


**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red and white robe, possibly a saint or scholar, holding a book. Above him is a golden crown with a cross on top. To the left and right are golden lions rampant. Below the central figure are two golden pillars. The background of the seal is light blue and green. The Latin motto "CETERA SPES MATER" is written along the bottom edge of the seal, and "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEM" is written along the top edge.

**Caracterización de la comunidad de equinodermos
en distintos tipos de sustratos de la Bahía de Amatique
en el Caribe de Guatemala**

Presentado por

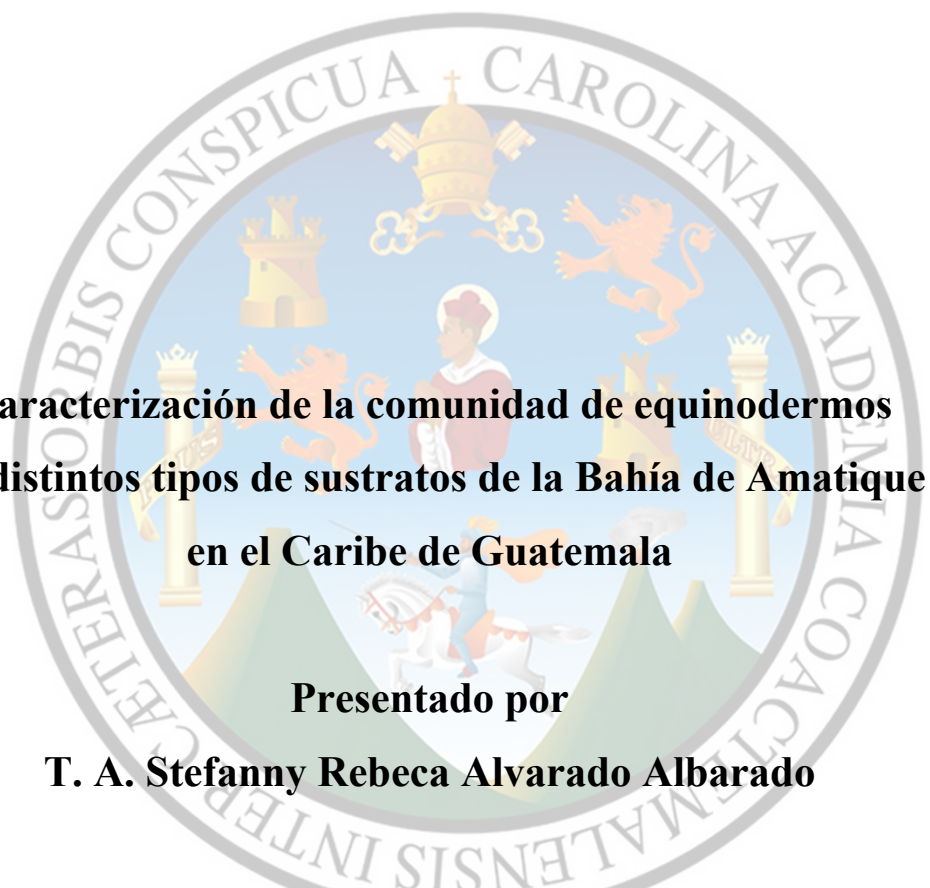
T. A. Stefanny Rebeca Alvarado Albarado

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Recursos Hidrobiológicos y Acuicultura**

Guatemala, octubre de 2021

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

The seal of the Universidad de San Carlos de Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red and white dress, possibly a saint or a historical figure, standing on a white horse. Above her is a golden crown with a cross on top. To the left and right are golden lions. The background is blue with a white cross. The seal is surrounded by a grey border with Latin text: "UNIVERSITAS CAROLINA ACADÉMIA COACTIVA INTERCETERA SORBIS CONSPICUA".

**Caracterización de la comunidad de equinodermos
en distintos tipos de sustratos de la Bahía de Amatique
en el Caribe de Guatemala**

Presentado por

T. A. Stefanny Rebeca Alvarado Albarado

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Recursos Hidrobiológicos y Acuicultura**

Asesor: M. Sc. José Roberto Ortíz

Guatemala, octubre de 2021

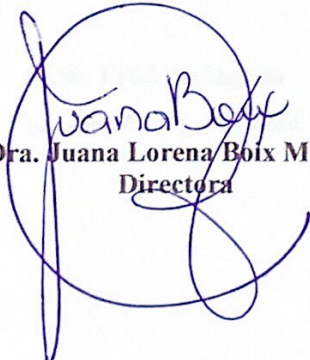
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Consejo Directivo

Presidenta	Dra. Juana Lorena Boix Morán
Secretario	Dr. Pedro Julio García Chacón
Representante Docente	M. Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo
Representante del Colegio de Médicos	Licda. Liliana Maricruz Maldonado
Veterinarios y Zootecnistas	Noriega
Representantes Estudiantiles	T.A. Alejandra Raquel Contreras Perdomo T. A. Karol Rubí Rivas Díaz

La directora del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **Stefanny Rebeca Alvarado Albarado**, titulado “Caracterización de la comunidad de equinodermos en distintos tipos de sustratos de la Bahía de Amatique en el Caribe de Guatemala”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dra. Juana Lorena Boix Morán
Directora

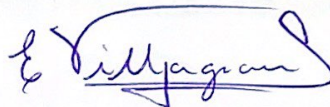


Guatemala, octubre de 2021

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del asesor, M.Sc. José Roberto Ortiz, al trabajo de graduación de la estudiante **Stefanny Rebeca Alvarado Albarado**, titulado: “Caracterización de la comunidad de equinodermos en distintos tipos de sustratos de la Bahía de Amatique en el Caribe de Guatemala” da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Erick Villagrán
Coordinador Académico



Guatemala, octubre de 2021

Agradecimientos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser mi casa de estudios y formarme como profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Por permitir desarrollar mi pasión en el campo hidrobiológico.

A la Fundación para el Ecodesarrollo y Conservación – FUNDAECO –, Capítulo Marino Costero.

Por el apoyo y atención brindados durante el desarrollo de esta investigación.

Al Museo de Historia Natural de la USAC – MUSHNAT –

Por abrir sus puertas y facilitar la identificación de organismos con el equipo adecuado.

Al Laboratorio de Ciencias Biológicas y Oceanográficas de CEMA – USAC

Por brindar el material y ser el lugar en donde se conservarán las muestras para sus posteriores estudios.

A mis catedráticos

Por compartir sus conocimientos y retarme a seguir aprendiendo.

A mis amigos

Por hacer de mi vida universitaria algo divertido y digno de recordar siempre.

Acto que dedico

A Dios

Por darme vida y hacer un milagro diario para poder cumplir mis sueños.

A mis padres

Dina Noemí y Julio Rolando, por impulsarme siempre a alcanzar mis metas y no rendirme.

A mis hermanos

Debby, Kenny, Sharon, Jacky y Alfredo, por su apoyo y amor constante.

A mis sobrinos

Huguito, Alejandra, Santiago y Darrell, por darme alegría siempre y ser el motivo de mi persistencia.

A mi mejor amigo

José Daniel, por su infalible amor y amistad.

Resumen

Los equinodermos son animales invertebrados exclusivamente marinos, con una extensa gama de hábitats en donde pueden ser encontrados desde regiones intermareales hasta grandes profundidades, en extensos arrecifes coralinos hasta praderas de pastos marinos. En el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) cumplen con distintas funciones ecológicas, brindan refugio para organismos más pequeños, son utilizados como bioindicadores marinos, aprovechan el detritus en los hábitats, entre otras cosas. Sin embargo, la investigación de este grupo faunístico en el Caribe de Guatemala es escasa. El principal objetivo del estudio fue caracterizar la comunidad de equinodermos en distintos tipos de sustratos en términos de riqueza, abundancia y densidad. Fueron seleccionados tres sitios de muestreo (Foudara, Languaja y Faro Rojo), en cada uno de ellos se realizaron cuatro transectos de 10 m de largo paralelos a los cuatro puntos cardinales, separados entre sí por 2 m, utilizando una cuadrícula de 1 m². Se utilizó equipo SCUBA, se tomaron fotografías y videos para poder analizar los sustratos de igual manera. En cada transecto se contabilizaron todos los equinodermos, y se recolectaron algunos organismos para su posterior identificación.

Se contabilizaron 355 organismos, de los cuales 115 se encontraban en Foudara, 64 en Languaja y 176 en Faro Rojo. Las especies identificadas fueron 10: *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816), *Echinometras viridis* (Agassiz, 1863), *Diadema antillarum* (Philippi, 1845), *Ophiothrix suensonii* (Lütken, 1856), *Ophioderma panamensis* (Lütken, 1859), *Isostichopus baddonotus* (Selenka, 1867), *Holothuria mexicana* (Ludwig, 1875), *Actinopyga agassizii* (Selenka, 1867), *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) y *Echinaster* sp. La clase más abundante fue Echinoidea (53.52%), siendo la especie más abundante *E. tribuloides*. Faro Rojo fue el sitio con los mayores valores de riqueza y abundancia (P= 0.0091). Por otro lado, únicamente se encontraron organismos en siete de 12 sustratos descritos por la metodología de Reef Check, de los cuales, el mayor porcentaje de cobertura lo tuvo el sustrato arena con un 38% de prevalencia, así mismo fue el sustrato con la mayor densidad (1.13 organismos/m²).

De todos los sitios muestreados no hubo diferencia específica en la composición de especies en los lugares, más si en la dominancia y diversidad siendo Foudara el sitio con mayor número efectivo de especies y Faro Rojo con una mayor dominancia sobre los demás sitios por la cantidad de organismos presentes. Algunas especies tuvieron preferencia sobre ciertos sustratos, lo que se presume, puede ser debido a la fácil movilidad que algunos sustratos permiten, lo que en muchas ocasiones se encuentra relacionado con el tipo de dieta que cada organismo presenta.

Abstract

Echinoderms are exclusively marine invertebrate animals, with a wide range of habitats in which they can be found from intertidal regions to great depths, in extensive coral reefs to seagrass beds. In the Mesoamerican Reef System they fulfill different ecological functions, provide shelter for smaller organisms, are used as marine bioindicators, take advantage of detritus in habitats, among other things. However, research on this faunal group in the Caribbean of Guatemala is scarce. The main objective of the study was to characterize the community of echinoderms in habitats associated with coral reefs in terms of richness, abundance and density. Three sampling sites were selected (Foudara, Languaja and Faro Rojo), in each of them four transects of 10 m long were made parallel to the four cardinal points, separated from each other by 2 m, using a 1 m² grid. SCUBA equipment was used, photographs and videos were taken to be able to analyze the substrates in the same way. In each transect all the echinoderms were counted, and some organisms were collected for later identification.

355 organisms were counted, of which 115 were in Foudara, 64 in Languaja and 176 in Faro Rojo. The species identified were 10: *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816), *Echinometras viridis* (Agassiz, 1863), *Diadema antillarum* (Philippi, 1845), *Ophiothrix suensonii* (Lütken, 1856), *Ophioderma panamensis* (Lütken, 1859), *Isostichopus badiionotus* (Selenka, 1867), *Holothuria mexicana* (Ludwig, 1875), *Actinopyga agassizii* (Selenka, 1867), *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) and *Echinaster* sp. The most abundant class was Echinoidea (53.52%), the most abundant species being *E. tribuloides*. Faro Rojo was the site with the highest richness and abundance values ($P = 0.0091$). On the other hand, organisms were only found in seven of 12 substrates described by the Reef Check methodology, of which the highest percentage of coverage was the sand substrate with a 38% prevalence, likewise it was the substrate with the highest density (1.13 organisms / m²).

Of all the sites sampled there was no specific difference in the composition of species in the places, more if in dominance and diversity, Foudara being the site with the highest effective number of species and Faro Rojo with a greater dominance over the other sites due to the amount of organisms present. Some species had preference over certain substrates, which is presumed may be due to the easy mobility that some substrates allow, which in many cases is related to the type of diet that each organism presents.

Índice de contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco teórico y estado del arte	3
2.1	Marco teórico	3
2.2	Estado del arte	7
3.	Objetivos	10
3.1	Objetivo general	10
3.2	Objetivos específicos	10
4.	Materiales y métodos	11
4.1	Área de estudio	11
4.1.1	Descripción de los sitios de muestreo	12
4.1.2	Descripción de los sustratos	14
4.2	Tipo de investigación.	17
4.3	Definición de variables.	17
4.4	Muestreo y selección de la muestra.	17
4.5	Procedimiento.	18
4.6	Análisis de la información	20
5.	Resultados	21
5.1	Riqueza específica de equinodermos	21
5.2	Abundancia relativa de equinodermos	22
5.3	Diversidad de equinodermos	24
5.4	Preferencia de sustratos por parte de los equinodermos.	26
6.	Discusión de resultados	30
6.1	Riqueza específica de equinodermos	30
6.2	Abundancia relativa de equinodermos	30
6.3	Diversidad de equinodermos	31
6.4	Preferencia de sustratos por parte de los equinodermos	32
7.	Conclusiones	33
8.	Recomendaciones	35
9.	Referencias bibliográficas	36
10.	Anexo	40

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i>	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo: King Fish o Foudara, Languaja y Faro Rojo	11
<i>Figura 2.</i>	Sitio de muestreo: Foudara	12
<i>Figura 3.</i>	Sitio de muestreo: Languaja	13
<i>Figura 4.</i>	Sitio de muestreo: Faro Rojo	14
<i>Figura 5.</i>	Esquema de forma y distribución de los transectos	18
<i>Figura 6.</i>	Contabilización de organismos en transectos	18
<i>Figura 7.</i>	<i>Echinaster</i> sp. en transecto	19
<i>Figura 8.</i>	<i>E. viridis</i> fijado en alcohol al 70%	19
<i>Figura 9.</i>	Especímenes listos para la colección de referencia en CEMA – USAC	20
<i>Figura 10.</i>	Abundancia de equinodermos por clase en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala.	22
<i>Figura 11.</i>	Abundancia relativa de equinodermos por sitio de muestreo	23
<i>Figura 12.</i>	Abundancia relativa de equinodermos por especie	23
<i>Figura 13.</i>	Curva de acumulación de especies de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala	25
<i>Figura 14.</i>	Análisis de similaridad de los equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala (FAR= Faro Rojo , LAN= Languaja, FOU= Foudara)	26
<i>Figura 15.</i>	Porcentaje de cobertura por categoría de sustrato en los sitios de muestreo	27

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Descripción de sustratos</i>	15
Tabla 2.	<i>VARIABLES registradas en los sitios de muestreo (Foudara, Languaja y Faro Rojo) en el Caribe de Guatemala</i>	17
Tabla 3.	<i>Abundancias de las especies de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala</i>	20
Tabla 4.	<i>Índices de diversidad de la comunidad de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala</i>	23
Tabla 5.	<i>Densidad (organismos/m²) y número de equinodermos presentes en los tipos de sustratos observados a lo largo de los tres sitios.</i>	27
Tabla 6.	<i>Densidad total (organismos/m²) y número de equinodermos presentes en los tipos de sustratos observados.</i>	28

Índice de Anexo

Anexo 1.	Pepino de mar - <i>Isostichopus badionotus</i> .	40
Anexo 2.	Erizo de mar - <i>Echinometras viridis</i>	40
Anexo 3.	Erizo de mar - <i>Eucidaris tribuloides</i> .	41
Anexo 4.	Estrellas de mar - <i>Echinaster</i> sp.	41
Anexo 5.	Estrella de mar - <i>Oreaster reticulatus</i> .	42
Anexo 6.	Pepino de mar - <i>Holothuria mexicana</i> .	42

1. Introducción

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) es un ecosistema de aproximadamente 1,000 km de longitud localizado en el mar Caribe. Inicia en Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, México, bordea las costas de Belice y Guatemala y finaliza en el complejo Islas de la Bahía/Cayos Cochinos en la costa norte de Honduras (Ardisson, et al., 2011). Tiene como ecosistemas principales, los arrecifes de coral, las praderas de pastos marinos, los manglares y otros humedales costeros (García-Salgado, et al., 2006). El Caribe de Guatemala cubre más de 2,754,000 km² y es considerado una región biogeográfica única, estando entre los primeros cinco lugares de mayor biodiversidad marina (Alvarado, et al., 2011). Cuenta con tres áreas relevantes para la diversidad de especies, las cuales son Área de Uso Múltiple Río Sarstún, Parque Nacional Río Dulce y Bahía de Amatique, la cual es de gran importancia por la riqueza que radica en los ecosistemas arrecifales que posee, los cuales brindan una gama de microhábitats para el desarrollo de las especies. Los arrecifes de coral tienen funciones ecosistémicas que son esenciales tanto para los organismos acuáticos como para las comunidades costeras, como la protección de las costas cuando azotan fuertes tormentas y el apoyo que brindan a las pesquerías comerciales y locales, al consumo local y al turismo.

Un arrecife bien gestionado en los océanos puede proporcionar entre 3 y 5 toneladas de pescado y marisco por km² al año (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional [Ramsar], 2015). De igual manera constituye un lugar clave para la protección de la biodiversidad, incluyendo las tortugas marinas, más de 60 tipos de corales y más de 500 especies de peces que se encuentran en peligro de extinción en Guatemala (The World Wildlife Fund for Nature [WWF], 2008). Estos hábitats son los encargados de mantener los estadios larvarios de especies de importancia comercial, como peces, moluscos y crustáceos, además de ser fundamental en el filo Equinodermata los cuales son un grupo de invertebrados marinos considerados como un componente esencial de la comunidad bentónica debido a que forman parte de las redes tróficas, ya que fungen como depredadores, detritívoros y filtradores, y contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes en los ecosistemas bentónicos y a la oxigenación de los sedimentos y el agua (Birkeland, 1989; Vergara, et al., 2015).

Aún así las investigaciones sobre equinodermos en las costas guatemaltecas son muy escasas. En la búsqueda de antecedentes para Guatemala solo se encuentra “Evaluación Ecológica Rápida, en el Área Protegida Punta de Manabique” (Fundación Mario Dary Rivera [Fundary], 2001) en donde se detallan algunas clases de invertebrados presentes en el área. “Diversidad, abundancia y distribución de equinodermos en el área de Faro Rojo, Caribe de Guatemala” (Gudiel, 2009) detalla 11 especies diferentes en Faro Rojo, dos especies de la clase Ophiuroidea; 3 de clase Echinoidea; 5 de clase Holothuroidea y una especie de la clase Asteroidea. En la investigación “Evaluación del estado poblacional del pepino de mar (Clase Holothuroidea) en el Caribe de Guatemala” (Ávalos, et al., 2018) se evaluaron 6,300 m², encontrando un total de 64 individuos de pepinos de mar. La riqueza de holotúridos está representada por siete especies, siendo las más abundantes *Isostichopus badionotus* (Selenka, 1867) y *Holothuria (Halodeima) mexicana* (Ludwing, 1875). Los sitios con mayor abundancia fueron Faro Rojo y King Fish ($p = .004$) y en la investigación “Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Centroamericano” (Alvarado, et al., 2008) se hace una lista de los equinodermos del Caribe Centroamericano, incluido el archipiélago de San Andrés, basada en especímenes depositados en el Museo Nacional de Historia Natural, Institución Smithsonian, Washington DC, las colecciones de Zoología, entre otras. Se registran un total de 253 especies de equinodermos, distribuidas en 142 géneros, 63 familias y 27 órdenes. Ophiuroidea (79 especies) y Asteroidea (56 especies) son las clases más diversas. Panamá (154 especies) y Belice (131 especies) tienen las mayores diversidades de equinodermos reportadas en donde se da a conocer las especies encontradas en puntos específicos sin ver su distribución espacial específica, se enlistan las especies encontradas y se hace una discusión de los ecosistemas marinos.

Sin embargo, estos estudios no son suficientes para caracterizar de manera adecuada a este grupo actualmente, tras los distintos cambios en el ambiente que han surgido durante los últimos 10 años. Parte de los objetivos de esta investigación es poder presentar un listado con los nombres taxonómicos actualizados de los equinodermos del Caribe de Guatemala a partir de información procedente recaudada en distintos puntos de la Bahía de Amatique, con el propósito de contribuir al conocimiento de la biodiversidad de equinodermos y de su situación actual.

2. Marco teórico y estado del arte

2.1 Marco teórico

Los equinodermos son animales invertebrados más estrechamente relacionados con los hemicordados y cordados. Son exclusivamente marinos, con una amplia gama de hábitats desde las profundidades del mar hasta la región intermareal (Brusca, 2005). Se caracterizan por tener una piel espinosa, de donde se origina su nombre, y sus esqueletos internos están compuestos de calcio de origen mesodérmico. Estos animales muestran otras características distintivas en su morfología que incluyen un cuerpo adulto radial con simetría pentámera y un sistema vascular de agua. Estos organismos, especialmente el erizo de mar, las estrellas de mar y los pepinos de mar, han servido como animales modelo en la investigación debido a su alta disponibilidad y facilidad de mantenimiento en el laboratorio (Kondo, & Akasaka, 2012), de igual manera cumplen un papel sumamente importante para el ecosistema en donde habitan, también son una fuente de alimentos y medicamentos para los humanos. Este filo de organismos se divide en las siguientes clases:

- Clase Crinoidea: se les conoce comúnmente como lirios y estrellas plumosas, de todos los equinodermos estos son los únicos que no presentan movilidad, estos se mantienen fijos al sustrato mediante unos pedúnculos. Poseen cinco brazos articulados y ramificados que parten de un cuerpo en forma de copa o cono invertido (Brusca, 2005).
- Clase Asteroidea: organismos conocidos como estrellas de mar. Presentan cuerpo aplanado con forma pentagonal recubierto de numerosas espinas o tubérculos, cinco brazos triangulares, y un exoesqueleto formado por placas calcáreas fusionadas entre sí. Tienen la capacidad para regenerar cualquier parte de su cuerpo que le haga falta; si se separa un brazo o parte de él, se regenera no solo la zona del cuerpo dañada, sino que la otra parte separada puede desarrollarse y regenerarse igualmente, convirtiéndose en un nuevo individuo. La forma de alimentación de estos animales es carnívora. Captura organismos vivos tales como moluscos e incluso otros equinodermos, según la especie; algunas tienen la capacidad de voltear el estómago hacia el exterior para cubrir las presas y después digerir sus tejidos blandos, también se alimentan aprovechando los restos orgánicos siendo de gran utilidad para la cadena trófica en el nicho ecológico en donde se desenvuelven (Brusca, 2005).

- Clase Ophiuroidea: son los organismos conocidos como ofiuras y estrella ceta, los cuales no poseen ano ni canales ambulacrales, o presentan unos pies ambulacrales muy reducidos (Brusca, 2005). Los brazos se rompen fácilmente, pero pueden regenerarse con gran facilidad si pierden alguna de sus partes. Son animales carnívoros.
- Clase Echinoidea: estos son los erizos de mar y dólares de arena, los cuales tienen un cuerpo globoso con un caparazón formado a base de placas esqueléticas pentagonales fusionadas, y recubierto de espinas. Los pies ambulacrales y placas están dispuestos en filas regularmente alternas. Los equinoideos viven fijos en fondos litorales, aunque sus espinas y pies ambulacrales les facultan para mantener una cierta capacidad de desplazamiento. Son omnívoros y principalmente necrófagos, lo que los hace de gran ayuda para diversos tipos de ecosistemas (Brusca, 2005).
- Clase Holothuroidea: en esta clase pertenecen los pepinos de mar. Presentan el cuerpo blando y dividido en cinco zonas radiales que albergan ambulacros, aunque la simetría radial se ha perdido algo e incluso puede aparentar una simetría bilateral, motivado por el hábito de posarse en la arena sobre la cara ventral, son básicamente bentónicos y excavan en la arena. Se alimentan de plancton, que capturan con unos tentáculos ramificados y muy flexibles que tienen bordeando la boca (Brusca, 2005).

Los equinodermos tienen numerosos roles ecológicos. Por ejemplo, los dólares de arena y los pepinos de mar se entierran en la arena, proporcionando más oxígeno a mayores profundidades del fondo marino, esto permite que más organismos vivan allí. También las estrellas de mar evitan el crecimiento de algas en los arrecifes de coral. Esto permite que el coral se alimente por filtración más fácilmente (Hyman, 1955). Muchos pepinos de mar proporcionan un hábitat para organismos como cangrejos, gusanos y caracoles, de igual manera al ser estos típicamente carroñeros, se alimentan de escombros en la capa bentónica y consumen plancton y otra materia orgánica que se encuentra en el mar. Una variedad de peces, más comúnmente peces de perla, han desarrollado una relación simbiótica (comensalismo) con pepinos de mar en la que el pez perla vivirá en la cloaca del pepino de mar, utilizándola para protegerse de la depredación, una fuente de alimento (los nutrientes que pasan y fuera del ano del agua), y para convertirse en su etapa adulta de la vida (Motokawa, 1984). En el caso de las estrellas de mar, su lugar en la red alimentaria también impacta económicamente al mundo, ya

que se alimentan de ostras, almejas y otros organismos que los humanos consumen (McEdward, & Miner, 2001). Por otro lado, científicamente, el erizo de mar ocupa un lugar especial en biología debido a su uso prolongado como un tema estándar para estudios en embriología.

Los equinodermos alcanzan una mayor diversidad en los entornos de arrecifes, pero también están muy extendidos en las costas poco profundas, alrededor de los polos, refugios donde los crinoides son más abundantes, y en todo el océano profundo, donde los pepinos de mar que viven en el fondo y madrigueras son comunes, a veces representan hasta 90% de organismos. Si bien casi todos los equinodermos son bentónicos, algunos lirios marinos pueden nadar a gran velocidad durante breves períodos de tiempo, y algunos pepinos de mar profundo están flotando por completo. Se distribuyen globalmente en casi todas las profundidades, latitudes del océano, pero se encuentran con mayor abundancia en temperaturas estables y cálidas o templadas (Xiaofeng, 2006).

Para la investigación de los organismos pertenecientes al grupo de los equinodermos hay distintos métodos empleados, los cuales van conforme a las necesidades de la investigación y a la composición del área a investigar. Los muestreos deben de ser en una cantidad en relación de puntos que pueda cubrir la mayor parte del área a estudiar. Para la búsqueda y recolección de los especímenes, se puede establecer por estación de muestreo dos parcelas de 100 m², demarcadas por cuerdas sujetas a listones de madera. En cada parcela pueden ser lanzados al azar cinco cuadrantes de 1 m², adicionalmente realizar muestreos cualitativos de buceo libre en cada uno de los sitios. Una vez obtenidos los organismos, se puede narcotizar dependiendo de la talla del individuo y dejados en alcohol etílico al 70% (Solís-Marín, & Mata, 1999). En la investigación de Quirós (2015), detallan como se establecieron por estación de muestreo, dos parcelas de 100 m², demarcadas por cuerdas sujetas a listones de madera. En cada parcela fueron lanzados al azar cinco cuadrantes de 1 m², adicionalmente fueron realizados muestreos cualitativos de buceo libre en cada uno de los sitios para identificar a organismos que acompañaban a este grupo, dando como resultado un registro total de 293 individuos incluidos en cuatro clases, ocho familias y diez especies del grupo Equinodermata en el sector de estudio.

Se puede encontrar bibliografía diversa para tipos de muestreos como la presenta Bolaños y colaboradores (2005), quienes seleccionaron dos estaciones, la primera compuesta por arena y pasto marino, conocidas como estaciones A y B, y la segunda estación compuesta por roca coralina y algas, estaciones C y D. En cada estación se realizaron tres transectos de 10 m de largo paralelos a la costa, y separados entre sí por 2 m, utilizando una cuadrícula de 1 m²; en cada transecto se contabilizaron todos los equinodermos encontrados. Otra manera de realizar la metodología, según Gudiel (2009) es estableciendo cuatro transectos de 5 x 30m, distribuidos alrededor de un punto específico de muestreo y desplazados hacia cada punto cardinal: Transecto Norte, Transecto Sur, Transecto Oeste y Transecto Este, delimitando así cada transecto con un lazo previamente medido, marcado cada metro con pintura de aceite roja y cada metro registrándolo según el tipo de sustrato, repitiéndose 30 veces a lo largo de cada transecto si se hace únicamente un muestreo durante la investigación. También Alvarado (2008) presenta una metodología más bibliográfica, pues para llevar a cabo ese trabajo, se hizo la revisión de los especímenes de equinodermos del Caribe Centroamericano (Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua Costa Rica y Panamá), se revisaron las colecciones de equinodermos del Museo Nacional de Historia Natural, del Instituto Smithsonian, Washington D.C, la colección de zoología de invertebrados y geología de la Academia de Ciencias de California, San Francisco, entre otros.

La costa del Caribe centroamericano se caracteriza por una temperatura de agua más estable, extensos arrecifes coralinos, lechos de pastos marinos y grandes áreas de plataformas carbonatadas (Cortés, 2007), áreas ideales para el crecimiento de equinodermos. Alvarado (2008) registró un listado que comprende 253 especies, 143 géneros, 64 familias, 27 órdenes y 5 clases de distintos países centroamericanos encontrando una diversidad de estos organismos, siendo la clase más diversa Ophiuroidea con 79 especies, seguida por la clase Asteroidea con 56 especies, luego vienen las clases Echinoidea y Holothuroidea con 49 especies cada una y por último la clase Crinoidea con 20 especies, a nivel de país Panamá es el país más diverso con 154 especies, seguido por Belice con 131 especies. Honduras y Nicaragua son países con una diversidad intermedia en comparación con los otros países con 93 y 62 especies respectivamente, mientras Costa Rica, San Andrés y Guatemala son los menos diversos. Aun así la información para el Caribe guatemalteco esta desactualizada sobre este grupo y desde un

punto de vista científico es necesario crear nueva información para una base de datos sustentable para promover nuevas investigaciones relacionadas a la misma temática, de igual manera aportar información sobre la biodiversidad guatemalteca que pueden ser de relevancia para el Sistema Arrecifal Mesoamericano.

2.2 Estado del arte

Con relación al estado del conocimiento sobre los equinodermos, los ecosistemas de arrecife de coral han sido parte de lo estudiado tanto a nivel internacional como centroamericano, generando información que describe la presencia de equinodermos en términos de riqueza, abundancia y distribución.

En el ámbito nacional existen pocas investigaciones sobre este grupo, siendo la más reciente en el 2018 por Avalos-Castillo y colaboradores quienes estudiaron específicamente la clase Holothuroidea en el Caribe guatemalteco, en la cual se registraron 64 individuos, de los cuales se pudo identificar a cinco especies: *Actinopyga agassizi* (Selenka, 1867), *Astichopus multifidus* (Sluiter, 1910), *H. mexicana*, *Holothuria (Thymiosycia) thomasi* (Pawson, & Caycedo, 1980) e *I. badiotus*. Un grupo de individuos únicamente pudo identificarse a nivel de familia, correspondiendo a la familia Stichopodidae (Haeckel, 1896) y de estos el sitio de muestreo que presentó mayor riqueza de especies fue Faro Rojo, seguido de King Fish y luego Motagüilla adentro y Cabo Tres Puntas.

El segundo estudio nacional más reciente se dio en el año 2009 por Gudiel, quien describió la diversidad, abundancia y distribución de equinodermos en el área de Faro Rojo, Caribe de Guatemala, limitándose únicamente a un punto de muestreo. Se contaron un total de 987 individuos distribuidos en 11 especies diferentes. De las cinco clases del filo Echinodermata, la clase Crinoidea presentó cero individuos, mientras que la clase Ophiuroidea fue la más abundante con 920 individuos. Las clases Echinoidea, Holothuroidea y Asteroidea presentaron 52, 10 y 5 individuos respectivamente. La ausencia de los crinoideos pudo haber sido por las cantidades de sedimento disuelto y por el grado de contaminación que sobrepasaron sus límites de tolerancia, restringiendo su presencia (Brusca, 2005). Sin embargo, la información generada para Guatemala es muy escasa por lo que se pretende impulsar a la investigación

científica sobre este grupo de organismos y la asociación que tienen en los dos litorales del país.

Por otro lado, a nivel internacional, países como Costa Rica han realizado estudios sobre la actualización de un listado con los nombres taxonómicos de los organismos presentes en el Caribe Centroamericano. Se realizó la revisión de los especímenes de equinodermos del Caribe Centroamericano (Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua Costa Rica y Panamá), así como aquellos especímenes que estuvieran presentes en las Islas de San Andrés, Providencia, Alburquerque y los bancos de Roncador y Serrana que pertenecen a Colombia (Díaz, 2005), debido a su cercanía geográfica de las costas centroamericanas. Para determinar cuan similares son los países del Caribe Centroamericano en su composición se construyeron una serie de matrices de presencia y ausencia por clases y por el filo en general. A partir de dichas matrices se realizó un índice de similitud de Pearson y se compararon los países mediante un dendrograma de unión simple y un análisis escalado multidimensional no métrico (NMDS por sus siglas en inglés). El listado resultante se componía de 253 especies, 143 géneros, 64 familias, 27 órdenes y cinco clases. Se encontró que la clase más diversa es la Ofiuroidea con 79 especies seguida por la clase Asteroidea con 56 especies, luego vienen las clases Equinoidea y Holoturoidea con 49 especies cada una y por último la clase Crinoidea con 20 especies. Panamá es el país más diverso con 154 especies, seguido por Belice con 131 especies. Honduras y Nicaragua son países con una diversidad intermedia en comparación con los otros países con 93 y 62 especies respectivamente, mientras Costa Rica, San Andrés y Guatemala son los menos diversos (Alvarado, et al., 2008).

Colombia, a su vez, representa un reporte de la fauna de equinodermos que se encuentran en fondos someros del sector La Ahumadera, bahía de Cispatá, Caribe colombiano. El área está formada por un sustrato de tipo fango-arenoso colonizado por esponjas en punta Terraplén, y arenoso con pasto marino (*Thalassia testudinum* (Koenig, 1805), macroalgas y esponjas en punta Robalo. Se identificaron diez especies de equinodermos que pertenecen a cuatro clases (Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea), distribuidas en ocho familias y nueve géneros. El número de taxones identificados corresponde al 4,1% de las especies registradas para el Caribe colombiano, y muestra la representatividad de especies de equinodermos en este

sector. Las especies más abundantes en punta Robalo fueron *Encope michelini* (Agassiz, 1841) (24,3%) y *Ophiothrix angulata* (Say, 1825), mientras que en punta Terraplén fueron los ofiuros *O. angulata* (36,7%) y *Ophiactis savignyi* (Müller, & Troschel, 1842) (16,5%). Se determinó mayor riqueza, diversidad y uniformidad de especies en punta Robalo al ser comparado con los valores obtenidos en Terraplén. Ambas estaciones mostraron un índice de similitud (Is) de 0,66. Entre las especies identificadas, las siguientes son nuevos registros para el departamento de Córdoba: *Holothuria floridana* (Pourtalés, 1851), *E. michelini* y *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) (Quirós, 2015).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Caracterizar la comunidad de equinodermos asociados a distintos tipos de sustratos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la riqueza y abundancia de equinodermos en distintos puntos en la Bahía de Amatique del Caribe de Guatemala.
- Establecer la densidad según la distribución espacial de los equinodermos asociados a distintos sustratos en la Bahía de Amatique del Caribe de Guatemala.

4. Materiales y métodos

4.1 Área de estudio

La investigación se realizó en tres lugares de la Bahía de Amatique, los cuales fueron Languaja con coordenadas $15^{\circ} 52.714'N$ y $88^{\circ} 45.981'W$; Faro Rojo en $15^{\circ} 50' 87''N$ y $88^{\circ} 40' 37''O$ y Foudara en $15^{\circ} 57.604'N$ y $88^{\circ} 48.053$ (Figura 1). Estos se localizan en el Departamento de Izabal. Bahía de Amatique es un cuerpo de agua de aproximadamente 542 km^2 , tiene una profundidad de 5 – 35 m, es una zona estuarina, con influencia de dos grandes sistemas de agua dulce: el Río Dulce y el Río Sastún y en menor grado pequeños ríos en toda la línea costera (Gallego, 2003; Fundary, 2007; Tay, 2000). Cuenta con dos áreas marinas protegidas: Área de Usos Múltiples Río Sarstún (AUMRS), y el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM). Las cuales cuentan con ecosistemas de pastos marinos, suelos arenosos y arrecifes de coral (Ávalos, et. al. 2018). Estos ecosistemas son de gran importancia para la comunidad de equinodermos por la gran diversidad de organismos como peces e invertebrados de los que forman parte en la cadena trófica (Hodson, 2005).

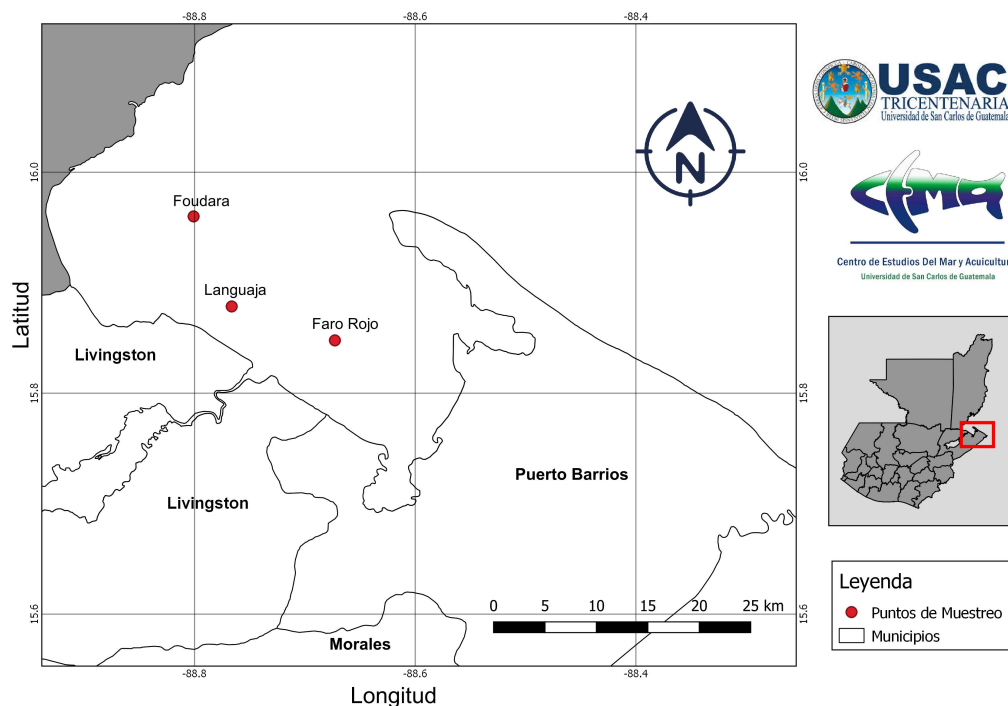


Figura 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo: King Fish o Foudara, Languaja y Faro Rojo

4.1.1 Descripción de los sitios de muestreo

Dos de los tres sitios de muestreo forman parte de puntos importantes del Sistema Arrecifal Mesoamericano en Guatemala: Faro Rojo y Foudara (Ávalos, 2012). Los lugares investigados cuentan con una variedad de organismos marinos, desde pequeños organismos bentónicos como algunos crustáceos hasta grandes mamíferos como los delfines. Presentan distintos tipos de corales y esponjas que albergan una gran diversidad de estilos de vida y sirven de refugio a muchas especies que potencialmente son presas.

Foudara se encuentra a 18 km de la línea de costa, con una profundidad promedio de 10 m. Los sustratos dominantes en el área son coral duro, roca, esponja, arena y otros (como gorgonias) (Figura 2). Se caracteriza por tener una gran abundancia de especies, siendo un punto importante para la pesca artesanal de escama. Este lugar forma parte del corredor biológico y de conectividad del Sistema Arrecifal Mesoamericano presentado una alta abundancia y diversidad de especies de larvas (Ramírez, 2015).



Figura 2. Sitio de muestreo: Foudara

Languaja por otro lado, se encuentra a 7.5 km de la línea de costa, con una profundidad promedio de 8 m. Entre los sustratos que predominan son: coral duro, esponja, roca, arena y alga indicadora (Figura 3). Se caracteriza por ser un sitio de alta diversidad de algas indicadoras de nutrientes para muchos organismos, algunos invertebrados como los equinodermos y los peces herbívoros son los mayores beneficiarios de lugares como este.



Figura 3. Sitio de muestreo: Languaja

Faro Rojo se encuentra a 8.2 km de la línea de costa, con una profundidad de 6 – 12 m. Entre los sustratos que predominan para los equinodermos son: coral, sedimento, esponja y arena (Figura 4). Este sitio se ha caracterizado anteriormente por la gran diversidad de equinodermos que se pueden encontrar en el, siendo uno de los pocos lugares en donde se han realizado investigaciones de organismos de esta clase. El hábitat de este lugar se ve influenciado por algunas corrientes submarinas y esta es una de las razones por las cuales cuenta con parches de coral, dado que los sedimentos de algunas desembocaduras no permiten el paso de luz óptimo para estos organismos (Bionet, 2002).







Figura 4. Sitio de muestreo: Faro Rojo




4.1.2 Descripción de los sustratos

Hodson y colaboradores (2005) indican distintos tipos de sustratos en los hábitats de arrecifes coralinos. Estos lugares cuentan con una gran variedad. Algunos ejemplos de sustrato encontrados son: coral duro, sedimento, esponja, roca, alga indicadora de nutrientes, arena, fragmentos de coral, coral duro recién muerto, coral blando, entre otros. En los sitios de muestreo únicamente se encontraron equinodermos en los siguientes sustratos:

Tabla 1.

Descripción de sustratos

Sustrato	Descripción	Evidencia fotográfica
Coral duro	Coral vivo, incluido el coral vivo blanqueado. También se incluyen el coral de fuego (<i>Millepora</i>), y en el Indo-Pacífico, el coral azul (<i>Heliopora</i>) y el coral tubo de órganos (<i>Tubipora</i>) porque estos son constructores de arrecifes.	
Sedimento	Incluye rocas entre 0.5 y 15 cm de diámetro en la dirección más larga. Si mide más de 15 cm es roca, si es menor de 0.5 cm es arena.	
Esponja	Se incluyen todas las esponjas (pero no tunicados). El objetivo es detectar las floraciones de esponjas que cubren grandes áreas de arrecifes en respuesta a perturbaciones.	
Roca	Cualquier sustrato duro ya sea que esté cubierto, por ejemplo, césped o algas coralinas incrustantes, percebes, ostras, etc. La roca también incluye el coral muerto que tiene más de aproximadamente 1 año, es decir, está desgastado de modo que pocas estructuras coralinas son visibles y está cubierto con una capa gruesa de organismos incrustantes y / o algas .	

Arena	Partículas menores a 0.5 cm. En el agua, la arena cae rápidamente al fondo después de caer.	
Alga indicadora de nutrientes	<p>El objetivo es registrar las floraciones de algas que puedan estar respondiendo a altos niveles de aportación de nutrientes.</p> <p>En 2006, se cambió la definición de NIA para incluir todas las algas excepto coralinas, calcáreas (como Halimeda) y césped. Las algas del césped se definen como las que miden menos de 3 cm. Cuando haya algas en el césped, registre el sustrato directamente debajo de las algas y anótelos en la sección Comentarios.</p>	
Otros	Cualquier otro organismo sésil como las anemonas, tunicados, gorgonias o sustratos sin vida.	

4.2 Tipo de investigación.

La investigación tuvo un enfoque descriptivo/cuantitativo, se buscó caracterizar a los organismos pertenecientes al grupo de equinodermos presentes en la Bahía de Amatique, así como la abundancia de los mismos.

4.3 Definición de variables.

Para la caracterización de la comunidad de equinodermos se registraron las siguientes variables en los sitios de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2.

Variables registradas en los sitios de muestreo (Foudara, Languaja y Faro Rojo) en el Caribe de Guatemala

Tipo de variable	Variable	Indicador
Variables biológicas	Riqueza	Número de especies
	Abundancia	Número de organismos
	Densidad	Número de organismos/m ²
Variables físicas	Profundidad	Metros
	Sustrato	Clasificación y tipo de sustrato

4.4 Muestreo y selección de la muestra.

Se realizaron tres muestreos en un periodo de 5 meses, los cuales empezaron en octubre del 2020 y finalizaron en enero de 2021. En cada muestreo se estudió 1 sitio, en cada sitio se realizaron 4 transectos de 10 m de largo paralelos a los 4 puntos cardinales, separados entre sí por 2 m, utilizando una cuadrícula de 1 m² (Figura 5). En cada transecto se contabilizaron todos los equinodermos, y se recolectaron algunos organismos para su posterior identificación en el laboratorio.

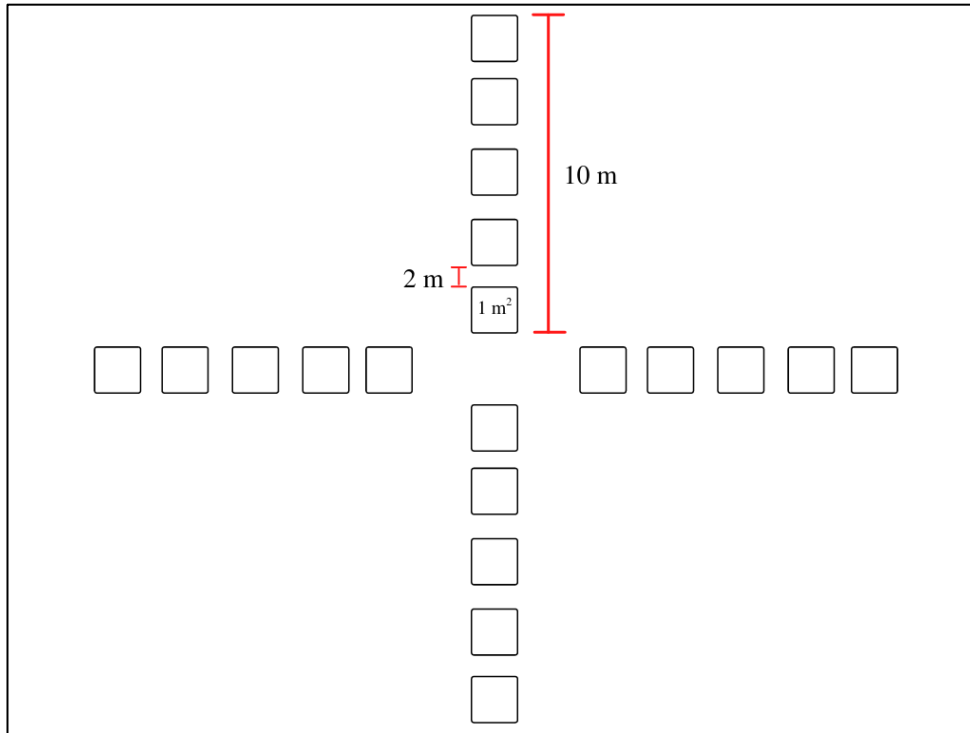


Figura 5. Esquema de forma y distribución de los transectos

4.5 Procedimiento.

El número de sitios se ha determinado con base a la investigación realizada por Ávalos y colaboradores en 2018 por lo que se preparó previamente los instrumentos con los que se realizaron los transectos. Llegando al lugar de muestreo se tomaron muestras fotográficas de sustrato, seguido se procedió a preparar el equipo de SCUBA, se realizó la inmersión y finalmente se montaron los transectos (Figura 6).



Figura 6. Contabilización de organismos en transectos

Al estar montado el transecto se procedió a la observación y conteo de equinodermos en el área delimitada (Figura 7), tomando fotos y videos del lugar investigado para corroborar la información necesaria después, también se tomó un individuo por especie para su posterior identificación en el laboratorio, estos se fijaron con alcohol al 95% en las primeras semanas y finalmente se dejaron fijadas en alcohol al 70% (Figura 8).

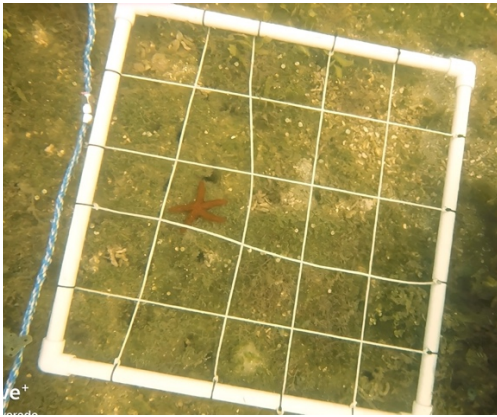


Figura 7. *Echinaster* sp. en transecto



Figura 8. *E. viridis* fijado en alcohol al 70%

Utilizando las guías de identificación de Hendler y colaboradores (1995) y de Humann y DeLoach (2002). Los especímenes recolectados fueron depositados en la colección de referencia de CEMA-USAC localizada en el Laboratorio de Ciencias Biológicas y Oceanográficas de la misma institución (Figura 9). Los números de referencia asignados a los especímenes son: 160, 161, 162, 163, 164 y 165 y las especies depositadas fueron *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816), *Echinometra viridis* (Agassiz, 1863), *Ophiothrix suensonii* (Lütken, 1856), *I. badionotus*, *H. mexicana* y *Echinaster* sp. Para la identificación de los ejemplares se utilizaron claves taxonómicas de Deichmann (1930), Tommasi (1970), Tommasi (1971) y Tommasi y Oliveira (1976), así como descripciones de Thomas (1973), Clark y Downey (1992) y Hendler, et al., (1995).



Figura 9. Especímenes listos para la colección de referencia CEMA – USAC

4.6 Análisis de la información

Para cada sitio de muestreo, se identificaron y se contabilizaron cada una de las especies que aparecieron dentro del transecto. Con esta información se realizó el análisis de varianza de Kruskal-Wallis (1952) para establecer si existen diferencias significativas de la abundancia y riqueza de las especies en el sitio. Para calcular la diversidad estimada se utilizó los estimadores de diversidad no paramétricos de Chao 1 y el Abundance-based coverage estimator (ACE por sus siglas en inglés), de igual manera se realizó una curva de acumulación de especies mediante el programa EstimateS Versión 9.1.0 (Colwell, 2013). Para evaluar la heterogeneidad de las especies en los sitios de muestreo se analizaron los índices de diversidad (H') de Shannon-Weaver y equidad de Pielou (J') mediante el programa PAST (Statistical Version 1.93 para Windows XP). Así mismo se realizó una conversión del índice de Shannon-Weaver (H) a número efectivo de especies (Polanco, et al., 2017).

5. Resultados

5.1 Riqueza específica de equinodermos

Se registró un total de 355 organismos del filo Equinodermata y se identificaron 10 especies: *E. tribuloides*, *E. viridis*, *Diadema antillarum* (Philippi, 1845), *O. suensonii*, *Ophioderma panamensis* (Lütken, 1859), *I. badionotus*, *H. mexicana*, *A. agassizii*, *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), *Echinaster* sp. (Tabla 3).

Tabla 3.

Abundancias de las especies de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala

Clase	Nombre científico	Foudara	Languaja	Faro Rojo	Total
Echinoidea	<i>Eucidaris tribuloides</i>	26	14	10	50
	<i>Echinometra viridis</i>	5	-	131	136
	<i>Diadema antillarum</i>	-	-	4	4
Ophiuroidea	<i>Ophiothrix suensonii</i>	32	-	10	42
	<i>Ophioderma panamensis</i>	2	-	-	2
Holothuroidea	<i>Isostichopus badionotus</i>	-	1	13	14
	<i>Holoturia mexicana</i>	3	5	7	15
	<i>Actinopyga agassizi</i>	-	1	-	1
Asteroidea	<i>Oreaster reticulatus</i>	-	-	1	1
	* <i>Echinaster</i> sp.	47	43	-	90
Total		115	64	176	355

Nota: * Nuevo registro.

La clase con más organismos contabilizados fue Echinoidea con un porcentaje sobre el total de 53.52% organismos, seguido de la clase Asteroidea con 25.63% de organismos, luego la clase Ophiuroidea con 12.39% de organismos y por último la clase Holothuroidea con 8.45% de organismos en total (Figura 10.)

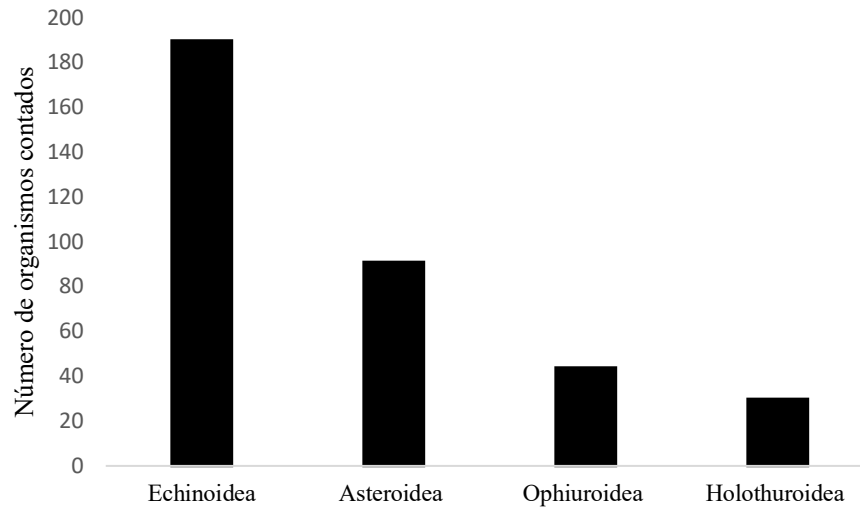


Figura 10. Abundancia de equinodermos por clase en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala

5.2 Abundancia relativa de equinodermos

De los tres sitios, el que mayor porcentaje de equinodermos registró fue Faro Rojo con 49.57% de organismos, seguido de Foudara con 32.39% organismos y finalmente Languaja con 18.02% organismos (Figura 11). Las tres especies con mayor cantidad de organismos cuantificados fue *E. viridis* con un total de presencia del 38.30%, *Echinaster* sp. con el 25.35% y *E. tribuloides* con 14.08%. Las especies menos abundantes con una abundancia porcentual < a 10% fueron *O. panamense*, uno de *O. reticulatus* y *A. agassizi* (Figura 12). Por otro lado, las únicas dos especies que estuvieron presentes en los tres sitios de muestreados fueron *E. tribuloides* y *H. mexicana*.

Se determinó que entre los tres sitios muestreados existen diferencias significativas respecto a la riqueza (t de Student p valor=0.0091). Por otro lado, por medio de la misma prueba se determina que no existen diferencias significativas respecto a la abundancia entre sitios (t de Student p valor=0.0674).

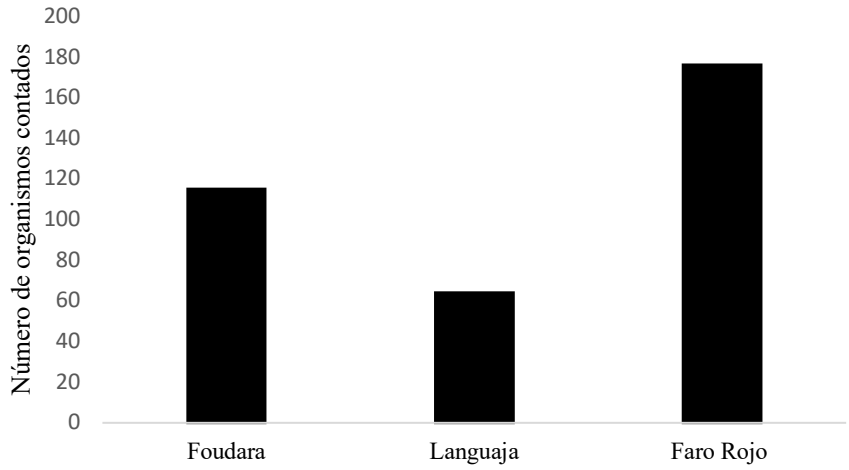


Figura 11. Abundancia relativa de equinodermos por sitio de muestreo

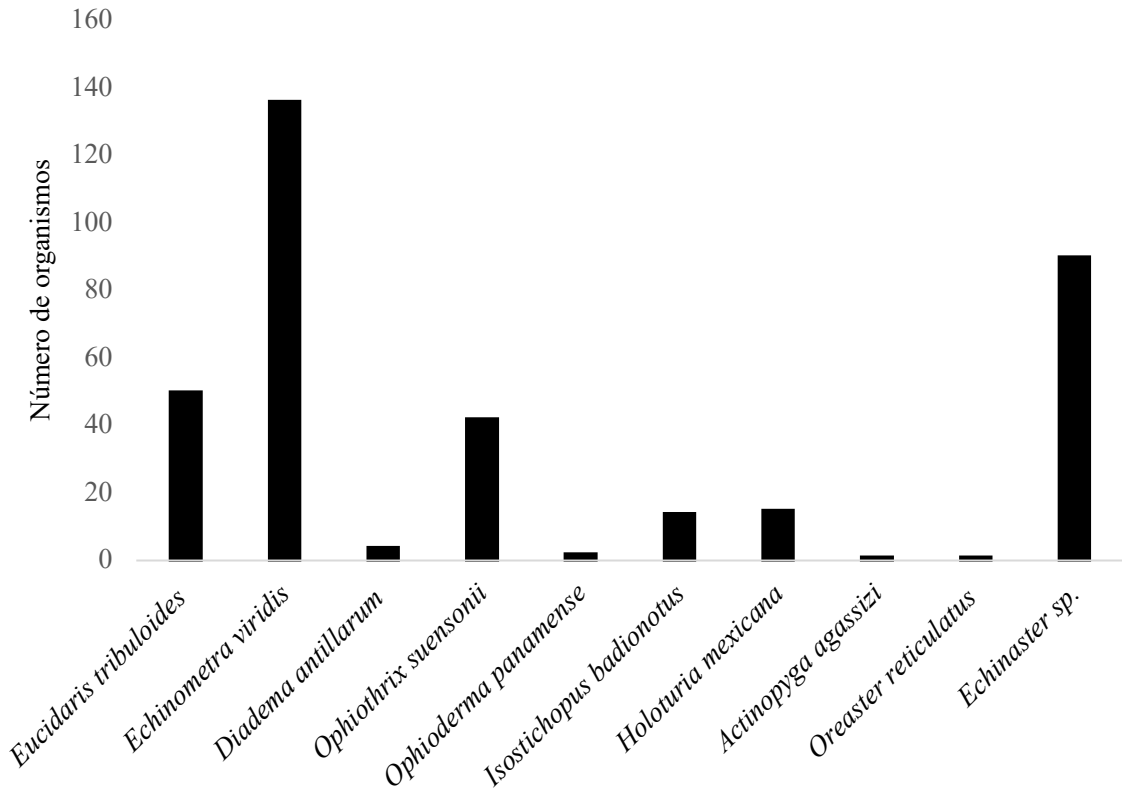


Figura 12. Abundancia relativa de equinodermos por especie

5.3 Diversidad de equinodermos

Foudara presenta una mayor diversidad en base al índice de Shannon (1.36) respecto a los otros dos sitios, esto se puede corroborar con el número efectivo de especies (EE) que presenta, el cual es el más alto con un valor de 3.9 (Tabla 4), aún así no presenta un alto número de dominancia.

En Faro Rojo el índice de Shannon tiene un valor de 0.98, existe un mayor número de especies de equinodermos contabilizados, hay dominancia de una especie principalmente y como los resultados muestran, la especie que domina es *E. viridis*. Por la gran cantidad que presenta, reduce el índice de diversidad del lugar, aún con mayor riqueza y le da un valor alto a la dominancia por la gran cantidad de este organismos presente.

Languaja fue el sitio que mejor relación obtuvo en la cantidad de especies encontradas y la diversidad alfa descrita, dando un índice de Shannon de 0.93, con un número efectivo de especies de la mitad de las especies descritas (2.5). De las 5 especies encontradas, las que tuvieron un mayor número de organismos contabilizados fueron *E. tribuloides* y *Echinaster* sp. dándole una dominancia mayor a la de Foudara de 0.50.

Tabla 4.

Índices de diversidad de la comunidad de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala.

Sitio	Riqueza	Abundancia	Shannon	EE	Dominancia
Foudara	6	115	1.36	3.9	0.29
Languaja	5	64	0.93	2.5	0.50
Faro Rojo	7	176	0.98	2.6	0.57

Nota: (EE = número efectivo de especies)

Con la curva de acumulación de especies, se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 0.9902, un valor muy cercano a 1, lo cual indica que hubo un esfuerzo de muestreo óptimo. Los índices de ACE (12.22), Chao 1 (10.5) y EE (10) se expresaron de manera asintota con el número efectivo de especies de cada lugar. Es necesario recalcar que esa no es la totalidad de equinodermos, si se aumentara el esfuerzo de muestreo, es muy probable que se encontrará más especies, o incluso si se pudieran realizar muestreos por la noche, se encontrarían otras especies de vida nocturna en los sitios y se alcanzaría una mayor proximidad a los indicadores (Figura 13).

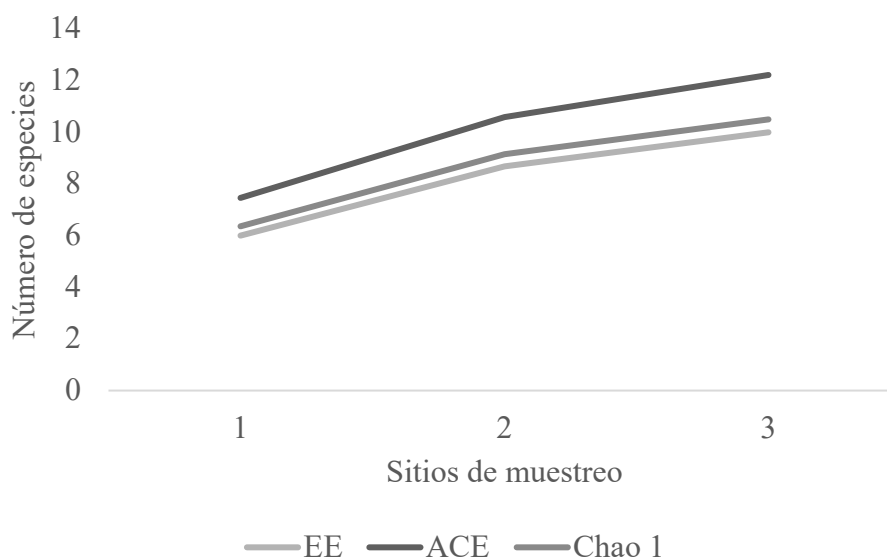


Figura 13. Curva de acumulación de especies de equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala

En cuanto a la similitud en la composición de especies, de manera general para todo el filo Echinodermata se puede observar que Languaja y Foudara son sitios muy similares, mientras que Faro Rojo no presentó una igualdad respecto al número de especies, pues fue en donde se encontraron especies con mayor dominancia, de una manera poco equitativa con el resto, mientras que los otros dos sitios, no se encontró diferencia significativa de cantidades en las especies contabilizadas (Figura 14).

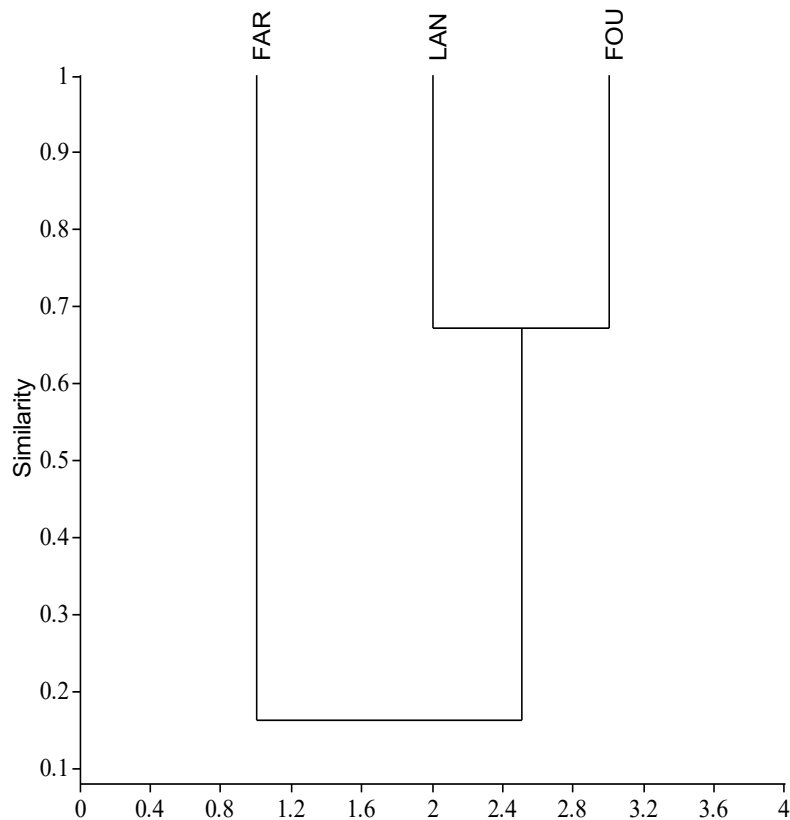


Figura 14. Análisis de similaridad de los equinodermos en la Bahía de Amatique, Caribe de Guatemala (FAR= Faro Rojo, LAN= Languaja, FOU= Foudara).

5.4 Preferencia de sustratos por parte de los equinodermos.

Para los tres sitios de muestreo, los equinodermos únicamente se encontraron en 7 de 12 sustratos descritos en la metodología Reef Check, 2006, siendo *arena* el sustrato que mayor prevalencia tuvo con un 38%, seguido de *coral duro* con un 30%, esponja y otros con un 9% cada uno, sedimento con un 8%, roca con un 4% y alga indicadora de nutrientes con un 2% (Figura 15). En Faro Rojo los sustratos que presentaron organismos fueron coral duro, esponja, sedimento y arena; en Languaja los sustratos presentes fueron coral duro, esponja, roca arena y alga indicadores y en Foudara los sustratos que presentaban equinodermos eran coral duro, roca, arena y *otros*. Por otro lado, los organismos que le dieron el mayor porcentaje a coral duro fueron los que pertenecían a la clase Echinoidea y a la clase Ophiuroidea, esto se da porque en su mayoría buscan refugio en este tipo de sustrato, se fijan y captan su alimento. En el sustrato de arena fue en donde mayor riqueza de equinodermos se encontró, pues las

cuatro clases encontradas tenían organismos presentes. En el sustrato de esponja se encontró únicamente las clases Echinoidea y Asteroidea, esto pudo ser porque una de las fuentes principales de la dieta de las estrellas de mar, son las esponjas. En sedimento solamente se hizo presente la clase Echinoidea, al igual que en el sustrato de roca. En sustrato de alga indicadora de nutrientes, se encontró únicamente el género *Echinoidea* de la clase asteroidea con seis organismos.

El sustrato “otros” hace referencia a cualquier otro tipo de organismo sésil como las anemonas, tunicados o como en este caso, algunas gorgonias en donde se encontraron organismos únicamente de la clase Ophiuroidea.

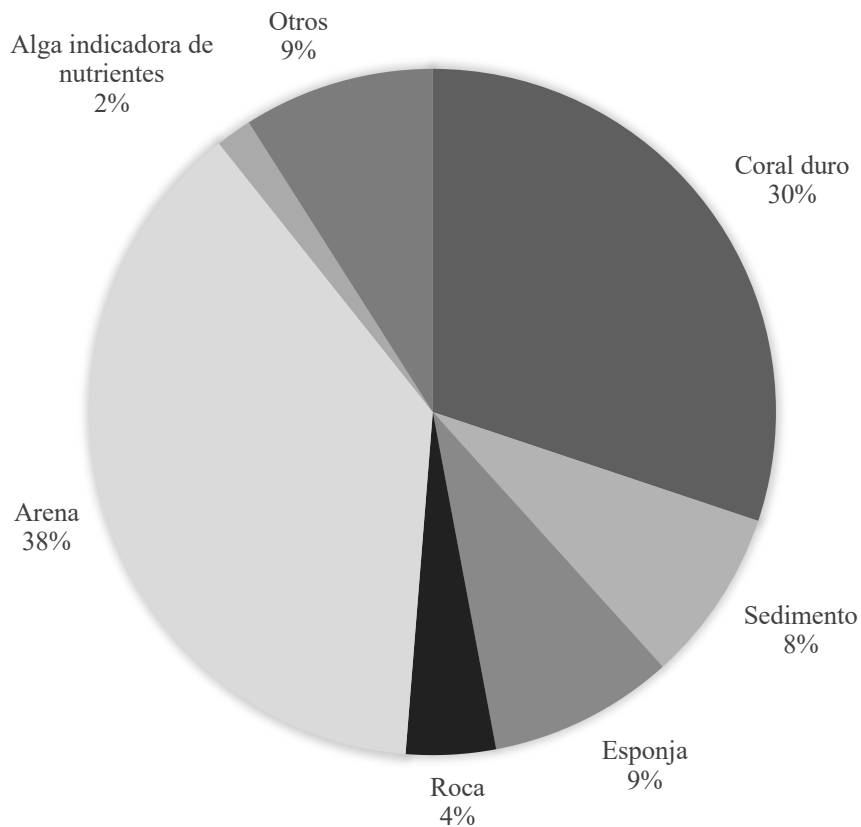


Figura 65. Porcentaje de cobertura por categoría de sustrato en los sitios de muestreo

Respecto a la densidad encontrada en cada tipo de sustrato, Faro Rojo presenta la mayor densidad por la presencia de *E. viridis* que fue la especie que mayor abundancia tuvo en dos sustratos específicamente (coral duro y sedimento), teniendo también una densidad alta en coral duro junto con *O. suensonii* y *E. tribuloides* de 1.3 organismos/m² y en arena con *I. Badianotus* de 1.8 organismos /m² (Tabla 5). Foudara tuvo una mayor densidad en arena de 1.05 organismos/m² por la presencia de *Echinaster* sp. principalmente, los sustratos de coral duro y otros tuvieron una densidad similar de 0.97 organismos /m² y 0.80 organismos /m² respectivamente por *E. tribuloides* y *Echinaster* sp., y en otros por la presencia de *O. suensonii* que únicamente se localizaban en gorgonias. Con relación a Languaja, no se obtuvieron densidades relativamente altas porque solamente predominaron *E. tribuloides* y *Echinaster* sp. en sustratos de arena y coral duro, teniendo arena una densidad de 0.52 organismos /m² y coral duro 0.40 organismos /m², también es importante resaltar que este sitio fue el único en tener organismos en sustrato de alga indicadora de nutrientes que forman parte de la dieta de *Echinaster* sp. (Mah, & Blake, 2012).

Finalmente, el sustrato que presentó mayor densidad en los tres sitios muestreados fue arena con una densidad promedio de 1.13 organismos /m², seguido de coral duro con 0.89 organismos/m², sustrato otros con 0.27 organismos/m², esponja con 0.26 organismos/m², sedimento con 0.24 organismos/m², roca con 0.13 organismos/m² y alga indicadora de nutrientes con 0.05 organismos//m² (Tabla 6).

Tabla 5.

Densidad (organismos/m²) y número de equinodermos presentes en los tipos de sustrato observados a lo largo de los tres sitios

	Coral duro	Sedimento	Esponja	Roca	Arena	Alga indicadora de nutrientes	Otros
Languaja	0.4 (16)	-	0.2 (8)	0.325 (13)	0.525 (21)	0.15 (6)	-
Foudara	0.97 (39)	-	-	0.05 (2)	1.05 (42)	-	0.80 (32)
Faro Rojo	1.3 (52)	0.725 (29)	0.575 (23)	-	1.8 (72)	-	-

Tabla 6.

Densidad total (organismos/m²) y número de equinodermos presentes en los tipos de sustrato observados

	Coral duro	Sedimento	Esponja	Roca	Arena	Alga indicadora de nutrientes	Otros
Total	0.89 (107)	0.24 (29)	0.26 (31)	0.13 (15)	1.13 (135)	0.05 (6)	0.27 (32)

6. Discusión de resultados

6.1 Riqueza específica de equinodermos

De las cinco clases del filo Equinodermata, únicamente estaban presentes Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea, pues no se encontraron organismos de la clase Crinoidea en los hábitats de Bahía de Amatique. Gudiel (2009) plantea que pueden no presentarse por las cantidades de sedimento disuelto y por el grado de eutrofización que puede haber sobrepasado sus límites de tolerancia, restringiendo su presencia. Además, que muchos crinoideos son errantes y tienen fototactismo negativo por lo que salen de sus escondites para alimentarse solo por la noche (Brusca, & Brusca, 2005), pudiendo estar presentes y no ser observados. Por otro lado se confirma el primer registro del género *Echinaster* sp. en el país, pues Alvarado y colaboradores (2008) la describe como parte del Caribe Centroamericano mas no la menciona como parte del Caribe de Guatemala.

6.2 Abundancia relativa de equinodermos

Gallego (2003), hace mención que los parches de coral se encuentran influenciados por los sedimentos en las desembocaduras del río Dulce al oeste y de la Bahía La Graciosa al este, además de la contaminación por el río Motagua, hace que algunos sitios sean realmente afectados, entre ellos hacen mención al sitio de Languaja que fue el lugar con menor número de organismos contabilizados, lo que puede ser influido por la contaminación de la actividad agrícola y la actividad de veleros en menor grado.

Algunas especies que presentaron la menor abundancia porcentual como *O. panamense* probablemente se encuentra debajo de los corales o rocas, ya que su alimentación, al igual que otros equinodermos, es nocturna y puede ser que no se hayan hecho visible como se esperaba, lo mismo ocurre con *A. agassizii*, a diferencia que aparte de tener una vida nocturna, el hábitat en donde es más encontrado son las praderas de pastos marinos (Kashner, et al., 2016). Por otro lado, *O. reticulatus* se ha visto muy afectada en los últimos años por la explotación que le han dado algunas personas locales debido a que es muy atractivo para los turistas, por lo que extraen a los organismos de sus hábitats para poder comercializarlos como artesanías marinas,

esta pudo ser una de las razones principales por la cual no se encontraron más ejemplares de la misma especie (Bjork, et al., 2008).

6.3 Diversidad de equinodermos

Foudara, aunque no tiene el mayor número de especies, las existentes están distribuidas de una manera más equilibrada en toda el área de muestreo, lo que indica que tienen una ocurrencia similar, no hay diferencias significativas entre la cantidad de todos los organismos contabilizados, de igual manera se encontraron distribuidos de una manera equitativa en los distintos sustratos encontrados.

Aunque no existe una investigación previa de este lugar respecto a todo el filo Echinodermata, la clase Holothuroidea presentó una densidad mayor (0.075 organismos/m²) a la densidad promedio presentada en la investigación por Ávalos-Castillo y colaboradores (2018) de 0.011 organismos/m². Se ha observado una mayor sostenibilidad del área desde el 2012 en donde los pescadores de la población de Livingston firmaron un convenio para el manejo y uso sostenible del área permitiéndose únicamente la pesca con anzuelo, lo que podría ser un beneficio para los organismos invertebrados y bentónicos del lugar, permitiéndoles un desarrollo óptimo (FUNDAECO, 2016).

En el sitio de Faro Rojo, en comparación con la investigación de Gudiel, 2009, únicamente se encontró una especie de las descritas de la clase Ophiuroidea (*O. panamense*), un organismo de la clase Asteroidea en comparación con los cinco descritos, una especie más de la clase Holothuroidea que no se encuentra registrada en la investigación del 2009 (*I. badiotus*) y las mismas tres especies de la clase Echinoidea que se encontraron en ese momento, con la diferencia en el número total de individuos contabilizados que en 2009 registraban 52 y actualmente fueron 145 organismos. La cantidad de erizos marinos, regularmente se asocia como un bioindicador en contra de las grandes concentraciones de metales pesados en el océano (Kondo, et al., 2012) por lo que las grandes cantidades de estos organismos en este sitio específicamente podría dar un indicio de cómo este siendo afectado el lugar, agregando que la costa guatemalteca es pobre en desarrollo arrecifal, con coberturas muy bajas de coral

(Gudiel, 2009), por lo que está sujeta a altos impactos por sedimentación debido a su proximidad con centros urbanos permitiendo concentraciones elevadas de metales pesados.

Por otro lado, el número efectivo de especies descrito, hace referencia a que no todos los organismos tienen la misma ocurrencia, lo que significa que el número de especies que aparecen en los resultados (Tabla 4) son las que tienen la misma probabilidad de ocurrencia en toda el área y el análisis indica que para hacer una comparación más equitativa de la comunidad como tal, los lugares muestreados deberían de presentar una riqueza de organismos homogénea, pues las comunidades más diversas son más estables (Bear, & Rintoul, 2016)

6.4 Preferencia de sustratos por parte de los equinodermos

La arena es el sustrato en donde los equinodermos suelen moverse con mayor facilidad y rapidez por lo que esta puede ser una de las razones a las cuales se encontraban más organismos de todas las clases en ese sustrato (Moreno, 2001). Los equinodermos también tienen una gran diversidad de estrategias alimentarias, algunos son depredadores oportunistas, carroñeros, otros como las ofiuras tienen alimentación suspensiva, lo que significa que capturan presas nadadoras, y otros como los pepinos o erizos son detritívoros, por lo que esta de igual manera puede ser otra razón por la que los sustratos de coral duro, otros y esponja hayan sido los segundos en ser abundantes (García, 2012).

Aunque Guatemala se plantea como un país poco diverso con la comunidad de equinodermos, en comparación con los otros países de Centroamérica (Alvarado, 2011), la densidad de los organismos no es tan baja como podría esperarse, los individuos están distribuidos en más del 50% de sustratos descritos según la metodología Reef Check y la cantidad de especies abarcan organismos estudiados en investigaciones previas, además que se realizó un nuevo registro para el país. La densidad observada podría incrementar al realizar más investigaciones, proteger la escasa cobertura coralina presente y disminuir el deterioro de estos ecosistemas.

7. Conclusiones

1. Dentro de los tres sitios muestreados las clases de equinodermos asociadas a los hábitats de Bahía de Amatique fueron: Asteroidea, Echinoidea, Holoturoidea y la clase Ophiuroidea, no estando presente la clase Crinoidea, contabilizando 355 organismos en total. Existió una diferencia notoria en los sitios muestreados, la cual está relacionada con la riqueza de las especies, siendo *E. viridis* la especie dominante, la que le da el mayor valor de diversidad al sitio Faro Rojo, estando presente en la mayoría de sustratos, como lo son coral duro, arena, sedimento y esponja. Aún así no se registró diferencia estadísticamente significativa en abundancia de especies en los sitios, pues la composición no varía drásticamente de lugar, por lo que la divergencia entre los sitios con relación a la abundancia y al número efectivo de especies tampoco fue significativa, teniendo una buena correlación, a su vez, en la cantidad de especies encontradas y la diversidad alfa descrita.
2. Los equinodermos observados se encontraron en el 58% de los sustratos posibles según la metodología de Reef Check, siendo el sustrato *arena* el que tuvo mayor prevalencia y densidad de todos los organismos presentes, por la fácil movilidad que este sustrato permite durante ciertas horas a los organismos, seguido de los sustratos *coral duro* y *esponja* en donde se encontraron mayormente organismos de la clase Echinoidea. El sustrato con menor prevalencia fue alga indicadora de nutrientes, en donde únicamente se encontraron 6 individuos de la especie *Echinaster* sp., lo cual indica que en general los equinodermos son principalmente habitantes de ambientes coralinos y arenosos, y debido a la alimentación que requieren, el principal problema que afecta a esta especie es el deterioro de su hábitat a causa de las actividades antropogénicas que puedan llegar a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habitan, afectando no solamente a ellos si no a la fitocenosis que se necesita para poder cumplir las funciones fisiológicas correspondientes.

3. Los tres lugares muestreados presentaron un índice de similaridad semejante. No hay un sitio que tenga mejores condiciones de vida para los organismos y que esta condición esté relacionada a la abundancia de cada lugar, por lo que la distribución espacial asociada a los distintos tipos de sustratos encontrados, si bien no es la causa principal, puede llegar a tener un efecto sobre la abundancia de los organismos, así como la tolerancia que tengan los equinodermos a los contaminantes que amenazan el lugar en donde se encuentren.

8. Recomendaciones

- I. Aumentar el esfuerzo de muestreo, poder conocer nuevos sitios dentro o fuera del RVS Punta de Manabique en función de la geografía en distintas profundidades o conocer más área de los lugares ya estudiados con transectos de mayor perímetro, y realizar monitoreos diurnos y nocturnos para lograr abarcar todo tipo de vida de los posibles equinodermos existentes en el lugar y tener un mayor número efectivo de especies.
- II. Es importante realizar un estudio de actividades antropogénicas para poder comparar los índices de diversidad con dichas actividades que se desarrollan en el área, que pueden comprometer la seguridad de las especies en los sitios o la diversidad de los mismos, por ejemplo usar erizos de mar como bioindicadores de los residuos que las actividades puedan generar.
- III. Ampliar la época de muestreos para tener una comparativa temporal y observar si hay cambios en la densidad según la época y clima, y conocer si se mantiene o cambia según los periodos de veda y pesca, tomando en cuenta que podría comprometerse la cantidad de individuos.

9. Referencias bibliográficas

1. Abreu, M., Solís-Marín, F., & Laguarda-Figueras, A. (2005). Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Ophiuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Revista Biología Tropical*, 53 (3), 29-52.
2. Alvarado, J. (2011). Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. *Mar Biodiversity*, 41 (1), 261-285.
3. Alvarado, J., Solis-Marin, F., & Ahearn, C. (2008). Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Centroamericano. *Tropical Biological*, 56 (3), 37 – 55.
4. Ardison, P., May – Ku, M., Herrera, R., & Arellano, A. (2011). El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: Consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Revisa Hidrobiológica*, 21 (3), 261 – 280.
5. Arrivillaga, A., & Baltz, D. (1999). Comparación de peces y macroinvertebrados en pastos marinos y sitios sin vegetación en la costa Atlántica de Guatemala. *Boletín de Ciencia Marina*, (1) 65, 301-309.
6. Bear, R., & Rintoul, D. (2016). *Principles of biology: Community ecology*. Texas, United States: OpenStax CNX.
7. Benavides, M. (2006). *Taxonomic list of the shallow water echinoderms of Puerto Rico with new information for La Parguera* (Tesis de Maestría). Universidad de Puerto Rico.
8. Birkeland, C. (1989). The influence of echinoderms on coral-reef communities. En Jangoux, M., y Lawrence, J. M. (Eds.). (1990). *Echinoderm studies*, (1) 3, 1 – 79.
9. Brusca, R., & Brusca, G. (2005). *Invertebrados* (2ª ed.). Madrid: McGraw– Hill.
10. Bjork, M., Short, F., Mcleod, E., & Beer, S. (2008). Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change. *UICN*, (1) 1, 1 – 56.
11. Cortés, J. (2007). Coastal morphology and coral reefs: Chapter 7. *Central America: Geology, Resources and Hazards*, 1 (1), 185-200.
12. Colwell, R. (2021). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples Version 9.1. / User's Guide and application*. Recuperado de <http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>



13. Del Valle, R., Abreu, M., Rodríguez, R., Solís-Marín, F., Laguarda, A., & Durán, A. (2008). Equinodermos (Echinodermata) del occidente del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Revista Biología Tropical*, 56 (3), 19-35.
14. Díaz, J. (2005). Esquemas espaciales de zonación ecológica y morfológica de las lagunas de los atolones y complejos arrecifales de un archipiélago oceánico del Caribe: San Andrés y Providencia (Colombia). *Revista Academia Colombiana Científica*, (1) 29, 357-369.
15. Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [FUNDAECO]. (2016). *Refugio de vida silvestre Punta de Manabique*. Recuperado de <https://fundaeco.org.gt/fundaeco.org.gt/areas-trabajo/fichas-tecnicas/punta-de-manabique.html>
16. Fundación Mario Dary Rivera [FUNDARY], Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], & The Nature Conservancy [TNC]. (2006). *Plan Maestro 2007-2011 Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique*. Guatemala: Autores.
17. FUNDARY, & ONCA. (2001). *Plan Maestro del Área de Protección Especial Punta de Manabique*. Guatemala: CONAP, & FUNDARY.
18. Gallego, O. (2003). *Directrices de gestión ambiental para las cuencas costero marinas de la bahía de Amatique, Caribe de Guatemala* (Tesis de Maestría). Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
19. García-Salgado, M., Camarena, L., Gold, B., Vasquez, M., Galland, G., Alarcón, D., & Ceja, M. (2006). *Línea base del estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano*. Recuperado de <http://www.mbrs.doe.gov.bz/dbdocs/tech/PMSlineabase.pdf>
20. García, A., Outelero, R., Ruíz, E., Aguirre, J., Almodóvar, A., Alonso, J., & Cano, J. (2012). Prácticas de Zoología: Estudio y diversidad de los Equinodermos. *Reduca Biología*, 56 (3), 58 – 70.
21. González-Gándara, C., Solís-Marín, F. A., de la Cruz-Francisco, V., Granados-Barba, A., Salas-Pérez, J. de J., Argüelles-Jiménez, J., & Escárcega-Quiroga, P. A. (2015). Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 63 (2), 183-193.



22. Gudiel, V. (2009). *Diversidad, abundancia y distribución de equinodermos en el área de Faro Rojo, Caribe de Guatemala*. Recuperado de <http://rediberoamericanaequinodermos.com/wpcontent/uploads/2016/02/11.pdf>
23. Hasbún, C., & Lawrence, A. (2002). An annotated description of shallow water holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) from Cayos Cochinos, Honduras. *Revista de Biología Tropical*, 50 (2), 669-678.
24. Hendler, G., Miller, J., Pawson, D., & Kier, P. (1995). Sea stars, sea urchins, and Allies Echinoderms of Florida and the Caribbean. *Washington and London Smithsonian Institution Press*, 1 (1), 1-15.
25. Herrera, A., & Betancourt, L. (2004). Especies de equinodermos recientes (Echinodermata: Crinoidea: Asteroidea: Ophiuroidea: Echinoidea y Holothuroidea) conocidas para la hispaniola. *Ciencia y Sociedad*, 29 (3), 506 - 533.
26. Hodgson, G., Hill, J., Kiene, W., Maun, L., Mihaly, J., Liebler, J., Shuman, C., & Torres, R. (2006). *Reef check instruction manual: A guide to reef check coral reef monitoring*. Recuperado de <https://www.biosphere-expeditions.org/images/stories/pdfs/2006%20Reef%20Check%20Instruction%20Manual%20with%20covers.pdf>
27. Hyman, L. (1955). *The Invertebrates / Volume IV: Echinodermata*. New York: McGraw-Hill.
28. Jolon, M. (2008). *Estado del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas 2008*. Guatemala: PROBIOMA, & CONAP.
29. Kondo, M., & Akasaka, K. (2012). Current status of Echinoderm genome analysis. *Current Genomics*, 13 (2), 134–143.
30. Laguarda, A., Solís-Marín, F., Durán, A., Ahearn, C., Buitrón, B., & Torres, J. (2005). Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 53 (3), 109-122.
31. Mah, C. (2009). *The invisible loss: The impacts of oil you do not see*. Washington, United States: The Ocean Portal Smithsonian Institution.
32. Mah, C., & Blake, D. (2012). Global diversity and phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). *Plos One*, 7 (4), 35 – 44.



33. McDonald, B. (2011). *Análisis de la diversidad de las praderas de pastos marinos en la laguna marino-costera de la bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
34. McEdward, R., & Miner, B. (2001). Larval and life cycle patterns in echinoderms. *Canadian Journal of Zoology*, 79 (1), 1125-1170.
35. Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, 1 (1), 84 - 90.
36. Motokawa, T. (1984). Connective tissue catch in echinoderms. *Biological Reviews*, 59 (2), 255–270
37. Polando, F., Pacay, A., Ortiz, J., Hacoheh, A., & Avalos, C. (2018). Riqueza y abundancia de peces arrecifales en el Caribe de Guatemala utilizando estaciones remotas de video subacuático con carnada. *Ciencia, Tecnología y Salud* 5 (2), 125-135.
38. Quirós, J. (2015). Equinodermos en fondos someros del sector La Ahumadera, Bahía de Cispatá, Córdoba, Caribe colombiano. *Biológica Colombiana*, 20 (1), 101-108.
39. Ratna, K., Miarsyah, M., & Wulaningsih, D. (2019). Echinoderms of the coral reef ecosystem and their utilization at Bira island of the Seribu islands. *AIP Conference Proceedings*, 040010 (1), 1 -7.
40. Solís-Marín, F., & Mata. (1999). *Manual: Curso taller taxonomía de equinodermos*. México: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, & Universidad Autónoma de México.
41. Vergara, C., Guerra, Z., & Collado, G. (2015). El pepino de mar *Isostichopus fuscus* recurso marino en peligro con altas necesidades de manejo. *Tecnociencia*, 17 (2), 21-41.
42. Xiaofeng, W., Hagdorn, H., & Chuanshang, W. (2006). Pseudoplanktonic lifestyle of the Triassic crinoid *Traumatocrinus* from Southwest China. *Lethaia*, 39 (3), 187–193.



10. Anexo



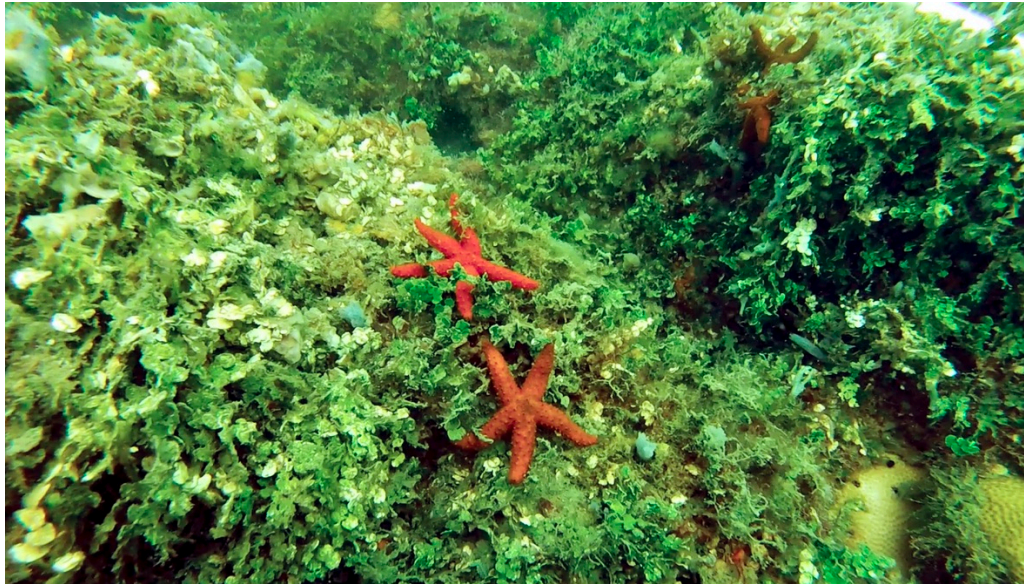
Anexo 1. Pepino de mar - *Isostichopus badionotus*.



Anexo 2. Erizo de mar - *Echinometras viridis*.



Anexo 3. Erizo de mar - Eucidaris tribuloides.



Anexo 4. Estrellas de mar - Echinaster sp.



Anexo 5. Estrella de mar - *Oreaster reticulatus*.



Anexo 6. Pepino de mar - *Holothuria mexicana*.