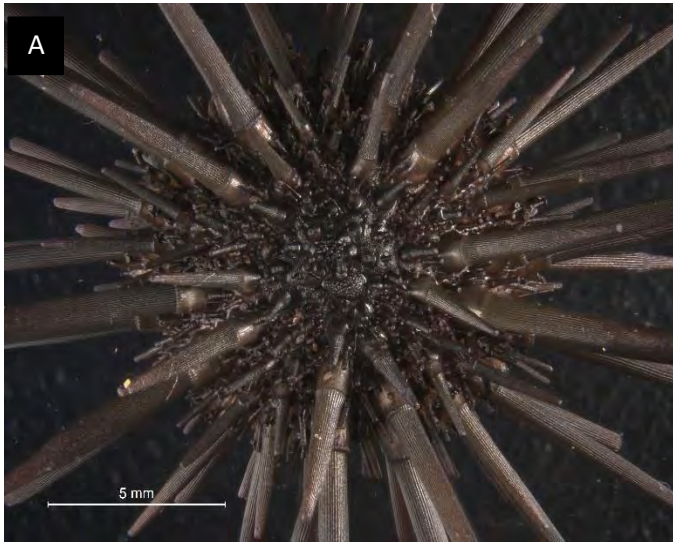


Figura 24. *Echinometra lucunter* (Linnaeus,1816). (A) región aboral, (B) región oral. *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816). (C) región aboral, (D) región oral.



CLASE HOLOTHUROIDEA Blainville, 1834

Orden Dendrochirotida Grube, 1840

Familia Sclerodactylidae Ayres, 1951

Género *Pseudothyone* Panning, 1949

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

(Fig. 25A)

Los individuos son pequeños aunque pueden encontrarse de 5 cm de longitud. El cuerpo es generalmente curvo, delgado en los extremos y un poco más grueso en el centro. A lo largo de todo el cuerpo están distribuidos muchos pies ambulacrales tubulares cilíndricos, los cuales presentan alineación cerca del ano y la boca y son más numerosos hacia la parte ventral del individuo.

Descripción: Los pies ambulacrales tubulares tienden a presentarse de manera alineada en filas, cercanas a la boca y el ano. En la superficie ventral del cuerpo son más numerosos y largos. Son incapaces de presentar retracción completa, debido a la densa capa de osículos en la pared; los pies en filas dobles a lo largo de cada radio. Presentan un tegumento rígido con osículos en forma de botón en las paredes corporales y mesas en los pies ambulacrales tubulares, los primeros tienen cuatro perforaciones, dos nudos grandes en el centro y de nueve a 12 nudos marginales. Las mesas son delgadas y presentan discos curvos y pequeños, puntas robustas que terminan en pequeños dientes. Cinco pequeños dientes calcáreos rodean el ano, con dos pequeñas papilas situadas por encima de cada diente. La boca está rodeada por ocho, tentáculos largos, delgados y ramificados y dos ventrales más cortos. Su coloración es gris tenue con algunas manchas de color marrón o café. En individuos muy pequeños las manchas son de color gris más oscuro y su distribución es muy densa en la parte dorsal.

Hábitat: Se encuentran sedimentos de carbonato de arena, sobre plataformas de calizas coquinoideas, aunque no se tiene la referencia de la cantidad de individuos por metro cuadrado. Se encuentra en profundidades de cero a 37 m.

Distribución: Bermudas, Estados Unidos (Florida y Dry Tortugas), México, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, y Brasil.

Biología: Por lo general, crean madrigueras en el sedimento blando. Se posan en las grietas de los arrecifes, lo suficientemente grandes como para contener el adulto. Los individuos pueden ser vistos cuando extienden su corona de tentáculos para alimentarse. Los pies de *P. belli* proporcionan un agarre tenaz sobre sustratos duros (Hendler *et al.*, 1995).



Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Ludwig, 1894

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Holothuria (Halodeima) grisea (Selenka, 1867)

(Fig. 25B)

Tamaño mediano, con sus extremos romos, característicos que permiten reconocerla por su aspecto externo. Color grisáceo, con ambulacros y papilas amarillentas. Piel delgada, parecida a la de *H. floridana*. Espículas en forma de tablas, placas y barrotes con extremos ramificados.

Descripción: De 65 a 145 mm de longitud y 20 a 40 mm de diámetro en su porción más ancha. Forma cilíndrica con extremos romos. Boca dirigida hacia la superficie ventral. Ano situado en el extremo posterior. Piel rugosa y delgada. Superficie ventral plana, con abundancia de ambulacros amarillos. Superficie dorsal con papilas amarillentas, grandes y dispuestas de cuatro a seis series. De 20 a 25 tentáculos grandes pardo amarillento. Intestinos no tan desarrollados, una sola vesícula de Poli, exageradamente grande en comparación a su tamaño corporal, uno de los canales pétreos más desarrollados que los demás. Las espículas son de tres tipos: 1) tablas, 2) placas y 3) barrotes que sostienen los ambulacros. Las espículas de tablas se encuentran en la parte más externa del cuerpo, constituidas por un disco pequeño, que tiene pequeñas espinas en el borde. Las espículas en forma de placas se encuentran en las capas internas y se caracterizan por sus agrupaciones numerosas, con dos a cuatro agujeros centrales. Las espículas de barrotes, son los sostenedores de los ambulacros, con pocos agujeros en los extremos y diminutas espinas en sus bordes.

Hábitat: Generalmente en pastos marinos, pero en Florida es muy común encontrarlos asociados a *Phragmatopoma lapidosa*, arrecifes de gusano y en fondos arenosos. Se encuentran a profundidades menores a 5 m.

Distribución: Florida, Islas Bahamas, México, Puerto Rico, Haití, Jamaica, Antillas, Panamá, Colombia, Río de Janeiro, Brasil y en la costa Oeste de África.

Biología: sus numerosos pies le proporcionan un agarre tenaz sobre sustratos duros. En algunas localidades, los individuos son sumamente numerosos, en lagunas poco profundas, especialmente donde los pastos marinos son abundantes. Los holoturoideos son capaces de tolerar las duras condiciones, durante las extremas mareas bajas, como la desecación y las temperaturas, pueden superar los 35 °C (Caso, 1961; Hendler *et al.*, 1995; Borrero *et al.*, 2012).



Figura 25. (A) *Pseudothyone belli* (Ludwig, 1886), (B) *Holothuria* (*Halodeima*) *arisea* (Selenka, 1867).



La clase con una mayor riqueza de especies, fue Ophiuroidea con seis especies, seguida de la clase Echinoidea con tres especies, por último las clases Asteroidea y Holothuroidea con dos especies cada una (Fig. 12).

El muestreo con mayor riqueza específica, fue el del mes de agosto 2015 con 10 especies, seguido del mes de abril con nueve especies, de igual forma que el mes junio 2016 con nueve especies, siendo mayo 2015 y agosto 2016 los muestreos con una menor riqueza específica, con tan solo siete especies (Fig.13).

De los cinco muestreos realizados en el arrecife de coral Perla del Golfo, el mes con mayor cantidad de organismos, fue agosto 2015 con 156 organismos, pertenecientes a 10 especies, seguido del mes de mayo 2015, con 110 organismos distribuidos en siete especies; para el mes de junio 2016 y agosto 2016 se encontraron 99 organismos pertenecientes a nueve y siete especies respectivamente, siendo abril 2016, con 89 distribuidos a nueve especies, el mes con una menor cantidad de organismos, como se muestra en la Tabla 3.

La clase Ophiuroidea presentó 442 organismos, la clase Asteroidea tuvo un total de 47 organismos, siendo esta la segunda clase con mayor número de organismos, seguido de la clase Echinoidea con 46 organismos y la clase Holothuroidea con tan solo 18 organismos (Fig. 14).

De las dos especies de asteroideos encontrados, *Linckia guildingii* fue la que presentó una mayor abundancia con 46 organismos y *Echinaster serpentarius* fue la menos abundante con un solo organismo. De las seis especies encontradas de ofiuroides, la que presentó una mayor abundancia fue *Ophiactis savignyi* con 284 organismos, *Ophiothrix angulata* con 113 organismos, seguido de *Amphiura stimpsonii* con 23 organismos y *Amphipholis squamata* con 20 organismos; las especies que se encontraron con menor abundancia fueron *Ophiocoma paucigranulata* y *Ophionereis reticulata* con un solo organismo. Para la clase Echinoidea, de sus tres especies encontradas, se observa una abundancia notable de la especie *Echinometra lucunter* con 30 organismos colectados, seguido de *Eucidaris tribuloides* con 15 organismos y siendo *Tripneustes ventricosus* la especie menos abundante para esta clase con un organismo. Los Holothuroidea con dos especies encontradas, se observó como *Pseudothyone belli* es la especie más abundante para esta clase con 15 organismos y *Holothuria (Halodeina) grisea* fue la menos abundante con tres organismos (Fig. 15).



Tabla 3. Número de organismos totales por especies del Phylum Echinodermata, correspondientes a los muestreos realizados en los meses de: mayo y agosto 2015, abril, junio y agosto 2016; en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz.

| Clase | Especie | Muestreo 1 (mayo 2015) | Muestreo 2 (agosto 2015) | Muestreo 3 (abril 2016) | Muestreo 4 (junio 2016) | Muestreo 5 (agosto 2016) | Total |
|---------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| Asteroidea | <i>Linckia guildingii</i> | 3 | 3 | 4 | 21 | 15 | 46 |
| | <i>Echinaster serpentarius</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | <i>Ophiocoma paucigranulata</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | <i>Ophionereis reticulata</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ophiuroidea | <i>Ophiactis savignyi</i> | 63 | 89 | 45 | 37 | 50 | 284 |
| | <i>Amphiura stimpsonii</i> | 11 | 7 | 2 | 3 | 0 | 23 |
| | <i>Amphipholis squamata</i> | 1 | 14 | 2 | 3 | 0 | 20 |
| | <i>Ophiothrix angulata</i> | 27 | 33 | 21 | 14 | 18 | 113 |
| Echinoidea | <i>Eucidaris tribuloides</i> | 0 | 2 | 1 | 3 | 9 | 15 |
| | <i>Tripneustes ventricosus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | <i>Echinometra lucunter</i> | 3 | 5 | 10 | 7 | 5 | 30 |
| | <i>Pseudothyone belli</i> | 0 | 1 | 3 | 10 | 1 | 15 |
| Holothuroidea | <i>Holothuria grisea</i> | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Total | | 110 | 156 | 89 | 99 | 99 | 553 |

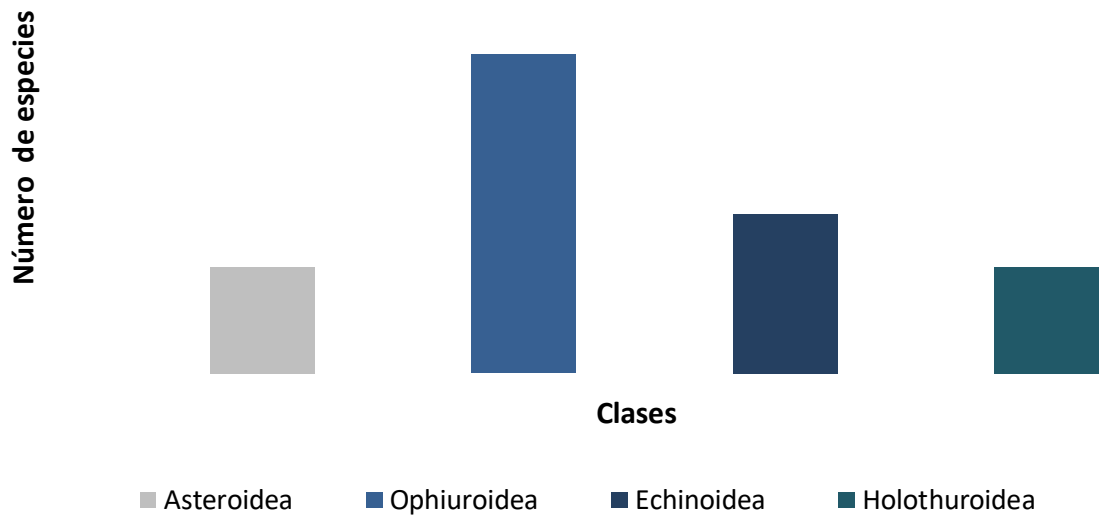


Figura 12. Riqueza total de especies, para cada una de las clases del Phylum Echinodermata en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz.

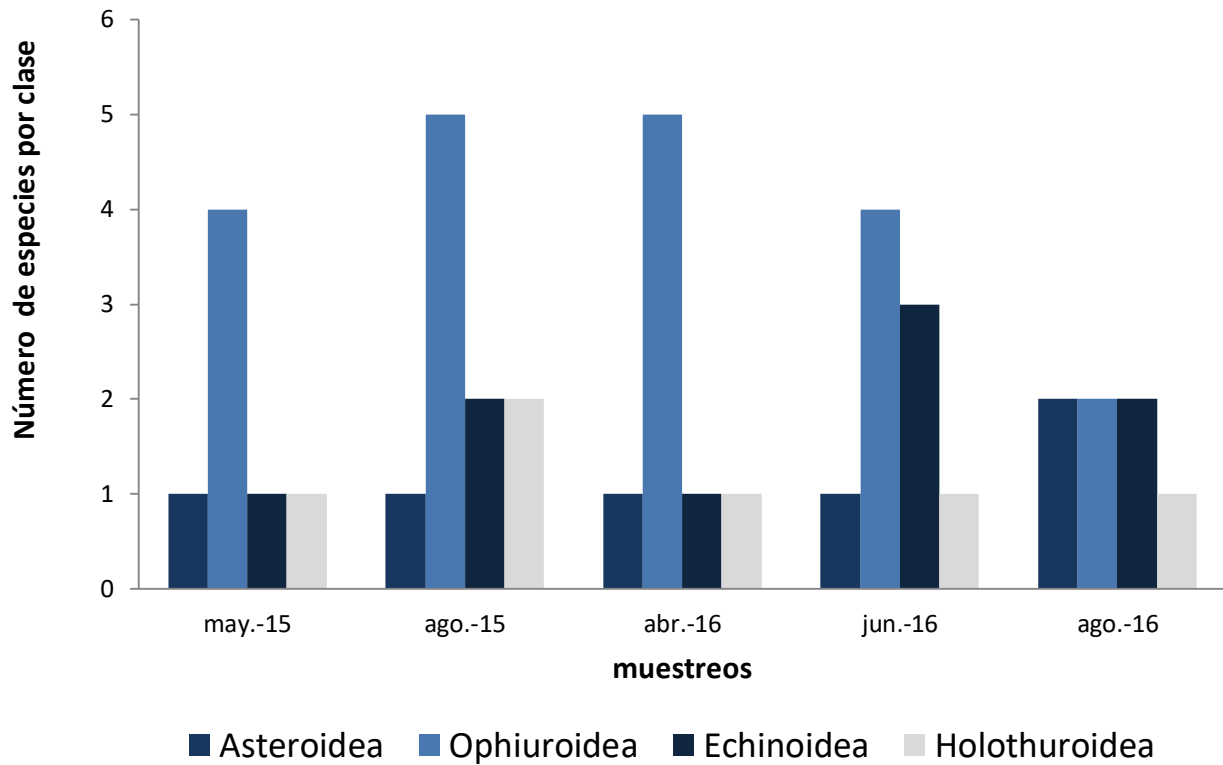


Figura 13. Riqueza de especies de las clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea por mes de colecta.

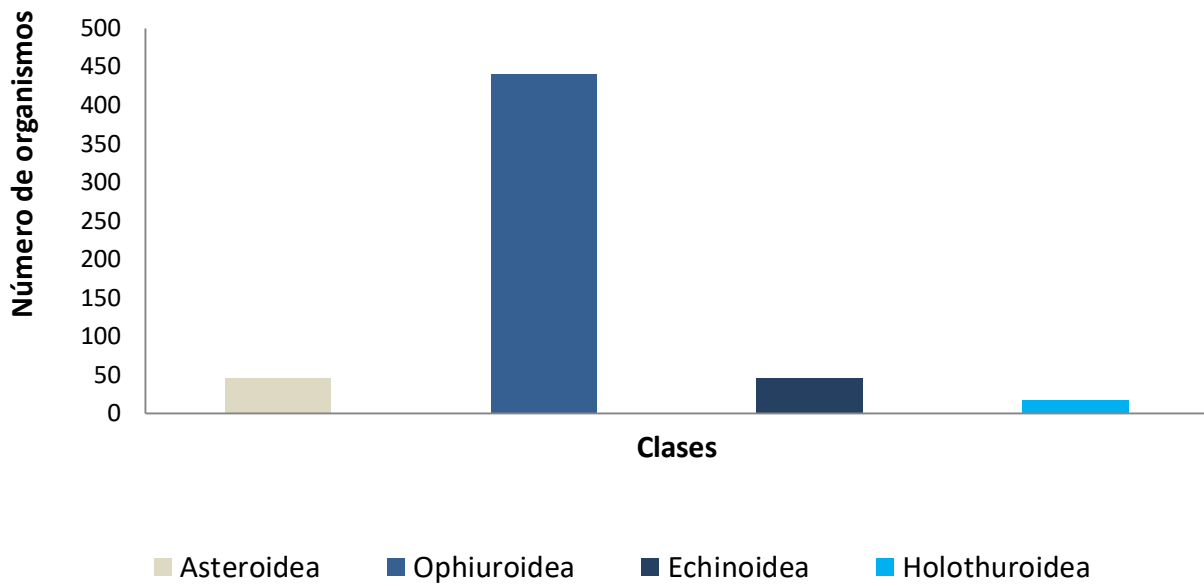


Figura 14. Abundancia total de organismos, para cada una de las clases del Phylum Echinodermata en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz.

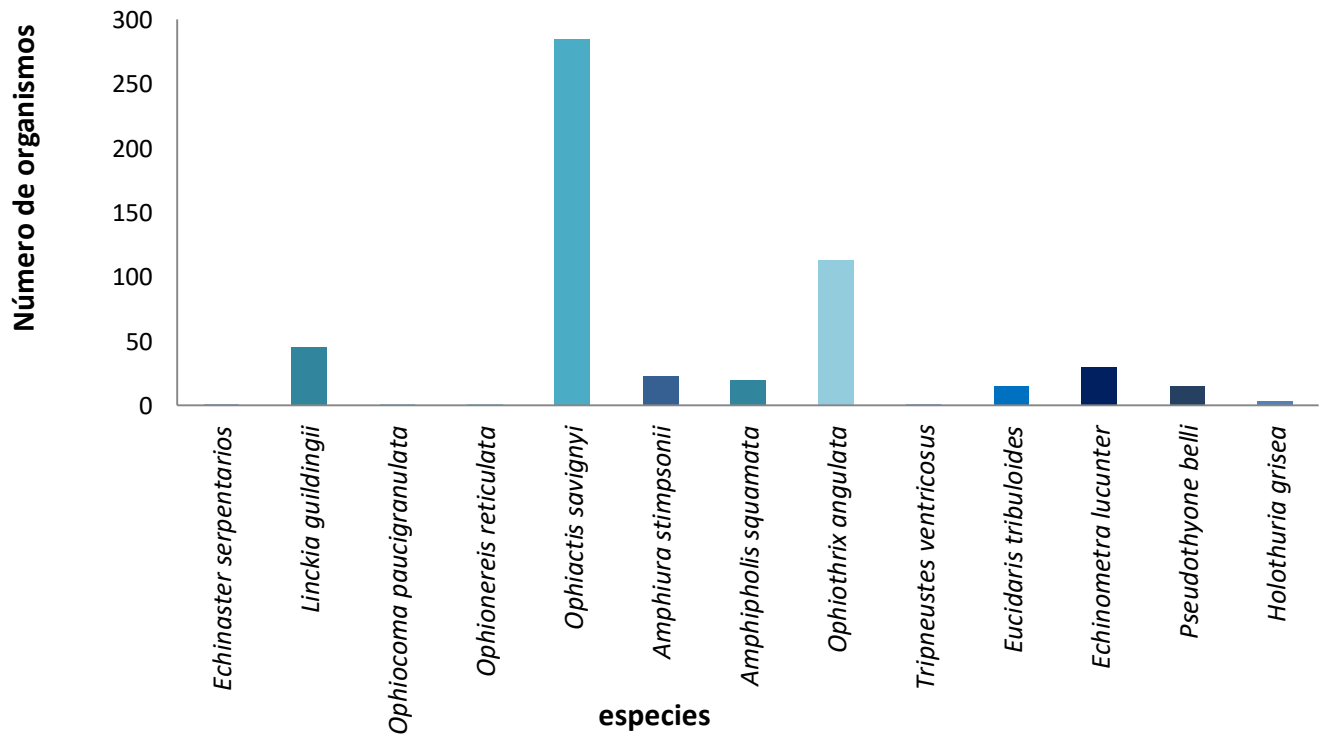


Figura 15. Abundancia total de organismos, para cada una de las especies del Phylum Echinodermata en el arrecife de coral Perla del Golfo, Veracruz.



Índice de diversidad, equidad y dominancia

El índice de diversidad de Shannon-Wiener, calculado para el Phylum Echinodermata, presentó un valor de $H' = 2.24$, el cual es relativamente alto para la diversidad del arrecife; para el índice de Pielou un valor de $J' = 0.60$, el cual nos indica un valor medio en la equidad y para el índice de Simpson se obtuvo un valor de $D = 0.68$, el cual presenta una dominancia para algunas especies.

Índice de asociación Olmstead-Tukey

Este índice muestra que el arrecife de coral Perla del Golfo, presenta tres especies dominantes: *Linckia guildingii*, *Ophiactis savignyi* y *Ophiothrix angulata*, de las cuales una pertenecen a la clase Asterozoa y dos a la clase Ophiurozoa; cinco especies comunes: *Amphiura stimpsonii*, *Amphipholis squamata*, *Eucidaris tribuloides*, *Echinometra lucunter* y *Pseudothyone belli*, dos pertenecientes a la clase Ophiurozoa, dos a la clase Echinozoa y una a la clase Holothurozoa; cinco especies raras: *Echinaster serpentarius*, *Ophiocoma paucigranulata*, *Ophionereis reticulata*, *Tripneustes ventricosus* y *Holothuria grisea*, de las cuales una pertenece a la clase Asterozoa, Echinozoa, Holothurozoa y dos a la clase Ophiurozoa.

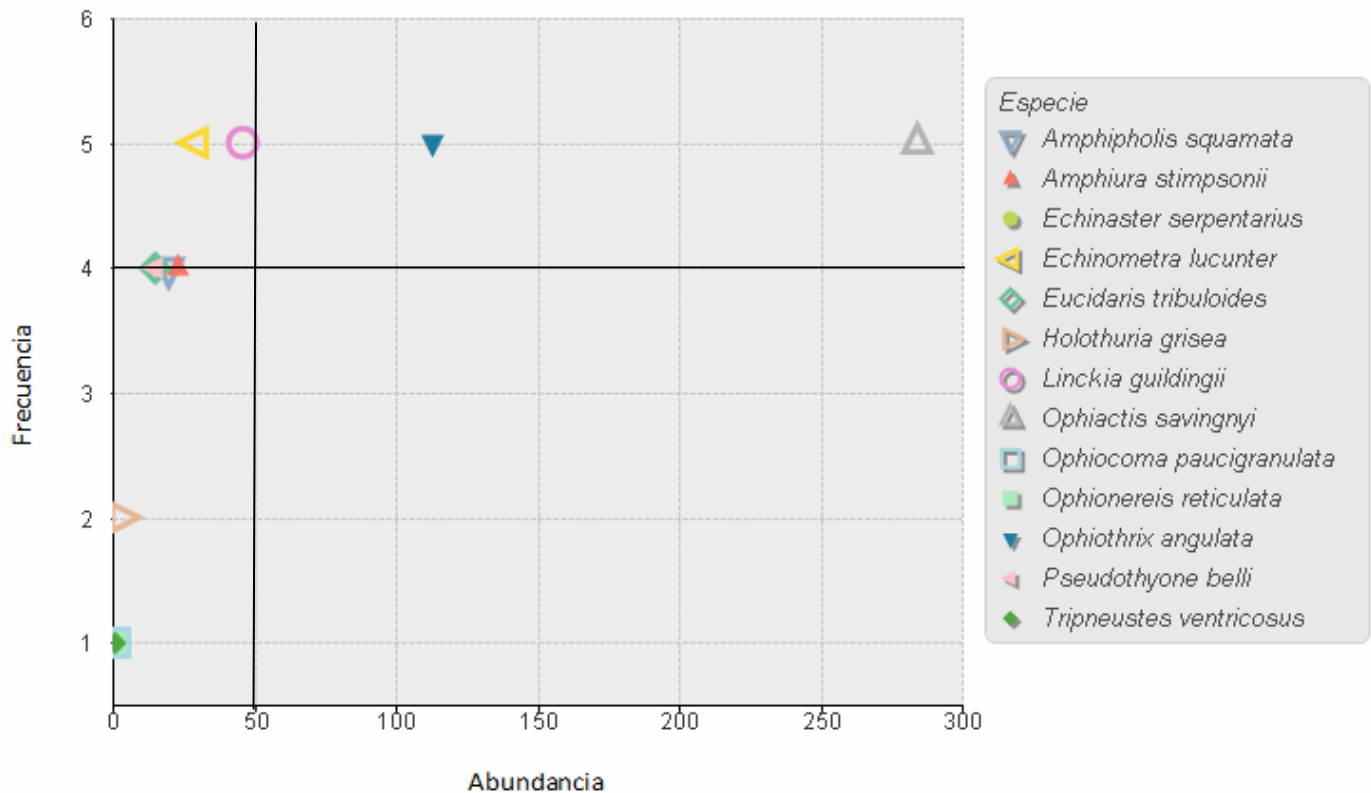


Figura 27. Índice de Olmstead-Tukey para las especies de Equinodermos del arrecife de coral Perla del Golfo.



Como se puede observar en la Figura 28, se realizaron cinco muestreos en total. El primero de ellos presentó siete especies de equinodermos dentro del arrecife de coral Perla del golfo. Para el segundo muestreo, se encontraron tres especies diferentes a las ya reportadas en el muestreo anterior. En los tres muestreos posteriores (tres, cuatro y cinco) solo se presentó una especie diferente en cada nuevo muestreo.

Como ya se mencionó, se colectó e identificó un total de 13 especies de equinodermos en este estudio. Sin embargo, la tendencia de la curva acumulativa de especies, describe que potencialmente se podrían encontrar más especies en el arrecife, si se aumenta el número de muestreos realizados, pero sobre todo al ampliar el intervalo o área de muestreo dentro del mismo.

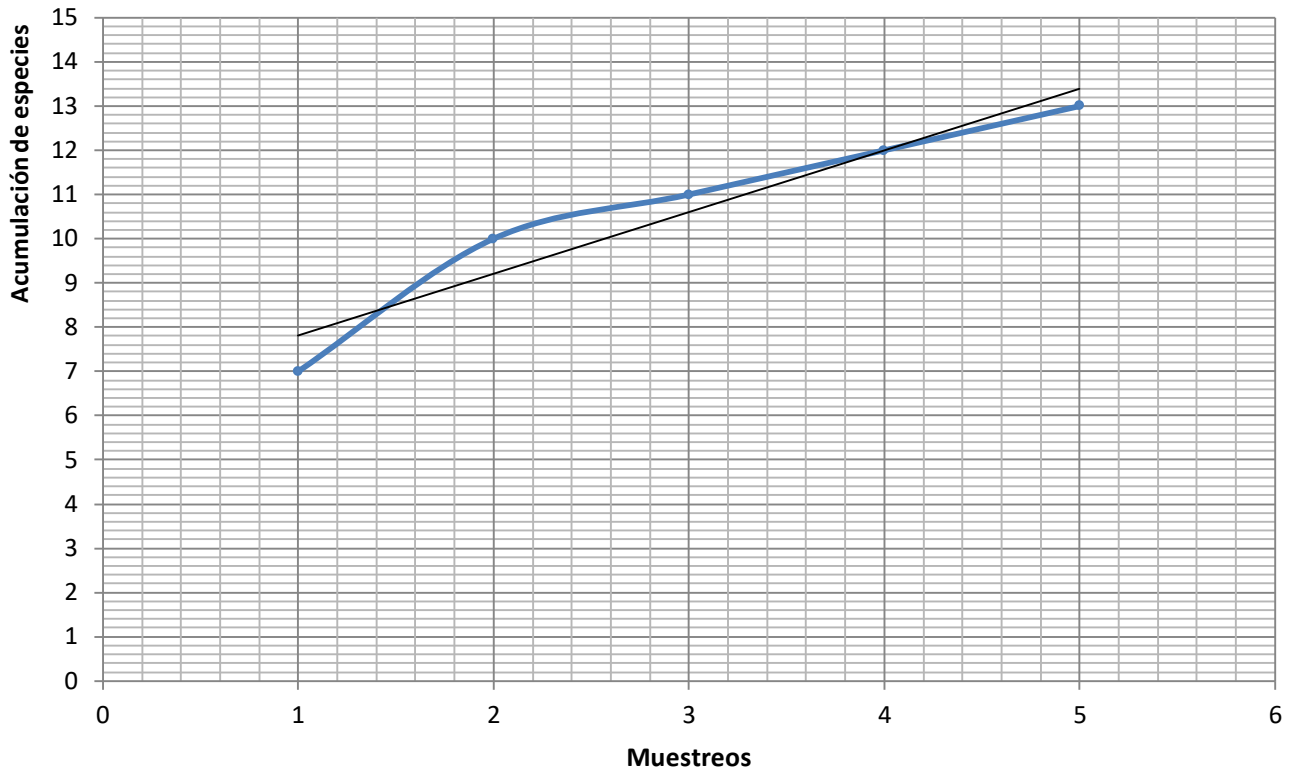


Figura 28. Curva acumulativa de especies, obtenidas durante los cinco muestreos realizados; la línea azul muestra la acumulación de especies obtenidas, la línea negra muestra la acumulación de especies esperadas.



Finalmente se presenta una tabla comparativa de especies de equinodermos con el estudio de González-Gándara *et al.*, (2015) y los resultados encontrados en nuestro estudio (Tabla 4). Se incluyen únicamente las 13 especies encontradas en esta investigación.

Podemos observar que estos autores consideraron seis arrecifes diferentes del norte y sur de Veracruz. Los arrecifes considerados al norte son Blanquilla, Medio, Lobos y Blake. Mientras que los arrecifes considerados en la zona sur son: La Perla, Zapotitlán, Palo Seco y Tripie.

González-Gándara *et al.*, (2015) consideran también el arrecife de coral Perla del Golfo y podemos observar que se reportan 14 especies a comparación de nuestro estudio.

Observamos que en el caso de los arrecifes: la Blanquilla presentó tres de las 13 especies que se reportan en este estudio, significando el 0.39%, Lobos tiene seis de las 13 especies pertenecientes a la Perla, representando el 0.78%, Blake posee cinco especies 0.65%, Zapotitlán y Palo seco presentaron cuatro especies de las 13 especies reportadas en este estudio 0.52%.



Tabla 4. Comparación de especies del Phylum Echinodermata, con el estudio de González-Gándara *et al.* (2015) en diferentes arrecifes coralinos del Norte y Sur de Veracruz

| Clase | Especie | Blanquilla | Lobos | Blake | Zapotitlán | Palo Seco | Perla del Golfo | La Perla |
|----------------------|---------------------------------|------------|-------|-------|------------|-----------|-----------------|----------|
| | <i>Linckia guildingii</i> | X | X | X | X | X | X | X |
| Asteroidea | <i>Echinaster serpentarius</i> | | | | | | X | X |
| | <i>Ophiocoma paucigranulata</i> | | X | | | | X | |
| | <i>Ophionereis reticulata</i> | | | | | | X | |
| Ophiuroidea | <i>Ophiactis savignyi</i> | | X | X | | X | X | |
| | <i>Amphiura stimpsonii</i> | | | | | | X | |
| | <i>Amphipholis squamata</i> | | | | | | X | |
| | <i>Ophiothrix angulata</i> | | | | | | X | |
| | <i>Eucidaris tribuloides</i> | X | X | X | X | X | X | X |
| Echinoidea | <i>Tripneustes ventricosus</i> | | X | X | | | X | X |
| | <i>Echinometra lucunter</i> | X | X | X | X | X | X | X |
| Holothuroidea | <i>Pseudothyone belli</i> | | | | | | X | |
| | <i>Holothuria grisea</i> | | | X | X | | X | X |



Tabla 5. Riqueza específica de equinodermos encontrados en el arrecife de coral Perla del Golfo, con respecto al trabajo de Solís-Marín *et al.* (2014).

| Clase | Golfo de México | Perla del Golfo | Porcentaje |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|
| Crinoidea | 25 | 0 | 0% |
| Asteroidea | 96 | 2 | 2% |
| Ophiuroidea | 79 | 6 | 7% |
| Echinoidea | 59 | 3 | 5% |
| Holothuroidea | 33 | 2 | 6% |
| | 292 | 13 | 4.4% |

El arrecife de coral Perla del Golfo, cuenta con una riqueza de especies del 0% para la clase Crinoidea, 2% Asteroidea, 7% Ophiuroidea, 5% Echinoidea y el 6% de la clase Holothuroidea, con respecto a las especies reportadas por Solís-Marín *et al.* (2014), para el golfo de México.

Tabla 6. Riqueza específica de los equinodermos encontrados en el arrecife de coral Perla del Golfo, con respecto a los reportados para el estado de Veracruz, en el trabajo de Durán-González *et al.* (2005).

| Clase | Veracruz | Perla del Golfo | Porcentaje |
|---------------|----------|-----------------|------------|
| Crinoidea | 1 | 0 | 0% |
| Asteroidea | 34 | 2 | 5% |
| Ophiuroidea | 25 | 6 | 24% |
| Echinoidea | 23 | 3 | 13% |
| Holothuroidea | 15 | 2 | 13% |
| | 98 | 13 | 13.2% |

El arrecife de coral Perla del Golfo, cuenta con una riqueza de especies del 0% para la clase Crinoidea, 5% Asteroidea, 24% Ophiuroidea, 13% Echinoidea y el 13% de la clase Holothuroidea, con respecto a las especies reportadas por Durán-González *et al.* (2005), para el estado de Veracruz.



Discusión

Linckia guildingii, *Echinaster serpentarius*, *Ophiocoma paucigranulata*, *Ophionereis reticulata*, *Ophiactis savignyi*, *Amphiura stimpsonii*, *Amphipholis squamata*, *Ophiothrix angulata*, *Eucidaris tribuloides*, *Tripneustes ventricosus*, *Echinometra lucunter*, *Pseudothyone belli* y *Holothuria grisea* fueron las 13 especies encontradas en el arrecife de coral Perla del Golfo, con un total de 553 organismos.

Las especies encontradas en este trabajo, ya han sido reportadas para el golfo de México, incluso algunas para el PNSAV, como se muestra en los estudios de (Durán-González *et al.*, 2005; Nishimura-Murakami, 2005; Mohedano-Maldonado, 2010; Trujillo-Alvarez, 2012; González-Mejía, 2014; Fabian-Bautista, 2015; González-Gámdara, 2015).

Se presentó abundancia media en la clase Echinoidea. Sin embargo, la clase Ophiuroidea, fue la de mayor abundancia y riqueza de especies en organismos colectados, seguido de la clase Asteroidea y Holothuroidea; esto coincide con los trabajos realizados en el PNSAV por Villanueva-Sousa, (2008); Mohedano-Maldonado, (2010); Trujillo-Álvarez, (2012) (Fig. 11).

La clase Ophiuroidea contó con una abundancia de 442 organismos, distribuidos en seis especies, con una notable abundancia de *Ophiactis savignyi* con 284 organismos, seguida de *Ophiothrix angulata* con 113 organismos, *Amphiura stimpsonii* con 23 organismos, *Amphipholis squamata* con 20, por el contrario de *Ophiocoma paucigranulata* y *Ophionereis reticulata* con un solo organismo, siendo estas especies las menos abundantes.

La clase Asteroidea presentó una abundancia de 47 organismos, distribuidos en dos especies, *Linckia guildingii*, siendo ésta la más abundante de la clase, con 46 organismos y *Echinaster serpentarius* con un solo organismo.

La clase Echinoidea presentó una abundancia de 45 organismos colectados, encontrando una mayor abundancia en la especie *Echinometra lucunter*, por su gran densidad por m² y con 30 organismos colectados, seguida de *Eucidaris tribuloides* con 15 organismos y la menos abundante *Tripneustes ventricosus* con un organismo.



La clase Holothuroidea presentó una menor abundancia con 18 organismos, siendo *Pseudothyone belli* la especie más abundante de esta clase, con 15 organismos y *Holothuria grisea* con tres organismos.

De las 13 especies encontradas, en los cinco muestreos realizados, se encontraron cuatro especies en todos los muestreos, pertenecientes a las clases Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea: *Linckia guildingii*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y *Echinometra lucunter*, esto coincide con los resultados de otras investigaciones que afirman que estas especies son abundantes y cosmopolitas (Tabla 2).

Linckia guildingii es una especie criptica, que vive en fragmentos de corales y suele reproducirse en zonas arenosas; esta especie pertenece a uno de los cuatro géneros más abundantes de la clase Asteroidea en el golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 2014).

Ophiactis savignyi es la especie que se encuentra con mayor frecuencia, de las cuatro clases en el arrecife de coral Perla del Golfo; esto coincide con la frecuencia con la que se encuentra en el golfo de México, especialmente para el estado de Veracruz (Solís-Marín *et al.*, 2014). Esto se debe a que presenta una distribución cosmopolita. Esta especie es muy abundante en arrecifes de coral, ya que es la especie de ofiúrido más común del mundo y se puede encontrar en densidades extremadamente altas en esponjas, con hasta 1 892 individuos por 100 g de esponja (Boffi, 1972). Estas densidades son posibles porque presentan reproducción, tanto sexual (8%) como asexual (92%), lo cual dependerá del tamaño de los organismos, ya que los organismos que presentan una mayor talla, tienden a reproducirse sexualmente, a diferencia de los organismos con tallas más pequeñas, que tienden a reproducirse asexualmente. También se observa que hay una mayor tendencia a la reproducción asexual por fisión en machos que en hembras, porque las hembras al dividir su cuerpo por fisión podrían perder la capacidad reproductiva de manera sexual (McGovern, 2002).

Se observó que en *Ophiothrix angulata* presentan espineletas bífidas y trífidas que cubren la región dorsal del disco. Se encuentran variaciones entre los ejemplares, con respecto a la coloración, que puede variar según la región en la que se encuentre, como lo menciona Stancyk y Shaffer, (1977); esto se debe a la asincronía reproductiva que prevalece entre las poblaciones.



En este estudio se reconocieron ocho morfotipos que van del naranja pálido, al café oscuro, se recomienda seguir las colectas de esta especie para realizar estudios de biología molecular y en base a esto delimitar si efectivamente se trata de la misma especie.

También llegan a presentar variaciones en el tamaño y forma de las espinas, así como la presencia de una línea blanca que recorre las placas dorsales de los brazos, que es una característica de las especies de Florida, o líneas horizontales similares a las que presenta *Ophiothrix orstedii* (Fig. 27-28). Estas variaciones se pueden deber a los puentes y puntos de diseminación de especies entre las zonas arrecifales caribeñas y las de Florida (Vargas *et al.*, 1993). Esta especie presenta un estilo de vida oportunista, lo que implica que puedan prevalecer en estuarios a pesar de su baja tolerancia tanto en temperatura como en salinidad.

Ophiocoma paucigranulata es una especie que prefiere los arrecifes poco profundos, aunque son más abundantes a mayor profundidad (24 m en promedio). Es una especie con mayor actividad durante la noche. Pocos autores han registrado esta especie para el estado Veracruz.

Ophionereis reticulata prefiere las zonas profundas, con mayor actividad durante la noche ya que presenta fototaxismo negativo, esta especie que se encuentra comúnmente en Bermudas y Florida.

Amphiura stimpsonii es una de la especies más pequeñas, hermafroditas y se encuentran con mayor facilidad en zonas de grupos de algas coralinas junto con otras especies pequeñas.

Amphipholis squamata es una especie cosmopolita, se han encontrado organismos bioluminiscentes, presentan fototaxismo negativo, en esta especie se llegan a presentar agregaciones de hasta 500 individuos por metro cuadrado; se ha reportado para el estado de Baja California Sur y Bahía de Banderas.

Dentro de las especies con una distribución más amplia en aguas someras del golfo de México como se muestra en el trabajo de Solís-Marín *et al.*, (2014) son: *Ophiactis savignyi* y *Ophiothrix angulata*, esto concuerda con el presente estudio, ya que son las especies que se encontraron en mayor proporción, con respecto a las otras cuatro especies de ofiuridos.



Eucidaris tribuloides es una especie que se encuentra en mayor abundancia en arrecifes de coral, escondido en pequeñas grietas, debajo de las rocas y escombros (hábitos crípticos), pero es más abundante a profundidades de 50 m (Hendler *et al.*, 1995). Esta especie tiene hábitos nocturnos, son omnívoros y tiende a cambiar su dieta dependiendo de la zona.

De la especie *Tripneustes ventricosus* se encontró un solo organismo, esto puede deberse a que se encuentran comúnmente en pastos marinos, por lo general en la especie *Thalassia testudinum* como se menciona en el estudio de Nishimura, (2005).

Se observó una mayor frecuencia de organismos de *Echinometra lucunter* como en el estudio de Fabián-Bautista, 2015. Debido a que se encuentran arriba de los 129 individuos por metro cuadrado. Además de que la especie está más adaptada a zonas someras, por que la incidencia de luz, propicia el crecimiento de las algas, produciendo mayor alimento para el erizo, también presentan una gran resistencia al estrés físico causado por factores, como desecación, incremento de temperatura y salinidad (Hendler *et al.*, 1995). Por lo cual se ha reportado como una especie con altas densidades, por su cualidad de especie tolerante.

A pesar de que *Holothuria grisea* se encuentra con mayor frecuencia en arrecifes poco profundos, se encontraron pocos organismos de esta especie en el arrecife de coral Perla del Golfo; esto se debe a que esta especie es más abundante donde hay pastos marinos. *Pseudothyone belli* se encontró con mayor abundancia en el arrecife, ya que estos suelen posarse en las grietas de los arrecifes. Sin embargo, ha sido reportada por pocos autores para este estado (Hendler *et al.*, 1995).

Al calcular los diferentes índices ecológicos, se encontró un valor $H' = 2.24$ para el índice de diversidad Shannon-Wiener, lo cual nos indica que el arrecife tiende a ser altamente diverso, a pesar de la pequeña área muestreada. Para el índice de equidad de Pielou se obtuvo un valor de $J' = 0.60$, lo cual nos sugiere que la comunidad de equinodermos dentro del arrecife Perla del Golfo no presenta equitatividad en la distribución de las abundancias (número de organismos por cada una de las especies).

Este índice nos indica que mientras nos acerquemos a 1, todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Se encontró en este estudio que tenemos casi 0.6 por lo tanto las especies de equinodermos encontradas en el arrecife de coral Perla del Golfo son casi igualmente abundantes.



Para el índice de Simpson se presentó un valor de $J' = 0.68$, el cual nos indica cierta dominancia para algunas especies como *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y *Linckia guildingii*.

El diagrama de Olmstead-Tukey indica que el arrecife de coral Perla del Golfo, presenta tres especies como dominantes: *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y *Linckia guildingii* las cuales estuvieron presentes durante todos los muestreos con una alta abundancia de organismos; cinco especies comunes: *Amphiura stimpsonii*, *Amphipholis squamata*, *Eucidaris tribuloides*, *Echinometra lucunter* y *Pseudothyone belli*, las cuales estuvieron presentes en al menos cuatro muestreos, de los cinco realizados, con una abundancia media de organismos para estas especies; cinco especies raras: *Echinaster serpentarius*, *Ophiocoma paucigranulata*, *Ophionereis reticulata*, *Tripneustes ventricosus* y *Holothuria grisea*, las cuales solo se encontró un organismo de cada una de estas especies en un solo muestreo. Cabe destacar que el arrecife no presentó especies ocasionales.

De acuerdo con el estudio de González-Gándara *et al.*, 2015 el arrecife de coral Perla del Golfo, cuenta con 14 especies de equinodermos, esto es similar con el número de especies encontradas en este estudio. Sin embargo, solo son similares cinco especies: *Linckia guildingii*, *Eucidaris tribuloides*, *Tripneustes ventricosus*, *Echinometra lucunter* y *Holothuria (Halodeima) grisea*, de las 14 y 13 especies encontradas. Cabe destacar que en el estudio de González- Gándara *et al.*, (2015) no se reportó ninguna especie de la clase Ophiuroidea, lo cual difiere con las siete especies de ofiuroides encontradas en este estudio, esto puede deberse a que el método de fragmentación de roca es funcional para esta clase.

Al realizar la comparación de especies de la Perla del Golfo, con los arrecifes Blanquilla, Lobos, Blake, Zapotitlán y Palo Seco del Norte y Sur de Veracruz, se encontró una similitud de tan solo tres especies: *Linckia guildingii*, *Eucidaris tribuloides* y *Echinometra lucunter*. Una de las especies más abundantes en este estudio *Ophiactis savignyi* está presente en tres de los arrecifes: Lobos, Blake y Palo Seco.

Tripneustes ventricosus está presente en los arrecifes Lobos y Blake. *Ophiocoma paucigranulata* está presente en el arrecife Lobos y *Holothuria grisea* también se encuentra presente en el arrecife Zapotitlán.

Lo que indica que las especies *Echinaster serpentarius*, *Amphiura stimpsonii*, *Amphipholis squamata*, *Ophiothrix angulata* y *Pseudothyone belli*, no se encuentran presentes en los arrecifes comparados. Sin embargo, sí están reportadas para el estado de Veracruz.



El arrecife de coral Perla del Golfo, mostró una baja riqueza específica, con respecto a las reportadas para el golfo de México y Veracruz. Con el 0% para la clase Crinoidea, esto se debe a que los crinoideos son organismos que se distribuyen a grandes profundidades, donde las corrientes son menores, ya que son organismos frágiles; 2% y 5% Asteroidea, 7% y 24% Ophiuroidea, 5% y 13% Echinoidea y el 6% y 13% de la clase Holothuroidea respectivamente (Tabla 5-6).



Conclusiones

Se encontró un total de 553 ejemplares de equinodermos en el arrecife de coral Perla del Golfo, pertenecientes a las clases: Asterozoa. Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa, repartidos en ocho órdenes, 12 familias, 13 géneros y 13 especies.

La clase Echinozoa presentó una mayor abundancia de organismos no colectados y una riqueza de tres especies. Sin embargo, la Clase Ophiurozoa cuenta con una riqueza de seis especies y 442 organismos, seguido de la clase Asterozoa con 47 organismos, pero una riqueza menor de especies, con tan solo dos; por el contrario de la clase Holothurozoa que presentó una abundancia de 18 organismos y una riqueza menor, con dos especies.

El mes de agosto 2015, presentó la mayor abundancia y riqueza de especies, con 156 organismos de las cuatro clases y 10 especies.

El mes de abril 2016, presentó la menor abundancia de organismos, con 89 organismos de las cuatro clases y nueve especies.

El mes de mayo 2015 y agosto 2016, presentaron la menor riqueza de especies, con tan solo siete de ellas.

De las 13 especies obtenidas, cuatro de ellas, fueron encontradas en los cinco muestreos: *Linckia guildingii*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y *Echinometra lucunter*.

Ophiactis savignyi es la especie colectada más abundantes en el arrecife y *Echinometra lucunter* es la especie más abundante no colectada.

Ophiocoma paucigranulata, *Ophionereis reticulata*, *Echinaster serpentarius* y *Tripneustes ventricosus* son las especies menos abundantes en el arrecife.

Linckia guildingii presentó la mayor abundancia de la clase Asterozoa, con 46 organismos, siendo *Echinaster serpentarius* la menos abundante con un organismo.



De la clase Ophiuroidea, la especie que presenta una mayor abundancia bajo las rocas es *Ophiothrix angulata* con 95 organismos, seguido de *Amphiura stimpsonii* con 23 organismos, *Amphipholis squamata* con 20 organismos, por último *Ophionereis reticulada* y *Ophiocoma paucigranulata* con un organismo.

De la clase Echinoidea, *Echinometra lucunter* es la que obtuvo una mayor abundancia sobre el sustrato rocoso a diferencia de *Eucidaris tribuloides*, y *Tripneustes ventricosus* que se encuentran mayormente en intersticios de roca.

De la clase Holothuroidea *Pseudothyone belli* muestra una mayor abundancia con 14 organismos, contra tres de *Holothuria grisea*.

El índice de Shannon-Wiener, demostró que la Perla del Golfo, tiende a ser altamente diverso.

El índice de Pielou muestra que las especies del arrecife son casi igualmente abundantes.

El diagrama de Olmstead-Tukey, indica que el arrecife de coral Perla del Golfo presenta tres especies dominantes, cinco especies comunes y cinco especies raras.

La curva acumulativa de especies, describe que se podrían encontrar más especies en el arrecife, al aumentar el número de muestreos y ampliar el intervalo de área de muestreada.

Se encontró una similitud de tan solo cinco especies, al comparar nuestro estudio con el de González-Gándara et al. 2015 en la Perla del Golfo, de las 13 y 14 especies encontradas.

Se encontró que la Perla del Golfo, presenta una similitud de seis especies, al compararlo con los arrecifes Blanquilla, Lobos, Blake, Zapotitlán y Palo Seco.

El arrecife de coral Perla de Golfo, mostró una baja riqueza específica, con respecto a las reportadas para el golfo de México y Veracruz.



Literatura Citada

Agassiz, A. 1878-1879. Reports of the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico, by the United States Coast Survey Steamer "Blake". II. Report on the Echini. Bull. Mus. of Comp. Zool. **5**(9): 181- 195.

Agassiz, A. 1888. Characteristic deep-sea types. Echinoderms. Three cruises of the United States Coast and Geodetic Survey Steamer "Blake" in the Gulf of Mexico in the Caribbean Sea, and along the Atlantic Coast of the United States, from 1877 to 1880. The Riverside Press. Cambridge, 2: 84-127.

Agassiz, A y Valentín, G 1838-42 Monographies d'Echinoderms vivants et fossiles, Nos.1- 4,155pp.

Bejarano-Chavarro S., S. Zea y J.M. Diaz. 2004. Esponjas y otros microhabitats de ofiuos (Ophiuroidea: Echinodermata) en ambiente arrecifales del Archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost. **33**:28-45.

Benavides-Serrato, M., G. H. Borrero-Pérez and C. M. Díaz-Sánchez. 2011. Equinodermos del Caribe Colombiano 1: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta, Colombia. 384 p.

Boffi, E. 1972. Ecological aspects of ophiuroids from the phytal of S. W. Atlantic Ocean warm waters. *Marine Biology* 15: 316-328.

Borrero-Pérez G.H., M. Benavides-Serrato y C.M. Diaz-Sanchez (2012) Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 30. Santa Marta, 250 p.

Caso, M.E. 1951. Contribución al conocimiento de los ofiuoideos de México. Algunas especies de ofiuoideos litorales. An. Inst. Biol. UNAM, México. 22: 219-312.

Caso, M. E. 1961. Los Equinodermos de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 338 p.



Caso. 1974. Contribución al estudio de los Equinoideos de México. El género *Tripneustes Agassiz*. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México **1**(1): 1-24.

Fabian-Bautista, C. M. 2015. Estructura de la comunidad de equinoideos regulares (Echinodermata: Echinoidea) de la parte central de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 105 pp.

Durán-González, A., Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón Sánchez, Cynthia A. Gust y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical / Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*, 53 (Supl. 3): 53-68. ISSN. 0034-7744, F.I.: 0.459.

Domínguez, P., J. L. Menn, M. Martí-Mus y M. P. Villalba. 2009. Equinodermos. Pp 447-496. *En: de Ma. Luisa Martínez-Chacón y Pascual Rivas (Eds.) Paleontología de invertebrados. Sociedad Española de Paleontología, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada, 524 pp.*

Entrambasaguas, L. 2008. Estudio faunístico y ecológico de los equinodermos del archipiélago de Cabo Verde. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. 315 p.

Escandon-Flores, N. 2011. Ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 271p.

González-Mejía, M. R. 2014. Análisis del ensamblaje de equinodermos (Echinodermata) de los arrecifes Isla Sacrificios y Rizo, del PNSAV en Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 62 pp.

González-Gándara, C., F.A. Solís-Marín, V. De la Cruz-Francisco, A. Granados-Barba, J. J. Salas-Pérez, J. Argüelles-Jiménez & P. A. Escárcega-Quiroga. 2015. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del Norte y Sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 63: 183-193.



González-Navarro, P. 2012. *Biología y Ecología de las Holoturias (Echinodermata: Holothuroidea) de la Isla Gran Canaria Atlántico Central-Oriental*. Programa Doctoral. Departamento de Biología. Las Palmas de Gran Canaria. 129 pp.

Hendler, G., J.E. Miedler, D. L. Pawson, y P. M. Kier. 1995. *Sea stars, sea urchins & allies: Echinoderms of Florida & the Caribbean*. Washinton: Smithsonian Institution Press. 390 p.

Invertebrates from Central California to Oregon. Fourth Edition. California, University of California Press. 1001 p.

Hernández-Herrejón, L. A., Laguarda-Figueras, A. y F. A. Solís-Marín. 2008. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del golfo de México. *Revista Biología Tropical / Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*, 56 (Supl. 3): 83-167. ISSN. 0034-7744, F.I.: 0.459

Ives, J.E. 1890. Echinoderms from the Northern Coast of Yucatan and the Harbor of Veracruz. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*. 1890: 317-340.

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 / Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*, 53 (Supl. 3): 69-108. ISSN. 0034-7744, F.I.: 0.459

Laguarda-Figueras, A., Hernández-Herrejón, A., Solís-Marín F. A. y A. Durán-González. 2009. *Los ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México*. 249 pp. CONABIO-UNAM. ISBN. 978-607-7607-15-1.

McGovern TM 2002. Sex-ratio bias and clonal reproduction in the brittle star *Ophiactis savignyi*. *Evolution*, 56(3): 511–517. doi: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb01362.x

Mohedano-Maldonado, I. R. 2010. *Comunidad de equinodermos en la Planicie Arrecifal de Anegada de Adentro, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 76 pp.



Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad: Vol.1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84p. Revista de Biología Tropical, 49 (3-4), 1300-1302.

Nishimura-Murakami, M. (2005) Distribución y abundancia del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 113 pp.

Hendler, G. 2007. Ophiuroidea. p. 930-. In: Carlton, J.T. 2007. The Light and Smith Manual: Intertidal

Pawson, D. L. 2007. Phylum Echinodermata. Zootaxa. 1668:749-764pp.

Pawson, D. L.; Vance, C. G. Messing, F. A. Solís-Marín and C. L. Mah. 2009. 71. Echinodermata of the Gulf of Mexico. Pp. 1177-1204, In: Felder, D.L. and D. K. Camp. 2009. Gulf of Mexico, Origin, Waters and Biota. Biota Vol. 1, Biodiversity. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies Series. Texas A&M University Press. College Station, Texas. 1393 pp. ISBN 13:978-1-60344-094-3.

Perrier, E. 1881. Description sommaire des espèces nouvelles d'astéries. Reports on the results of dredging under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico, 1877-78, by the United States coast survey steamer «Blake», Lieut-Commander C. D. Sigsbee, U. S. N., commanding and in the Caribbean sea, 1878-79, by the U. S. C. S. S. «Blake», commander J. R. Bartlett, U. S. N., commanding. Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy, at Harvard College. 9(1):1-31.

Rathbun, R. 1885. Report upon the echini collected by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross" in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, January to May, 1884, Proc. U. S. Nat. Mus., (3): 1-83.

Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figueras y M. A. Gordillo-Hernández. 2007. Estudio Taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 73- 100. In: A. Granados-Barba, L. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (Eds.). Investigaciones Dr. Francisco Alonso Solís Marín 12 Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 p. ISBN 968-5722-53-6.

Solís-Marín, F. A. y A. Laguarda-Figueras. 2010. A new species of starfish (Echinodermata: Asteroidea) from an anchialine cave in the Mexican Caribbean. Revista Mexicana de Biodiversidad 81:663-668.



Solís-Marín F. A. y A. Laguarda-Figueras. 2012. Phylum Echinodermata. Pp. 307-322. In: Fernández-Álamo Ma., A. y G. Rivas (Eds.). Niveles de organización en animales. Facultad de Ciencias UNAM, Las Prensas de Ciencias. 432 pp. ISBN 978-970-32-5041-7. REIMPRESION. 1ª Rempresión 2012.

Solís-Marín F. A., Laguarda Figueras A. y M. Honey-Escandón. 2014a. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl, 85: 441- 449. ISSN. 1870-3453, F.I.: 0.44.

Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A., A.R. Vázquez-Bader, A. Gracias-Gasca. 2014b. Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano. Pp. 207-246. In: A. Low Pfeng y E. M. Peters Recargno (eds.). La frontera final: el océano profundo. INECC, Mexico. 304 pp. ISBN 978-607-8246-70.

Théel, H. 1886. Report on the Holothurioidea. Reports on the Results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico (1877- 78), in the Caribbean Sea (1879-80), and along the Eastern Coast of the United States during the Summer of 1880, by the U.S. Coast Survey Steamer "Blake", Lieut Commander, C.D. Sigsbee, U.S.N., and Commander J.R. Bartlett, U.S.N., Commanding. Bull. Mus. Comp. Zool. 13: 1-20.

Trujillo-Alvarez, M. 2012. Estudio de la comunidad de equinodermos del arrecife "La Blanquilla" del Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 57 pp.

Vargas-Hernández, J.M., A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera-Parra, 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. pp 559-575 In Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Villanueva, S. V. 2008. Primer registro de equinodermos del talud del arrecife "La Galleguilla", Veracruz con análisis ecológico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 111 pp.