



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVERSIDAD DE ESTRELLAS QUEBRADIZAS  
(ECHINODERMATA: OPHIUROIDEA) EN EL ARRECIFE DE  
PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

NADIN ITZEL GARIBAY VALADEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA

2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

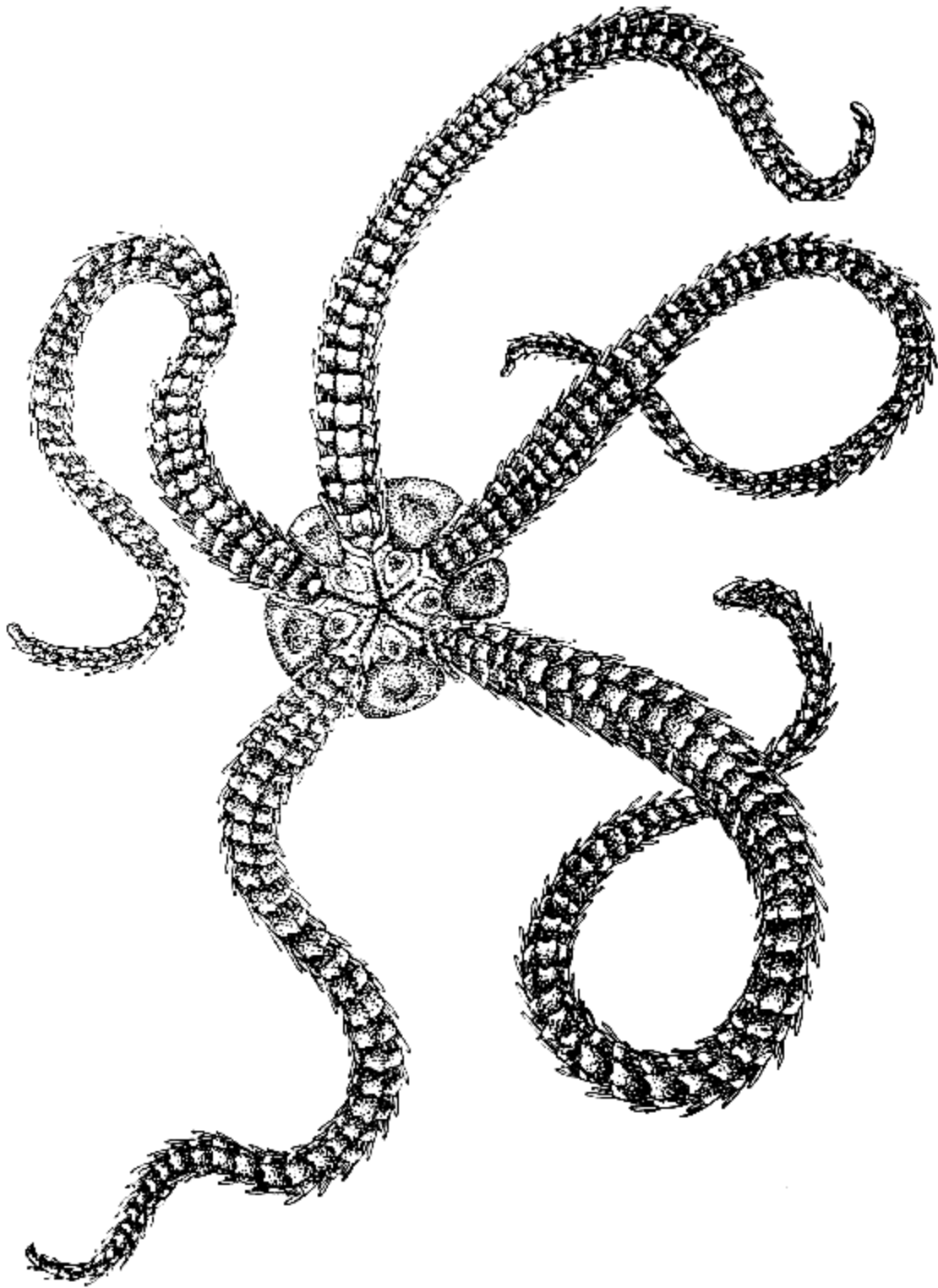


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

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

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

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



*Esquema realizado por Óscar Rodrigo Giles*



A Brajan Bautista

A ti te dedico todo porque literalmente sin ti, yo no estaría aquí.

Desde el día uno te convertiste en la persona más especial para mí. Sé que tenemos nuestras diferencias, pero te amo más de lo que nunca llegué a imaginar. Ojalá estés conmigo siempre, porque adoro lo que tenemos, aunque sea difícil a veces.

Yo siempre estaré para ti, y eso no tiene fecha de caducidad. Me gusta verte crecer cada día, eres mi médico favorito en todo el mundo. Me haces sentir orgullosa y espero que sientas lo mismo. Tú eres la persona que más me conoce en el mundo, de verdad nunca quiero perderte. Si tú estás bien, yo lo estoy también. Siempre existirá esa conexión que yo jamás podré entender, pero no quiero verla desaparecer jamás.

Gracias por estar presente todos estos años, gracias por soportarme y por ayudarme a ser una mejor persona. Sabes que antes de ti, no existía nadie y después de ti, nadie será suficiente. Para mí, siempre serás tú.

Amo el mar y cuando lo tengo cerca, pienso en ti. Espero que un día no seamos como la marea, espero que seamos más que las olas del mar...

Te amo.



A mis papás y mi hermanito Andrei, agradezco todo el esfuerzo que hacen para que sea feliz, prometo algún día hacer lo mismo por ustedes. Somos los cuatro, siempre. Sé que he costado muchos desvelos, lágrimas y gasolina jaja, pero quiero estar bien por mí y por ustedes, los quiero con todo mi corazón. Mami, gracias por todo el esfuerzo de cuidarme día y noche sin descanso. Papi, gracias por entenderme y quererme. Anei, gracias por apoyarme siempre en todo momento.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias.

Al Taller de Invertebrados de la zona costera y arrecifal del Golfo de México y sus titulares. El Dr. Fernando Alvarez y el Dr. José Villalobos por brindarme siempre su apoyo y su conocimiento durante mi estancia en el taller.

Gracias a ti Gema, cuando estaba en animales I era muy feliz, la verdad nunca pensé que esa clase se convertiría en mi favorita, creía que me iba a gustar la genética o algo así jaja, pero amaba estar en tu clase. Eres una de las pocas personas que conozco que saben comunicar todo su conocimiento y es una característica que muy pocas personas tienen, eres muy buena en eso. Haces que todo se vea muy sencillo y admiro lo que haces. Creo que nadie lo ha mencionado antes, pero, en el tiempo que llevo de conocerte, puedo notar la organización y dedicación que tienen las cosas que haces. Estuviste al pendiente de mi tesis y de todas las demás además de las clases de animales I, eso es mucho trabajo y lo haces genial. ¿Cómo lo haces?, siento que das todo tu corazón por eso.

Yo valoro mucho la pluma roja. Muy pocas personas se toman el tiempo para dedicarle tiempo a un alumno, revisar tantas veces las palabras para que sea perfecto implica muchas cosas. Recuerdo que antes hablaba con mis amigos y me decían que tenían que esperar muchísimo tiempo para que les revisaran sus escritos, y yo pensaba en que tu siempre nos entregabas nuestras correcciones a tiempo, había cosas que yo no podía ver hasta que tú las mencionabas.

Me ayudaste a descubrir que con esfuerzo e imaginación puedo crear maquetas súper hermosas y adoraba hacerlas, me mantenían viva, me sentía orgullosa de lo que podía lograr, y para mí el conocimiento que me dejó hacerlo es algo que jamás olvidaré. Cuando la pasé mal estuviste para mí, agradezco mucho el apoyo y no tengo manera de cómo pagarte todo. Fuiste mi profesora, y no sólo en un salón de clases, también en la vida. Cuando me sentía triste llegaba al IB y todo mejoraba cuando llegaba al taller, tengo recuerdos muy bonitos y este sentimiento de pertenecer a algún sitio cuando todo lo demás se caía.



Voy a extrañar mucho el clamato con cerveza porque eres la única persona a la que le gusta como a mí. Los taquitos de mixiote y las reuniones divertidas. Me acuerdo mucho de cuando fuimos por helado a Copilco, espero podamos ir en los siguientes años.

Muchísimas gracias por todo el esfuerzo y por todas las ideas, tu mente es brillante, te admiro y eres un ejemplo para mí, muy neta del planeta. Te quiero Gema, gracias por ser mi profesora y mi amiga, siempre estaré para ti.

Al Dr. Francisco Solís Marín por su paciencia y apoyo. Admiro muchísimo su trabajo, y en verdad valoro mucho que estuviera pendiente de mi tesis. Gracias a usted, conocí a Daniel, que es un niño muy lindo e inteligente. Gracias a ambos por la ayuda.

A mi profe Aquiles. Profe, muchas gracias por ser tan genial. Cuando estaba en animales III aprendí mucho, y era muy divertido. Gracias por la paciencia y por revisar mi tesis, me hace muy feliz que se encuentre en un momento muy especial para mí.

Al Dr. Guillermo Salgado, por ser mi profesor en animales I junto con Gema, y después en la clase de parasitología general con la profesora Rosario. Le agradezco muchísimo todo el conocimiento y el tiempo que me dedicó.

A mis compañeros de taller, sobre todo a Karencita y Rubén por soportarme con mis preguntas diarias de trámites y a Rod por hacerme un dibujo muy bonito.

A mis amigos de la facultad de Ciencias. Ximenita de mi corazón, gracias por acompañarme en mis peores momentos y convertirlos en amor. Amo que seas fan de Harry Potter y que seas de Slytherin, nos esperan muchas aventuras, series, películas y chistes malos juntas. Espera la siguiente temporada, que te amo para toda la vida.

Muchas gracias, Brian. Eres un profesor excelente, y también eres un gran ser humano. Adoré la clase de evolución, me hiciste amarla.

A el Fer por siempre ser tan perfecto conmigo, por hacerme reír cuando me siento mal y apoyarme en todas mis decisiones, aunque no sean las mejores, gracias por decirme “apúrate con la tesis” y por ver crepúsculo conmigo, te amo.



A mi amiko Dekel, gracias por ser un amor de persona y preocuparte todos los días por mí. Tenemos una promesa que debemos cumplir, siempre en lo más alto, te amo amiko.

A mi Daphne preciosa, mi alma gemela de la amistad. Te amo. Eres la única persona que me entiende al 100%. Eres mi hermana.

A mis amigos nuevos, Axel y Bel. Gracias por ser increíbles seres humanos. Los amo a los dos.

Fany y Luz, gracias por apoyarme y estar en las clases que no les gustan para estar las cuatro juntas. Amigas, estar con ustedes era todo un día de risas y chistes, las veo y se me reinicia la vida, siempre estaré con ustedes, promesa de Tatiana jaja.

A Víctor y Brindis bebés de luz, son una hermosura de personas. Vic, gracias por acompañarme en todos los años de universidad, eres un amigo increíble. Nuestros momentos de uni son los más preciados. Brindis bebé, eres una persona brillante, te admiro muchísimo por todo lo que eres, gracias por tantos recuerdos y experiencias, les amo.

A Miriam, eres un amor de persona, me apoyas en todo lo que hago. Adoro la ternura que proyectas, me encanta. Te quiero mucho.

A Dani Zúñiga, chiquita piciosa de mi corazón. Te adoro mucho, gracias por estar conmigo en animales I, tu amistad es de las cosas más increíbles del mundo. Nos faltan muchas coquitas por existir.

A Mireli, muñeca preciosa, gracias por ser mi amiga y cuidarme. Te amo con todo mi corazón. Mi vida cambió cuando entré a biogeo y te conocí, era el destino.

A Irving, muchas gracias. Eres la persona más ocurrente del mundo y me apoyas en todo. Siempre hay que ser amigos, te amo.

A Leo Hernández, bebé gracias por apoyarme en este mundo de R. La pandemia a mí me dio cosas hermosas, entre ellas, poder convivir virtualmente contigo. Gracias por el apoyo.

A mi abue, que desde Veracruz siempre está pendiente de mí.





A mi Primito Pakal, eres un chiquito muy grande. Gracias por prestarme tu cuarto y jugar conmigo. Te quiero mucho, Pakalito. Espero que cuando seas más grande entiendas, eres mi primito favorito.

A mis tíos, Ricardo y Verónica por apoyarme y preocuparse por mis estudios y mi salud. Los quiero mucho.

A mi CCH Oriente porque me hizo quién soy y me dio a las mejores personas del universo, mi familia, hermanos de otra madre.

A Annie, la vida siempre nos quiso juntas jaja, era el destino, teníamos que hablar. Gracias por estar en el peor momento de la vida, por hacerme de comer y llevarme a tu casita. Te amo demasiado amiga, haría lo que sea por ti. Siempre estas para mí, en las buenas y en las malas, tal vez no estaría aquí sin ti. Cada vez que pienso en ti me haces creer que las personas buenas en el mundo existen, y es un placer vivir la vida rodeada de personas como tú. Vecinas en código postal y de vida, gracias por apoyarme y abrirme los ojos para darme cuenta de todo lo que valgo. Te mereces absolutamente todo.

Sarita y Escarleth, mis llaveritos preciosos. Les debo muchos años de mi existencia porque se mudaron conmigo a CU sin más y me apoyaron con mis locuras desde el primer momento, siempre serán mi familia. Esca, quizá no te acuerdes, pero gracias a ti estoy en la carrera que debía estar, nuestra platica en el MB me dieron la oportunidad de pensar con claridad. Sarita bebé, llevas años conmigo, primero en CCH y ahora en la facultad, perdón por entrar a todas tus clases de la facultad jaja, pero me gusta cuidarte, siempre lo haré. Muchas gracias por vivir conmigo a ambas y soportar mis tonterías y desastres sentimentales. Ustedes moldearon mi vida y fueron mis primeras confidentes, me ayudaron con mis cargas. Sé que somos muy diferentes, pero siempre será un gusto coincidir y darles un riñón si eso hace falta. Las amo con todo mi corazón, por siempre ESN.

A Regina y Fernanda, amigas preciosas, ustedes son un sol, me han apoyado tantas veces en diferentes momentos de mi vida. Quiero ser como ustedes, siempre lindas y positivas, gracias por estar, las amo. Regina, gracias por tus abrazos y tus consejos, me enseñaste muchas cosas en el transcurso de los años, y me mostraste tu mundo con mucho amor, agradezco que



siempre me abras las puertas en tu vida. Fer, amiga bióloga, eres un ejemplo para mí, eres una persona increíble y tu mirada lo dice. Tu sonrisa siempre me regresa la vida y algún día quiero ser así de genial como tú.

Daniel Sánchez, el DAN de mi NAD. No sé qué más decirte, sabes que te amé, te amo y lo haré siempre. Eres uno de mis mejores amigos, mi hermano y adoro haber chocado con puertas, fue la mejor decisión de mi vida. Daría todo por ti amigo, me demuestras tanto cariño y tanto amor siempre, aunque estemos lejos. Te quiero siempre en mi vida, gracias por todo.

A Aldahir, gracias por realmente escuchar lo que digo y por apoyarme tanto, te amo demasiado, amigo. Eres muy real y valoro todos tus consejos, que me sacaras de mi depresión fue lo mejor de la vida, siempre cuidaré de ti. Eres mi mejor amigo y también mi hermano.

A David Muñoz por hablar conmigo por teléfono y darme ánimos todos los días. Te quiero mucho, amixe.

A Abdiel, eres más mi gemelo que de tu hermano. Te amo mucho, gracias por todo el cariño, el apoyo y por no matarme en tu carro. Aprendí a valorar la vida cuando me subí a tu Mustang jaja.

A Saúl bebé, gracias por no irte cada vez que chocábamos, lamento tanto no hacerte caso cuando me dabas consejos. Siempre te amaré mucho.

A Narváez, bebé te amo. Gracias por tus consejos y por estar para mí cuando todo estaba mal.

A Leo García, bebé precioso gracias por ser un amor de persona conmigo. Hablar contigo es hermoso, me hace sentir calma y confianza. Te quiero.

A Anana, agradezco tanto que tu camino se cruzara con el mío en CCH, me enseñaste muchas cosas y estuviste para mí. Créeme que siempre te tengo presente, ojalá la vida nos vuelva a juntar, te quiero.



## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>¿Qué son los equinodermos?</b> .....	<b>12</b>
<b>Clase Ophiuroidea</b> .....	<b>12</b>
<b>Morfología.</b> .....	<b>12</b>
<b>Alimentación.</b> .....	<b>15</b>
<b>Distribución mundial.</b> .....	<b>16</b>
<b>Distribución en México.</b> .....	<b>16</b>
<b>Importancia ecológica.</b> .....	<b>16</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>19</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>23</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>25</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>103</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>112</b>



## RESUMEN

Los ofiuos pertenecen al phylum Echinodermata, son organismos que presentan un disco central y cinco brazos articulados con un endoesqueleto calcáreo compuesto por placas y cuentan con una simetría radial pentámera. En México, los ofiuos son muy diversos, ya que se han reportado alrededor de 240 especies y forman parte de las cadenas tróficas en las comunidades litorales. Cumplen funciones importantes como la oxigenación del sustrato debido a sus hábitos excavadores. Los organismos de este estudio se recolectaron en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo realizando buceo en la región y se obtuvo un total de 91 organismos. Fueron depositados en la Colección Nacional de Crustáceos y posteriormente clasificados hasta especie. En el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo se muestrearon tres localidades (Bonanza, Jardines y Puerto Morelos) en distintas profundidades, las cuales eran somera (1-3 m), medio (6-8 m) y profundo (12 m) que mostraban un diferente grado de perturbación. Jardines presenta el mayor grado de perturbación, Bonanza es una localidad en recuperación y Puerto Morelos es un área actualmente conservada. Estas perturbaciones surgieron por las actividades recreativas que se dan en la región y afectan la composición del arrecife, así como sus parámetros fisicoquímicos. El objetivo de este trabajo es analizar la riqueza y abundancia de estrellas quebradizas en el arrecife de Puerto Morelos considerando el grado de perturbación en las tres localidades seleccionadas. De acuerdo con la hipótesis de perturbación intermedia, la diversidad de ofiuos en el arrecife Puerto Morelos es similar en los sitios de Bonanza (recuperado), como en Puerto Morelos (conservado). *Ophiopsila vittata* fue la especie más abundante y *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophiostigma isocantum* y *Ophiostigma siva* fueron las especies menos abundantes. Las especies compartidas entre las tres localidades fueron: *Ophiocoma echinata*, *Ophiopsila riisei*, *Ophiopsila vittata* y *Ophiotrix oerstedii*. Bonanza presentó una mayor riqueza con 15 especies de ofiuos y Puerto Morelos presentó una mayor abundancia con 61 individuos.

Palabras clave: ofiuo, arrecife, diversidad, conservación.



## INTRODUCCIÓN

### ¿Qué son los equinodermos?

Los equinodermos (del griego «*echinos*», espinoso; «*dermatos*», piel) son un filo de animales que tiene sus orígenes en el Precámbrico. Son animales con simetría radial pentamérica secundaria en adultos y bilateral en larvas, que son estrictamente marinos. Estos invertebrados son deuterostomados con un endoesqueleto calcáreo, cuentan con un sistema vascular acuífero. El sistema vascular acuífero es un complejo formado por conductos y reservorios especializados en el transporte de fluidos, así como el desplazamiento por medio de pies ambulacrales. Este sistema funciona por medio de presión hidráulica (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007). Dentro del phylum Echinodermata existen alrededor de 13,000 especies extintas y 7,000 especies actuales, las cuales se encuentran distribuidas en cinco clases: Crinoidea (lirios de mar y estrellas plumosas), Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (ofiuras y estrellas cesta), Echinoidea (erizos de mar y dólares de arena) y Holothuroidea (pepinos o cohombres de mar) (Solís-Marín *et al.*, 2014).

Su importancia radica en que forman parte de la estructura de la comunidad y/o de las redes tróficas. Pueden llegar a constituir el 95% de la biomasa en aguas profundas (Brusca y Brusca, 2003).

### Clase Ophiuroidea

**Morfología.** De manera general, el cuerpo de los ofiuros cuenta con un disco central que es aplanado en la mayoría de los casos, tienen cinco brazos articulados por vértebras que irradian del disco central (Figura 1). El endoesqueleto calcáreo se encuentra compuesto de espículas de calcita con carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ) que se depositan como cristales independientes. Dentro del endoesqueleto se pueden encontrar placas simples o compuestas (formadas por la unión de placas simples), protuberancias y espinas que pueden ser móviles o fijas (Brusca y Brusca, 2003). Las placas radiales son estructuras que se encuentran en la región dorsal de los ofiuros, poseen una disposición radial con un total de cinco placas,



algunas presentan forma granular de color blanco que en ocasiones puede ser de una estructura más alargada.

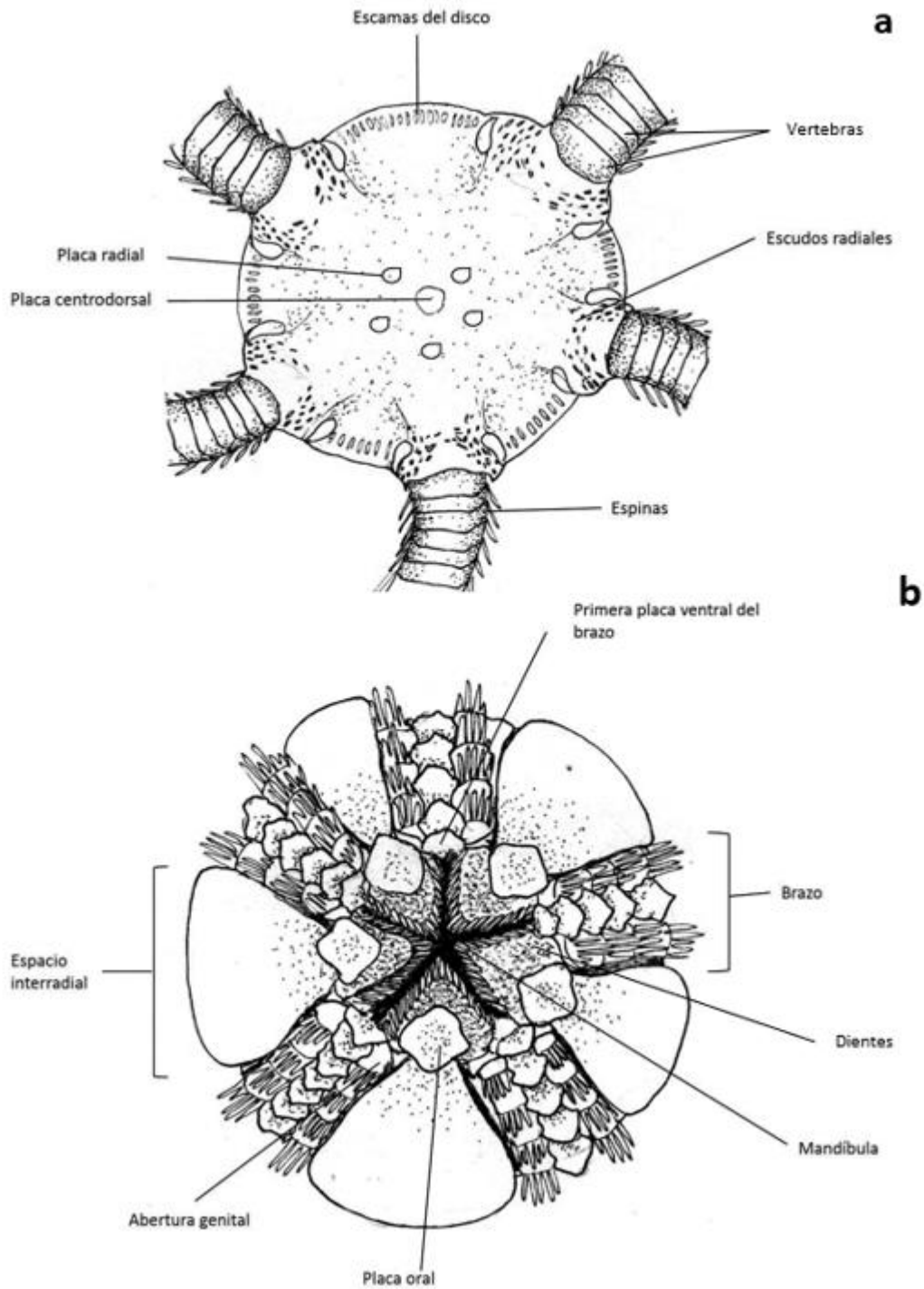
Los ofiuros cuentan con cinco mandíbulas, cada una de ellas se compone por placas orales, una placa dental, dientes, papilas orales y dentales. La mandíbula está formada por dos placas orales que se encuentran unidas sobre el borde proximal. Asimismo, la placa dental se localiza en la parte superior de la unión de las placas orales, cuya función radica en sostener los dientes compuestos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La disposición de los dientes es de manera vertical, formando hileras a los lados del extremo ventral. Se considera que el número de mandíbulas está relacionado al número de brazos como resultado de la evolución de las placas ambulacrales y la homología a las vértebras del brazo (Berecoechea, 2014).

Los equinodermos utilizan las espinas de su cuerpo para trasladarse y para retener a sus presas. Sin embargo, existe un proceso fisiológico que les permite tener una mayor rigidez por medio de un mecanismo bioquímico. Esta rigidez se basa en el intercambio de iones de calcio y cationes, si aumenta la concentración de iones de calcio, se produce una mayor rigidez. Esta función es de gran importancia debido a que pueden usar el reblandecimiento de su tejido conjuntivo para liberarse de algún depredador. También, las estrellas de mar lo usan como método para conseguir su alimento cuando este cuenta con conchas, como los bivalvos. Otra función de este proceso, como en el caso de los erizos de mar, es utilizarlo como medio de protección, de este modo, pueden pasar por grietas entre las rocas sin ser lastimados (Barnes, 2007). Hay estructuras del esqueleto que están dispuestas en manera de pinza, su función se asocia a la respuesta de estímulos externos mediante componentes neuromusculares. Dichas estructuras reciben el nombre de pedicelarios y se pueden encontrar en asteroideos y equinoideos (Brusca y Brusca, 2002).

Los brazos pueden estar ramificados o no, dependiendo de la especie (Brusca y Brusca, 2003). Los brazos son largos y tienen movilidad gracias a las vértebras, por las que están compuestos, estas estructuras les ayudan a desplazarse. Cuentan con una madreporita que se encuentra en la región oral localizado en el disco central, carecen de ano. Se dice que el sistema digestivo es incompleto porque se han perdido estructuras a lo largo de la



evolución como el intestino y el ano debido a que todo el sistema ambulacral se encuentra de manera aplanada dentro del disco en ofiuros (Brusca y Brusca, 2003). Cuentan con pies ambulacrales sin ventosas que se encuentran debajo de cada brazo, los cuales emplean para capturar alimento. El tamaño de cada ofiuro es variable, algunos pueden presentar pocos milímetros de diámetro y brazos extremadamente largos (Rodríguez, 2016). Presentan bursas que son invaginaciones tegumentarias, las cuales se encargan de la respiración; el intercambio de gases se da con la apertura de hendiduras ciliadas. Sin embargo, estos sacos también tienen funciones asociadas con la reproducción, ya que se encargan de incubar crías y de liberar gametos (Souza y Urgorri, 1992; Conabio, 2011). Los ofiuros son principalmente dioicos, pero pueden reproducirse de manera asexual y también cuentan con hermafroditismo.



**Figura 1.** Morfología general de un ofiuro. A) Región aboral, b) Región oral.

**Alimentación.** Los ofiuros tienen diferentes métodos de alimentación, inclusive algunos pueden usar más de un método, entre estas estrategias podemos encontrar la





alimentación detritívora, carnívora, omnívora o también pueden ser carroñeros (Berecoechea, 2014). La alimentación detritívora se da al segregar un moco que puede adherir materia orgánica y una vez adherida, el bolo alimenticio es llevado a los podios, mientras que la alimentación suspensívora ocurre durante la noche, los pequeños organismos tocan los brazos de los ofiuros y el apéndice se curva para poder capturar a la presa (Brusca y Brusca, 2003).

**Reproducción.** Las gónadas de los ofiuros se encuentran en sacos unidos a las bursas, estas pueden variar en número dependiendo de la especie. Al liberarse los gametos tanto masculino como femenino por las bursas a la columna de agua, se lleva a cabo la fecundación externa, el resultado de este proceso es una larva que recibe el nombre de ophiopluteus (Garces, 2014). Por otro lado, hay algunas especies que incuban sus huevos en las bursas, en el interior de los ovarios o en el celoma, estos organismos se quedan en el cuerpo de la madre hasta ser juveniles. En el caso de la reproducción asexual, los organismos adultos se dividen por la mitad en el disco central, cada mitad genera la parte faltante. Este proceso ocurre dentro del género *Ophiactis*, se cuenta con seis brazos (Escandón, 2011).

**Distribución mundial.** Los ofiuroides han tenido a lo largo del tiempo distintas adaptaciones que les ha permitido estar en diversos ambientes. La mayoría se encuentra en el fondo marino, ya sea enterrados en algún tipo de sustrato o escondidos entre grietas de roca o coral. Estos organismos están en microambientes crípticos. Todos los equinodermos en general son abundantes en zonas tropicales y subtropicales, cuentan con una mayor diversidad en la zona intermareal y a los 300 m de profundidad (Rodríguez, 2016).

**Distribución en México.** En México se han registrado un total de 240 especies de ofiuros. En el océano Pacífico se han reportado 105 especies, mientras que para el Golfo de México se reportaron 108 especies, de las cuales, en Yucatán podemos encontrar 52. Para el Caribe mexicano se tienen 82 especies y para el Golfo de California 86 especies (Solís-Marín *et al.*, 2018).

**Importancia ecológica.** Los ofiuros realizan funciones muy importantes en el ecosistema ya que oxigenan el sedimento, pues al tener hábitos enterradores, continuamente están removiendo el sustrato y transforman la materia orgánica en partículas disponibles para otros organismos (Daneman y Ezcurra, 2008). También forman relaciones ecológicas con



otros organismos, como es el caso de *Ophiothrix lineata*, la cual mantiene una relación de comensalismo con las esponjas, los ofiuros obtienen protección contra depredadores y las esponjas se mantienen limpias. Por otro lado, también son consumidos principalmente por peces (Brusca y Brusca 2003).



## JUSTIFICACIÓN

Los ofiuros son un grupo de equinodermos que forman parte de la cadena trófica, constituyen parte de la dieta de organismos de mayor tamaño y desempeñan el papel de carroñeros, alimentándose de materia orgánica suspendida en el medio. De igual manera, al consumir su alimento, remueven el sustrato, oxigenándolo y limpiando la arena. El grupo de ofiuros es un grupo muy diverso, en México existen 240 especies reportadas (Solís-Marín *et al.*, 2018) y presentan adaptaciones evolutivas que vuelven al grupo muy complejo. Dado que la perturbación afecta la diversidad de la comunidad de ofiuroideos en el arrecife de Puerto Morelos, es indispensable conocer la abundancia y realizar un análisis detallado de su diversidad en las localidades de Bonanza, Jardines y Puerto Morelos para conocer el efecto del grado de perturbación en la comunidad de ofiuroideos y tomar medidas para la conservación de especies.



## **ANTECEDENTES**

En el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo se han desarrollado un total de 61 investigaciones que se encuentran disponibles en los servidores digitales de la UNAM, específicamente en las plataformas de TESIUNAM y la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra. El tema más abordado en cuanto a la fauna que habita en esta localidad, se concentra en los crustáceos, grupo más diverso en el arrecife. Algunos de los temas ampliamente desarrollados son: distribución, morfología, etapas de desarrollo, diversidad, abundancia, patrones de alimentación y aspectos poblacionales de distintas especies; principalmente de langostas. El estudio de corales ha sido enfocado principalmente a la complejidad estructural y la relación que tienen con los cambios ecológicos. Otro tema ampliamente desarrollado son los pastos marinos y la fauna asociada a ellos. En peces se ha estudiado la conducta, abundancia y alimentación de algunas especies y se realizó un listado de los peces que habitan la región. En comunidades de macroalgas se desarrolló la zonación en el arrecife y el monitoreo; en el grupo de los moluscos se han desarrollado dos trabajos en cuanto a distribución y reproducción de un solo género. Existen muy pocas investigaciones sobre el resto de la fauna existente en el arrecife de Puerto Morelos, teniendo un único trabajo de esponjas, poliquetos, dinoflagelados, anémonas, quetognatos, tremátodos, ofiuros y esponjas. Se conoce que únicamente el 1.7% de los trabajos de investigación se han realizado en equinodermos (Tabla 1) (Álvarez, 2002; Amaya, 2016; Anguiano, 2016; Barba, 2004; Burgos, 1992; Busmail; 1998; Canizales, 2017; Castañeda, 1998; Colinas, 1988; Contreras, 1992; Cortes, 1980; Cruz, 2008; Dorantes, 2019; Espejel, 1983; Espinosa, 2010; Estrada, 1999; Estrada, 2019; Fuentes, 2010; García, 2018; Gastelu, 2015; Garza, 1998; Gómez, 1982; González, 2003; González, 2009; Guzmán, 2020; Hernández, 2014; Hernández, 2015; Ibarra, 1977; Jordán, 2004; Jordán, 2007; León, 1999; Luviano, 2016; Meiners, 2002; Mendoza y Ríos, 1994; Mendoza, 2007; Monroy y Álvarez, 2016; Monroy, Rodríguez y Álvarez, 2017; Monroy, 2010; Muhlia, 2011; Negrete, 1988; Oliva, 2011; Ordoñez, 2004; Pantoja, 2003; Piñon, 1998; Pizaña, 1994; Ramírez, 1997; Ramírez, 2019; Ravelo, 2006; Reyes, 1998; Rico, 2014; Rodríguez, 1997; Rojas, 2017; Romero, 1991; Rufino, 1989; Sanabria, 2009; Torrens, 2004; Torres, 1991; Torres, 2016; Troncoso; 1994; Valdivia, 2011; Vargas, 2015; Vázquez, 2017; Vázquez, 2019; Yamazaki, 1984; Zapata, 2011).



**Tabla 1.** Grupo de organismos de acuerdo con el porcentaje de investigaciones realizadas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México registrados en la base de datos de la UNAM.

Grupos de organismos	Investigaciones realizadas (porcentaje)
<b>Dinoflagelados</b>	1.59%
<b>Algas</b>	4.76%
<b>Pastos Marinos</b>	7.94% %
<b>Esponjas</b>	1.59%
<b>Corales</b>	14.28%
<b>Anémonas</b>	4.76%
<b>Tremátodos</b>	1.59%
<b>Quetognatos</b>	1.59%
<b>Moluscos</b>	3.17%
<b>Poliquetos</b>	1.59%
<b>Crustáceos</b>	26.98%
<b>Equinodermos</b>	1.59%
<b>Peces</b>	7.94%
<b>Medusas</b>	1.59%
<b>Otros</b>	19.05% %

Granja y López (2011), realizaron un muestreo en Zihuatanejo y Puerto Escondido, México, el cual serviría como nuevo registro de la clase Ophiuroidea en las nueve localidades ubicadas en Oaxaca, estos organismos se encontraron en distintos sustratos y a una profundidad de 26 m. Se encontraron 12 especies, de las cuales *Ophiocoma alexandri* y *Ophiothela mirabilis*, tenían una preferencia por un sustrato en específico.

Stöhr *et al.* (2012), realizaron un análisis biogeográfico de ofiuroides utilizando la base de datos mundial. En el estudio también se abordaron temas referentes a la anatomía, reproducción, tipo de vida y hábitat. Se introdujo información sobre el registro fósil y la filogenia de los ofiuroides. Con este estudio se encontró la diversidad y riqueza de cada familia perteneciente a la clase Ophiuroidea, y se dividió el estudio por regiones, encontrando que la región perteneciente al Indo-Pacífico tenía la mayor riqueza. Sin embargo, los autores consideraron que esta información puede cambiar al registrar las especies en las bases de datos, ya que algunas regiones no han sido lo suficientemente estudiadas.



Alarcón *et al.* (2013), analizaron la capacidad de regeneración de estructuras, en este caso, del brazo en la especie *Ophiothrix lineata*, dicho organismo fue recolectado a 14 km de la desembocadura del río Tuxpan en México a una profundidad de entre 1-2 m. Posteriormente fueron analizados en el Laboratorio de Evolución y Embriología de la Universidad Veracruzana. En el estudio se realizó un seguimiento sobre las etapas de regeneración del brazo completo en la especie, en las cuales incluían una descripción de cada una de las etapas que intervenía y se realizaron estudios histológicos que mostraron una rápida morfogénesis y también un rápido proceso de formación del blastema.

Martin y García (2013), realizaron un análisis del registro fósil de ofiuroides en el continente americano, donde podemos encontrar la distribución de cada uno de ellos, la edad y la clasificación del tipo de fósil. La mayor cantidad de ofiuroides fósiles se encontraron en Norteamérica debido a las condiciones ambientales. Sin embargo, mencionan los autores que esto también se podría deber a la falta de investigaciones en lo que resta del continente americano y por tanto no se han identificado los organismos en esas regiones.

Granja *et al.* (2014), realizaron un muestreo en 59 arrecifes de coral en México del 2007 al 2012, en los cuales los ofiuroides fueron recolectados en diferentes tipos de sustrato. Se encontraron 14 especies, de las cuales las familias con un mayor número de especies fueron *Ophiotrichidae* y *Ophiodermatidae*.

López (2017), realizó un estudio de equinodermos en la Perla del Golfo que es parte del sistema de arrecifes de Los Tuxtlas. Se recolectaron un total de 553 organismos pertenecientes a cuatro clases. Dentro de la clase Ophiuroidea, se obtuvieron 113 organismos que pertenecían a *Ophiothrix angulata*, la cual presentaba una mayor diversidad en la zona de muestreo. En datos generales, se encontró que la riqueza específica es baja con respecto a estudios anteriores.

Gualito (2018), realizó un análisis taxonómico y de diversidad de equinodermos en la Bahía de Akumal, Quintana Roo. Se encontraron 36 nuevos registros para equinodermos, de las cuales la mayor cantidad de especies fueron de la clase Ophiuroidea con 25 especies y un nuevo registro del ofiuo perteneciente a la especie *Ophiophiagnus moorei*. También se reportaron nuevos registros de una asociación simbiótica entre el pinotérico



*Clyoasterophilus stebbingi* y la galleta de mar *Clypeaster subdepressus*. Además, se elaboró una clave taxonómica de equinodermos presentes en la localidad.

Santillán (2019), realizó un análisis de diversidad en la comunidad arrecifal de ofiuos en la localidad de Akumal, Quintana Roo en tres distintas localidades con respecto al grado de perturbación que se presentaba. Se encontraron 168 organismos, la especie más abundante fue *Ophiocoma pumila*. Bahía de Akumal presentó una riqueza específica en la cual no había diferencias con respecto a los valores de diversidad en las tres localidades: bahía de Akumal, bahía de la Media Luna y laguna Yalkú.



## **HIPÓTESIS**

Los arrecifes albergan una gran diversidad de especies marinas, por lo que se espera encontrar una mayor abundancia y diversidad en la pedacera de coral muerto. Sin embargo, de acuerdo a la categorización del grado de perturbación del arrecife de Puerto Morelos, previamente establecido para la localidad en los tres sitios de colecta del arrecife, se espera que la diversidad sea mayor en el sitio que tiene un menor grado de perturbación, que, en este caso, corresponde a Puerto Morelos, dicho sitio ha sido catalogado como zona conservada. Jardines presenta un grado de perturbación mayor, por tanto, debería ser la localidad que presentará una menor diversidad, Bonanza es la localidad que se encuentra en recuperación por lo cual, debería presentar una diversidad intermedia.





## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar la diversidad de estrellas quebradizas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

### **Objetivos Particulares**

1. Conocer la riqueza específica de ofiuros del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo, México.
2. Realizar un catálogo fotográfico que sirva de identificación de especies para trabajos posteriores.
3. Analizar la abundancia, riqueza, diversidad, dominancia y equitatividad de la comunidad de ofiuros en la zona de estudio.
4. Analizar si existen diferencias en abundancia y diversidad entre las tres profundidades muestreadas.
5. Realizar una curva de rarefacción con los estimadores Chao 1 y Chao 2 para conocer las posibles especies potenciales que contenga el arrecife.
6. Aplicar la técnica de asociación Olmstead-Tukey para conocer las especies raras, comunes, dominantes y ocasionales.
7. Conocer y relacionar la diversidad de estrellas quebradizas con el grado de deterioro de las localidades Puerto Morelos, Bonanza y Jardines en Puerto Morelos, Quintana Roo.



## ÁREA DE ESTUDIO

El arrecife de Puerto Morelos se encuentra localizado en el estado de Quintana Roo, tiene una extensión de aproximadamente 120 kilómetros y se ubica en la zona sur de Cancún en la costa del Caribe mexicano. Tiene una superficie de 90,666,311 hectáreas y se encuentra localizado específicamente entre las coordenadas geográficas extremas 21°00'00"/20°48'33" latitud norte y 86°46'30.94" longitud oeste. El arrecife de Puerto Morelos fue decretado Parque Nacional el 2 de febrero de 1998, y forma parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, conocida como "Gran cinturón de arrecifes del Atlántico Occidental" (Figura 2). Este sitio presenta un clima cálido, subhúmedo con lluvias y corresponde al clima de tipo Aw 1(x')(i')g y el Aw2"(i), con una temperatura promedio anual de 26.3% y con valores de humedad relativa entre 81% y 88% (Carabias, 2000).

En el año de 1999 se registraron 669 especies de biota en general, pertenecientes a 45 órdenes, en donde el grupo de los crustáceos era el más abundante, también se encontraron cnidarios como corales escleractineos, gorgonáceos e hidrozoarios, esponjas, anélidos, equinodermos, moluscos y cordados. Se han registrado algunas especies sujetas a protección de acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994 como: coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), coral cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), coral organillo (*Plexaura homomalla*) de la clase Anthozoa y tortuga caguama (*Careta caretta*), tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*) y tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) de la clase Reptilia (Carabias, 2000).

El arrecife de Puerto Morelos tiene gran importancia económica porque genera trabajos dentro de la actividad pesquera y el turismo. De igual manera, esta localidad ha sido sitio de estudio para una gran cantidad de investigaciones y monitoreo. Conservar la localidad es de gran importancia ya que el arrecife cumple la función de proteger a la población de fenómenos naturales como tormentas y huracanes, disminuyendo los daños en la comunidad. Por otra parte, presta servicios ambientales y varias especies que habitan en el arrecife, proporcionan sustancias para la industria química y farmacéutica (Daltabuit *et al.*, 2006).

El arrecife de Puerto Morelos ha sido categorizado en estudios previos de acuerdo con tres grados de perturbación para separar tres localidades distintas acorde a su grado de perturbación en: Bonanza (recuperación), Jardines (perturbado), Puerto Morelos



(conservado). Bonanza ( $20^{\circ} 57' 58''$  N,  $86^{\circ} 48' 27''$  W) ha tenido grandes impactos por las actividades humanas a lo largo del tiempo. Sin embargo, últimamente se han tomado medidas recreativas para la mejora de la localidad. En Bonanza se registraron tres distintas profundidades en las cuales fue llevado el muestreo de los organismos: somera ( $20^{\circ} 57' 56''$  N,  $86^{\circ} 48' 53''$  W), media ( $20^{\circ} 57' 58.8''$  N,  $86^{\circ} 48' 27.9''$  O) y profunda ( $20^{\circ} 57' 58.8''$  N,  $86^{\circ} 48' 27.9''$  O) (Monroy *et al.*, 2017).

Puerto Morelos ( $20^{\circ} 52' 50''$  N,  $86^{\circ} 51' 02''$  W) se encuentra en la zona central del polígono, es un área conservada. Está localidad ha permanecido en buenas condiciones. Puerto Morelos presenta un cambio de suelo consistente debido a las actividades realizadas en la sección. En Puerto Morelos se registraron tres profundidades: somera ( $20^{\circ} 52' 50.7''$  N y  $86^{\circ} 51' 1.9''$  W), media ( $20^{\circ} 52' 59.4''$  N y  $86^{\circ} 50' 51.1''$  W) y en Puerto Morelos profunda se registró ( $20^{\circ} 52' 58.3''$  N y  $86^{\circ} 50' 51.2''$  W) (Monroy *et al.*, 2017).

Jardines ( $20^{\circ} 50' 20''$  N,  $86^{\circ} 52' 41''$  W) es una zona perturbada debido a la actividad hotelera cerca de la zona, ubicado en la costa. También existe una zona de golf que genera grandes cantidades de residuos, y se desembocan una gran cantidad de sedimentos pesados. Se encuentra en la zona sur del área de estudio. En Jardines se registraron tres profundidades: somera ( $20^{\circ} 50' 20.6''$  N y  $86^{\circ} 52' 41.8''$  W) media ( $20^{\circ} 50' 19.6''$  N y  $86^{\circ} 52' 37.18''$  W) y profundo ( $20^{\circ} 50' 18.89''$  N y  $86^{\circ} 52' 16.4''$  W) (Monroy *et al.*, 2017).



**Figura 2.** Mapa del arrecife Puerto Morelos, se muestran las tres localidades de estudio. Bonanza (recuperación), Puerto Morelos (conservado), Jardines (perturbado) (Monroy y Alvarez, 2016).

A partir del 2014 en el Caribe Mexicano se han reportado cantidades inusuales de sargazo pelágico, principalmente con dos picos en el año 2014 con  $\sim 2,360 \text{ m}^3$  de algas por km de costa y en 2018 con  $8,793 \text{ m}^3$  por km de costa (CI:  $8,848 \text{ m}^3 \text{ km}^{-1}$ ), provocando así, un daño en el ecosistema. Desde el primer pico, se aplicaron diferentes estrategias para remover el sargazo en la costa. Sin embargo, estas estrategias no tuvieron éxito del todo. Dentro de los daños que más perjudican al ecosistema, podemos encontrar la mortalidad de diversos invertebrados marinos a causa de la anoxia. Es importante mencionar este suceso debido a



que puede influir en la riqueza y abundancia de los ofiuos en los diferentes sitios de muestreo seleccionados (Monroy *et al.*, 2019).

## MATERIAL Y MÉTODO

### Trabajo de Campo

Se muestreó durante los meses de marzo, mayo, agosto y noviembre del 2013 y, enero y marzo del 2014 en las tres localidades pertenecientes al arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. En cada una de las tres localidades, se utilizó equipo SCUBA con ayuda de dos buzos que para la obtención de una muestra y una réplica (copia de la muestra). En los sitios de Bonanza, Jardines y Puerto Morelos se extrajeron 10 kg de trozos de coral muerto en distintas profundidades: somero (1-3 m), medio (6-8 m) y profundo (13-15 m). Para la extracción de los organismos, se utilizaron cincel y martillo para poder triturar los trozos de coral. Se colocaron en bolsas de polietileno con su respectiva etiqueta que indica la localidad, la fecha de recolecta y la profundidad para transportarlos al laboratorio.

### Trabajo de laboratorio

Los organismos fueron colocados en frascos separados por morfotipos y fijados con alcohol al 70%, cada uno con su respectiva etiqueta de datos. Los organismos fueron depositados en la Universidad Nacional Autónoma de México en la Colección Nacional de Crustáceos, del Instituto de Biología y fueron identificados morfológicamente con claves taxonómicas. Añadir los trabajos que se utilizaron para la identificación de los ejemplares (Benavides-Serrato, Borrero-Pérez y Díaz-Sánchez, 2011; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009; Hendler *et al.*, 1995).

### Catálogo fotográfico

Para realizar el catálogo fotográfico de las especies identificadas, se utilizó el microscopio estereoscópico motorizado para fotografía multifocal Leica Z16 ApoA con cámara Leica DFC490 y programa LAS (Leica Application Suite versión 4.3.0) en el Laboratorio de microscopía y fotografía de la biodiversidad, que se encuentra localizado en el Instituto de Biología, UNAM. Las fotos restantes fueron tomadas con el microscopio Quasar Qm10 1600x y las imágenes del organismo completo fueron tomadas con un iPhone



6s. Posteriormente, las imágenes fueron procesadas en el editor Snapeed para iOS 13.1 en el cual se hicieron correcciones básicas (brillo, contraste, ambiente, sombras y nitidez) a las imágenes.

### **Análisis de datos**

Los datos obtenidos de las muestras fueron colocados en el programa Excel. En dicho programa se realizaron los análisis de diversidad por cada uno de los sitios de muestreo, y en las distintas profundidades.

Se calcularon los siguientes índices:

- Índice de Margalef
- Índice de Simpson
- Índice de Shannon-Wiener
- Índice de Pielou

El índice de Margalef representa el total de especies en una comunidad. La fórmula es  $R1 = S - 1 / \ln N$ . Donde S es el número total de especies y N es el número total de individuos. Los valores por arriba de (5) sugieren alta diversidad en la comunidad (Díaz, 2006).

El índice de Simpson es un índice basado en la dominancia, muestra que dos individuos de la misma especie sean tomados al azar. Los valores van de 0-1, si el valor de  $\lambda$  es mayor 0 o alto significa que la diversidad de la comunidad que se muestreo es baja. La fórmula es:

$$\lambda = \sum p_i$$

Donde  $p_i$  es abundancia proporcional de la especie dividido entre el número total de la muestra (Díaz, 2006).

El índice de Shannon Weiner muestra que los valores se encuentran por arriba del (3) sugieren una alta diversidad. Por el contrario, si los valores se encuentran por debajo de (3), sugieren baja diversidad (Díaz, 2006).



El índice de Pielou mide la relación entre la diversidad observada con respecto a la máxima diversidad esperada. Los valores cercanos a 0 muestran que las especies no son equitativamente abundantes mientras que valores alejados de cero muestran que las especies son equitativamente abundantes (Díaz, 2006).

Con el programa RStudio versión 3.6.3 se realizaron los análisis de varianza (ANOVA) y el Levene's Test for Homogeneity of Variance. En el programa Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (EstimateS) en la versión EstimateS 9.1.0 para Windows se realizaron los análisis de Chao1 Y Chao2 para las curvas de acumulación de especies. El archivo fue enviado desde Excel al programa EstimateS con un tipo de formato texto delimitado por tabulaciones (\*.txt). En el programa Past4project versión 1.0.0 se realizó el análisis del índice de similitud de Sørensen y los resultados se graficaron en la aplicación de Canva premium. Y con el programa IBM® SPSS Statistics se realizó la prueba de asociación Olmstead-Tukey, por medio de un análisis factorial con el método de componentes principales.



## RESULTADOS

### I. Lista de especies y catálogo fotográfico

De acuerdo con nuestros resultados se encontró un total de 155 organismos (ofiuros) pertenecientes a 20 especies, 10 géneros y nueve familias. En la tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica de la clase Ophiuroidea encontrada en el arrecife.

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica de la clase Ophiuroidea en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México siguiendo los criterios de O'Hara *et al.*, 2017.

---

Phylum Echinodermata
Clase Ophiuroidea
Orden Ophiurida
Familia Amphilepididae Matsumoto, 1915
Género <i>Ophiophragmus</i> Lyman, 1865
<b><i>Ophiophragmus</i> sp.</b>
<b><i>Ophiophragmus moorei</i> Thomas, 1965</b>
Familia Amphiuroidae Ljungman, 1867
Género <i>Ophiocnida</i> Lyman, 1865
<b><i>Ophiocnida scabriuscula</i> (Lütken, 1859)</b>
Género <i>Ophiostigma</i> Lütken, 1856
<b><i>Ophiostigma isacanthum</i> (Say, 1825)</b>
<b><i>Ophiostigma siva</i> Hendler, 1995</b>
Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915
Género <i>Ophiactis</i> Lütken, 1856
<b><i>Ophiactis quinqueradialia</i> Ljungman, 1872</b>
Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867
Género <i>Ophiocoma</i> L. Agassiz, 1836
<b><i>Ophiocoma echinata</i> (Lamarck, 1816)</b>
<b><i>Ophiocoma pumila</i> (Lütken, 1856)</b>
<b><i>Ophiocoma wendtii</i> Müller &amp; Troschel, 1842</b>
Familia Ophiodermatidae Ljungman, 1867
Género <i>Ophioderma</i> Müller & Troschel, 1840
<b><i>Ophioderma appressum</i> (Say, 1825)</b>
<b><i>Ophioderma brevispinum</i> (Say, 1825)</b>
<b><i>Ophioderma rubicundum</i> Lütken, 1856</b>
Familia Ophiolepididae Ljungman, 1867
Género <i>Ophiolepis</i> Müller & Troschel, 1840
<b><i>Ophiolepis gemma</i> Hendler &amp; Turner, 1987</b>
<b><i>Ophiolepis paucispina</i> (Say, 1825)</b>
Familia Ophionereididae Ljungman, 1867
Género <i>Ophionereis</i> Lütken, 1859
<b><i>Ophionereis reticulata</i> (Say, 1825)</b>
<b><i>Ophionereis squamulosa</i> Koehler, 1914</b>
Familia Ophiopsilidae Matsumoto, 1915
Género <i>Ophiopsila</i> Forbes, 1843
<b><i>Ophiopsila riisei</i> Lütken, 1859</b>
<b><i>Ophiopsila vittata</i> H.L Clark, 1918</b>
Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1867
Género <i>Ophiotrix</i> Müller & Troschel, 1840
<b><i>Ophiotrix angulata</i> (Say, 1825)</b>
<b><i>Ophiotrix oerstedii</i> Lütken, 1856</b>

---





### **Familia Amphiuroidae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Benavides-Serrato, Borrero-Pérez y Diaz-Sánchez, 2011): Esta familia se caracteriza por presentar un par de papilas infradentales en el extremo de la mandíbula. Disco usualmente cubierto con escamas imbricadas; brazos muy largos y espinas de los brazos cortas y erectas. El disco se caracteriza por ser muy delicado y generalmente tiende a deteriorarse, característica muy común en especímenes de profundidad.

### **Género *Ophiophragmus* Lyman, 1865**

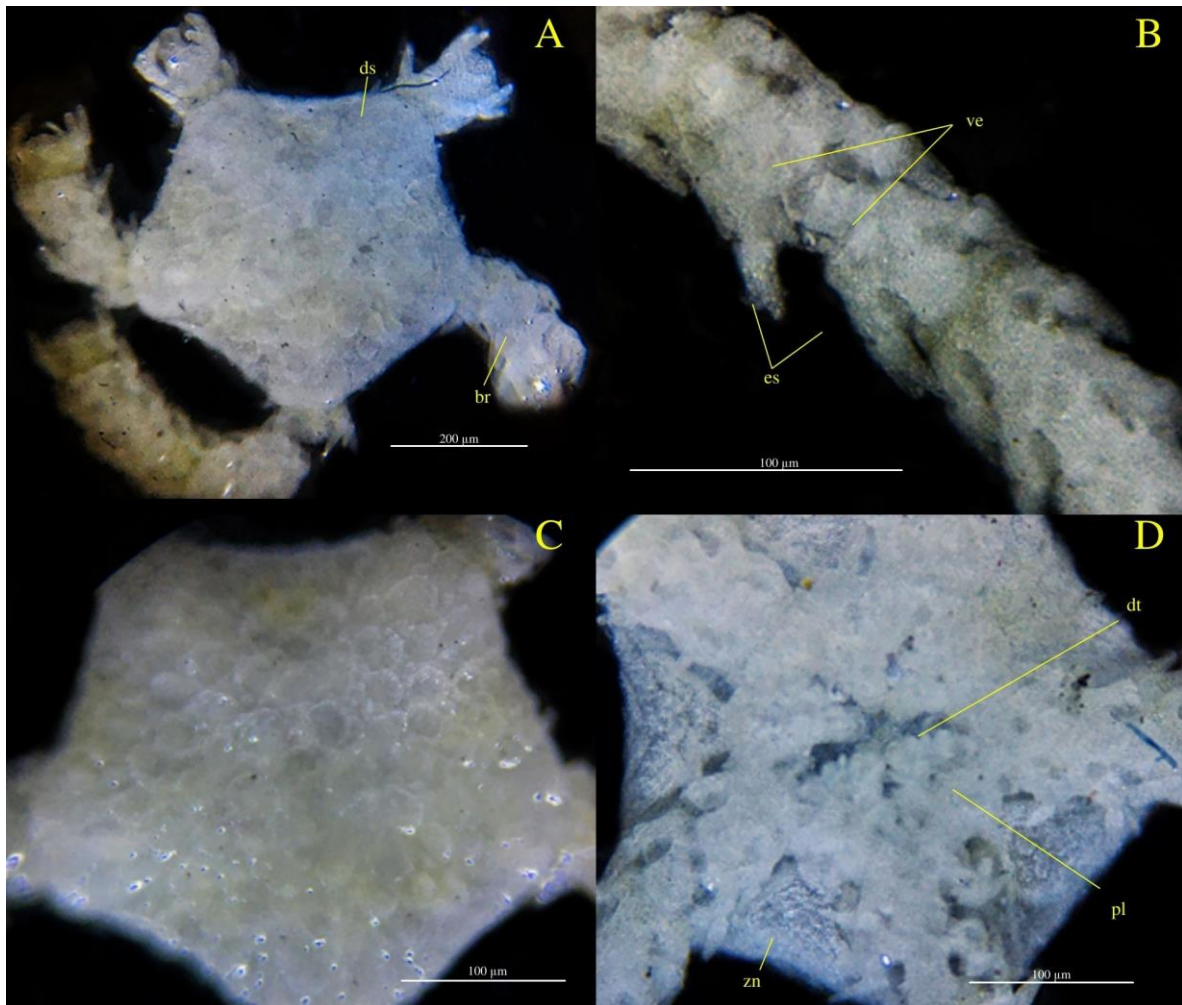
**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco pequeño con escudos radiales y escamas desnudas, las escamas a lo largo del borde del disco están erectas y forman una pequeña barra semiovalada. Presenta dientes y seis papilas orales a cada lado de la boca. Los brazos son delgados y más o menos aplanados. Las espinas de los segmentos de los brazos son cortas, regulares y están ubicadas sobre las placas laterales.

### ***Ophiophragmus* sp. Lyman, 1865**

(Figura 4)

**Diagnosis:** Disco pentagonal con escamas. Las espinas de los brazos son cortas. Escudos orales romboidales. Presenta seis papilas orales. Coloración blanca y los brazos presentan parches color café.

**Comentarios:** Los organismos encontrados fueron juveniles, por lo cual, no fue posible identificarlo a nivel específico.



**Figura 3.** *Ophiophragmus* sp. A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

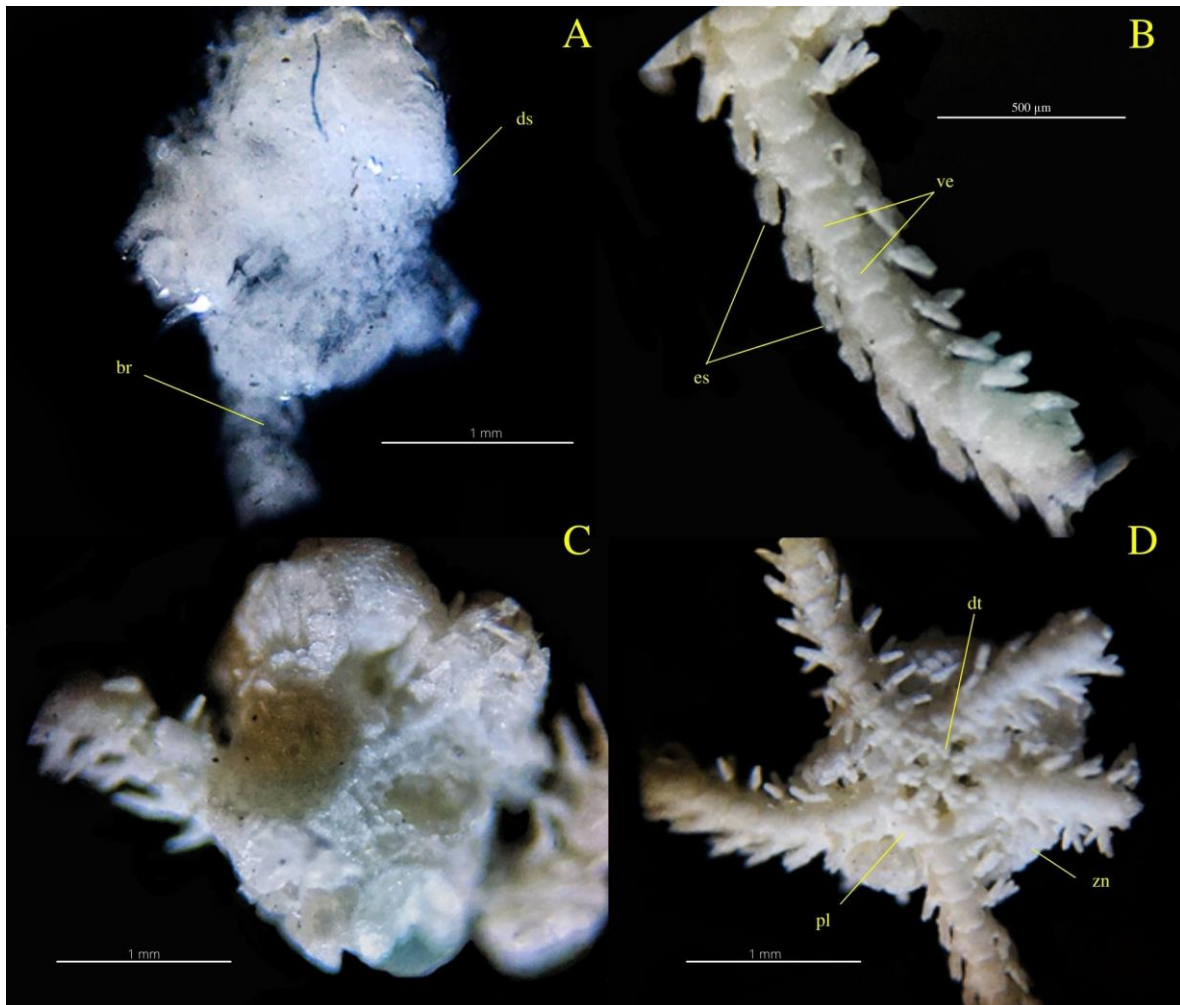


***Ophiophragmus moorei* Thomas, 1965**

(Figura 4)

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueroa *et al.*, 2009): Disco completamente cubierto por escamas imbricadas más o menos del mismo tamaño, el borde del disco está delimitado por un camino de escamas erectas y por pequeñas papilas delgadas, planas y ásperas. Los escudos radiales son ovalados, un poco más largos que anchos. Los escudos orales tienen forma de diamante con las esquinas redondeadas. Los brazos poseen dos escamas tentaculares ovaladas; las placas ventrales de los brazos son ovaladas, más anchas que largas; las placas laterales son delgadas, aplanadas y ásperas, anchas en la parte proximal y chatas en la parte distal y poseen tres espinas, la espina media es gruesa, redonda, ancha en la parte proximal y delgada y chata en la parte distal.

**Comentarios:** Organismo juvenil que presenta el disco deteriorado.



**Figura 4.** *Ophiophragmus moorei* Thomas, 1965. A. organismo completo, (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



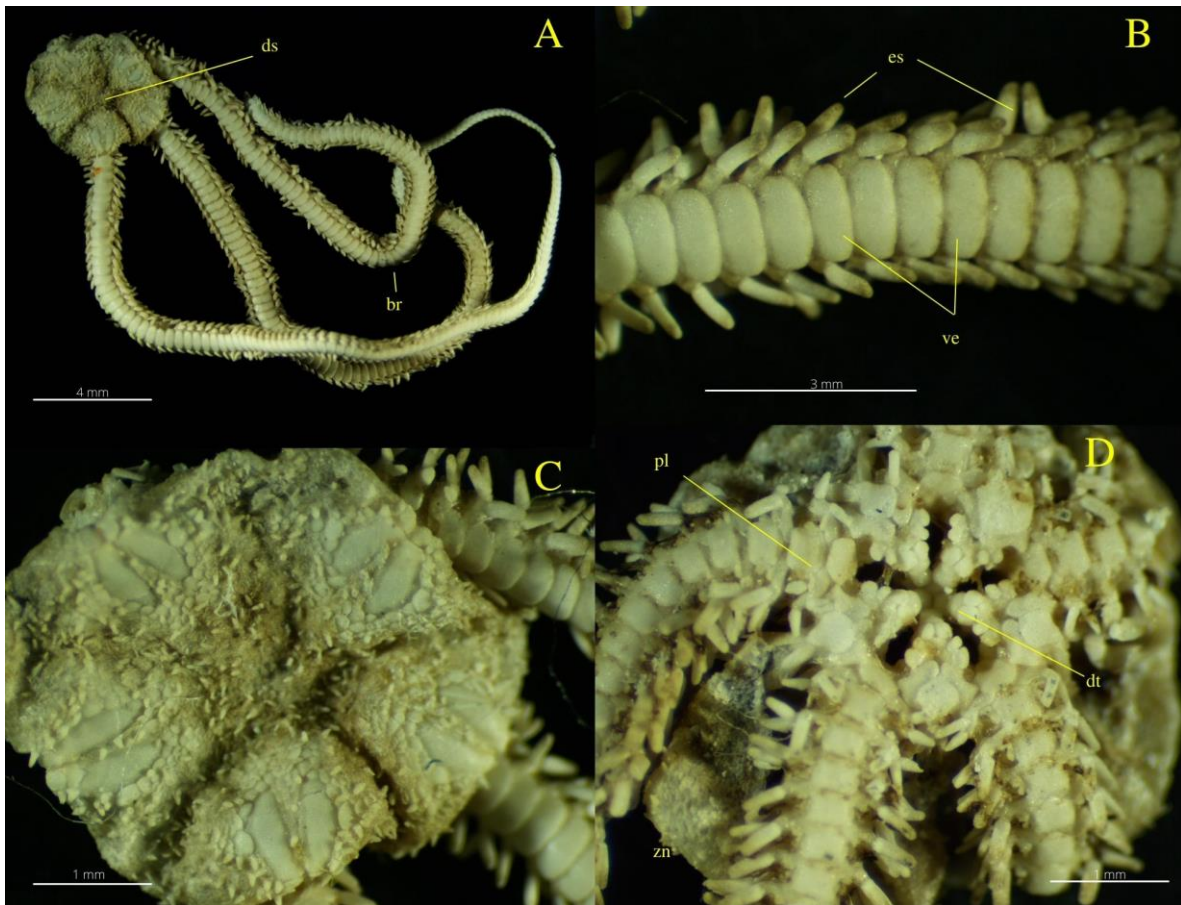
### **Género *Ophiocnida* Lyman, 1865**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco pequeño y delicado, los escudos radiales no están cubiertos. El resto del disco está cubierto por escamas traslapadas, presenta pequeñas espinitas sobre las escamas del disco. Las espinas de los brazos cortas y regulares, presentes a lo largo de las placas laterales. Tiene dos hendiduras genitales en cada espacio interr radial.

### ***Ophiocnida scabriuscula* (Lütken, 1859)**

(Figura 5)

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco cubierto por escamas; espinas cortas y puntiagudas. Los escudos radiales divergen proximalmente, desnudos de espinas y flanqueados por escamas que son más largas que las del centro del disco. Los escudos son grandes y romboidales. Las placas adorales son grandes y triangulares. Las placas orales están en forma de bloque. Los brazos poseen dos escamas tentaculares en cada segmento, una ligeramente más grande. Presentan dos espinas gruesas, ásperas y chatas en los primeros segmentos del brazo; el resto presenta tres espinas, la espina lateral dorsal es más grande y disminuye el tamaño hacia la parte ventral.



**Figura 5.** *Ophiocnida scabriuscula* (Lütken, 1859). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Género *Ophiostigma* Lütken, 1856**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco cubierto por gránulos. Presenta dientes y papilas orales. Posee tres espinas en los brazos; cortas, lisas y arregladas a lo largo de la placa lateral. Las placas adorales están muy cercanas o se tocan y forman un anillo que rodea a la boca. Tiene dos hendiduras genitales que comienzan en la parte distal de los escudos orales.

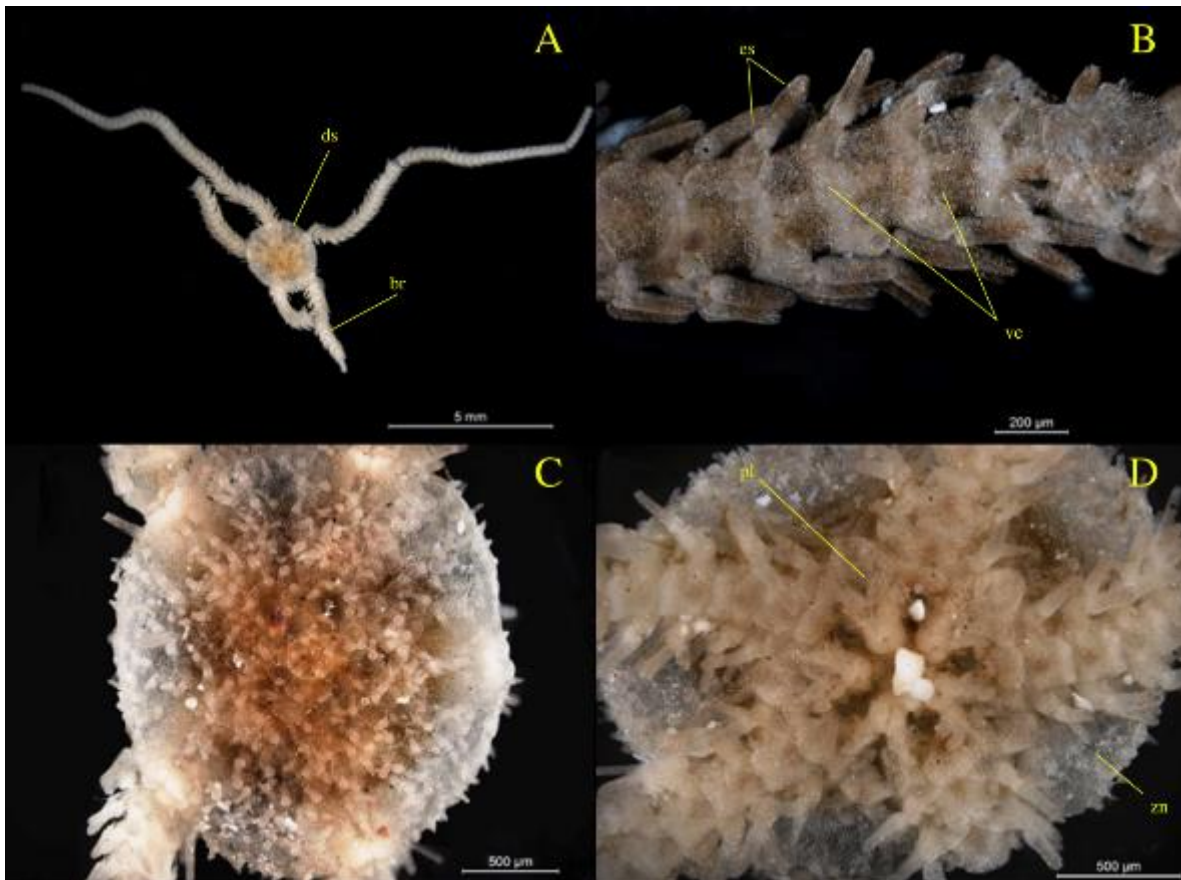
### ***Ophiostigma isacanthum* (Say, 1825)**

(Figura 6)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): El disco está cubierto por numerosos tubérculos cortos y romos que oscurecen las escamas y pueden cubrir los escudos radiales. Las papilas orales más distales son largas, operculares y cierran los espacios entre las mandíbulas. Las espinas de los tres brazos son romas y algo aplanadas. Hay dos escamas de tentáculo pequeñas y delgadas.

**Comentarios:** Organismo juvenil.





**Figura 6.** *Ophiostigma isacanthum* (Say, 1825). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

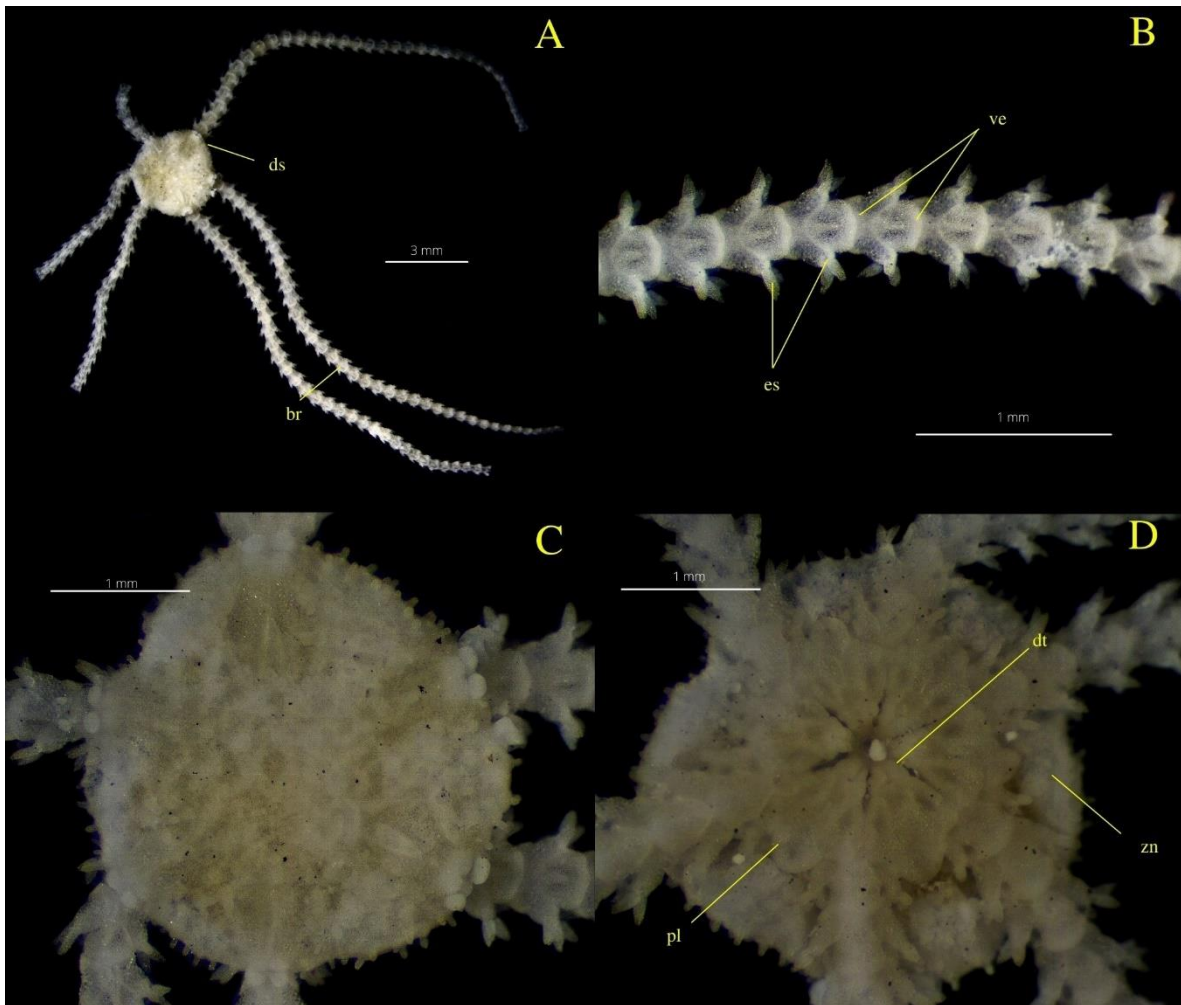




***Ophiostigma siva* Hendler, 1995**

(Figura 7)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Los individuos tienen seis brazos, generalmente tres brazos más largos y tres brazos en regeneración más cortos. Los tubérculos del disco son más largos que anchos, especialmente en el borde del disco. Hay tres espinas de brazos erectas y puntiagudas. Parecen curvarse hacia el disco, debido a sus bordes proximales cóncavos y distales convexos.



**Figura 7.** *Ophiostigma siva* Hendler, 1995. A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915**

**Diagnosis** (tomada de Benavides-Serrato, Borrero-Pérez y Diaz-Sánchez, 2011): Esta familia se caracteriza por tener el disco cubierto de placas con espineletes o gránulos, los cuales no las ocultan. Escudos radiales usualmente conspicuos. Una papila apical seguida por papilas orales redondas, muchas veces separadas por un espacio. Segundo poro oral tentacular abierto dentro de la boca.

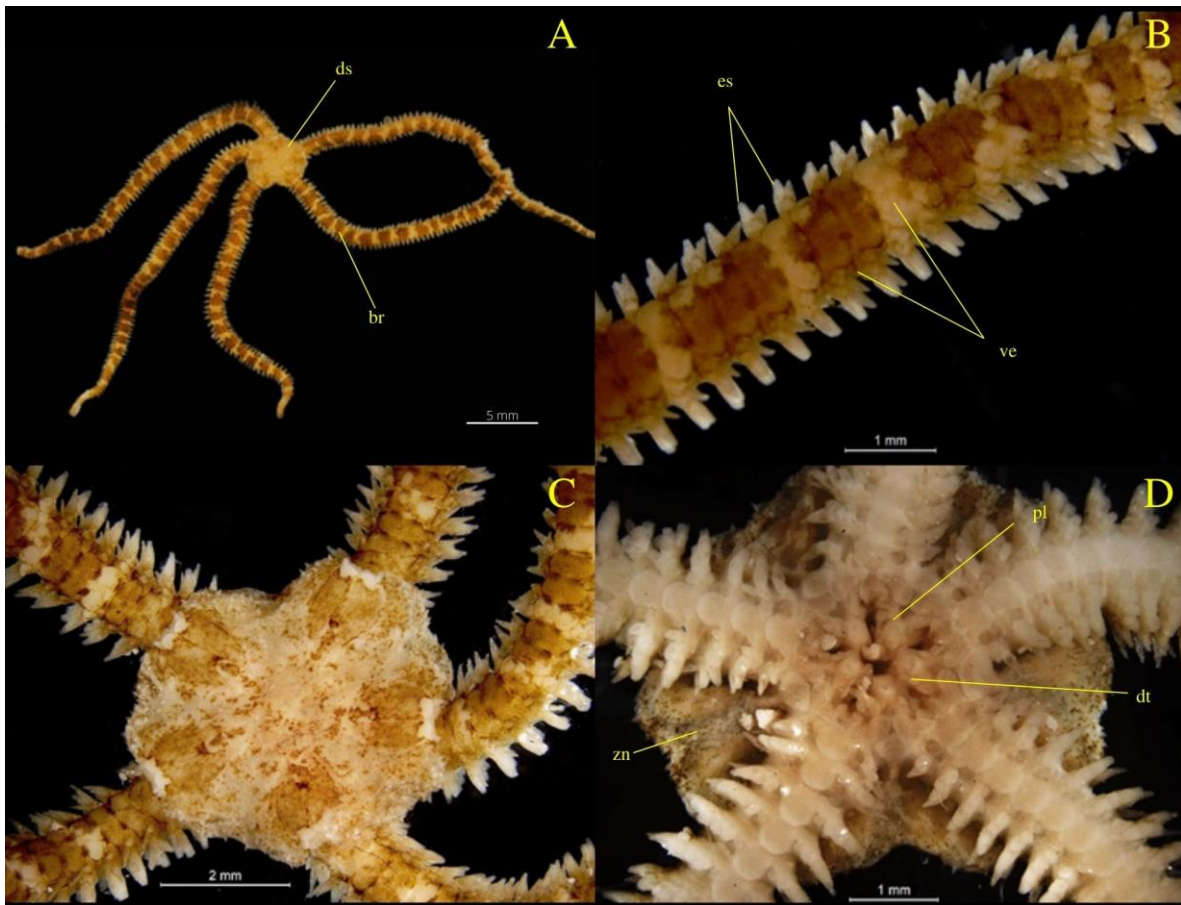
### **Género *Ophiactis* Lütken, 1856**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco circular robusto, casi totalmente cubierto por los escudos radiales y escamas imbricadas, presenta pequeñas espinitas. Presenta dos hendiduras genitales que comienzan en la parte distal de los escudos orales.

### ***Ophiactis quinqueradia* Ljungman, 1872**

(Figura 8)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Las espinas del disco son pequeñas y generalmente restringidas a los lados ventral y lateral del disco; las espinas de la superficie dorsal suelen tener forma de gránulos. Posee dos papilas orales. Las placas dorsales de los brazos son subelipsoidales, más enrolladas que largas. Por lo general, hay seis espinas; las espinas medias son más largas, aplanadas, con una punta ancha; las espinas dorsales son más cortas, redondeadas y más puntiagudas.



**Figura 8.** *Ophiactis quinqueradial* Ljungman, 1872. A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): El disco puede presentar diferentes protuberancias como gránulos o incluso pocas espinas, gruesas y romas. Hay presencia de papilas orales y dentales además de dos hendiduras genitales en cada espacio interr radial.

### **Género *Ophiocoma* L. Agassiz, 1836**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): El género *Ophiocoma* puede presentar de una a dos escamas tentaculares en los segmentos del brazo. El disco se encuentra cubierto por gránulos, esto incluye los escudos radiales. Presenta dientes, papilas orales y dentales. Las espinas se presentan de cuatro a seis por segmento y se encuentran dispuestas en las placas laterales. Puede tener una o dos escamas tentaculares. Hay un par de hendiduras genitales que comienzan en la parte distal de los escudos orales.

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

(Figura 9)

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco cubierto de gránulos. Pies ambulacrales blancos y espinas de los brazos bulbosas. Las espinas dorsales de los brazos pueden ser más largas o cortas que las espinas adyacentes cerca del disco y las espinas son más largas cerca de la extremidad del brazo. Presenta dos escamas tentaculares en los segmentos del brazo, en la parte distal del disco. En el primer segmento y en el segundo se presentan tres espinas.

**Comentarios:** Presenta dos escamas tentaculares en cada segmento del brazo que son observadas en microscopio. En el disco, la parte superficial se encuentra cubierta por gránulos incluyendo a los escudos radiales.



**Figura 9.** *Ophiocoma echinata* (Lamarck, 1816). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

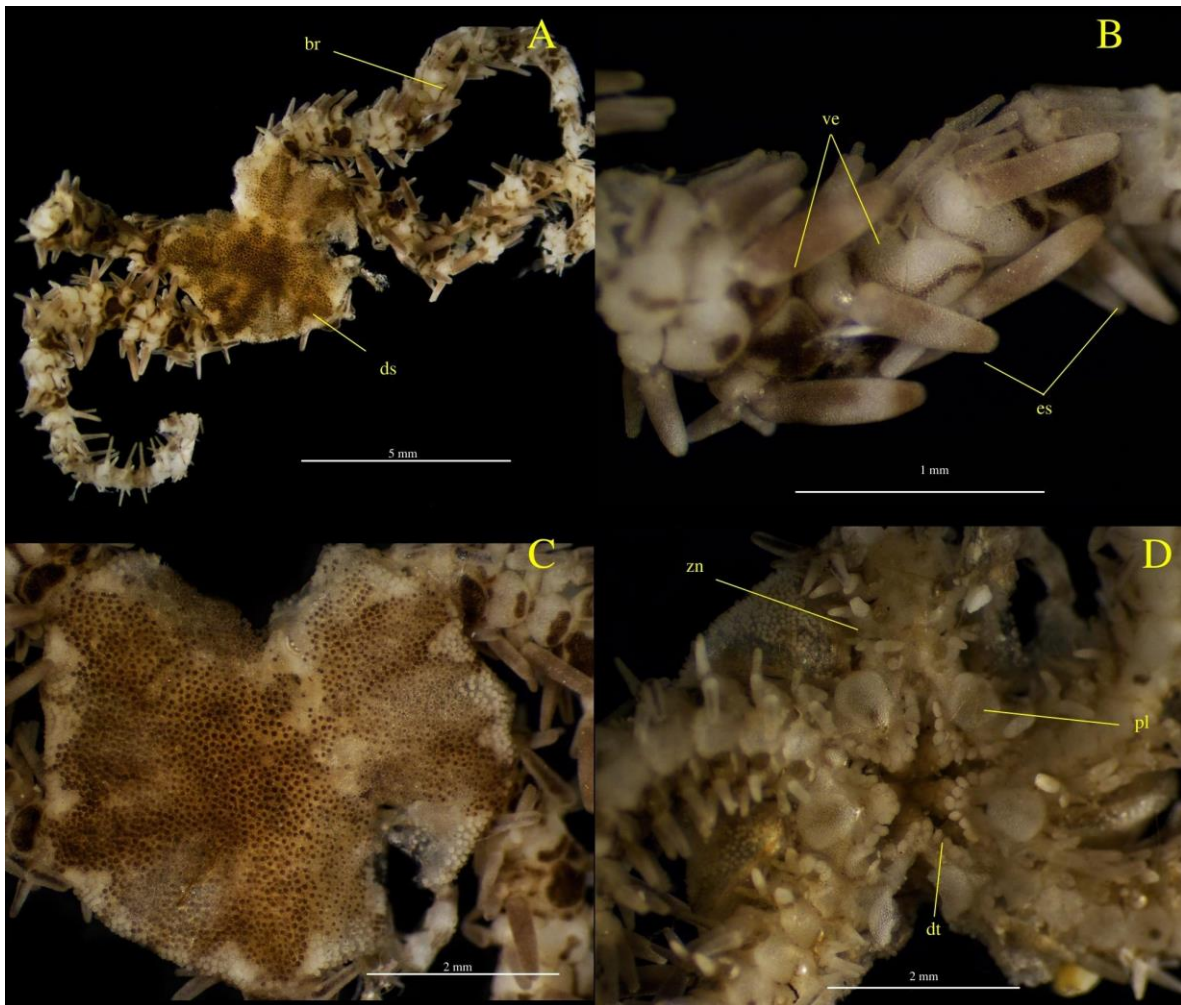


***Ophiocoma pumila* (Lütken, 1856)**

(Figura 10)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Presenta mandíbula con papilas dentales y orales. El disco está cubierto por gránulos alargados en el borde del disco. Una escama tentacular (excepto en unas pocas articulaciones proximales del brazo) y tres espinas en el primer segmento y segundo segmento del brazo. Algunos individuos tienen espinas ventrales del brazo cubiertas de tegumento o en algunos segmentos proximales del brazo. Los pies ambulacrales son casi transparentes.





**Figura 10.** *Ophiocoma pumila* (Lütken, 1856). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

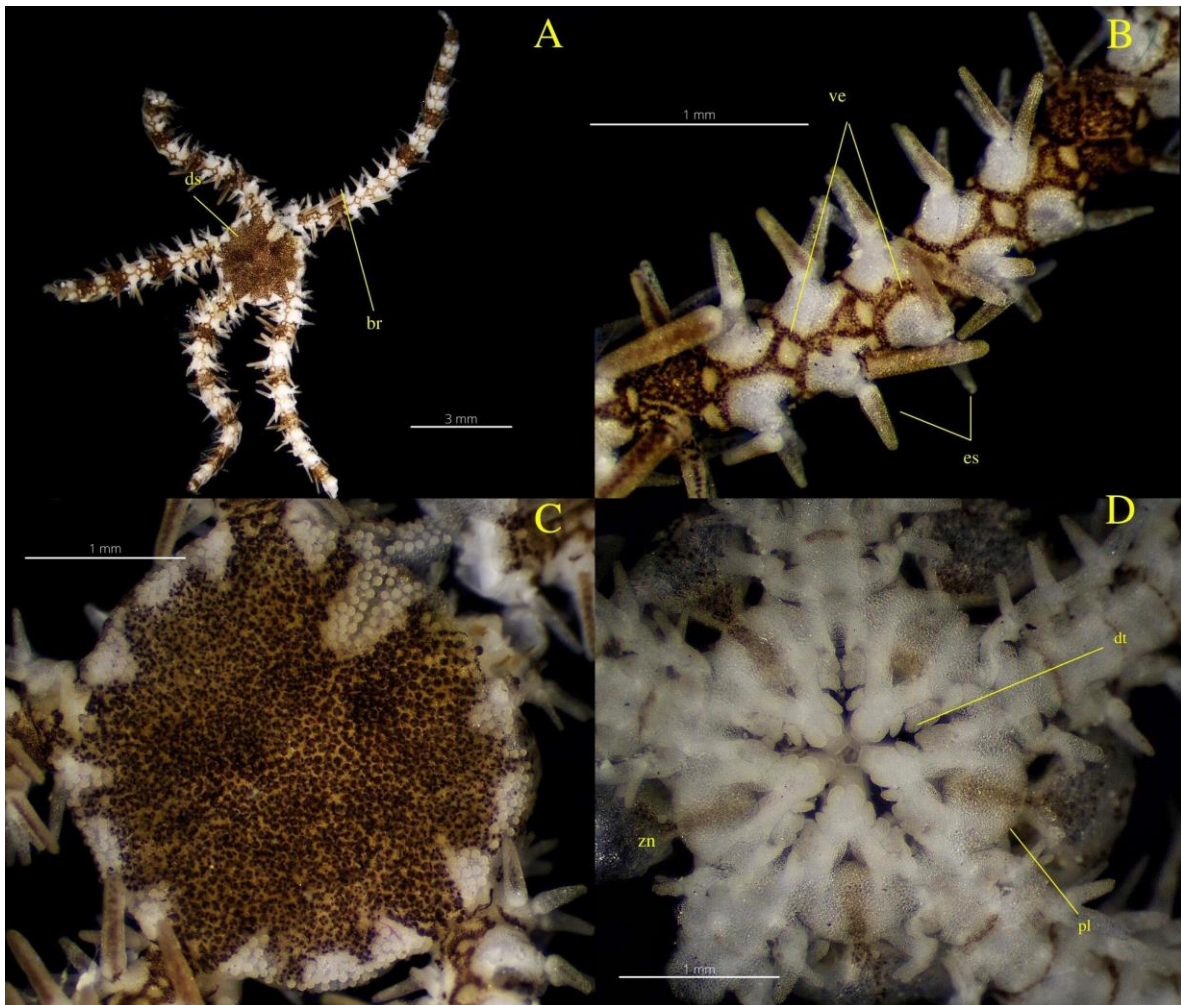




***Ophiocoma wendtii* Müller & Troschel, 1842**

(Figura 11)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Disco cubierto completamente por gránulos en gran densidad. Las espinas más aborales son las más largas de igual longitud en cuatro o cinco segmentos de los brazos. Las espinas son finas, irregularmente cilíndricas y en roma hacia las puntas, pero por lo general marcadamente espesa en la punta. Posee una sola escama tentacular, dos espinas en el primer segmento del brazo, tres en el segundo e irregular cantidad en los siguientes segmentos.



**Figura 11.** *Ophiocoma wendtii* Müller & Troschel, 1842. A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Familia Ophiodermatidae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Espinas de los brazos en contacto con la superficie de los segmentos. Disco cubierto por gránulos. Los brazos son más gruesos en la parte proximal que en la distal; presenta numerosas espinas en los brazos.

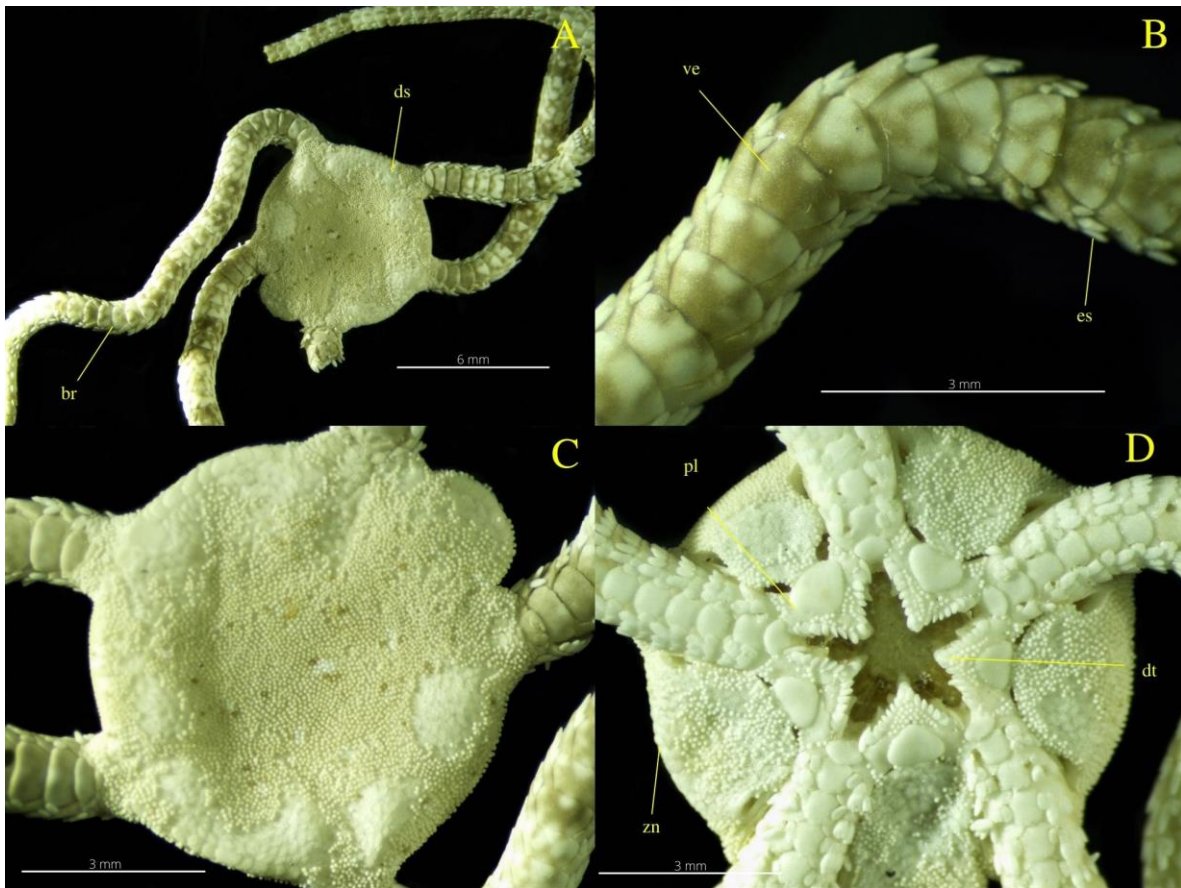
### **Género *Ophioderma* Müller & Troschel, 1840**

**Diagnosis** (tomada de Gualito, 2018): Presencia de dobles hendiduras genitales. Cada mandíbula presenta dientes cónicos y afinados, con papilas orales, pero son papilas dentales. Espinas lisas cortas y aplanadas, dispuestas a lo largo del borde externo de las placas de los brazos. Con dos escamas tentaculares.

### ***Ophioderma appressum* (Say, 1825)**

(Figura 12)

**Diagnosis** (tomada de Gualito, 2018): Disco orbicular, cubierto por gránulos, placa dorsal de los brazos en una sola serie transversa. Las placas dorsales de los brazos están dispuestas en una serie de placas subcuadradas, redondeadas y enteras hasta la punta. Las espinas de los brazos son cortas, adpresas y en series de seis a nueve espinas por segmento; abarcan más de la mitad de la longitud del segmento, más o menos iguales, la primera y la segunda espina inferiores son un poco más largas que el resto.



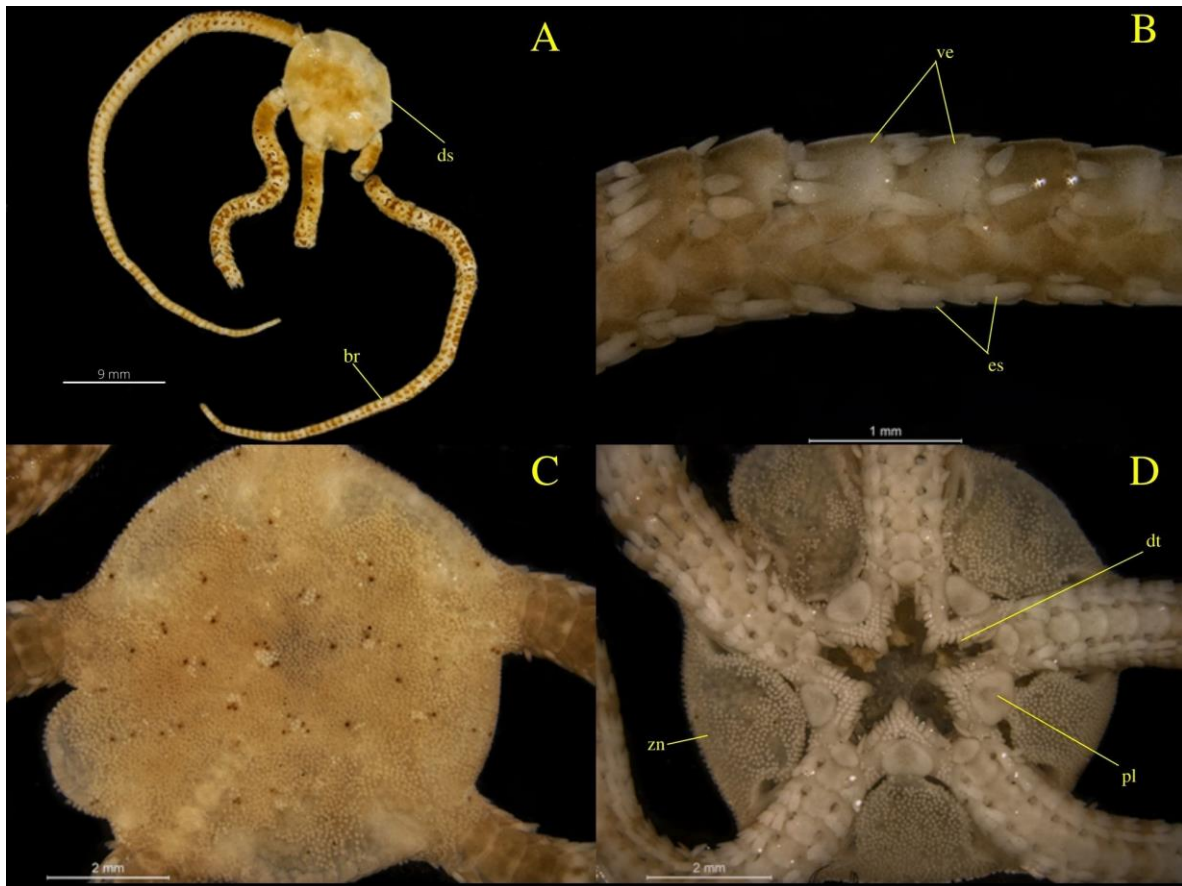
**Figura 12.** *Ophioderma appressum* (Say, 1825). A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



***Ophioderma brevispinum* (Say, 1825)**

(Figura 13)

**Diagnosis** (tomada de Gualito, 2018): Disco pentagonal, con ángulos agudos, lados cóncavamente arqueados, la superficie aboral presenta gránulos, y éstos recubren los escudos radiales. Brazos cortos, cilíndricos y cónicos que se estrechan gradualmente desde el borde del disco hasta la punta del brazo. Las placas dorsales de los brazos son oblongas y cuadradas, con la primera serie de espinas completamente extendidas; las placas ventrales son una sola serie de placas pequeñas y redondeadas. Con siete pequeñas espinas sobre el borde lateral de cada segmento, apresas, de igual tamaño y más cortas que el segmento.



**Figura 13.** *Ophioderma brevispinum* (Say, 1825). A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

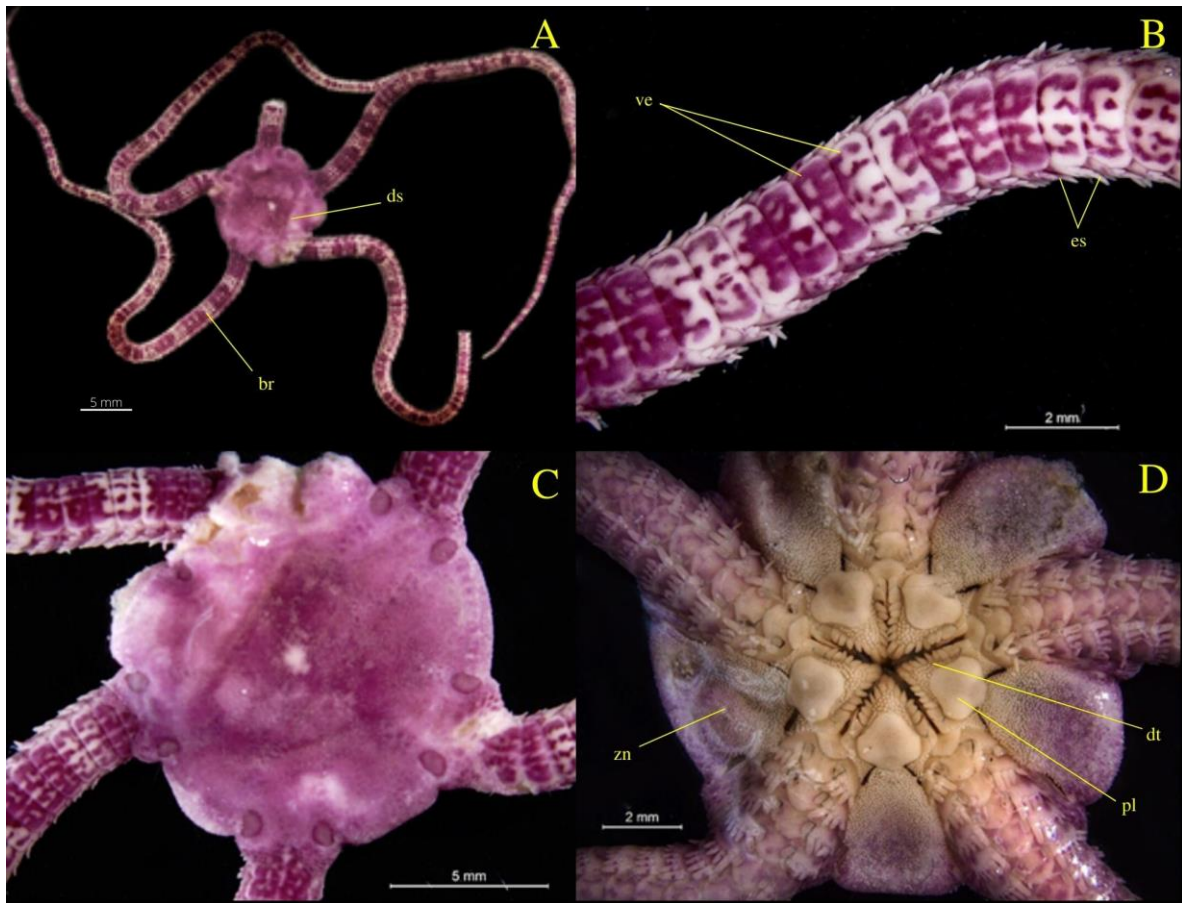


***Ophioderma rubicundum* Lütken, 1856**

(Figura 14)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Los escudos radiales suelen estar desnudos de los gránulos redondeados que cubren el resto del disco. El escudo oral tiene un borde distal convexo que toca el borde de las hendiduras proximales. Las placas dorsales del brazo no están fragmentadas y generalmente están arqueadas cerca del disco. Las espinas de los brazos, especialmente cerca del disco, son considerablemente más anchas y largas que las espinas dorsales; en individuos grandes casi toca la escama tentacular del segmento del brazo adyacente.





**Figura 14. *Ophioderma rubicundum* Lütken, 1856.** A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.





### **Familia Ophiolepididae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Benavides-Serrato, Borrero-Pérez y Diaz-Sánchez, 2011): Disco cubierto por placas grandes, de las cuales la centrodorsal y las primarias son distinguibles; usualmente el disco no presenta gránulos ni espinas; escudos radiales conspicuos; papilas orales gruesas con una papila apical seguida por una serie de papilas orales continuas; segundo poro oral tentacular abierto dentro de la boca; brazos robustos, más robustos en la base, insertados lateralmente al disco y fusionados a él.

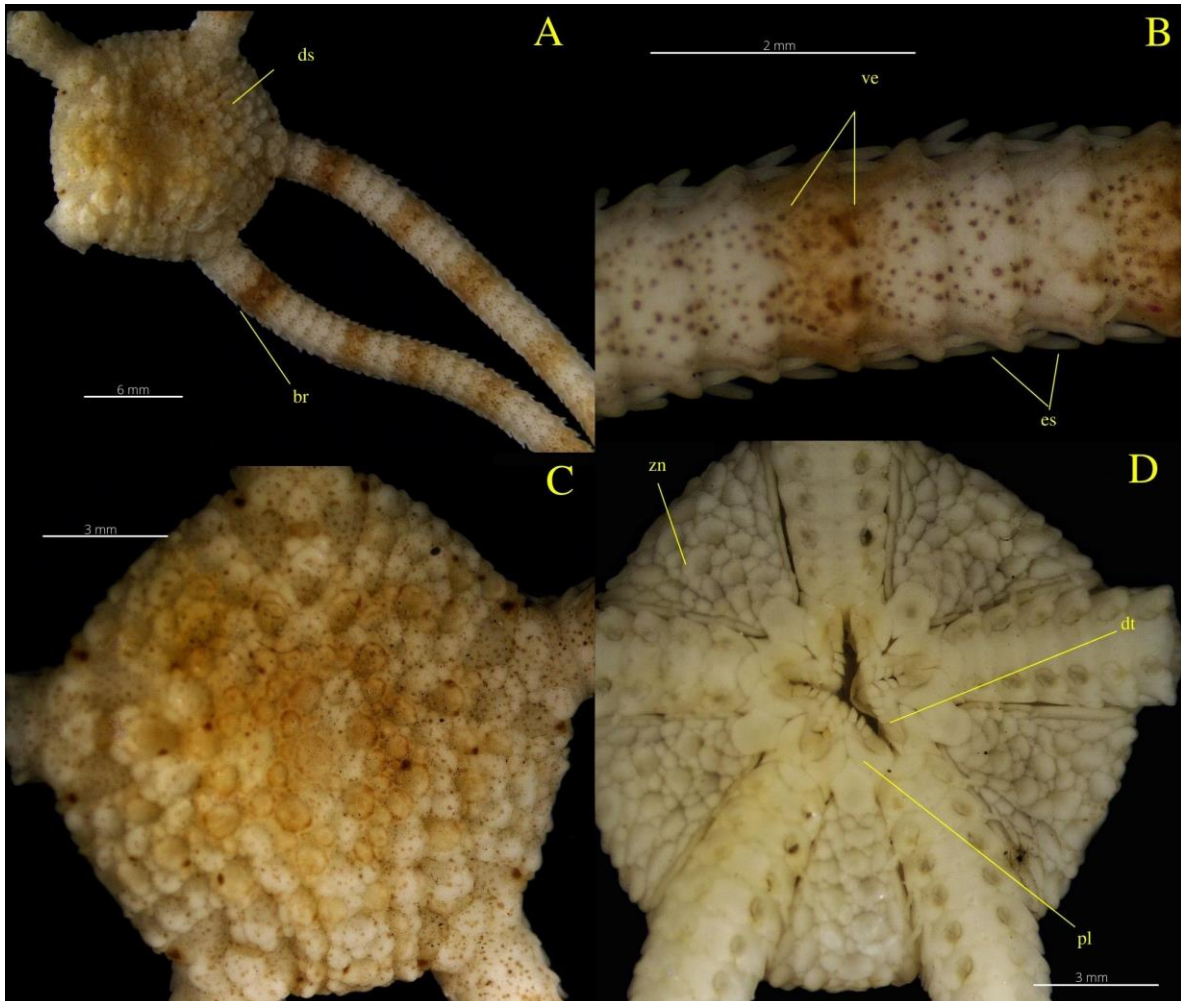
### **Género *Ophiolepis* Müller & Troschel, 1840**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): El disco presenta una textura muy marcada, la cual corresponde a escamas de gran grosor. Las escamas genitales son gruesas y conspicuas. Las mandíbulas presentan dientes y papilas orales. Las placas adorales son gruesas y están en contacto en la parte proximal. La parte dorsal de los brazos puede presentar placas suplementarias. Presenta dos hendiduras genitales que comienzan a un lado de los escudos orales.

### ***Ophiolepis gemma* Hendler & Turner, 1987**

(Figura 15)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Grandes escamas, cada una enmarcada por una fila de diminutas escamas, irradian desde el centro del disco. Muchas de las escamas grandes son poligonales, con ángulos y bordes claramente definidos, y cuando están húmedos sus bordes reflejan la luz. Un trío de escamas en forma de bigote está situado en la punta exterior de cada par de escudos radiales. El tercio proximal de cada articulación del brazo está ligeramente contraído; las placas dorsales del brazo generalmente están separadas por placas laterales del brazo.



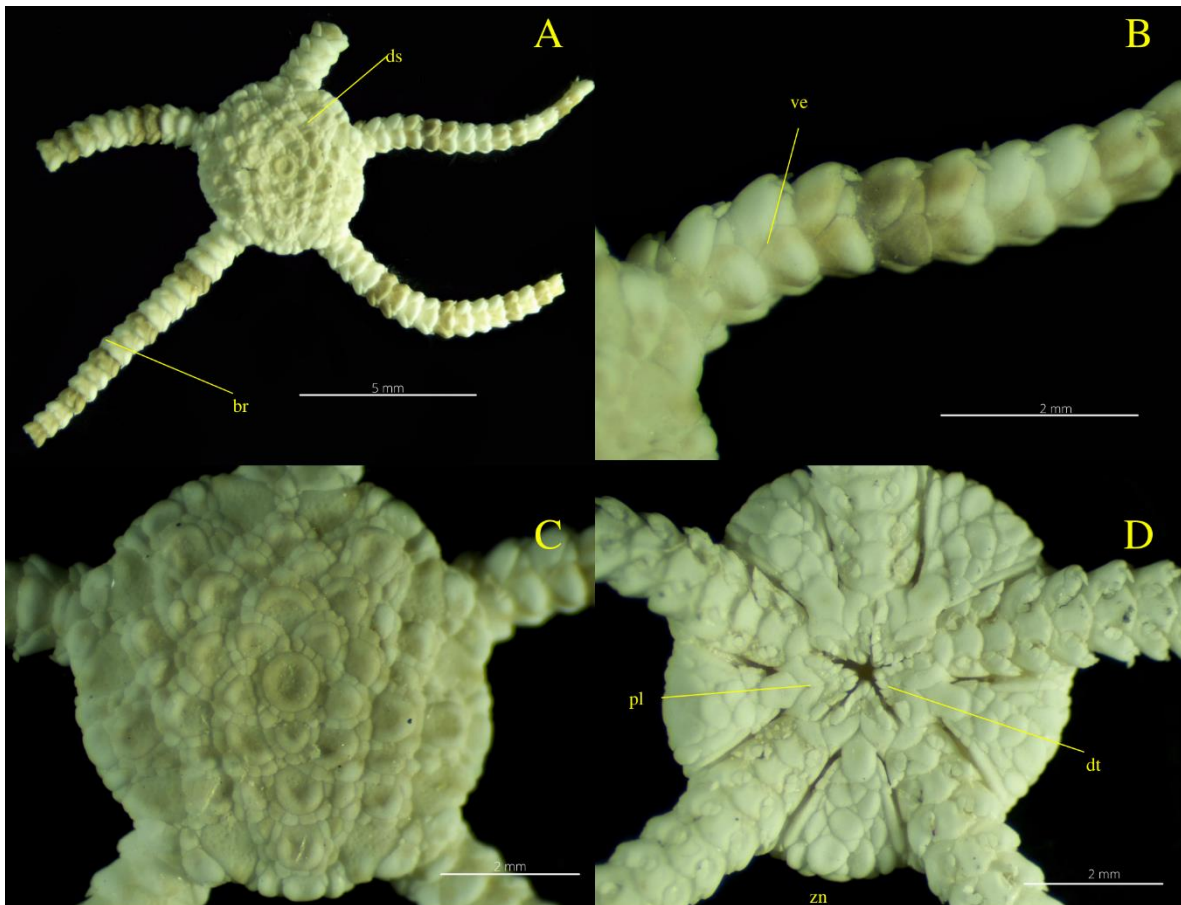
**Figura 15.** *Ophiolepis gemma* Hendler & Turner, 1987. A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interr radial.



***Ophiolepis paucispina* (Say, 1825)**

(Figura 16)

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueroa *et al.*, 2009): En la parte central del disco se encuentra una escama grande y gruesa rodeada de cinco iguales a la central y de cinco pequeñas y alargadas. Los escudos radiales están separados por pequeñas escamas en la parte proximal, una más grande en la parte distal, y son igual de anchos que de largos. Los escudos orales son casi pentagonales, más largos que anchos. Presenta una placa accesoria en los brazos.



**Figura 16.** *Ophiolepis paucispina* (Say, 1825). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Familia Ophionereididae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Presenta dientes cuadrangulares, muy robustos; los escudos orales son muy pequeños y los escudos adorales están bien desarrollados; las placas dorsales de los brazos presentan una hendidura en forma de V hacia la parte central.

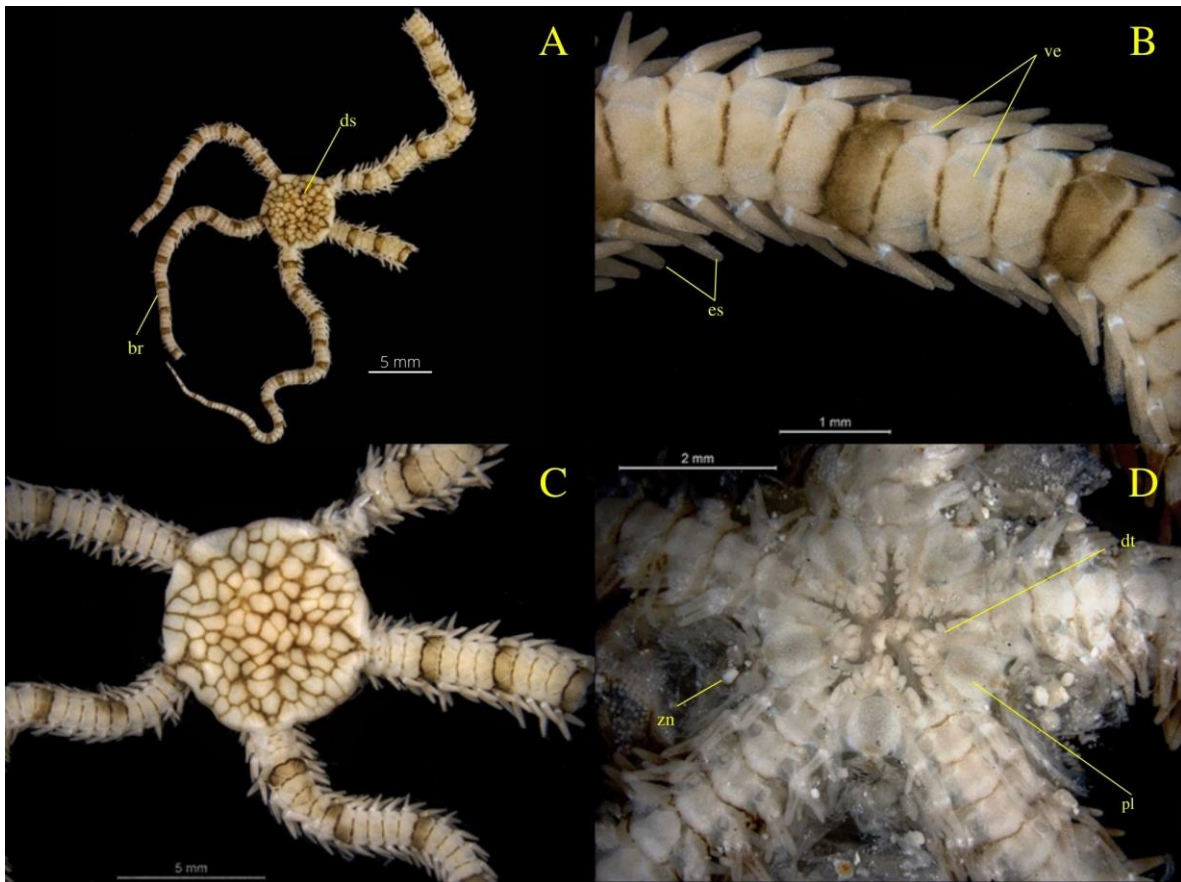
### **Género *Ophionereis* Lütken, 1859**

**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco cubierto por escamas planas pequeñas que varían de tamaño, traslapadas y redondeadas. Presenta dientes y papilas orales. Espinas lisas, comúnmente en número de tres, distribuidas a lo largo de la placa lateral. Una escama tentacular alargada.

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

(Figura 17)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): El disco está finamente escamado y los escudos radiales son pequeños. Las placas primarias rara vez son discernibles en adultos. Las placas del brazo dorsal proximal son aproximadamente dos veces más anchas que la placa del brazo dorsal adyacente. Las tres espinas de los brazos son lisas, comprimidas, de punta roma y generalmente más largas que la articulación de un brazo. Una sola escama tentacular, y los pies ambulacrales son blancos.



**Figura 17.** *Ophionereis reticulata* (Say, 1825). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

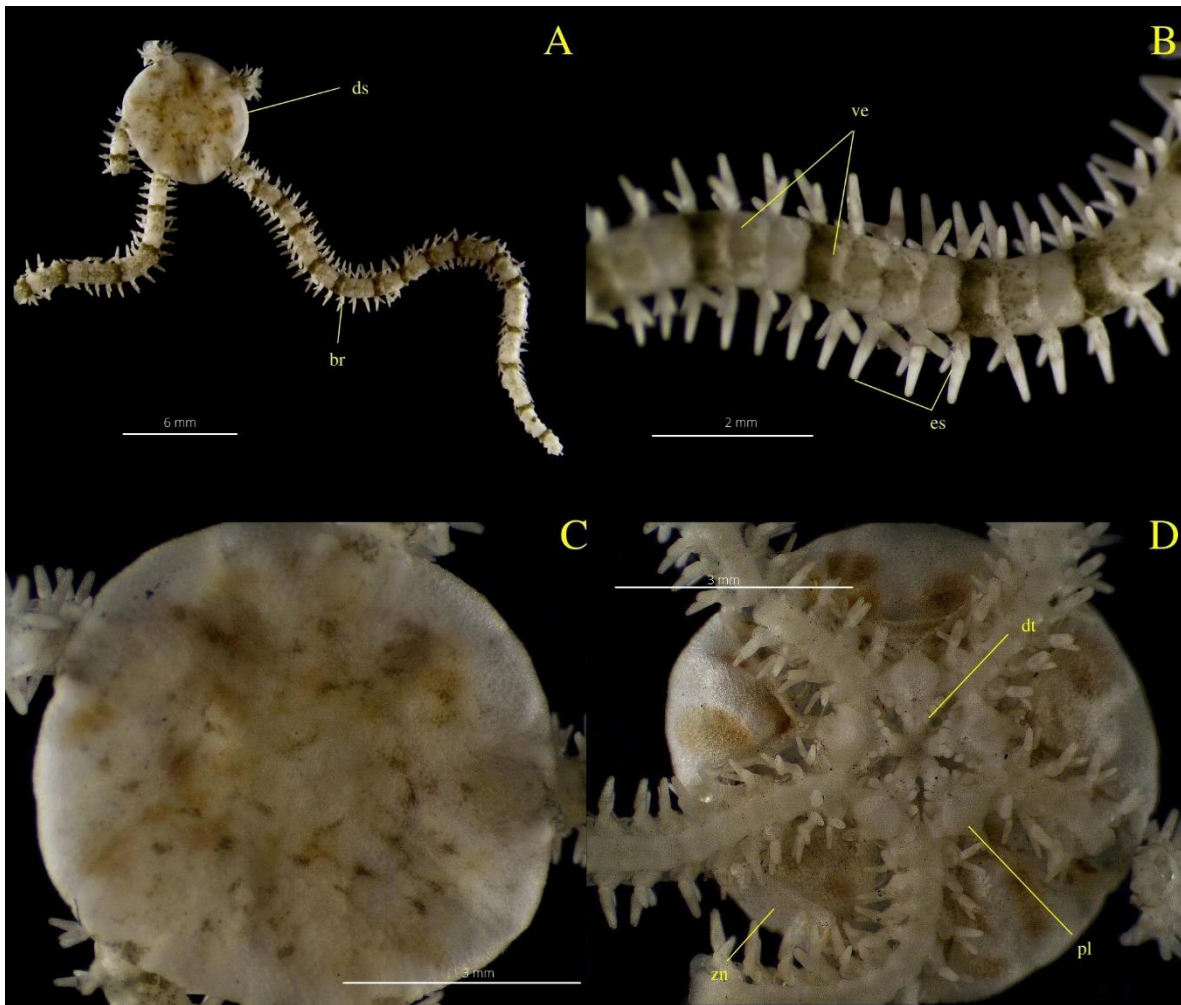


***Ophionereis squamulosa* Koehler, 1914**

(Figura 18)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Tiene placas primarias conspicuas, a diferencia de algunas especies grandes de *Ophionereis*. Las placas dorsales accesorias del brazo son casi tan largas como sus placas dorsales del brazo. Las tres espinas de los brazos superan la longitud de la articulación de un brazo.





**Figura 18.** *Ophionereis squamulosa* Koehler, 1914. A. organismo completo. (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradial.





### **Familia Ophiopsilidae Matsumoto, 1915**

**Diagnosis** (tomado de O'Hara *et al.*, 2018): Disco dorsal totalmente descamado, sin espinas ni gránulos. Escamas tentaculares extremadamente largas y planas que se cruzan en la línea media del brazo ventral. Placa oral más alta que larga. Articulaciones de la columna vertebral del brazo con dos lóbulos lisos, paralelos y rectos, en el espacio proximal entre ellos una cresta corta.

### **Género *Ophiopsila* Forbes, 1843**

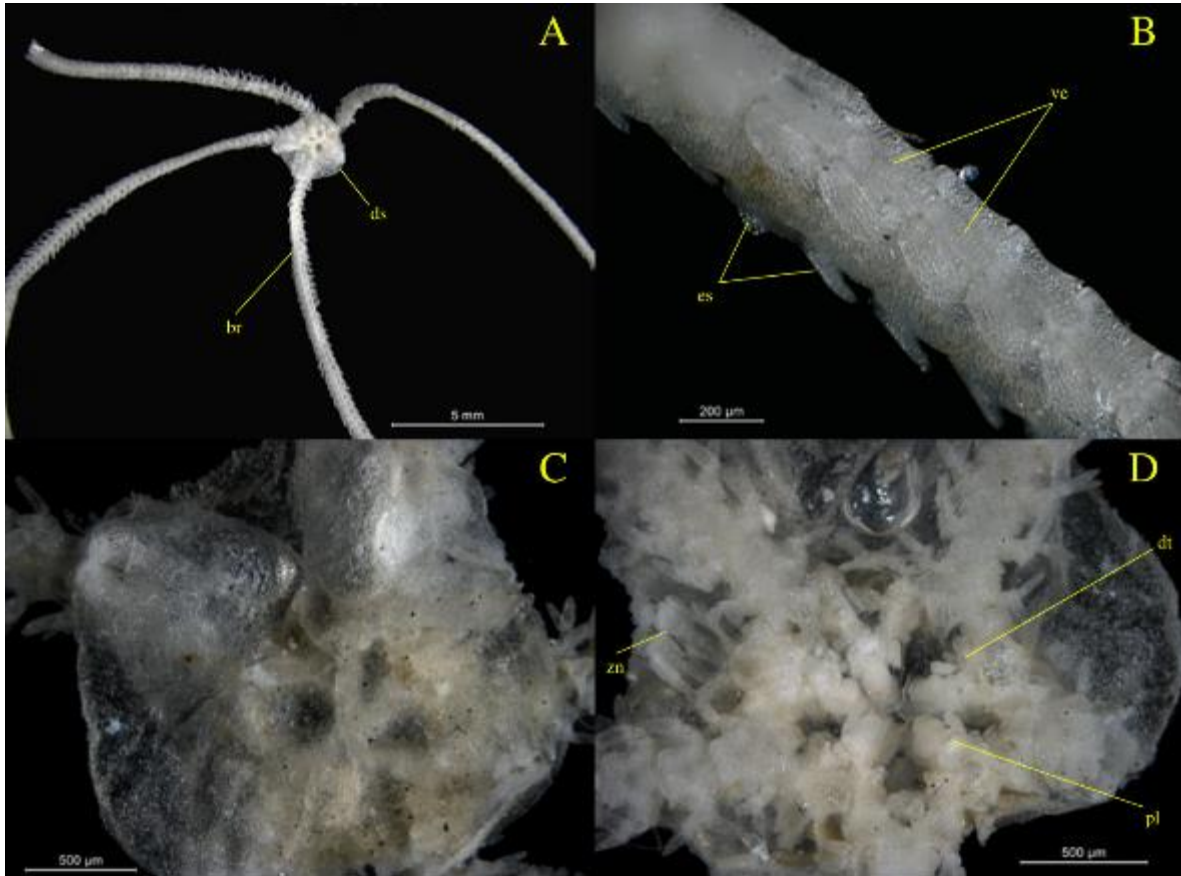
**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco cubierto por escamas pequeñas, lisas e imbricadas. Los escudos radiales son pequeños y están completamente cubiertos. Presenta dientes, papilar orales y dentales. Las espinas de los brazos son pequeñas, aplanadas y rugosas. La escama tentacular interna es muy larga en forma de espátula. Las placas ventrales están sumidas, haciendo un canal sobre el cual está la escama tentacular. Presenta dos hendiduras genitales que comienzan en la parte distal de los escudos orales.

### ***Ophiopsila riisei* Lütken, 1859**

(Figura 19)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Posee papilas dentales y papilas orales; las escamas tentaculares son internas. Posee hasta siete espinas gruesas y aplanadas en los brazos. Las dos espinas más dorsales son casi elipsoidales, cortas y anchas, con una punta roma. Las espinas más ventrales son relativamente delgadas; la espina más ventral es la más larga. Un tegumento grueso oscurece las escamas del disco, a excepción de los escudos radiales y un grupo de escamas pequeñas proximales a ellos.

**Comentarios:** Organismo juvenil.



**Figura 19.** *Ophiopsila rüsei* Lütken, 1859. A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal

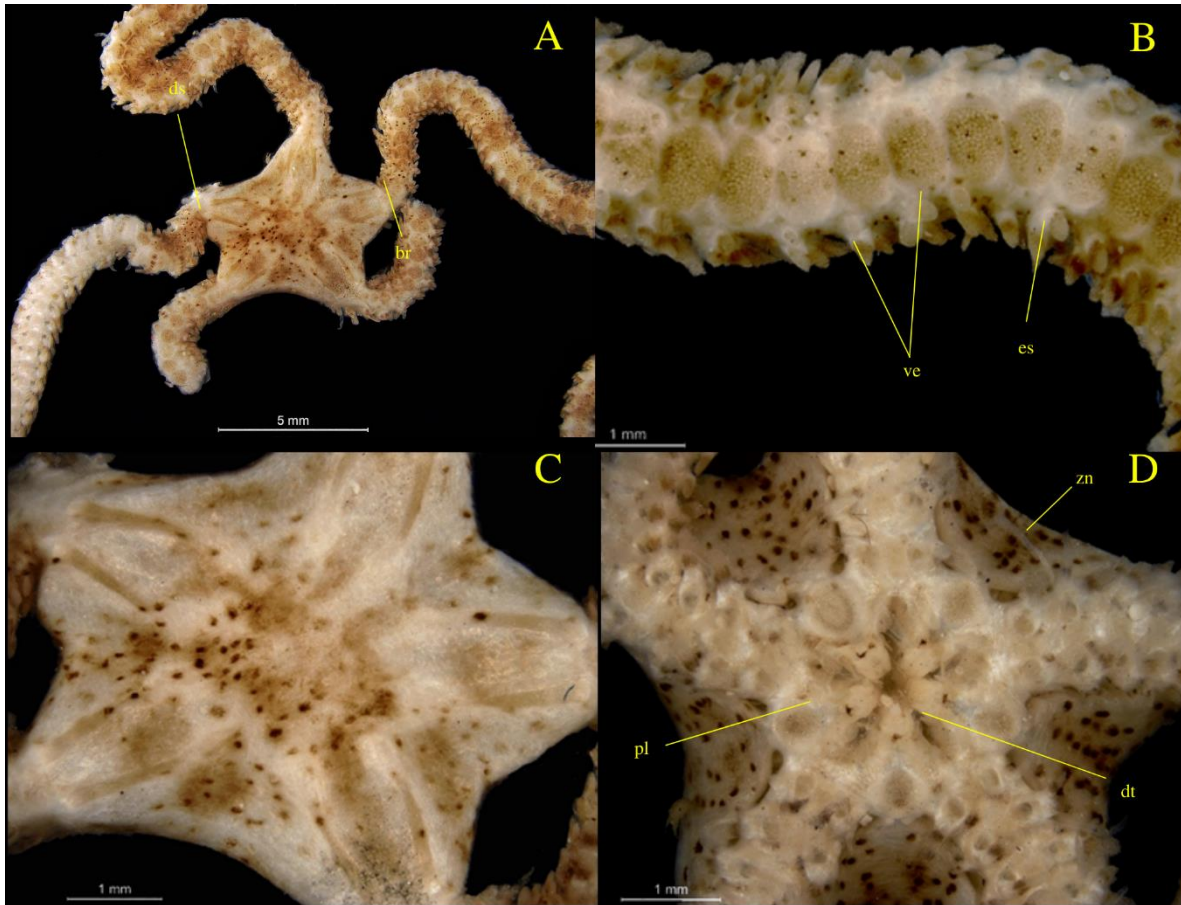


***Ophiopsila vittata* H.L Clark, 1918**

(Figura 20)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Posee hasta ocho espinas de brazos; todas delgadas, aplanadas y redondeadas; las espinas más ventrales son las más largas y pueden tener una punta ligeramente acampanada. Las escamas que cubren el disco de esta especie son extremadamente pequeñas y delicadas que apenas son visibles.

**Comentarios:** Especie más abundante en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



**Figura 20.** *Ophiopsila vittata* H.L Clark, 1918. A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



### **Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1867**

**Diagnosis** (tomada de Benavides-Serrato, Borrero-Pérez y Diaz-Sánchez, 2011): Disco cubierto de placas o escamas, o por una piel desnuda; muchas veces con espinas muy pequeñas o tubérculos espinosos. Escudos radiales muy grandes. Placas genitales firmemente unidas a las placas basales. Escamas genitales cortas, anchas y planas, se articulan al borde exterior de las placas genitales. Papilas dentales bien desarrolladas, formando un grupo hacia el ápice de cada mandíbula; papilas orales ausentes.

### **Género *Ophiotrix* Müller & Troschel, 1840**

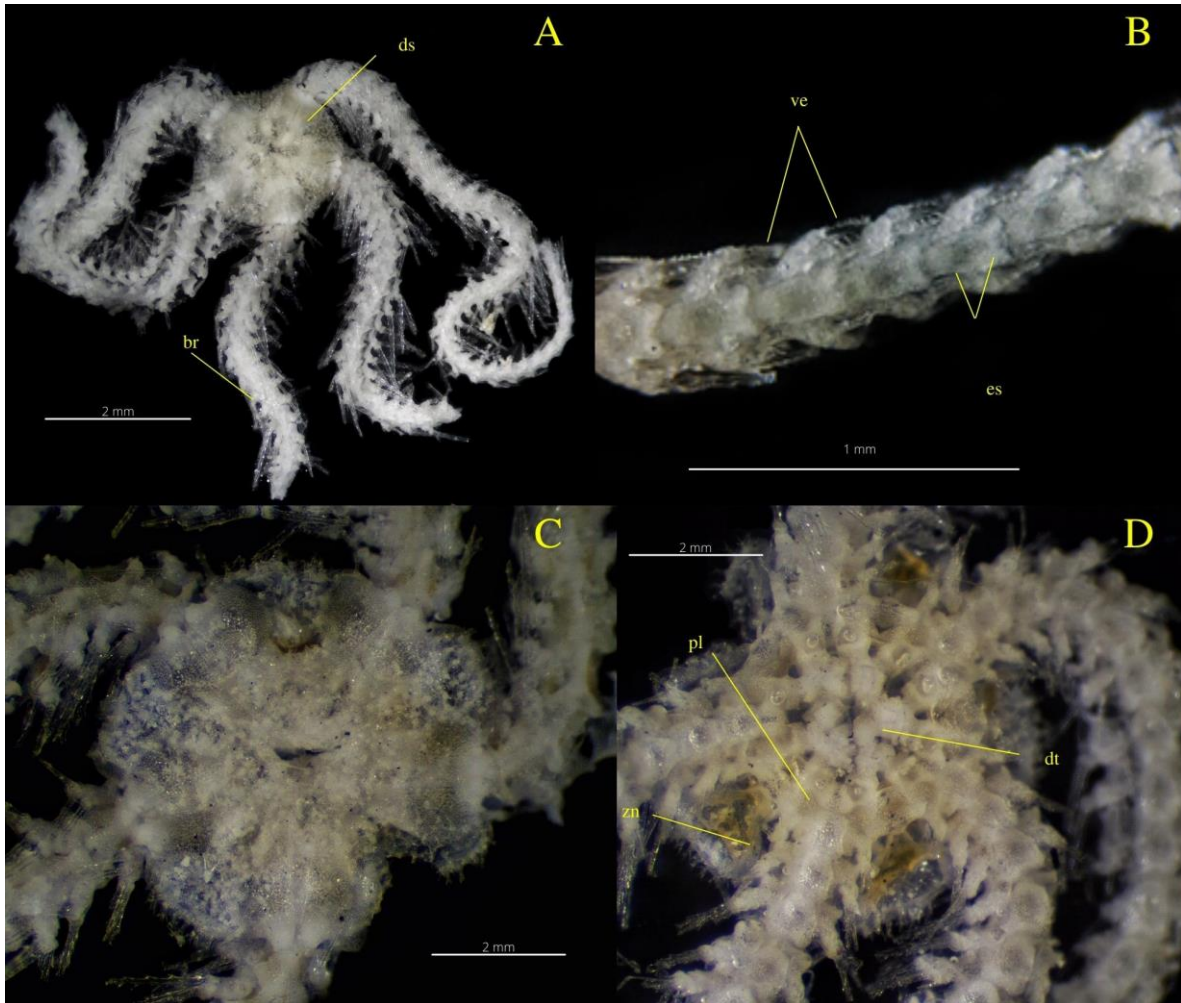
**Diagnosis** (tomada de Laguarda-Figueras *et al.*, 2009): Disco con gránulos espinosos, espinas bífidas o trífidas muy cortas o espinas aserradas. Los escudos radiales son grandes, triangulares, abultados y entre ellos presentan un canal formado por la piel del disco. Presenta dientes y papilas dentales. Tiene espinas numerosas y son poco más de 3 veces más largas que los segmentos de los brazos; las espinas son aplanadas, cristalinas, aserradas y huecas. En cada poro tentacular hay una escama en forma de espina.

### ***Ophiotrix angulata* (Say, 1825)**

(Figura 21)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Posee numerosas espinas bífidas y trífidas cortas, delicadas, algunas veces intercaladas entre espinas largas y delgadas en el disco y también en los escudos radiales. Las mandíbulas tienen un grupo terminal de papilas dentales y carecen de papilas orales. Los pies ambulacrales son papilosos.

**Comentarios:** En microscopio es posible observar las espinas en el disco que terminan con espinas trífidas.



**Figura 21.** *Ophiothrix angulata* (Say, 1825). A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.

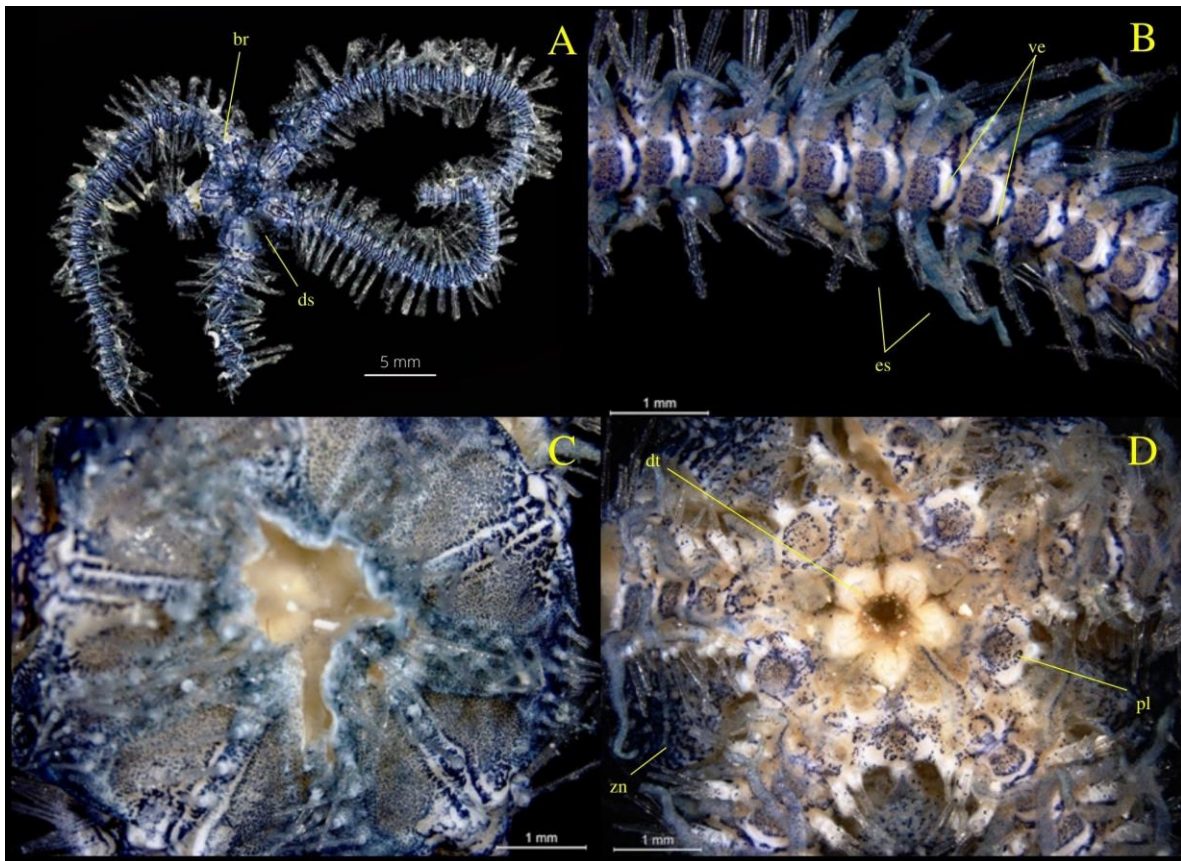


***Ophiothrix oerstedii* Lütken, 1856**

(Figura 22)

**Diagnosis** (tomada de Hendler *et al.*, 1995): Disco completamente cubierto de espinas pequeñas tanto en la parte oral como la aboral. Las numerosas espinas son largas y delgadas en los sectores interradales dorsales del disco tienen puntas afiladas que terminan en dos o tres espinas microscópicas. La superficie ventral del disco puede tener puntas bífidas o trífidas.





**Figura 22. *Ophiothrix oerstedii* Lütken, 1856.** A. organismo completo (ds) disco, (br) brazo; B. brazo. (ve) vértebras, (es) espinas; C. vista aboral; D vista oral. (dt) dientes, (pl) placa oral, (zn) zona interradianal.



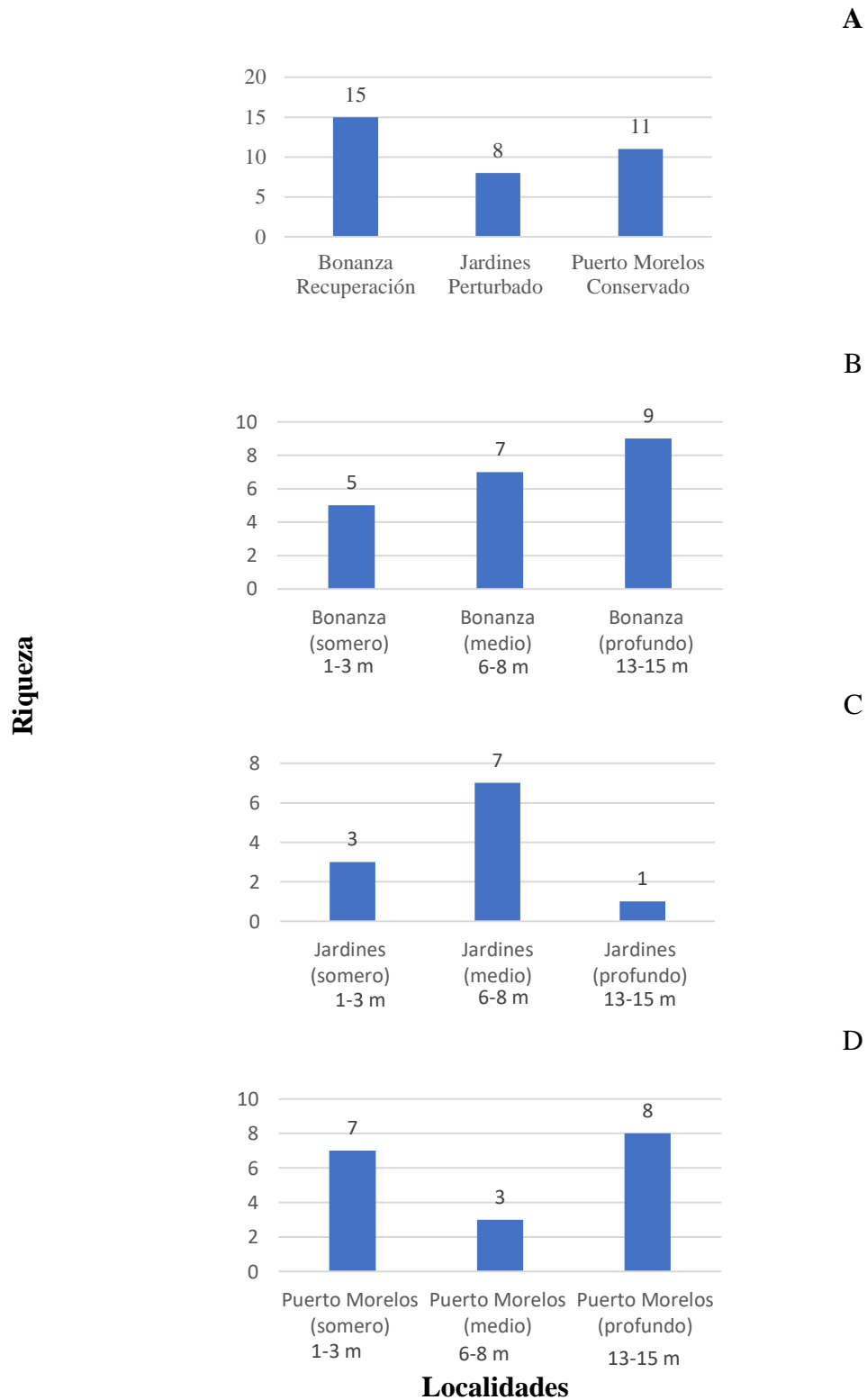


## II. Riqueza específica

En la figura 23 se muestra la riqueza de la comunidad de ofiuos del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo. La primera gráfica muestra el número de especies encontradas en cada uno de los tres sitios de colecta, Bonanza (Recuperación), Jardines (Perturbado) y Puerto Morelos (Conservado). Posteriormente se presenta el número de especies encontradas por sitio de colecta y a las tres profundidades en que se muestreó.

En la figura 23A encontramos que Bonanza presentó una mayor riqueza con 15 especies de ofiuos representantes en el sitio de muestreo, seguido de Puerto Morelos con 11 especies y el sitio con menos riqueza fue Jardines con ocho especies. En la figura 23B se presenta el sitio de Bonanza en las tres diferentes profundidades. La zona profunda (13-15 m) tiene una mayor riqueza, la cual presentó nueve especies, mientras que la zona media (6-8 m) presentó siete especies, la zona somera (1-3 m) es la que presentó el menor número de especies con cinco especies. Sin embargo, podemos decir que el sitio de Bonanza presentó una riqueza similar sin importar la profundidad.

En la figura 23C se muestra el sitio de Jardines en las diferentes profundidades. La mayor riqueza se presentó en la profundidad media (6-8 m), con siete especies, en la profundidad somera (3-5 m) se encontraron tres especies y la zona donde únicamente se encontró una especie fue la profunda (13-15 m). Por último, en la figura 23D se presenta la riqueza de Puerto Morelos en las tres profundidades, donde las profundidades con mayor número de especies encontradas fue la zona profunda (13-15 m) con ocho especies, seguido de la profundidad somera (3-5 m) con siete especies y la profundidad con menor riqueza fue la profundidad media (6-8 m) con solo tres especies.



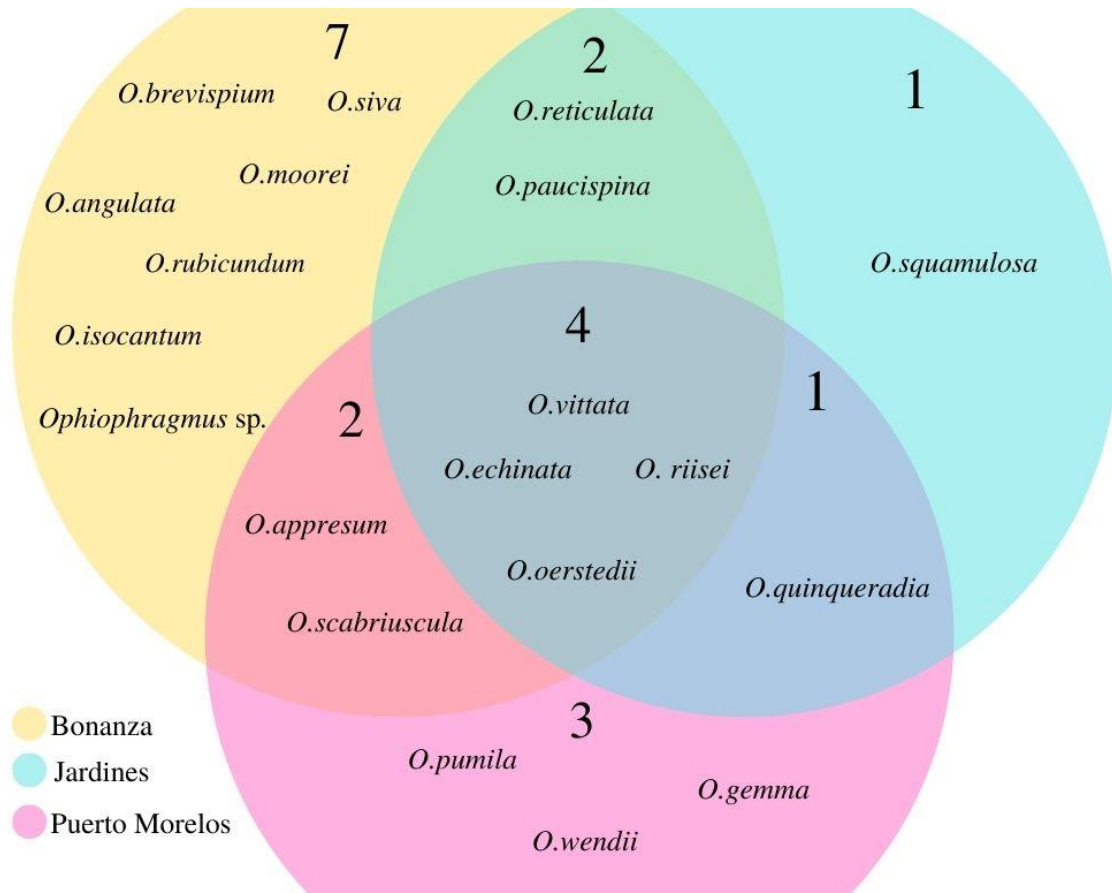
**Figura 23.** Riqueza de la comunidad de ofiuros del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo por los distintos sitios de muestreo y por profundidades: a) Por sitios de muestreo, b) Bonanza, c) Jardines, d) Puerto Morelos.



Las especies compartidas en las tres localidades corresponden a la familia Ophiopsilidae del género *Ophiopsila* Forbes, 1843 y las especies son: *Ophiopsila riisei*, *Ophiopsila vittata*, siendo esta última la especie más abundante. La familia Ophiocomidae, del género *Ophiocoma* L. Agassiz, 1836, la especie *Ophiocoma echinata*. Por último, de la familia Ophiotrichidae, la especie *Ophiothrix oersterdii*. En las localidades de Bonanza y Jardines, las especies compartidas, además de las ya mencionadas anteriormente, corresponden a la familia Ophiolepididae, del género *Ophiolepis* Müller & Troschel, 1840, la especie *Ophiolepis paucispina* y, a la familia Ophionereididae del género *Ophionereis* Lütken, 1859, la especie *Ophionereis reticulata* (Figura 24).

De las localidades Bonanza y Puerto Morelos, las especies compartidas además de las ya mencionadas anteriormente corresponden a la familia Amphiuroidae del género *Ophiocnida* Lyman, 1865, la especie *Ophiocnida scabriuscula*. Y, a la familia Ophiodermatidae del género *Ophioderma* Müller & Troschel, 1840, la especie *Ophioderma appressum*. Por último, la especie compartida entre las localidades de Jardines y Puerto Morelos, además de las ya mencionadas con anterioridad, corresponde a la familia Ophiactidae del género *Ophiactis* Lütken, 1856, la especie *Ophiactis quinqueradia* (Figura 24).

Las especies encontradas en Bonanza fueron: *Ophioderma appressum*, *Ophiocoma echinata*, *Ophioderma brevispium*, *Ophioderma rubicundum*, *Ophiolepis paucispina*, *Ophionereis reticulata*, *Ophiophragmus moorei*, *Ophiophragmus* sp., *Ophiopsila riisei*, *Ophiopsila vittata*, *Ophiostigma isocantum*, *Ophiostigma siva*, *Ophiothrix angulata* y *Ophiothrix oersterdii*. Las especies encontradas en Jardines fueron: *O. echinata*, *Ophiactis quinqueradia*, *O. paucispina*, *O. reticulata*, *Ophionereis squamulosa*, *O. riisei*, *O. vittata* y *O. oersterdii*. Las especies encontradas en Puerto Morelos fueron: *O. quinqueradia*, *Ophiocnida scabriuscula*, *O. echinata*, *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *O. appressum*, *Ophiolepis gemma*, *O. riisei*, *O. vittata* y *O. oersterdii* (Figura 24).



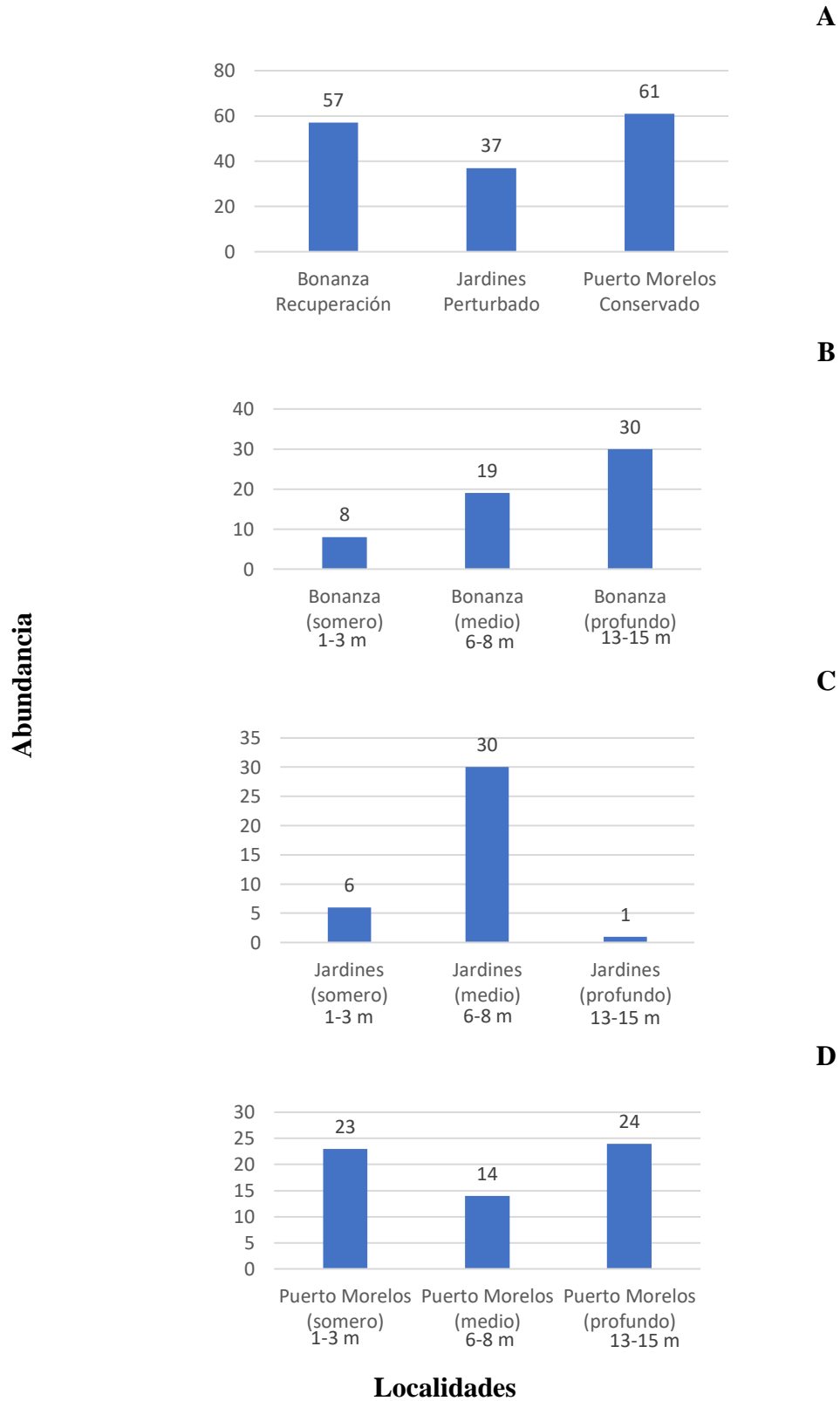
**Figura 24.** Diagrama de Venn con las especies compartidas entre las tres localidades: Bonanza (recuperación), Jardines (perturbado) y Puerto Morelos (conservado) en el Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



### III. Abundancia

#### a) Por localidad y profundidad

En la figura 25 se indica la abundancia de la comunidad de ofiuros del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo. En la figura 25A encontramos que Bonanza y Puerto Morelos fueron los sitios que presentaron una mayor abundancia, siendo Puerto Morelos el sitio con mayor abundancia, con 61 individuos y Bonanza con 57 individuos. La mayoría de los organismos encontrados fueron juveniles. El sitio con menor abundancia fue Jardines con 37 organismos. En la figura 25B se muestra la abundancia de Bonanza en las tres profundidades, siendo la zona profunda la más abundante con 30 ofiuros, seguido de la profundidad media con 19 individuos y la profundidad menos abundante fue la somera con ocho ofiuros registrados. El sitio de Jardines en las diferentes profundidades (Figura 25C) presentó mayor abundancia en profundidad media con 30 ofiuros, y se encontró una baja abundancia en profundidad somera con seis ofiuros. La profundidad únicamente se registró un individuo fue en la zona profunda. Puerto Morelos presentó una mayor abundancia en las profundidades somera y profunda, somero con 23 individuos y profundo con 24 individuos, y la profundidad menos abundante fue la zona media con 15 ofiuros registrados (Figura 25D).

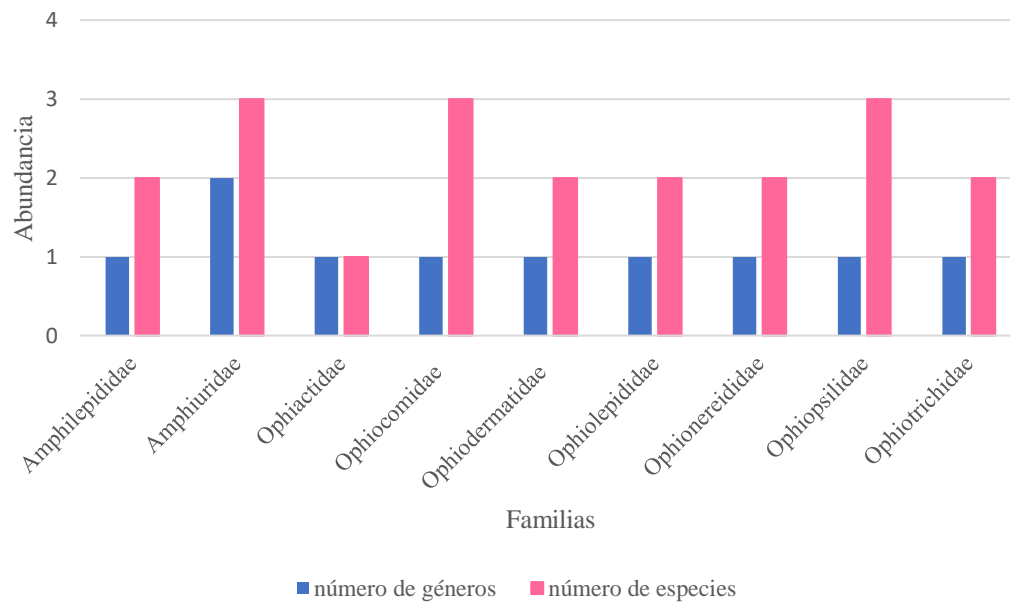


**Figura 25.** Abundancia de la comunidad de ofiuos del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo por los distintos sitios de muestreo y por profundidades. a) Por sitio de muestreo, b) Bonanza, c) Jardines, d) Puerto Morelos.



b) Por familias y géneros

En la figura 26 se presenta la abundancia por géneros y especies dependiendo de la familia a la que pertenecen. Se observa que las familias Amphilepididae, Ophiactidae, Ophiocomidae, Ophiodermatidae, Ophiolepididae, Ophiopsilidae y Ophiotrichidae fueron representados por un solo género. La única familia que fue representada por dos géneros fue Amphiuroidae. Las familias Amphiuroidae, Ophiocomidae, Ophionereididae y Ophiopsilidae presentaron una abundancia de tres especies por cada una de las familias, mientras que las familias Amphilepididae, Ophiolepididae, Ophiodermatidae, Ophionereididae y Ophiotrichidae presentaron solo dos especies, la familia Ophiactidae únicamente fue representada por una sola especie.

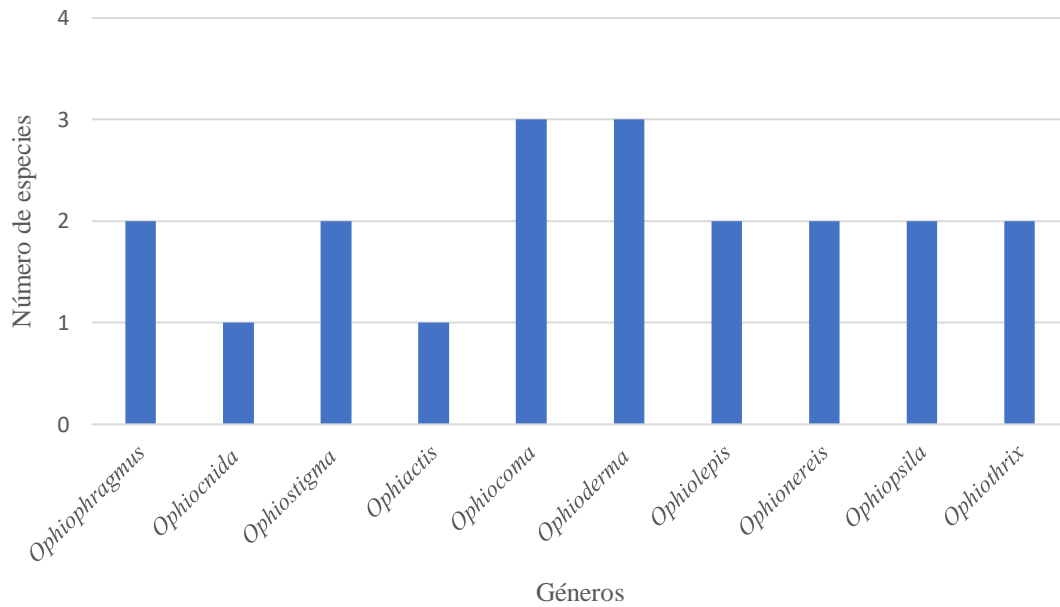


**Figura 26.** Abundancia de géneros y especies por familia de la comunidad de ofiuroides del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo, México.



c) Abundancia por géneros

En la figura 27 se muestra la abundancia de especies por cada género. Los géneros *Ophiocoma*, *Ophioderma* presentaron una mayor abundancia con tres especies cada una, mientras que *Ophiophragmus*, *Ophiolestes*, *Ophiolepis*, *Ophionereis*, *Ophiopsila* y *Ophiothrix* fueron representados por dos especies. Los géneros representados únicamente por una especie fueron *Ophiocnida* y *Ophiactis*.



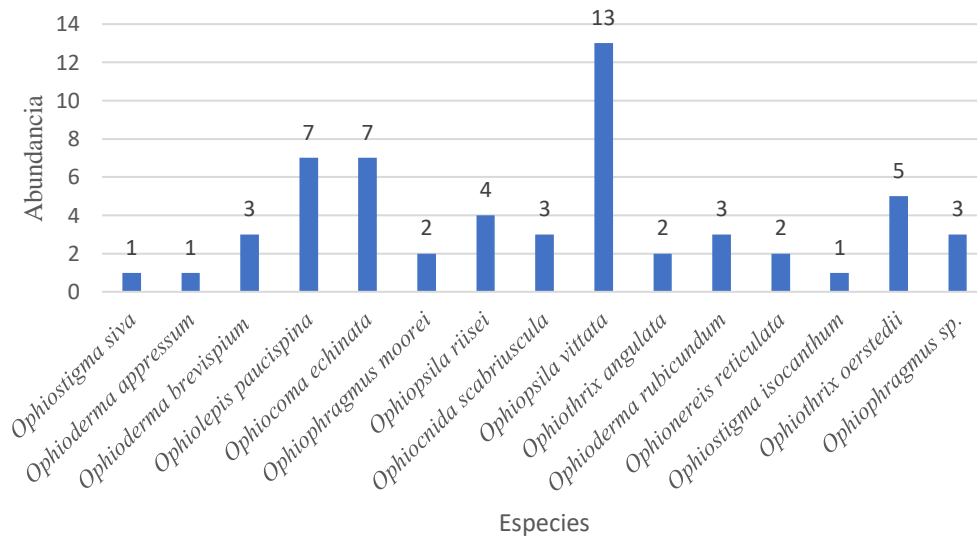
**Figura 27.** Abundancia de especies por géneros de ofiuros en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.





d) Abundancia de especies por localidad

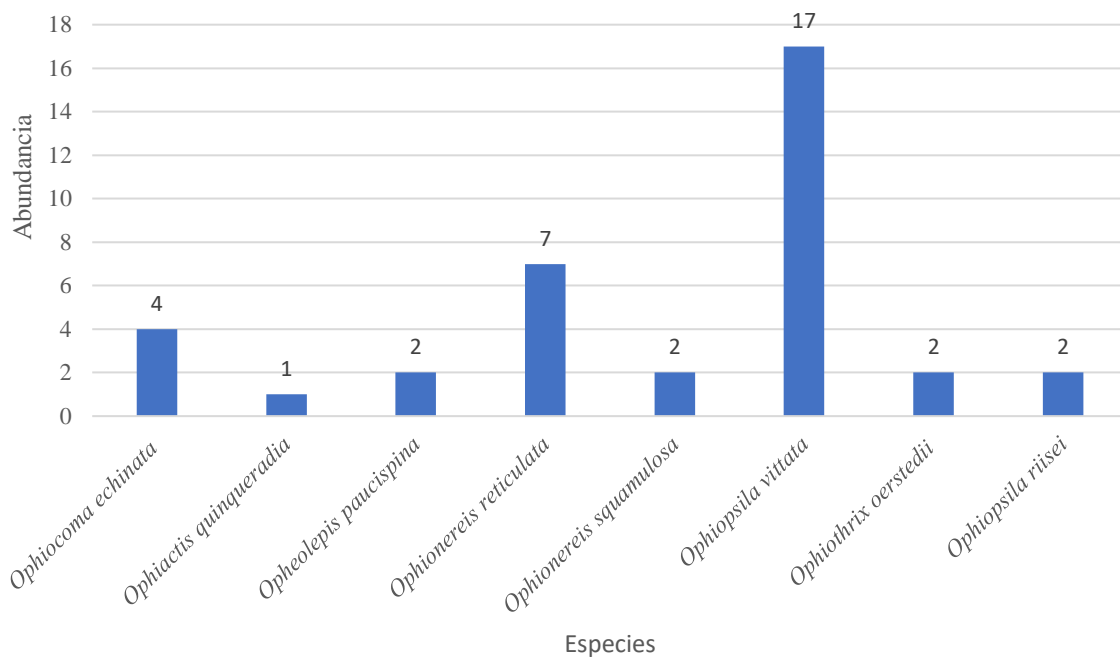
En Bonanza (recuperación), la especie más abundante fue *Ophiopsila vittata* con 13 individuos, seguido de *Ophiolepis paucispina* y *Ophiocoma echinata* con siete individuos. Las especies menos abundantes en la localidad de Bonanza fueron; *Ophioderma appressum*, *Ophiostigma isocantum* y *Ophiostigma siva* con un individuo cada una de las especies (Figura 28).



**Figura 28.** Abundancia por especies en la localidad de Bonanza (recuperación).



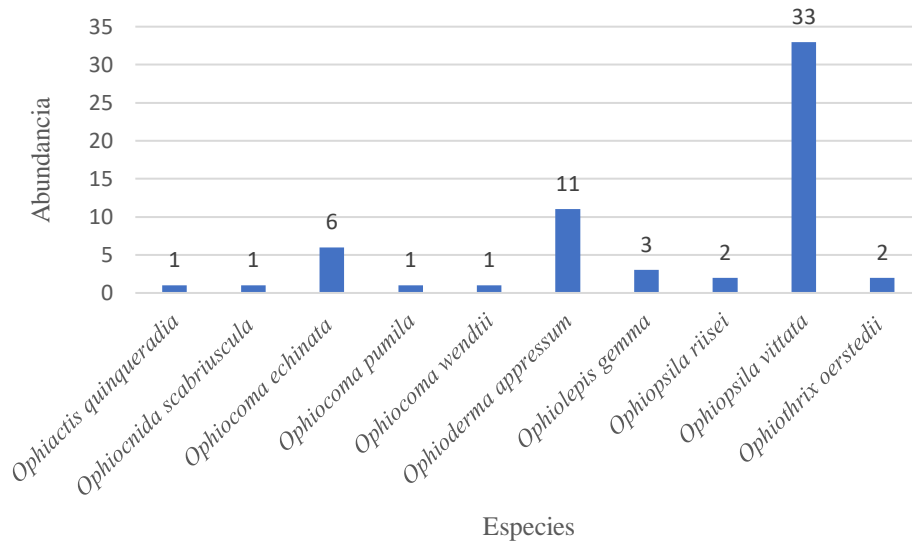
En la localidad de Jardines (perturbado) la especie notablemente más abundante fue *Ophiopsila vittata* con 17 individuos, seguido de *Ophionereis reticulata* con siete individuos. La especie que presentó una menor abundancia fue *Ophioctis quinqueradia* con un solo individuo (Figura 29).



**Figura 29.** Abundancia por especies en la localidad de Jardines (perturbado).



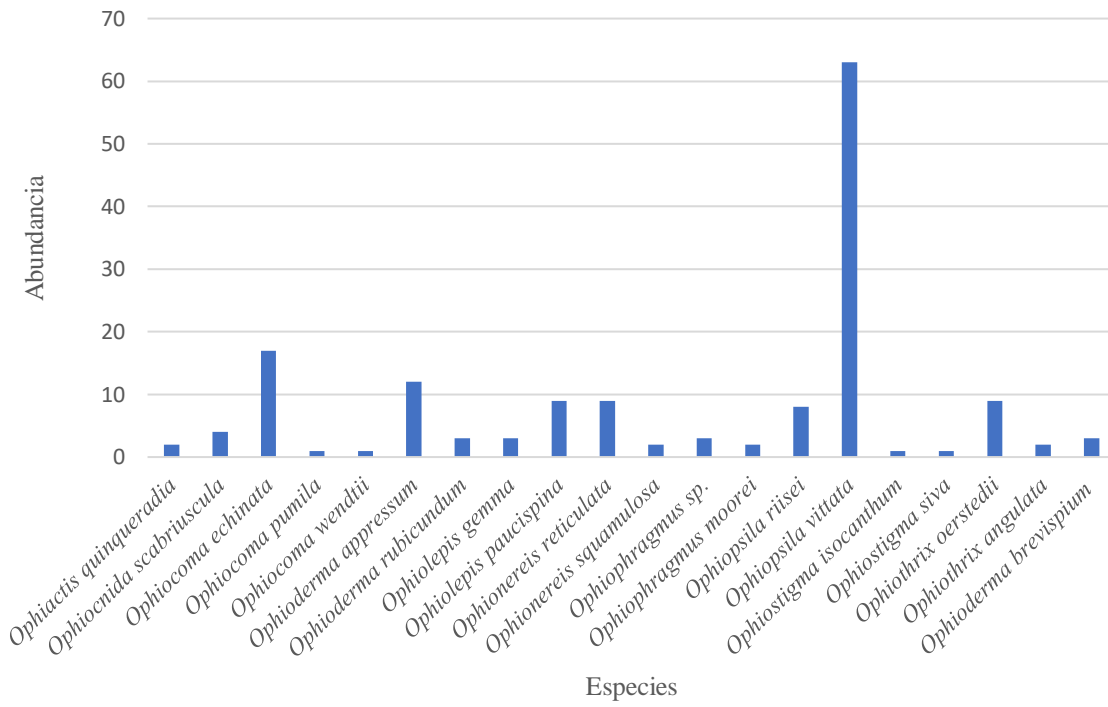
En la localidad de Puerto Morelos la especie con mayor abundancia fue *Ophiopsila vittata* con 33 individuos, seguido de *Ophioderma appressum* con 11 individuos. Las especies con un solo organismo fueron *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiocnida scabriuscula*, *Ophiocoma pumila* y *Ophiocoma wendtii* (Figura 30).



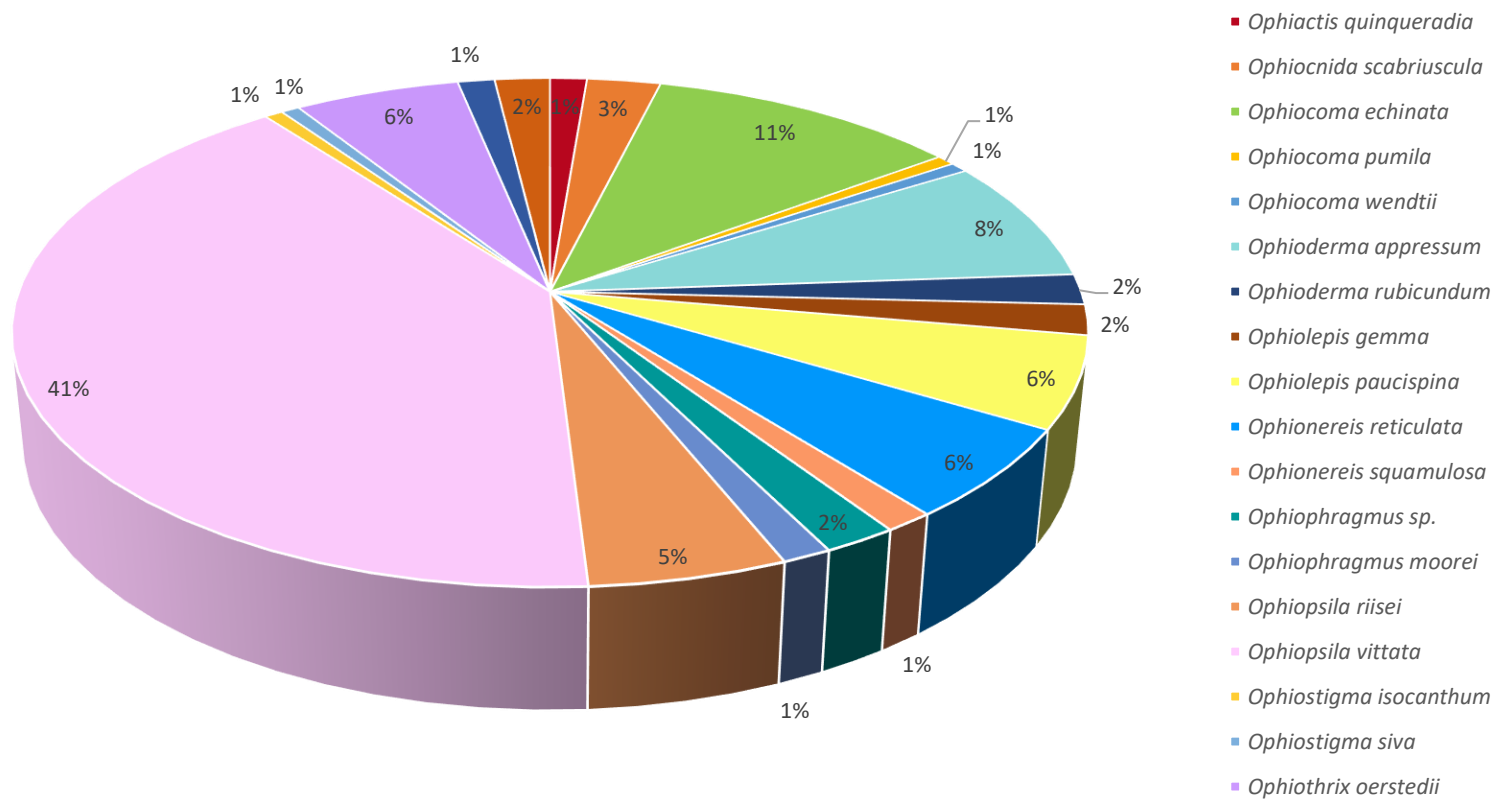
**Figura 30.** Abundancia por especies en la localidad de Puerto Morelos (conservado).

#### e) Abundancia por especie

La especie más abundante encontrada en el arrecife fue *Ophiopsila vittata* con 33 individuos que, en porcentaje, corresponde al 41% de toda la muestra. La segunda especie más abundante encontrada fue *Ophiocoma echinata* con 6 individuos que corresponde al 8% y la tercera especie más abundante fue *Ophioderma appressum* con 11, que, en porcentaje, corresponde al 14%. Las especies menos comunes que se encontraron en las tres localidades pertenecen a las especies de *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophiostigma isocantum* y *Ophiostigma siva* (Figuras 31 y 32).



**Figura 31.** Abundancia por especies en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.

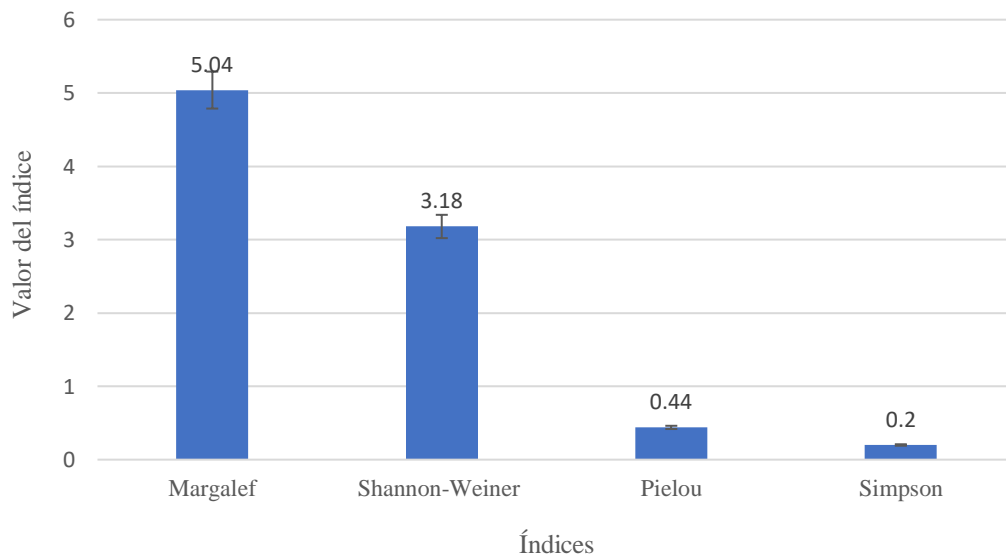


**Figura 32.** Porcentaje de las especies encontradas en el Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



#### IV. Análisis de diversidad

De acuerdo con los índices de toda la población de ofiuos en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, se encuentra una gran diversidad en el índice de Margalef debido a que los valores por arriba de (5) sugieren alta diversidad en la comunidad, en este caso el índice de Margalef calculado fue de 5.04. Por otro lado, el índice de Shannon Weiner muestra la diversidad de la comunidad de ofiuos, los valores se encuentran por arriba del (3), por lo tanto, este índice denota que hay alta diversidad. ya que el índice de Shannon Weiner calculado fue de 3.18. El índice de Pielou, muestra si las especies son igual de abundantes si el valor se acerca más a (1), en este caso el valor calculado del índice de Pielou es 0.44, por lo tanto, las especies presentan baja homogeneidad. Por último, el índice de Simpson indica que cuanto más se acerque el valor al (0) mayor es la riqueza debido a que se indica la probabilidad de tomar dos individuos de la misma especie en una población, en la muestra obtenida los valores se acercan mucho al (0), ya que el valor calculado fue de 0.2, lo que sugiere una mayor riqueza en el arrecife de Puerto Morelos (Figura 33).

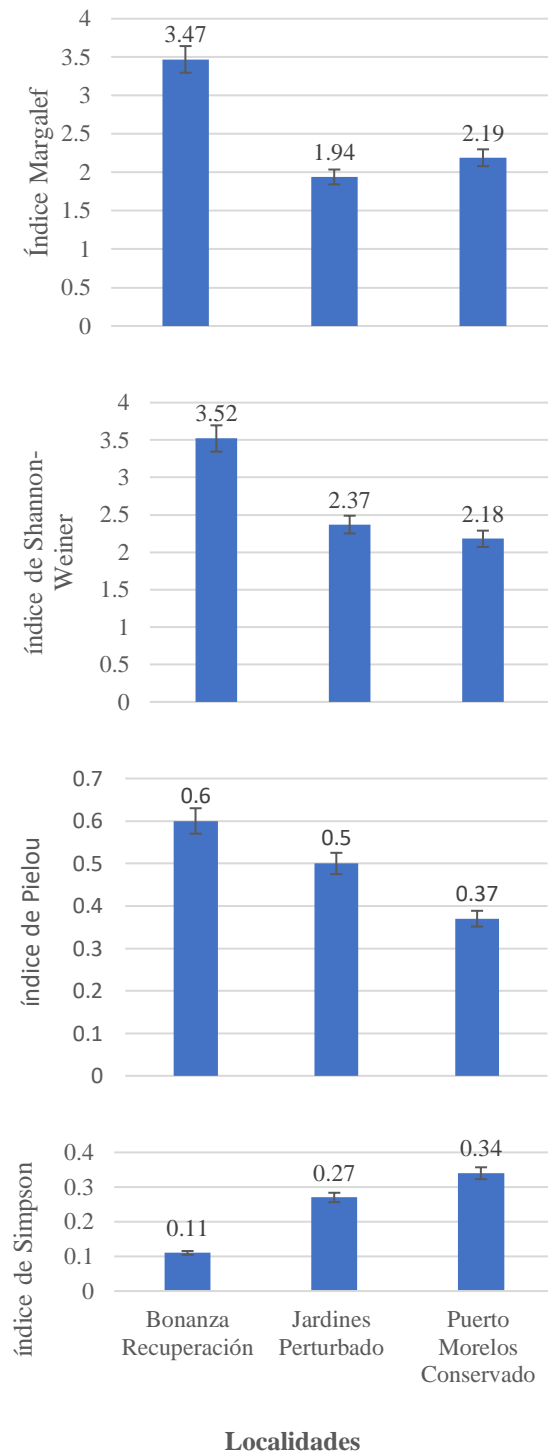


**Figura 33.** Índices ecológicos generales de ofiuos en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



El índice de Margalef indicó que Bonanza es la zona más diversa debido a que los valores sobrepasan el dos. Mientras que Puerto Morelos se encuentran muy cerca del (2) y Jardines por debajo del valor, eso sugiere que Jardines cuenta con poca diversidad. El índice de Shannon-Weiner mostró que la localidad más diversa es Bonanza, seguido de Jardines. La localidad menos diversa de acuerdo con el análisis es Puerto Morelos (Figura 34).

El índice de Pielou mostró que la localidad donde la probabilidad es mayor de que las especies sean igual de abundantes es en Bonanza, seguido de Jardines y, por último, Puerto Morelos. El índice de Simpson por las diferentes localidades indicó que Bonanza tiene la menor probabilidad de que dos individuos de la misma especie sean tomados. En el caso de Puerto Morelos, la localidad conservada mostró que es más probable que dos individuos de la misma especie sean tomados (Figura 34).



**Figura 34.** Índices ecológicos en las distintas profundidades por sitio de muestreo en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.





La riqueza es una medida de la diversidad biológica, en donde el número de especies que existen dentro de una comunidad, en un espacio delimitado, se conoce como riqueza de especies. Sin embargo, dentro de la estructura de las comunidades también podemos encontrar la abundancia, que se define como el número de individuos de cada especie dentro de una muestra en la comunidad delimitada (Smith y Smith, 2007). La tabla 3 presenta el resumen de todos los valores obtenidos en el reciente estudio en donde se puede apreciar que la mayor riqueza obtenida en la localidad de Bonanza (recuperación) fue la mayor de acuerdo con el índice de Margalef, seguido de Puerto Morelos (conservado) y finalizando con Jardines (perturbado), siendo la zona con menor diversidad. Por otro lado, el índice de Shannon-Wiener nos indica que la localidad Bonanza (recuperación) presenta una mayor biodiversidad específica, seguido de la localidad de Jardines (perturbado) y finalizando con la localidad de Puerto Morelos (conservado), con la menor biodiversidad específica. En el caso del índice de Pielou, los valores de Bonanza (recuperación) y Jardines (perturbado) muestran un valor más cercano a (1), por esta razón, las especies son igual de abundantes en estas dos localidades. Sin embargo, en Puerto Morelos el valor se acerca más a (0), esto quiere decir que las especies no presentan la misma abundancia. Por último, el índice de Simpson nos muestra que la localidad de Bonanza (recuperación) tiene una mayor riqueza, seguido de Jardines (perturbado) y finalizando con Puerto Morelos (conservado). Sin embargo, todos los valores obtenidos para el índice de Simpson son cercanos a (0).

**Tabla 3.** Resumen de los valores obtenidos en el estudio del arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo.

		Riqueza	Abundancia	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Simpson
	Bonanza	15	57	3.47	3.52	0.6	0.11
	Jardines	8	37	1.94	2.37	0.5	0.27
	Puerto Morelos	10	61	2.19	2.18	0.37	0.34
Bonanza	Somero	5	8				
	Medio	6	19				
	Profundo	9	30				
Jardines	Somero	3	6				
	Medio	7	30				
	Profundo	1	1				
Puerto Morelos	Somero	7	23				
	Medio	3	14				
	Profundo	9	24				



## V. Análisis de normalidad

Se realizó un modelo ANOVA de una vía para ver los efectos principales de las variables localidad y profundidad en la abundancia. El valor del estadístico F para localidad fue de 0.4447 y el valor para la variable profundidad fue de 0.4654, ambos valores son menores al de la significancia  $\alpha_{localidad} = 0.6435$  y  $\alpha_{profundidad} = 0.6306$ , por tanto, las variables no son significativas ya que se encuentran por debajo de estos valores y no tienen efecto sobre la abundancia. Es decir, las abundancias de ofiuros registradas en este trabajo no tienen una relación directa con la localidad y la profundidad. (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de ANOVA de las variables localidad y profundidad con el programa R.

<b>Abundancia Localidad y profundidad</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>Value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Localidad</b>	2	6.66	3.3278	0.4447	<b>0.6435</b>
<b>Profundidad</b>	2	6.96	3.48244	0.4654	<b>0.6306</b>
<b>Residuals</b>	50	37413	7.4825		

Se realizó un ANOVA de dos vías para ver los efectos principales de las variables localidad y profundidad y su interacción. Para la regla de decisión de acuerdo con los resultados mostrados por R arrojan un  $\alpha = 0.6609$  y  $0.6484$  que representa el valor de significancia. El estadístico de prueba F para la variable de localidad fue  $F = 0.4179$  y el estadístico de prueba F para la variable profundidad fue de  $F = 0.4374$ , ambos valores son menores con respecto al valor de significancia, por lo tanto, las variables no son significativas de acuerdo con esta regla (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de ANOVA de las variables localidad y profundidad con el programa R.

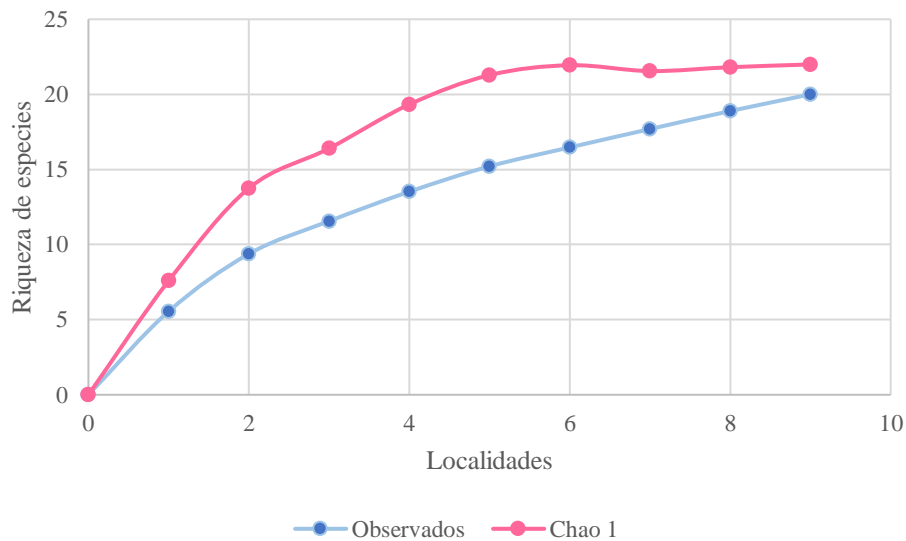
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
Localidad	2	6.66	3.3278	0.4179	0.6609
Profundidad	2	6.96	3.4824	0.4374	0.6484
Localidad:Profundidad	4	7.85	1.9632	0.2466	0.9103
Residuals	46	36627	7.9624		



A partir de los resultados arrojados por el programa EstimateS, se obtuvo la curva de rarefacción con una eficiencia de muestreo de Chao 1 del 90.95% (Tabla 6) (Figura 35).

**Tabla 6.** Datos obtenidos del programa EstimateS con los datos observados y el estimador Chao 1.

Localidades por profundidad	Observados	Chao 1
0	0	0
1	5.55	7.59
2	9.38	13.75
3	11.56	16.4
4	13.52	19.33
5	15.21	21.28
6	16.47	21.94
7	17.69	21.55
8	18.89	21.81
9	20	21.99



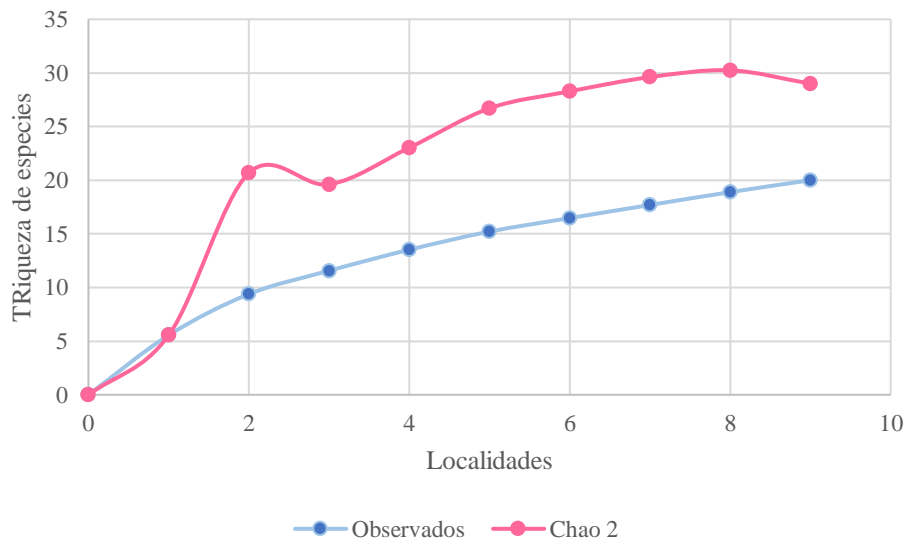
**Figura 35.** Curva de rarefacción con el estimador Chao 1 en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



A partir de los resultados arrojados por el programa EstimateS, se obtuvo la curva de rarefacción con una eficiencia de muestreo de Chao 2 del 68.96% (Tabla 6) (Figura 36).

**Tabla 6.** Datos obtenidos del programa EstimateS con los datos observados y el estimador Chao 2.

Localidades por profundidad	Observados	Chao 2
0	0	0
1	5.55	5.55
2	9.38	20.67
3	11.56	19.61
4	13.52	23.03
5	15.21	26.7
6	16.47	28.28
7	17.69	29.61
8	18.89	30.24
9	20	29



**Figura 36.** Curva de rarefacción con el estimador Chao 2 en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



## VI. Índice de asociación Olmstead-Tukey

De acuerdo con el índice de asociación Olmstead-Tukey mostró que las especies dominantes equivalen al 30%, es decir, seis especies del total, las cuales fueron: *Ophiopsila vittata*, *Ophiocoma echinata*, *Ophioderma appressum*, *Ophiolepis paucispina*, *Ophionereis reticulata* y *Ophiopsila riisei*. En el caso de las especies comunes fue únicamente una: *Ophiothrix oerstedii*, es decir, el 5%. Las especies ocasionales fueron dos: *Ophiocnida scabriuscula* y *Ophiothrix angulata*, es decir, el 10% del total. Las especies raras fueron: *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophioderma brevispinum*, *Ophioderma rubicundum*, *Ophiolepis gemma*, *Ophionereis squamulosa*, *Ophiophragmus* sp., *Ophiophragmus moorei*, *Ophiostigma isacanthum* y *Ophiostigma siva* que equivale al 55% (Figura 37).

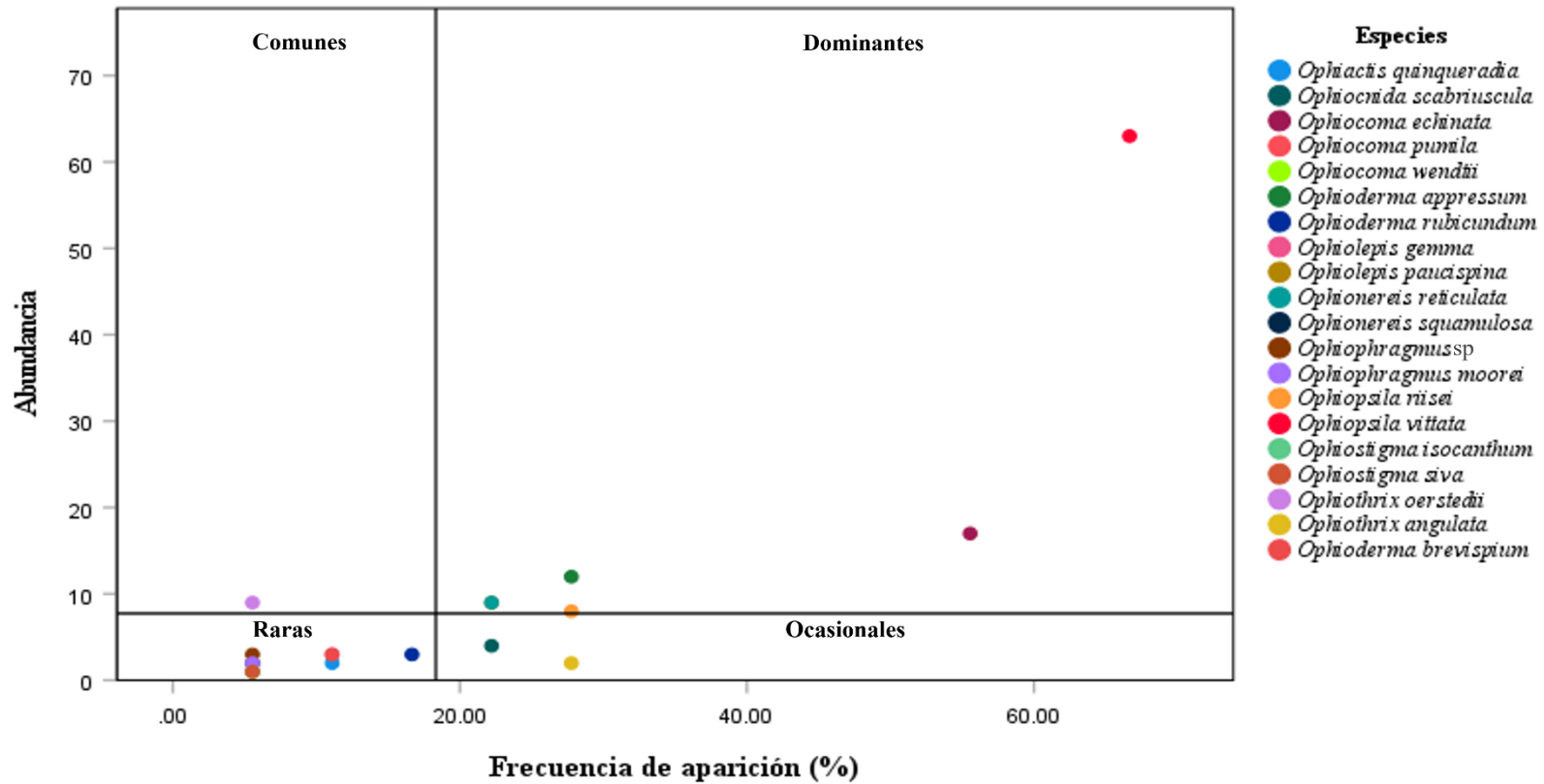
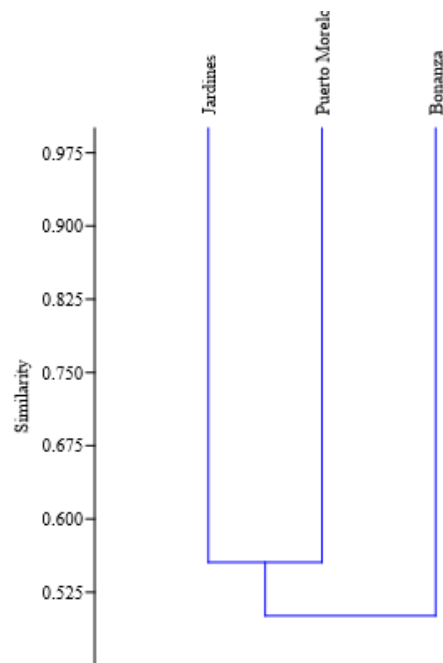


Figura 37. Resultados del índice de asociación Olmstead-Tukey en el Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.

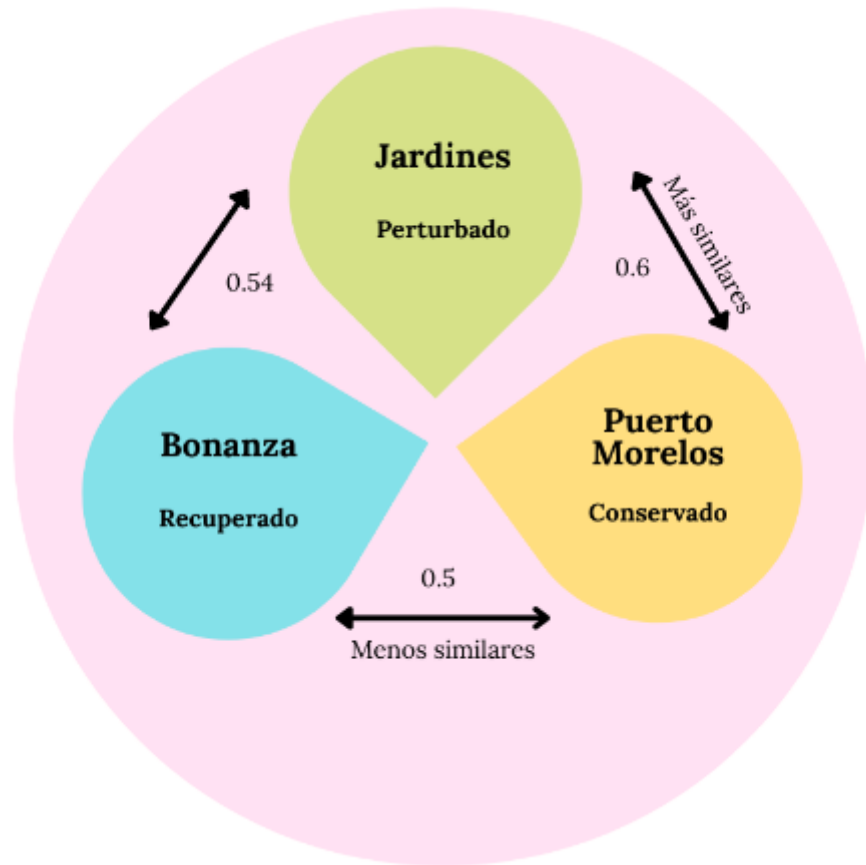


## VII. Índice de similitud de Sørensen

De acuerdo con el índice de similitud, las localidades de Jardines (perturbado) y Puerto Morelos (conservado) presentaron una mayor similitud con un valor  $S=0.6$ , seguido de las localidades de Bonanza (recuperado) y Jardines con un valor de  $S=0.54$  y por último las localidades de Bonanza y Puerto Morelos con un valor de  $S=0.5$  (Figura 38 y 39).



**Figura 38.** Dendrograma basado en el Índice de similitud de Sørensen entre las tres localidades del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.



**Figura 39.** Índice de similitud de Sørensen entre las tres localidades del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.





## DISCUSIÓN

En el arrecife de Puerto Morelos se encontraron 20 especies pertenecientes a 10 géneros y nueve familias, un análisis taxonómico indica que cada familia y cada género representa un linaje evolutivo distinto, es decir, 10 linajes evolutivos distintos y nueve linajes superiores distintos. Por lo tanto, en el arrecife de Puerto Morelos existe un *pool* de diversificación ecológica y taxonómica muy vasta y diversa que permite el establecimiento y la coexistencia de diversos grupos de ofiuros, por esa razón es primordial centrarse en estrategias de conservación en el arrecife de Puerto Morelos que permitan perpetuar todos estos linajes.

En México, se han reportado 240 especies que pertenecen a la clase Ophiuroidea, de las cuales, en el presente estudio se encontraron 20 especies en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, es decir, en términos de porcentaje, se obtuvo un 8.33%. En el Golfo de México, se han reportado 108 especies pertenecientes a la clase Ophiuroidea, en términos de porcentaje, las especies reportadas en este estudio corresponden al 18.52% del total en el Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 2014).

Es importante recalcar que, en el estudio, la mayoría de los organismos encontrados pertenecen a estadios juveniles. Se asoció anteriormente la presencia de organismos juveniles en estructuras bióticas y abióticas de acuerdo con la disponibilidad del espacio, como es el caso de la pedacería de coral (Bejarano, Zea y Díaz, 2004). Los cúmulos de coral son microhábitats crípticos que se ven favorecidos por condiciones someras y, propician condiciones favorables de refugio principalmente para ofiuros juveniles (Bejarano, 2001). El espacio disponible es un factor de relevancia debido a que este tipo de organismos se distribuye dependiendo de la talla (Valencia *et al.*, 2014). Los individuos adultos tienen movimientos evasivos mucho más rápidos que los individuos juveniles, y suelen encontrarse en sitios sumamente crípticos, por esa razón, su captura es más complicada (Bejarano, 2001).

El Caribe mexicano es considerado uno de los primeros hotspots en el mundo, tanto en ecosistemas terrestres como marinos, es por esta razón que podemos encontrar una gran diversidad de ofiuros localizados en el arrecife de Puerto Morelos (Durán *et al.*, 2005). Las



especies de ofiuros encontradas cuentan con un amplio rango de distribución geográfica debido a las corrientes marinas que circulan en esta región, por tanto, se pueden encontrar especies comunes distribuidas en diferentes latitudes del arrecife (Laguarda-Figuera *et al.*, 2004).

La especie más abundante en el área de estudio fue *Ophiopsila vittata*. Esta especie tiene una distribución batimétrica de entre los 10-26 m y se encuentra principalmente en hábitats rocosos mezclados con arena. Se han reportado especies en presencia de *Sargassum histrix* y *Lobophora* sp. En el Caribe mexicano, específicamente en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, se han reportado especies de *Sargassum* sp. con aumento en las últimas décadas. Esto podría ser un factor importante para la presencia de la especie *O. vittata* en el arrecife de Puerto Morelos (Breckmann, 1996). La segunda especie con mayor abundancia fue *Ophiocoma echinata*. Anteriormente, se ha registrado la especie *Ophiocoma echinata* en Puerto Morelos, Quintana Roo. Su distribución batimétrica abarca de los 0-183 m. De igual manera, se tiene registro de que es una especie resistente ante los desastres naturales. Por tanto, es común encontrar esta especie en Puerto Morelos (Bribiesca, 2010). En el caso de *Ophiothrix oerstedii* su alta abundancia puede deberse a que la especie se encuentra asociada a restos de corales, como los que fueron extraídos para el estudio (Laguarda-Figuera *et al.*, 2004).

*Ophionereis reticulata* se encuentra por debajo de los sustratos, en la mayoría de las ocasiones. En el caso de las especies pertenecientes a *Ophiocoma*, muestran una preferencia por rocas coralinas y son de mayor tamaño. Se encuentran asociados a corales como *P. porites*. Los organismos de menor talla pertenecientes a las especies *Ophioderma rubicundum* y *Ophiostigma isacanthum* se encuentran entre espacios pequeños de *Halimeda* spp. y *Lobophora variegata*. *O. reticulata* habita en arrecifes coralinos con ausencia de luz, principalmente debajo de rocas y se encuentra asociada con *Ophiocoma pumila*. La ausencia de *Ophiolepis impressa* puede deberse a que *Ophionereis reticulata* suele desplazar a esta especie (Bribiesca, 2010).

*Ophiactis quinqueradia* se encuentra a una profundidad de los 10-30 metros. La característica principal para su distribución es que se encuentran asociadas a esponjas de la



especie *Agelas* sp., estos casos se han reportado en Cuba (Abreu, 2003). Sin embargo, se tiene el conocimiento de que esta especie es endocomensal de varias especies de esponjas en el Caribe mexicano. La poca abundancia de la especie *Ophiactis quinqueradia* se puede asociar a una relación simbiótica, específicamente, endocomensalismo con el grupo de las esponjas. Sin embargo, también se pueden encontrar algunas especies asociadas a sustratos rocosos (Bribiesca, 2010). Las muestras obtenidas del arrecife fueron únicamente de pedazos de coral muerto, se necesitaría realizar una búsqueda exhaustiva en las esponjas del arrecife para conocer la estrecha relación entre las esponjas y los ofiuuros, sobre todo de las especies como *O. quinqueradia*.

En el 2004 se realizó un estudio en Puerto Morelos, y se reportó a *Ophiolepis gemma* y *Ophiocnida scabriuscula* como nuevos registros para la localidad. Se reportó un ejemplar de *Ophiolepis gemma* en aguas someras, específicamente a dos metros, frente al hotel Caribe Reef Maya. Esta especie se puede encontrar en corales pequeños, corales de platos y gorgonáceos. La especie *Ophiocnida scabriuscula* se registró en “La Bocana”, cerca de la localidad de Puerto Morelos seleccionada en este estudio (Laguarda-Figueras *et al.*, 2004). Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron que únicamente un individuo fue encontrado en esta localidad. Los demás organismos se encontraron en la localidad de Bonanza. Suelen encontrarse en hábitats de sedimentos arenosos mezclados con restos de coral (Laguarda-Figueras *et al.*, 2004). *Ophiolepis gemma* se encuentra a una profundidad de los 3-139 m, donde las concentraciones de algas calcáreas se encuentran abundantes y en arrecifes donde habitan gorgonáceos. En el arrecife de Puerto Morelos hay una gran cantidad de gorgonáceos que se encuentran en el límite posterior del arrecife (Bribiesca, 2010).

Posteriormente, se publicó un libro sobre la biodiversidad de ofiuroides en el Caribe Mexicano y del Golfo de México en el año 2009. Todas las especies reportadas en este estudio se encuentran presentes en dicho libro con una distribución geográfica perteneciente al estado de Quintana Roo y a la localidad de Puerto Morelos, es decir, no hay nuevos registros de ofiuroides en la zona (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

Recientemente se han realizado otros trabajos de la clase Ophiuroidea en la Bahía de Akumal, Quintana Roo. La localidad de Bahía de Akumal se encuentra localizada 75.4



kilómetros de Puerto Morelos. En la tabla 15 se muestran las especies obtenidas en el presente trabajo y las siguientes dos columnas muestran los trabajos realizados en la localidad de Akumal. Se puede observar que al comparar las especies reportadas con el trabajo de Gualito (2018), se comparten 14 especies: *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiocoma echinata*, *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophioderma appressum*, *Ophioderma brevispinum*, *Ophioderma rubicundum*, *Ophiolepis gemma*, *Ophiolepis paucispina*, *Ophionereis reticulata*, *Ophionereis squamulosa*, *Ophiophragmus moorei*, *Ophiothrix oerstedii* y *Ophiothrix angulata*. Por otro lado, comparando con el reporte de especies en el trabajo de Santillán (2019), las especies compartidas entre ambos trabajos fueron siete *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiocoma echinata*, *Ophiocoma pumila*, *Ophioderma brevispinum*, *Ophionereis reticulata*, *Ophionereis squamulosa* y *Ophiothrix oerstedii*. De acuerdo con los índices ecológicos, en el trabajo de Santillán (2019), el índice de Shannon tuvo un valor de 1.82, por debajo del 3. En el índice de Pielou se obtuvo un índice de 0.51 y el índice de Simpson tuvo un valor de 0.22. Los valores muestran una baja diversidad en el arrecife de Akumal, Quintana Roo, México (Tabla 7 y 8).

**Tabla 7.** Comparación de las especies de ofiuros en este trabajo y los trabajos de Bahía de Akumal, Quintana Roo.

No. de especie	Especie	Gualito (2018)	Santillán (2019)
1	<i>Ophiactis quinqueradia</i>	x	x
2	<i>Ophiocnida scabriuscula</i>		
3	<i>Ophiocoma echinata</i>	x	x
4	<i>Ophiocoma pumila</i>	x	x
5	<i>Ophiocoma wendtii</i>	x	
6	<i>Ophioderma appressum</i>	x	
7	<i>Ophioderma brevispinum</i>	x	x
8	<i>Ophioderma rubicundum</i>	x	
9	<i>Ophiolepis gemma</i>	x	
10	<i>Ophiolepis paucispina</i>	x	
11	<i>Ophionereis reticulata</i>	x	x
12	<i>Ophionereis squamulosa</i>	x	x
13	<i>Ophiophragmus sp.</i>		
14	<i>Ophiophragmus moorei</i>	x	
15	<i>Ophiopsila riisei</i>		
16	<i>Ophiopsila vittata</i>		



17	<i>Ophiostigma isocanthum</i>		
18	<i>Ophiostigma siva</i>		
19	<i>Ophiothrix oerstedii</i>	x	x
20	<i>Ophiothrix angulata</i>	x	
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>7</b>

**Tabla 8.** Comparación de índices ecológicos en este trabajo y en el de Santillán (2019).

Índices	En este trabajo	Santillán (2019)
Shannon-Wiener	3.18	1.82
Pielou	0.44	0.51
Simpson	0.2	0.22

La heterogeneidad espacial muestra la relación entre la estructura del hábitat y la diversidad de especies; si existe la heterogeneidad espacial o ambiental en los microhábitats de cada una de las localidades, mayor será el número de especies que se encuentren en el arrecife. La variedad de microhábitats facilita la búsqueda y captura de alimento, así como la protección para las mismas (Smith y Smith, 2007).

En cada una de las diferentes localidades existe una estructura biológica que se encuentra en constante interacción, ya sea de manera directa o indirecta con las especies (Smith y Smith, 2007). Los organismos tienen distintas limitaciones las cuales influyen en el rango de tolerancia frente a condiciones ambientales, dichas restrictivas reducen la distribución y la abundancia. El grado de tolerancia y la competencia se ven influenciados tanto por recursos como factores y la interacción de estos, ya sea por la profundidad, temperatura, salinidad, etc. De acuerdo con el análisis de Olmstead-Tukey, algunas de las especies consideradas como raras, se encuentran asociadas a otro tipo de sustrato distinto a la pedacería de coral muerto, como es el caso de *Ophiolepis gemma* que puede encontrarse comúnmente asociada a esponjas y lugares donde existe gran abundancia de algas calcáreas. En el caso de *Ophiocnida scabriuscula*, *Ophiostigma isacanthum*, *Ophiostigma siva* y *Ophioderma brevispinum* tienen mayor afinidad a sustratos arenosos (Pomory, 2007).



De acuerdo con los resultados de ANOVA, las variables de localidad y profundidad no influyen en la abundancia de ofiueros en el arrecife de Puerto Morelos, ya que los valores del estadístico utilizado no fueron significativos. Sin embargo, es importante realizar un muestreo posteriormente que sea más exhaustivo en otro tipo de sustrato o cerca del coral vivo para conocer si dichas variables influyen en la abundancia de las especies.

Los estimadores calculados (Chao 1 y Chao 2) arrojaron valores muy parecidos a los obtenidos en campo. El estimador Chao 1 es un modelo no paramétrico que analiza la abundancia de una muestra. Con el estimador Chao 1, se obtuvo un total de riqueza específica de 22 y con el estimador Chao 2 un máximo de riqueza específica de 29. Mientras que nuestros datos arrojaron un total de 20 especies de ofiueros en todo el arrecife. Por lo tanto, los muestreos realizados dibujan un panorama muy cercano a la realidad, en donde probablemente no es posible encontrar más de 30 especies de ofiueros asociados a pedacera de coral muerto. Para encontrar las especies faltantes, será necesario en todo caso redoblar esfuerzos para realizar los muestreos de manera más frecuente. En caso de que posteriormente se requieran estudios de ofiueros en este arrecife se recomienda ampliamente la búsqueda de los mismos en otros biotipos poniéndose en consideración los siguientes sustratos: esponjas (se conoce que los ofiueros son un grupo de invertebrados ampliamente asociados a las esponjas), arena (la mayoría de las especies de ofiueros poseen fototropismo negativo y por eso pasan la mayor parte de su tiempo enterrados, además de que con esto impiden o reducen considerablemente la depredación), o buscar intensamente debajo de piedras (por la razón antes mencionada de fotosensibilidad) o en cabezas de coral vivas que no dañen o alteren la comunidad coralina.

De acuerdo con la hipótesis de la perturbación intermedia, que fue planteada en el año de 1978 por Connell, la ausencia de perturbación en una zona, disminuye la diversidad y aumenta la exclusión competitiva. Sin embargo, cuando se presentan disturbios fuertes y constantes, también disminuye la diversidad, sólo sobreviven las especies con una mejor capacidad de adaptación (Roldán y Ramírez, 2008). Actualmente, en el arrecife de Puerto Morelos no se tienen registros del grado de perturbación en los últimos años. No obstante, las perturbaciones pueden favorecer la diversidad. En este estudio se observó que las



profundidades someras se encuentran en constante interacción con las actividades humanas y presentan una mayor diversidad.

La localidad de Bonanza fue registrada con anterioridad como zona en recuperación, y de acuerdo con el índice de Margalef y Shannon-Wiener obtenidos, ésta fue la localidad más diversa. Esto puede deberse a la interacción y cuidado constante en los últimos años. Por otro lado, la localidad de Jardines fue la menos diversa de acuerdo con el índice de Margalef y Shannon-Wiener obtenidos, localidad que se encuentra catalogada como una zona mayormente perturbada, esto se puede ajustar a la hipótesis de perturbación intermedia, debido a que Jardines se somete a constantes disturbios por la zona hotelera ubicada en esta región. La hipótesis de perturbación intermedia sugiere que una zona perturbada como es el caso de Jardines puede albergar la coexistencia de muchas especies porque se reduce la competencia (Smith y Smith, 2007). La distancia entre las localidades de Jardines y Puerto Morelos podría ser un factor para que sean más similares en cuanto a la diversidad.



## CONCLUSIONES

- ✿ Los tres sitios de colecta fueron similares en términos del número de organismos sin importar la profundidad.
- ✿ En el arrecife Puerto Morelos, posee una gran diversidad de ofiuos, presentándose varias familias y varios géneros distintos.
- ✿ De acuerdo con la hipótesis de perturbación intermedia, la diversidad de ofiuos en el arrecife Puerto Morelos es similar en los sitios de Bonanza (recuperado), como en Puerto Morelos (conservado).
- ✿ *Ophiopsila vittata* fue la especie más abundante y *Ophiocoma pumila*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophiostigma isocantum* y *Ophiostigma siva* fueron las especies menos abundantes.
- ✿ Las especies compartidas entre las tres localidades fueron: *Ophiocoma echinata*, *Ophiopsila riisei*, *Ophiopsila vittata* y *Ophiotrix oerstedii*.
- ✿ Bonanza presentó una mayor riqueza con 15 especies de ofiuos y Puerto Morelos presentó una mayor abundancia con 61 individuos.
- ✿ Las familias Amphiuoridae y Ophiocomidae fueron las que presentaron una mayor abundancia con tres especies, la familia Ophiactidae únicamente fue representada por un solo género y una sola especie.
- ✿ El género más abundante fue *Ophiocoma* y *Ophioderma*. Los géneros menos abundantes fueron *Ophiocnida* y *Ophiactis*.
- ✿ El estimador Chao 1 arrojó 22 especies y el estimador Chao 2 arrojó 29 especies, valores muy parecidos a las 20 especies encontradas en el estudio.
- ✿ No se encontró correlación entre los tres conjuntos de variables analizadas: localidad y profundidad, localidad y especie y, especie y profundidad.
- ✿ El 55% de las especies encontradas fueron raras, el 30% dominantes, el 10% de las especies fueron ocasionales y solo el 5% fueron especies comunes.
- ✿ De acuerdo con el índice de Sorensen, Jardines (perturbado) y Puerto Morelos (conservado) presentaron una mayor similitud entre sí.





## Glosario

**Arrecife.** Los arrecifes de coral son acumulaciones de esqueletos compuestos por carbonato de calcio, los cuales están formados por pólipos de cnidarios de la clase Anthozoa que presentan una simbiosis con unas microalgas llamadas zooxantelas. Esta asociación consiste en que los corales brindan la protección y luz, mientras que las algas les brindan coloración a los corales que, a su vez, sirven como fuente de energía (Petit y Prudent, 2010).

**Asteroidea.** Clase perteneciente al filo echinodermata conformado por estrellas de mar conformados por un disco central y brazos que irradian de él en múltiplos de cinco (Brusca y Brusca, 2003).

**Biomasa.** En ecología, la biomasa se define como gramos de materia orgánica por unidad de superficie (Smith y Smith, 2007).

**Brazo articulado.** Brazo conformado por vértebras que se encuentran unidas entre sí y que permite su movilidad completamente a manera de bisagra o articulación (Rodríguez, 2016).

**Brazo ramificado.** Presencia de estructuras para alimentación o movimientos a lo largo del brazo (Brusca y Brusca, 2003).

**Brazo simple.** Brazo que no presenta ramificaciones.

**Bursa.** Invaginaciones que se encuentran en las gónadas, en ofiuos podemos encontrar cinco pares; su función es la entrada y salida de agua para la respiración (Hickman, Roberts y Larson, 1997).

**Cadena trófica.** Flujo de energía y nutrientes en los organismos de acuerdo con su clasificación funcional en un sistema dependiente de sus relaciones alimenticias (Smith y Smith, 2007).

**Calcita.** Compuesto químico perteneciente al grupo de los minerales carbonatos que se compone de  $CaCO_3$  (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2013).

**Carbonato de magnesio.** Compuesto químico perteneciente a los carbonatos con átomo de magnesio ( $MgCO_3$ ) (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2013).



**Carroñero.** Organismos que se alimentan de restos vegetales y animales (Escolástico *et al.*, 2013).

**Cationes.** Ion con carga positiva (Smith y Smith, 2007).

**Celoma.** Cavidad verdadera de origen mesodérmico que contiene líquido y se encuentra delimitada por el peritoneo (Brusca y Brusca, 2003).

**Comensalismo.** Relación simbiótica en la que un organismo se beneficia sin afectar al otro (Smith y Smith, 2007).

**Comunidad.** Grupo de poblaciones que interactúan en un área determinada y un límite definido tanto de tiempo como de espacio (Smith y Smith, 2007).

**Conservado.** La conservación se refiere a la protección de diversidad biológica y requisitos del hábitat. La protección se encuentra basada en leyes que permiten clasificar a una zona como área protegida bajo la acción gubernamental (Smith y Smith, 2007).

**Crinoidea.** Clase más antigua dentro del filo echinodermata conformado por lirios de mar y estrellas plumosas que se distribuyen en grandes profundidades (Brusca y Brusca, 2003).

**Detritívoro.** Organismos que consumen materia orgánica proveniente de otros organismos (Smith y Smith, 2007).

**Deuterostomado.** Clasificación de organismos de acuerdo con su desarrollo embrionario, cuyo ano se formó antes que la boca (Guerrero y González, 2012).

**Diente.** Estructuras que permiten la compactación de alimento (Brogger, 2010).

**Dioico.** Organismos que presentan separación sexual, es decir, hembras y machos (Brusca y Brusca, 2003).

**Disco central.** Estructura central en ofiuros del cual salen los brazos, en el disco se encuentra el estómago, las gónadas y bursas (Brogger, 2010).

**Distal.** Lugar más distante del punto central (Brusca y Brusca, 2003).



**Diversidad.** Especies que se encuentran en un área delimitada (Smith y Smith, 2007).

**Echinoidea.** Clase perteneciente al filo Echinodermata donde encontramos a los erizos de mar y galletas de mar (Brusca y Brusca, 2003).

**Endoesqueleto calcáreo.** Clasificación dentro de los esqueletos con origen mesodérmico compuesto por biominerales depositados de  $CaCO_3$  (Brusca y Brusca, 2003).

**Equinodermo.** Organismo perteneciente al filo Echinodermata con piel espinosa en donde podemos encontrar a los lirios de mar, estrellas plumosas, estrellas de mar, ofiuros, erizos de mar, galletas de mar y pepinos de mar (Brusca y Brusca, 2003).

**Escamas del disco.** Osículos con tegumento modificadas para proteger al disco (Brogger, 2010).

**Escudo radial.** Osículos cubiertos con tegumento que se localizan en la parte dorsal del disco (Brogger, 2010).

**Espícula.** Tipo de organización de los cristales de carbonato de calcio en los equinodermos (Brusca y Brusca, 2003).

**Espina fija.** Las espinas en los brazos de los ofiuros se encuentran más arraigadas a las vértebras de los brazos.

**Espina móvil.** Las espinas de los brazos poseen mayor movilidad para de captura de alimento.

**Espina.** Osículos cubiertos de tegumento que se encuentran en los brazos de los ofiuros (Brogger, 2010).

**Espanja.** Organismo que pertenece al filo porífera (Brusca y Brusca, 2003).

**Fecundación externa.** Tipo de fecundación donde los gametos son liberados al medio (Brogger, 2010).

**Filo.** Categoría jerárquica propuesta por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (I.C.Z.N) (Brusca y Brusca, 2003).



**Gameto.** Célula sexual especializada (Tamarin, 2001).

**Hermafrodita.** Organismos que presentan ambas estructuras sexuales femeninas y masculinas (Brusca y Brusca, 2003).

**Holothuroidea.** Clase perteneciente al filo Echinodermata donde encontramos a los pepinos de mar, animales sedentarios con cuerpo blando y su característica principal es que su endoesqueleto no está conformado por placas unidas entre sí, sino por espículas para permitir una mejor movilidad en el sustrato (Brusca y Brusca, 2003).

**Homología.** Relación en las estructuras anatómicas, genes y procesos de desarrollo compartidas entre un ancestro en común y sus descendientes (Brusca y Brusca, 2003).

**Índice de diversidad.** Son parámetros ecológicos que cuantifican la abundancia relativa de especies dentro de una comunidad (Smith y Smith, 2007).

**Interradio.** Región entre dos radios o brazos (Brusca y Brusca, 2003).

**Invertebrado.** Animales que carecen de esqueleto (Campbell, 2007).

**Iones de calcio.** Ion con carga positiva, debido a que el elemento calcio pierde dos electrones (Smith y Smith, 2007).

**Iones.** Partícula con carga eléctrica (Smith y Smith, 2007).

**Larvas.** Estadio de los organismos que aún son sexualmente inmaduros y su función normalmente consiste en la dispersión y alimentación (Gilbert, 2000).

**Madreporita.** Ubicación de la abertura del sistema vascular acuífero (Brusca y Brusca, 2003).

**Mandíbula (en ofiuroides).** Modificación de los osículos del brazo que delimitan la región central de la boca la cual ostenta los dientes (Brogger, 2010).

**Materia orgánica.** La materia orgánica se refiere a los compuestos orgánicos que forman parte de la descomposición de origen vegetal, en ella podemos encontrar minerales esenciales (Julca *et al.*, 2006).



**Ofiuro.** Animales que poseen un disco central y brazos flexibles, pertenecen al grupo de los equinodermos (Campbell, 2007).

**Ophiopluteus.** Larva ciliada planctotrófica de los ofiuos (Brogger, 2010).

**Ophiuroidea.** Clase perteneciente al filo echinodermata conformado por ofiuos, mejor conocidos como estrellas quebradizas las cuales están conformados por un disco central y cinco brazos formados por vértebras que le confieren movimientos de tipo articulación (Brusca y Brusca, 2003).

**Papila dental.** Osículos especializados para el soporte de los dientes que se encuentra localizada en el ápice de la mandíbula (Brogger, 2010).

**Papila oral.** Osículos que conforman la boca (Brogger, 2010).

**Perturbado.** La perturbación puede darse de manera natural o por causas antropogénicas, en los cuales se puede ocasionar muerte de los organismos y pérdida de la biodiversidad, o bien, favorecer la biodiversidad (Smith y Smith, 2007).

**Pies ambulacrales.** Estructuras carnosas que forman parte de la última sección del sistema vascular acuífero, dentro del grupo de equinodermos que tienen función hidráulica, adhesión y respiración (Brusca y Brusca, 2003).

**Placa compuesta.** Fusión de placas simples (Brusca y Brusca, 2003).

**Placa dental.** Estructura que da soporte a los dientes y papilas dentales (Brogger, 2010).

**Placa oral.** Estructura firme que brinda soporte interradial a la placa dental, se presentan cinco pares de placas cada una formadas por dos piezas osiculares (Brogger, 2010).

**Placa radial.** La placa radial forma parte de la estructura de la superficie oral del disco, en ocasiones se encuentra cubierta por ornamentaciones.

**Placa simple.** Placa que se encuentra aislada (Brusca y Brusca, 2003).

**Podio.** Sinónimo de pies ambulacrales (Brusca y Brusca, 2003).



**Precámbrico.** Periodo de tiempo geológico con inicios hace 540 millones de años que abarca tres eones: hádico, arcaico y proterozoico (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2013).

**Presión hidráulica.** Presión de fluidos y equilibrio dentro de un sistema.

**Protuberancia.** Elevación que sale de la superficie.

**Proximal.** Lugar más próximo del punto de unión (Brusca y Brusca, 2005).

**Radio.** Ubicación de los brazos en un ofiuero (Brusca y Brusca, 2003).

**Recuperado.** Las zonas en recuperación tienen como objetivo restaurar las condiciones que se tenían con anterioridad como, por ejemplo, reintroducir especies nativas para crear un equilibrio entre las comunidades y el ecosistema mediante la aplicación de principios ecológicos (Smith y Smith, 2007).

**Red trófica.** Conjunto de cadenas tróficas interconectadas con estructura compleja (Smith y Smith, 2007).

**Región aboral.** Región opuesta a la boca en equinodermos y en aquellos animales con simetría radial (Brusca y Brusca, 2003).

**Región oral.** Región del cuerpo donde se localiza la boca en equinodermos y en aquellos animales con simetría radial (Brusca y Brusca, 2005).

**Reproducción asexual.** Tipo de reproducción que no implica la fusión de gametos (Smith y Smith, 2007).

**Riqueza.** Número de especies en una comunidad (Smith y Smith, 2007).

**Sedimento.** Partículas que forman parte de la erosión de rocas que tuvieron una precipitación química o por secreciones de los organismos que han sido transportados (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2013).

**Simetría bilateral.** Los animales que presentan este tipo de plan corporal muestran un extremo anterior y un extremo posterior, dividen a los animales dos partes iguales. También se dividen en ejes, el eje dorsal y el ventral, lado izquierdo y derecho (Campbell, 2007).



**Simetría radial pentamérica.** Organización que corta por planos el eje oral-aboral en múltiplos de cinco, se presenta únicamente en equinodermos de estadio adulto (Brusca y Brusca, 2003).

**Simetría radial.** Como su nombre lo indica, las regionalizaciones irradian desde el centro de los animales, con este tipo de simetría se diferencian dos regiones de los animales: oral y aboral. Se puede encontrar un extremo superior en donde se localiza la boca, y un extremo inferior, este tipo de simetría es propia de los cnidarios y equinodermos (Campbell, 2007).

**Sistema digestivo incompleto.** Se dice que es un sistema digestivo incompleto porque a lo largo de la historia evolutiva se perdió el intestino y el ano, en el caso de ofiuros (Brusca y Brusca, 2003).

**Sistema vascular acuífero.** Aparato exclusivo de equinodermos de origen celómico que funciona como mecanismo hidráulico. Se encuentra compuesto por canales y pies ambulacrales (Hickman, Roberts y Larson, 1997).

**Suspensívoro.** Organismos que presentan un tipo de alimentación suspensívora en la cual la obtención de alimentos es por la captura o filtración de partículas suspendidas en el medio (Brusca y Brusca, 2003).

**Sustrato.** Suelo en el cual se encuentran compuestos orgánicos y forman parte del hábitat (Smith y Smith, 2007).

**Tejido conjuntivo.** Tejido que une los órganos (Wolper y Tickle, 2011).

**Vértebras (En el caso de los brazos de los ofiuros).** Estructuras formadas por osículos que se encuentran articuladas y unidas por músculos cuya función permite dar movilidad a los brazos (Hickman, Roberts y Larson, 1997).

**Zona intermareal.** Transición entre el medio terrestre y el marino (Brusca y Brusca, 2003).

**Zona subtropical.** Región donde existen climas templados con temperatura media



**Zona tropical.** Región donde existen altas temperaturas y gran porcentaje de humedad y precipitación (Cárdenas, 2018).





## LITERATURA CITADA

- Alvarez, F. 2002. Abundancia y alimentación de las morenas *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus* (Pisces: Muraenidae) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Alvarez, F. 2017. Invertebrados del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. LH010. Ciudad de México. PP 5-15.
- Alvarez, F., y Monroy, V. 2016. New records of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Mesoamerican Reef at Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. Check List 12(4): 1938. 2-6 <https://doi.org/10.15560/12.4.1938>
- Amaya, A. 2016. Evaluación de los microplásticos en la Laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México y sus efectos en la biota, tomando como ejemplo una especie de invertebrado béntico: *Ophiocoma echinata*. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 1 pp.
- Anguiano, D. 2016. Biodiversidad, abundancia relativa y distribución de los isópodos (Crustacea: Peracarida) asociados a diferentes sustratos del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 5 pp.
- Araujo, F. 2010. Frecuencia de crisis paranormativas en mujeres adscritas a la UMF No. 8 de la población de Puerto Morelos. Tesis de Especialidad en Medicina Familiar. UNAM, México. 5 pp.
- Barba, M. 2004. Efecto de la radiación ultravioleta (RUV-A y RUV-B) en la eficiencia fotoquímica y la presencia de microsporinas parecidas a los aminoácidos (MAAs) en dos corales con simbiontes de filotipo diferente. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1 pp.
- Barnes, R. 2007. Zoología de invertebrados. Mc Graw-Hill Iberoamericana de España, España. 926-938



- Bejarano, S. 2001. Esponjas y otros microhabitats, de los ofiuos (Echinodermata: Ophiuroidea) en ambientes arrecifales del Archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. 27-45.
- Bejarano, S., Zea, S., y Díaz, M. 2004. Esponjas y otros microhábitats de ofiuos (Ophiuroidea: Echinodermata) en ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). *Boletín de investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 33(1), 29-47.
- Benavides-Serrato, M., Borrero-Pérez G.H. y Diaz-Sánchez C.M. (2011). Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta, pp 216-364.
- Berecochea, J. 2014. Alimentación en Ophiuroidea (Echinodermata) de Argentina: estudios a partir del análisis de morfología y microestructura de mandíbulas y dientes (tesis de pregrado). Universidad de Buenos Aires, Argentina. 2-8.
- Bribiesca, G. 2010. Biodiversidad de ofiuoideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Arrecife Isla Verde y análisis de registros históricos para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Tesis para obtener el título de Biólogo, UNAM. 34-107.
- Brusca, R., Brusca, G. 2003. Invertebrados. 2da edición. McGraw Hill, España. 1-830.
- Burgos, M. 1992. Lista comentada de los peces de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Busmail, B. 1999. Planteamiento arquitectónico en una población costera Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Campbell, W. 2007. *Biología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. 676-1058.
- Canizales, H. 2017. Efecto de los pastos marinos sobre las macroalgas rizofíticas en la Laguna Arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 13-21.
- Carabias, J. 200. Programa de manejo: Parque nacional arrecife de Puerto Morelos, Instituto de ecología, México. 14-110.



- Castañeda, V. 1998. Alimentación natural de los juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 5 pp.
- Colinas, F. 1988. Patrones de alimentación de las langostas *Panulirus argus* y *Panulirus guttatus* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Contreras, G. 1992. Fecundidad de la langosta *Panulirus guttatus* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Cortés, A. 1980. Estación de investigaciones marinas Puerto Morelos Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM. 1-2.
- Cruz, K. 2008. Aislamiento y purificación de compuestos neuroactivos bloqueadores de canales iónicos e inhibidores de la acetilcolinesterasa presentes en las toxinas de la anémona *Lebrunia danae* (Duchassaing & Michelotti, 1860). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1 pp.
- Daltabuit, M., et al. 2006. El turismo costero en la ecorregión del sistema arrecifal mesoamericano, UNAM, México. 102 pp.
- Danemann, G. D. y E. Ezcurra. (2008). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. SEMARNAT, INE, Pronatura Noroeste A.C., San Diego Natural History Museum, México. 340-741.
- Díaz, R. 2006. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono sur. PROCISUR, Uruguay. 84 pp.
- Dorantes, M. 2019. Evolución del pH marino y del ciclo del carbono inorgánico en el Arrecife coralino de Puerto Morelos. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 5 pp.
- Durán-González, A., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F. A., Buitrón Sánchez, B., Gust Ahearn, G., y Torres-Vega, J. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 53 (suppl. 3): 53-68.



- Escandón, N. 2011. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Golfo de California. Tesis para obtener el título de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 10 pp.
- Escolástico, C., Cabildo, M., Claramunt, R. y Claramint, T. 2013. Ecología II: comunidades y ecosistemas. Universidad nacional de educación a distancia, Madrid. 180 pp.
- Espejel, J. 1983. análisis de la distribución y la abundancia del género *Cyphoma* (gasteropoda: ovulidae) en el arrecife de puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 7-10.
- Espinosa, A. 2010. Acuario Puerto Morelos. Ubicación: Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 4 pp.
- Espinoza, M. 2018. Riqueza y tipos de hábitat de equinodermos en la Región Arequipa al 2015 (tesis de pregadro). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 63-69.
- Estrada, J. 1999. Riqueza específica y abundancia de la macrofauna béntica asociada a pastizales marinos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Estrada, N. 2019. Cambios ecológicos en arrecifes coralinos, dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos entre 1985-2016. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias de Mar y Limnología. UNAM, México. 6 pp.
- Fuentes, A. 2010. Influencia de la estructura vegetal en la supervivencia de juveniles de *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 4-19.
- Garcés, P. 2014. Biogeografía de ofiuroideos (Echinodermata: ophiuroidea) del Pacífico mexicano. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2-176.



- García, A. 2018. Comparación de la diversidad y complejidad estructural de dos arrecifes de coral: La Perla del Golfo, Veracruz y Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Gastelu, M. 2015. Determinación de la difusividad hidráulica en la ruta de cenotes, Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de licenciatura en Ciencias de la Tierra. UNAM. 1-8.
- Garza, S. 1998. Hábitat y abundancia de los estadios juveniles de la langosta, *Panulirus argus* (Latreille, 1894) en la Laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Gilbert, S. 2000. Developmental Biology (6ª edición). Sinauer Associates. 28 pp.
- Gómez, P. 1982. Estudio sistemático de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 1 pp.
- González, L. 2003. Efectos del riesgo de depredación en el uso del refugio, el crecimiento y la sobrevivencia de juveniles de la langosta común del caribe *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en condiciones experimentales. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1 pp.
- González, R. 2009. Anémonas (Anthozoa: Actiniaria, Corallimorpharia y Zoanthidea) del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 66 pp.
- Granja, M. 2009. Los ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) de Oaxaca. Tesis para obtener el título de biólogo marino. Universidad del mar, México. 68-71
- Granja, R. y López, A. 2011. Nuevos registros de ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) para localidades de Zihuatanejo (Guerrero) y Puerto Escondido (Oaxaca), Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1320-1323.



- Granja-Fernández, R., Herrero-Pérezrul, M. D., López-Pérez, R. A., Hernández, L., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Jones, R. W., & Pineda-López, R. 2014. Ophiuroidea (Echinodermata) from coral reefs in the Mexican Pacific. *ZooKeys*, 406 101–145.
- Gualito, A. 2018. Equinodermos (Echinodermata) de la Bahía de Akumal, Quintana Roo, México. Tesis para obtener el título de Licenciada en Biología, UNAM, México. 1-235.
- Guerrero, R., y González, K. 2012. Algunas consideraciones sobre el origen y evolución de los cordados. *CIENCIA Ergo-Sum*, 19(2), 172-178.
- Gúzman, E. 2020. Patrones espaciales de un síndrome blanco en el coral *Pseudodiploria strigosa* del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Ro. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 1 pp.
- Hernández, G. 2015. Estudio de crustáceos decápodos de la familia alpheidae asociados a poríferos en el Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Hernández, M. 2014. Estudio de las larvas y postlarvas de crustáceos estomatópodos y decápodos del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 7 pp.
- Hickman, C., Roberts, L. y Larson, A. 1997. Principios integrales de zoología. McGraw-Hill, España. 463 pp.
- Ibarra, R. 1977. Estudio citogenético en corales blandos de la especie: *Pseudoplexaura porosa* Houttuyn, 1772 (Anthozoa, Cnidaria) en Puerto Morelos Quintan Roo, México. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 5 pp.
- Jordán, A. 2004. Efecto de la rugosidad del substrato sobre *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa* y *Montastrea cavernosa* en la costa noroeste de la Península de Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.



- Jordán, Adán. 2007. Condición y cambio de corales enfermos del género *Montastraea* sp. en tres hábitats arrecifales. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1-10.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
- Laguarda-Figueras, A., Abreu Pérez, M., Torres Vega, J., Solís-Marín, F., y Durán, A. (2004). Los ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos. *Avicennia*, 17, 13-34.
- Laguarda-Figueras, A., Hernández-Herrejón, A., Solís-Marín F. A. y A. Durán-González. 2009. Los ofiuroides del Caribe Mexicano y Golfo de México. CONABIO-UNAM. ISBN. 978-607-7607-15-1.
- León, R. 1999. Patrones de recolonización de *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758 y *M. complanata* Lamarck, 1816 (Cnidaria, Hydrozoa) en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- López, C. 2017. Diversidad del Phylum Echinodermata en el Arrecife de Coral Perla del Golfo, Veracruz, México. Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología. UNAM, México. 1-68.
- Luviano, N. 2016. Influencia de la complejidad estructural del hábitat en la dieta y nivel trófico de *Panulirus guttatus* en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 2 pp.
- Martin, L. y García, P. 2013. Análisis del registro fósil de ofiuroides (Echinodermata) en el Continente Americano. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 497-505.
- Meiners, C. 2002. Importancia de refugios artificiales tipo casita para juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804): dinámica de ocupación y heterogeneidad del



- sustrato en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 8-9.
- Mendoza, E. 2007. Condominio en Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 4 pp.
- Mendoza, L. y Ríos, O. 1994. Tamaño del territorio, agresividad y esfuerzo de defensa en *Stegastes planifrons* (Pisces: pomacentridae) en el arrecife posterior de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Monroy, L. 2000. Variaciones en la composición y abundancia en la fauna de decápodos asociados a pastizales marinos en el Caribe Mexicano. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1 pp.
- Monroy, V., Rodríguez, E., van Tussenbroek, I., Aguiar, T., Solís, V., y Briones, P. 2019. Motile macrofauna associated with pelagic *Sargassum* in a Mexican reef lagoon. *Journal of environmental management*, 252, 109650.
- Muhlía, M. 2011. La herbivoría de las flores masculinas de tres especies de pastos marinos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 1 pp.
- Negrete, F. 1988. Aspectos poblacionales de la langosta *Panulirus guttatus* en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. 1 pp.
- O'Hara, T. D., Stöhr, S., Hugall, A. F., Thuy, B., & Martynov, A. 2018. Morphological diagnoses of higher taxa in Ophiuroidea (Echinodermata) in support of a new classification. *European Journal of Taxonomy*, (416) 1-36.
- Oliva, M. 2011. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Arquitectura. UNAM. 10 pp.
- Ordoñez, U. 2004. Dinámica temporal del ictioplacton asociado al arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo: taxonomía, estructura de la comunidad y su relación con el medio. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 1 pp.





- Pantoja, N. 2003. Evaluación de la importancia de la luz como factor regulador de la productividad foliar del pasto marino *Thalassia testudinum* Banks ex König en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. (Análisis del efecto de la morfología de la pradera sobre la productividad foliar, a través del control de la dosis efectiva de luz. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 11 pp.
- Petit, J. y Prudent, G. (eds.) 2010. Cambio Climático y Biodiversidad en los Territorios de Ultramar de la Unión Europea. Gland, Suiza y Bruselas, Bélgica: UICN. Reimpresión, Gland, Suiza y Bruselas, Bélgica: UICN. 192 pp.
- Piñón, A. 1998. Estudio de las comunidades algales del sistema arrecifal de Puerto Morelos. Tesis de Licenciatura, UNAM, México. 2 pp.
- Pizaña, F. 1994. Biología reproductiva de *Cyphoma gibbosum* (Linneo, 1758) en Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Maestría. UNAM. 7-8.
- Pérez, T. 1971. Habitación de Puerto Morelos, Q.R. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Pomory, C. M. 2007. Key to the common shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science*, 10, 1-42.
- Ramírez, N, 2019. Efecto de las variables físico-químicas sobre la distribución y abundancia del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 1 pp.
- Ramírez, Y. 1997. Contribución al estudio de los quetognatos plancticos (Chaetognatha) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo composición y abundancia. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 1 pp.
- Ravelo, J. 2006. Exploración geofísica del acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1-2.



- Reyes, G. 1998. Monitoreo de las macrófitas bénticas de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 8 pp.
- Rico, S. 2014. Valores de d15n en la matriz orgánica del coral hermatípico: *Orbicella faveolata* como indicadores del impacto del desarrollo turístico en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 4 pp.
- Rodríguez, C. 1997. Evaluación de la dinámica de los manchones de *Lobophora variegata* (Dictyotales, Phaeophyta) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 4 pp.
- Rodríguez, I. 2016. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de Puerto Chiapas, México (tesis de pregrado). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. 38 pp.
- Rodríguez, R., Medina, A., Blanchon, P. Monroy, L., Almazán, A., Delgado, B., Vásquez, L., Francisco, V., y García, M. 2019. Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201-205.
- Rojas, J. 2017. Anfípodos bentónicos (Amphilocheida y Senticaudata) del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 6 pp.
- Romero, P. 1991. Impacto de un huracán en la composición específica y disposición espacial de gorgonáceos en una región del arrecife de Puerto Morelos, Q.R. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Rufino, Y. 1992. Estudio taxonómico de algunos trematodos de peces marinos y estuarinos de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. 22 pp.
- Sanabria, S. 2009. Dispersión del polen de *Thalassia testudinum* Banks ex König en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. 14-18.



- Santillán, J. 2019. Los ofiuroides (Echinodermata) de Akumal, Quintana Roo, México: efecto del grado de perturbación antropogénica sobre la diversidad. Tesis para obtener el título de Licenciada en Biología. UNAM, México. 19-23.
- Smith, T., Smith, R. 2007. Ecología. Pearson Education, España. 194-630.
- Solís-Marín F. A. y Laguarda-Figueras, A. 2007. 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.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A. y Honey-Escandón, M. 2014. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl, 85: 441-449. ISSN. 1870-3453, F.I.: 0.44. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/bio/article/view/31805> 444.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Honey-Escandón, M.B.I., López Luján, L., Zúñiga-Arellano, B., Caballero Ochoa, A.A., Conejeros Vargas, C. A., Martín-Cao-Romero, C., Durán-González, A. y Ma. E. Diupotex Chong. 2018. Equinodermos (Echinodermata) de México: Estado actual del conocimiento de su biodiversidad, biogeografía, estudios bioquímicos y nuevos descubrimientos arqueozoológicos. *Revista Biología y Sociedad*, 2: 6-21. <https://issuu.com/biologiaysociedad/docs/biologiaysociedadn2>
- Tamarin, R. 2001. Principios de genética. The McGraw-Hill, México. 18 pp.
- Tarbut, J., Lutgens, K. y Tasa, D. (2013) Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Madrid: Pearson Education S. A. 24-456.
- Torres, D. 2016. Morfología, distribución, abundancia y biomasa de larvas del orden Stomatopoda Latreille 1817, de los parques nacionales Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecife Puerto Morelos. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Torres, E. 1992. Zonación de macroalgas bentónicas en el arrecife de puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. 1 pp.



- Torrens, E. 2004. Aislamiento y purificación de proteínas con actividad hemolítica y neurotóxica de la cubomedusa *Carybdea marsupialis* (Lineé 1758). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 19 pp.
- Troncoso, L. 1994. Centro científico de oceanografía: en Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Valdivia, T. 2011. Genética poblacional en pastizales de *Thalassia testudinum* banks ex Köning en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 28-55.
- Valencia, D., Londoño, E., Orozco, M., y Amariles, D. 2014. Variaciones Morfométricas de *Ophiocoma aethiops* Lütken, 1859 en Tres Zonas de la Isla Gorgona. Revista De Ciencias, 17(2), 25–34.
- Vargas, E. 2015. Biodiversidad y abundancia de los crustáceos peracáridos asociados al Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 4 pp.
- Vázquez, M. 2017. Estudio faunístico de los gusanos poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en biología, UNAM. 8 pp.
- Vázquez, M. 2019. Flujos y tendencias de la acumulación de metales pesados y carbono orgánico en manglares de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 12 pp.
- Wolper, L. y Tickle, C. 2011. *Principles of development*. Oxford University Press, Estados Unidos. 615 pp.
- Yamasaki, G. 1984. Instituto de investigaciones oceanográficas en Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. UNAM, México. 1 pp.
- Zapata, P. 2011. Caracterización de los hábitats bentónicos presentes en el Parque Natural Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo México, Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del mar y Limnología, UNAM. 1-8.