

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE  
EQUINODERMOS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COMPLEJO LOS  
CÓBANOS, SONSONATE, EL SALVADOR"**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**RAÚL ERNESTO LÓPEZ MARTÍNEZ**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2017.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
ESCUELA DE BIOLOGIA

**"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE  
EQUINODERMOS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COMPLEJO LOS  
CÓBANOS, SONSONATE, EL SALVADOR"**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**RAÚL ERNESTO LÓPEZ MARTÍNEZ**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

ASESORA DE LA INVESTIGACIÓN:

---

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2017.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE  
EQUINODERMOS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COMPLEJO LOS  
CÓBANOS, SONSONATE, EL SALVADOR"**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

**RAÚL ERNESTO LÓPEZ MARTÍNEZ**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

JURADO EVALUADOR:

---

**LICENCIADO RODOLFO MENJÍVAR**

---

**MAESTRO RENÉ FUENTES**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2017

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

RECTOR

**MAESTRO ROGER ARMANDO ARIÁS ALVARADO**

VICERRECTOR ACADEMICO

**DR. MANUEL DE JESÚS JOYA ABREGO**

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO INTERINO

**ING. CARLOS VILLALTA**

SECRETARIA GENERAL

**DRA. ANA LETICIA DE AMAYA**

DECANO

**LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA**

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGIA

**M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2017.

## DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo constante e incondicional.

A mis hermanos por su apoyo y compañía.

A mi abuela quién se mostró preocupada por mi educación para la vida mientras estuvo conmigo.

Dedico también a Licda. Delfina Herrera de quién recuerdo sus consejos, ideas, su gran entusiasmo, energías y risas.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia especialmente a mis padres por su paciencia y su gran apoyo incondicional durante lo que he vivido, gracias a ellos he logrado recorrer mi camino en este mundo. A mi abuela quien siempre me aconsejó y guió mi camino mientras la tuve.

A mis hermanos Omar, Wilfredo y Roxana por su apoyo y compañía desde mi infancia; en especial a mis hermanos y colegas biólogos Wilfredo y Roxana quienes me apoyaron con sus consejos y me acompañaron durante mis jornadas de campo; hicieron que estos días se volvieran inolvidables para mí por las peleas, regaños y su sabiduría. También por los momentos juntos durante la comida, los descansos, los atardeceres y amaneceres en los cuales se me hacía difícil levantarme. Y una vez más a Wilfredo por enseñarme desde mi niñez lo interesante que es la biología.

Agradezco a mi Asesora M.Sc. Ana Martha Zetino por su apoyo y sus consejos durante la carrera y durante la presente investigación; por su gran paciencia, su tiempo y por sus conocimientos y experiencias brindados a mi persona. A mi jurado: Maestro René Fuentes y Lic. Rodolfo Menjívar por sus aportes y correcciones a la presente tesis.

También agradecer a los guardarrecurso Wilfredo Castro, Ana María Velásquez y William Morán por su apoyo en campo durante las jornadas de la investigación y sus muestras de afecto; con ellos también aprendí más acerca del área de trabajo y compartí buenos momentos, sin duda hicieron de esos días un poco menos complicados.

A la Fundación para la Protección del Arrecife Los Cóbano (Fundarrecife). A Karen Cáceres y su familia: Blanca Estela Carranza, Joseline y Niña Minga por recibirme con acogerme en su casa, por sus muestras de cariño y su gran apoyo durante esas semanas en campo.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron y me apoyaron en algún momento de la carrera; en especial a Susana Martínez por su apoyo y su amistad incondicional, a Jenifer Guerra, Alfonso Pocasangre, Esteffanny Beltrán, Wilmar Díaz, Paola Santilla, Wendy Díaz y Vanesa Trejo.

A mi maestro en Música y amigo Edwin Mauricio Hernández por enseñarme a superar miedos y romper barreras poco a poco y de manera constante.

A mis maestros de Biología General y Zoología I, Maestro René Fuentes Morán y Licda. Ana Delfina Herrera de Benítez de quienes aprendí acerca de lo interesante e importante del mundo marino. A Licda. Delfina por su gran entusiasmo, su apoyo y sus ideas proyectadas a futuro que hoy recuerdo con gran afecto y que de alguna manera deseo cumplir.

De manera general agradecer también a la Escuela de Biología por mi formación como profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS .....	2
III.MARCO TEORICO .....	3
3.1 ANTECEDENTES .....	3
3.2 GENERALIDADES DE LOS EQUINODERMOS. ....	6
3.3 ECOLOGÍA DE LOS EQUINODERMOS .....	13
IV. METODOLOGIA .....	15
4.1 Ubicación y Descripción del Sitio de Estudio .....	15
4.2 Metodología de Campo.....	16
4.3 Metodología de Laboratorio .....	23
V. RESULTADOS .....	27
ABUNDANCIA DE ESPECIES .....	27
DISTRIBUCION DE ESPECIES POR MESES. ....	31
DISTRIBUCION DE ESPECIES POR PLAYA.....	36
DISTRIBUCION DE EQUINODERMOS POR DISTANCIA A LA COSTA .....	40
SIMILITUD .....	49
DIVERSIDAD .....	52
ANOVA .....	53
CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES.....	54
VI. DISCUSION.....	55
VII. CONCLUSIONES .....	59
VIII. RECOMENDACIONES .....	60

IX. LITERATURA CITADA.....	61
X. ANEXOS.....	71



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Hypalometra defecta</i> . Fuente: Fotografía por Yully Contreras en: Benavides Serrato <i>et al.</i> 2011.....	8
Figura 2. <i>Amphiaster insignis</i> . Fuente: Barraza, 2014. ....	9
Figura 3: <i>Ophiocoma aethiops</i> , Clase Ophiuroidea. Fuente Barraza 2014 .....	9
Figura 4: <i>Equinometra vanbrunti</i> . Clase Echinoidea. Fuente: Barraza, 2014.....	11
Figura 5. <i>Holothuria kefersteini</i> , Clase Holothureodea. Barraza, 2014 .....	12
Figura 6. Ubicación del sitio en estudio. Complejo Los Cóbanos. Elaboración propia, según bases cartográficas de CNR y MARN.....	16
Figura 7. Uso de boya para delimitar el cuadrante y empleo de careta y snorkel para efectuar el muestreo.....	17
Figura 8: Metodología utilizada en cada playa en donde se efectuaron 3 replicas con una distancia de 50 m entre cada una. R1=Réplica 1, R2= Réplica 2, R3= Réplica 3 .....	18
Figura 9a y 9b. Ejecución del transecto y toma de datos bajo el agua mediante el empleo de una tabla de buceo. ....	19
Figura 10. Playa Los Cóbanos.....	20
Figura 11. Playa El Faro (Playa El Amor).....	21
Figura 12. Playa La Privada. ....	22
Figura 13. Playa Decameron .....	23
Figura 14a y 14b: <i>Ophiocoma aetiops</i> (izquierda), <i>Ophiocoma alexandri</i> (derecha).....	29
Figura 15. <i>Diadema mexicanum</i> .....	30
Figura 16: <i>Echinometra vanbrunti</i> .....	32
Figura 17a y 17b. <i>Holothuria inornata</i> (izquierda) y <i>Ophioderma panamense</i> (derecha).....	32
Figura 18. Brazos de <i>Ophionereis annulata</i> .....	35
Figura 19: <i>Holothuria kefersteini</i> .....	38
Figura 20. <i>Ophiotrix rudis</i> .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje total de equinodermos encontrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron del Complejo Arrecifal Los Cóbano durante los meses de febrero-junio 2015. ....	29
Gráfico 2: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, febrero 2015. ....	31
Gráfico 3: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, marzo 2015. ....	33
Gráfico 4: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, abril 2015. ....	34
Gráfico 5: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, mayo 2015. ....	35
Gráfico 6: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, junio 2015. ....	36
Gráfico 7: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano. ....	37
Gráfico 8: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa El Faro. ....	38
Gráfico 9: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa La Privada. ...	39
Gráfico 10: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa Decameron. ....	40
Gráfico 11: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa Los Cóbano. Febrero-Junio. ....	41
Gráfico 12: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ofiuroideos en la playa Los Cóbano. Febrero-Junio. ....	42
Gráfico 13: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa El Faro. Febrero-Junio. ....	43
Gráfico 14: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ofiuroideos en la playa El Faro. Febrero-Junio. ....	44
Gráfico 15: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa La Privada. Febrero-Junio. ....	45

Gráfico 16: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ophiuroideos en la playa La Privada. Febrero-Junio.....	46
Gráfico 17: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa Decameron. Febrero-Junio. ....	47
Gráfico 18: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ophiuroideos en la playa Decameron. Febrero-Junio. ....	48
Gráfico 19: Similitud de especies de Equidermos de la zona intermareal. Febrero-Junio...	49
Gráfico 20: Similitud de los sitios muestreados en el Complejo Los Cóbanos.....	51
Gráfico 21. Curva de acumulación de especies registradas durante la investigación en cuatro playas del ANP Complejo Los Cóbanos, febreo-junio 2015.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Totales de individuos de las especies encontradas de las playas en estudio (Decameron, El Faro, La Privada y Los Cóbanos) durante los meses de febrero-junio 2015. ....	27
Tabla 2: Totales de individuos de las especies encontradas en cada mes durante los muestreos en los meses de febrero-junio 2015. ....	30
Tabla 3. : Similitud de especies de Equidermos de la zona intermareal. Febrero-Junio. ....	50
Tabla 4. Similitud de los sitios muestreados en el Complejo Los Cóbanos. ....	51
Tabla 5. Valores de Simpson y Shannon Wiener, diversidad de Equinodermos en los meses de muestreo. Febrero a Junio 2015. ....	52
Tabla 6. Valores de Simpson y Shannon Wiener, diversidad de Equinodermos en los sitios de muestreos. Febrero a Junio 2015. ....	53

## RESUMEN

Se estudió la distribución y abundancia de la fauna intermareal de equinodermos en el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano comprendiendo las playas: Los Cóbano, El Faro, La Privada y playa Decameron (Salinitas), en el municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, El Salvador; durante los meses de febrero a junio de 2015. Para la investigación se utilizó la metodología de transectos lineales de 300m perpendiculares a la costa durante las mareas bajas utilizando cuadrantes de 10m<sup>2</sup> realizando conteos visuales con buceo libre. Durante la investigación se contabilizaron 11 especies pertenecientes a las clases: Ophiuroidea, Holothuroidea, y Echinoidea; un total de 2192 individuos fueron registrados, la especie más abundante en la investigación fue *Ophiocoma aetiops* con 982 individuos.

La especie que presentó mayor disimilitud fue *Ophioneiris annulata* con respecto al resto de especies registradas; esta especie fue registrada únicamente para la Playa La Privada, siendo esta especie muy escasa. El resto de especies presentan una similitud del 60%. Respecto a los sitios, la mayor similitud presentada fueron Los Cóbano y El Decameron con el 92.5%, sin embargo el resto de los sitios presentaron una similitud de hasta 85%; la similitud de dichas playas es alta debido a que los equinodermos se encuentran asociados a rocas y en este tipo de ecosistemas se encuentra la presencia de estas.

Durante la investigación la distribución de la clase Holothuroidea se encontró predominantemente en los 100 y 200 metros, pocos individuos fueron registrados en los 300 metros perpendiculares a la costa. Por su naturaleza es posible encontrar varios de estos organismos a 300 metros exclusivamente en la Playa El Faro.

En general las clases Ophiuroidea y Echinoidea se reportaron con mayor número de individuos distribuidos entre los 100 y 200 metros, siendo menor a los 300 metros; sin embargo la especie de menor tamaño como *Ophiotrix rudis* se reporta con más avistamientos entre los 100 y 200 metros.

## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son los ecosistemas marinos taxonómicamente más diversos; proveen un hábitat complejo para muchas especies que forman parte integral de la comunidad arrecifal (Goreau 1979, Richmond 1993, Reaka-Kudla 1997, Vázquez-Domínguez 2000). Son muy valiosos debido a sus recursos pesqueros, importantes en la protección de las costas y representan importantes centros para recreación y educación.

Numerosos factores son importantes para determinar la distribución y diversidad de especies en los arrecifes, ya que la mayoría de las especies presentes exhiben un intervalo de tolerancia relativamente estrecho a las condiciones de su hábitat (Kleypas 1999). Los arrecifes son ecosistemas asociados a niveles particulares de diferentes variables ambientales que afectan el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos (temperatura, luz, salinidad, nutrientes; Huston 1985, Richmond 1993, Kleypas 1999). Por otro lado, las mareas, la acción del oleaje, la sedimentación y la actividad de herbívoros y depredadores, son factores que afectan los patrones de sucesión y colonización y son importantes en la regulación de la diversidad de este ecosistema (Nyström y Folke 2001; Wood 2001).

Uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia en la estructura de las comunidades marinas son los equinodermos, su presencia es notoria en los ecosistemas marinos, desde la zona intermareal hasta los abismos oceánicos y desde las fuentes hidrotermales submarinas hasta las aguas polares (Hooker 2005).

El estudio de organismos como estos permite la detección y seguimiento de los cambios ecológicos relacionados con la distribución y abundancia de especies; a su vez realizar estudios de evaluación y predicción de los impactos humanos sobre la vida marina (Miloslavich & Carbonini, 2010).

En el presente trabajo se estudió la distribución y abundancia de los Equinodermos de la zona intermareal en el ANP Complejo Los Cóbano; para el estudio de los organismos se utilizó transectos; con la finalidad de realizar la búsqueda, observación de dichos organismos y conocer el estado de los mismos, lo cual contribuirá a la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas costeros marinos de El Salvador.

## II. OBJETIVOS

### **Objetivo General:**

Estudiar la distribución y abundancia de la fauna intermareal de equinodermos en el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, Sonsonate, El Salvador.

### **Objetivos Específicos:**

Conocer la distribución de equinodermos por distancia a la costa en las playas “Decameron”, “La Privada”, “El Faro” y “Los Cóbano”.

Determinar la abundancia de equinodermos en las playas “Decameron”, “La Privada”, “El Faro” y “Los Cóbano”.

Establecer patrones de similitud en las playas “Decameron”, “La Privada”, “El Faro” y “Los Cóbano”.

Establecer patrones de similitud en la distribución por especies de equinodermos.

Determinar la diversidad de especies de equinodermos respecto a las playas “Decameron”, “La Privada”, “El Faro” y “Los Cóbano”.

### III.MARCO TEORICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

Los primeros trabajos sobre los equinodermos datan de hace más de un siglo siendo la mayoría de estos estudios de inventarios de especies y centrados en el Caribe; en El Salvador la información es escasa.

##### **Antecedentes Regionales**

Solis *et al.* (1997), estudiaron la sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz, Baja California, en las costas del Océano Pacífico mexicano registrado 92 especies de equinodermos a través de recopilaciones bibliográficas.

Cintra *et al.* (1998), realizaron un inventario en el arrecife Cabo Pulmo en el Pacífico de México registrando 38 especies de equinodermos. También Hooker , 2005, llevaron a cabo una expedición para realizar el inventario rápido de los equinodermos de las Islas Lobos de Afuera, Perú, donde encontraron 39 especies de equinodermos hasta 20 metros de profundidad.

Benítez-Villalobos (2001), comparó la comunidad de equinodermos asociada a arrecifes en dos localidades de Huatulco, Oaxaca situada en las Bahías de Huatulco, empleando los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson.

González *et al.* (2002), con el fin de ampliar el inventario del Caribe colombiano, realizaron estudios taxonómicos de equinodermos en una expedición hecha por CIOH-INVEMAR-SMITHSONIAN por medio de arrastres encontrando 22 especies de fauna de equinodermos de profundidad.

Alvarado (2004), estudió la abundancia del erizo de mar *Centrostephanus coronatus* en el Pacífico de Costa Rica.

González (2004), estudió la biología poblacional de *Echinometra vanbrunti* en el Golfo de California, el autor menciona que esta especie es muy común en la zona, la mayor parte de los individuos estudiados resultaron de 3 a 4 años de edad.



Neira *et al.* (2005), realizaron una investigación bibliográfica para reunir información dispersa e informes no publicados de equinodermos del Pacífico colombiano. Según su investigación la mayor diversidad de equinodermos se encuentra a poca profundidad encontrándose en sustratos rocosos y coralinos. Registran 54 especies.

Los esfuerzos de Sólis *et al.* (2005), se centran en el Pacífico en el Golfo de California, México, mencionan que el reconocimiento del grupo de organismos en estudio ha sido a través de inventarios en los cuales se ha reconocido que habitan diferentes hábitats. Los autores presentan un listado de especies taxonómicas en el Golfo de California a partir de colecciones científicas.

Reyes Bonilla *et al.* (2005), realizaron una investigación sobre la estructura comunitaria de asteroideos de cuatro sitios en el Golfo de California, México, caracterizados por la presencia de arrecifes rocosos. Entre los sitios muestreados se encontró la Isla Carmen, en Loreto. Identificaron y estimaron la riqueza total en 12 especies de asteroideos, de los cuales sólo observaron 9 especies en el área de Loreto, siendo las especies más abundantes *Phataria unifascialis* y *Pharia pyramidatus*.

Honey *et al.* (2008), realizaron un listado de especies de equidermos presentes en el Pacífico mexicano registrando 196 especies para la costa pacífica de México.

Prieto 2010, reporta la presencia de 22 especies de Holoturoideos para la costa del Pacífico en Perú de un total de 40 especies del mismo taxón.

Lozano *et al.* (2011), estudiaron la bioerosión por parte de los erizos en el Pacífico de Colombia el estudio se centró en las especies *Centrostephanus coronatus*, *Diadema mexicanum*, *Hesperocidaris asteriscus* y *Echinometra vanbrunti* en un arrecife rocoso.

Santos-Beltrán & Salazar-Silva (2011), realizaron una investigación de la Clase Holothuroidea de playas rocosas en la Bahía de Banderas en el estado de Nayarit, México ubicado en la costa pacífica donde colectaron 207 organismos pertenecientes a tres familias y 12 especies; los individuos fueron colectados a través de transectos de 25m perpendiculares a la línea de costa.

Cervantes (2011), estudió la estructura comunitaria de asteroideos en Bahía Loreto, Baja California mediante censos visuales durante cuatro años encontrando especies del género *Phataria* como las más abundantes.

Herrera Escalante (2011), investigó acerca del potencial bioerosivo de *Diadema mexicanum* en el Océano Pacífico mexicano, determinando que los erizos de talla media fueron los que removieron más carbonato de calcio siendo para el pacífico mexicano un nivel de bioerosión menor comparados con otros países de la región considerando que esta especie no representa mayor riesgo para las comunidades coralinas que estudió.

En la región centroamericana se han realizado algunos estudios sobre equinodermos, con el objetivo de describir la composición de fauna de equinodermos Alvarado & Fernández (2005) realizaron una investigación en el Parque Nacional Marino Ballena en Costa Rica y determinar ciertos patrones de distribución dentro del parque en la cual encontraron 25 especies, destacando la clase ophiurodea como la más abundante. Alvarado *et al.* (2008), realizaron una investigación en el Caribe centroamericano reportando un total 253 especies de equinodermos para una región que comprende 2,754,000 km<sup>2</sup>.

### **Antecedentes en El Salvador**

En El Salvador, Hernández y Davis (1979) determinaron la ocurrencia de *Amphiodia oerstedii* en el estuario El Tamarindo. Además, Barraza (1993, 1995), documentó la presencia de diversas especies de equinodermos para la zona costera del país. Otro estudio sobre fauna acompañante informa la presencia del género *Ophionereis sp.* (estrella quebradiza) durante la captura de post-larvas de camarones peneidos en la Bahía de Jiquilisco (Parada & Saez, 1995). Entre marzo y abril de 2001, investigadores asociados al crucero URRACA del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales de Panamá, determinaron la ocurrencia de 12 especies de equinodermos para El Salvador, incluyendo un nuevo registro: *Arbacia stellata* (Equinoidea), recolectada en el golfo de Fonseca (Barraza, 2001). Barraza & Hasbún (2005) reportaron un total de 37 especies de equinodermos para El Salvador. También Barraza (2008) presenta una revisión de taxas de

macroinvertebrados donde se mencionan la presencia de 37 especies para el territorio salvadoreño.

Carballo & Pocasangre (2007), estudiaron la composición y la estructura de la fauna intermareal de los equinodermos en el arrecife Los Cóbano reportando 13 especies para el sitio. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la composición y estructura de la fauna de equinodermos en la zona intermareal del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano.

### **3.2 GENERALIDADES DE LOS EQUINODERMOS.**

Los invertebrados comprenden el grupo más numeroso de fauna en el planeta: más de 1.3 millones de especies; han colonizado una enorme variedad de hábitats. Este grupo de organismos se caracteriza por carecer de un esqueleto interno que brinde una estructura de soporte a sus anatomías y presentan una gran variedad de formas (Barraza, 2014).

Actualmente, se reconocen 7,000 especies de equinodermos y unas 13,000 especies fósiles; estos organismos van desde 1 cm, en algunos pepinos y ofiuros, hasta los 2 m en algunos pepinos de mar (Solís-Marín *et al.*, 2011; Solís-Marín *et al.*, 2013).

Las larvas son bilateralmente simétricas, pero los adultos alcanzan simetría radial. Las estrellas de mar están formadas por un disco central de donde parten desde cinco hasta más de 20 brazos (Mite & Gonzabay, 2009; Barnes, 1989). En general, el esqueleto tiene espinas o tubérculos que le confieren a la superficie corporal un aspecto verrugoso o espinoso, a lo cual se debe el nombre de equinodermos, que significa “con piel espinosa”. La peculiaridad más notable de los equinodermos es la presencia de un sistema único de canales celómicos y apéndices superficiales que integran el sistema vascular acuífero. Como característica primitiva, este sistema servía quizá para recolectar y transportar alimento, pero en muchos de estos animales asumió funciones locomotoras. Los equinodermos poseen un amplio celoma en el cual está suspendido un aparato digestivo bien desarrollado. No existen órganos excretorios (Barnes, 1989).

La mayoría de equinodermos son estenohalinos y se encuentran adaptados a niveles de salinidad de 30-36 unidades ponderadas de salinidad, sin embargo, existen casos de adaptación a salinidades entre 20 y 40 ups. Son diversos en aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales, su variedad y número en latitudes altas. Están distribuidos en todos los océanos a todas las profundidades, desde la zona litoral hasta los 6000 metros de profundidad (Lincoln & Shields, 1989). En el país se encuentran desde la zona intermareal hasta profundidades de 1000 m en el territorio nacional (Barraza, 2014).

Los equinodermos se caracterizan por presentar una superficie externa calcárea cubierta por espinas o similar, en la mayoría de los casos (Barraza, 2014). Son exclusivamente marinos y gran parte de ellos tienen hábitos bentónicos (Barnes, 1989), pueden tener una alta diversidad y biomasa en arrecifes coralinos; estos organismos han sido capaces de colonizar una gran cantidad de hábitats marinos como la zona intermareal, fondos lodosos, aguas profundas, arrecifes rocosos y de coral entre otros (Zamorano & Leyte, 2005).

El Phylum Echinodermata se constituye por cinco clases: Crinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea (Barnes, 1989) las cuales se detallan a continuación:

### **Clase Crinoidea**

La clase Crinoidea es la más antigua y primitiva del phylum Echinodermata. Incluyen los equinodermos comúnmente conocidos como lirios y plumas de mar (figura 1); estos son el grupo de equinodermos con menor número de especies, presentando 650 (Pawson, 2007).

Los lirios de mar presentan un pedúnculo que conservan durante toda su vida, tuvieron su máxima diversidad en la Era paleozoica, existiendo en la actualidad 100 especies (15% de la clase). Estos organismos se caracterizan por vivir adheridos al sustrato y generalmente habitan a profundidades mayores de 200 m (Benavides Serrato *et al.* 2011).

Las plumas de mar (crinoideos no pedunculados o comatúlidos) que incluyen la mayoría de los crinoideos vivos, retienen el pedúnculo hasta el estado post larval y después lo pierden, adoptando la vida libre como juveniles y adultos. Estos crinoideos incluyen 550 especies aproximadamente (85% de la clase) y se distribuyen en todos los mares del mundo (excepto el mar Negro y el Báltico), desde la zona intermareal hasta profundidades abisales (Benavides Serrato *et al.* 2011).



Figura 1. *Hypalometra defecta*. Fuente: Fotografía por Yully Contreras en: Benavides Serrato *et al.* 2011.

### **Clase Asteroidea**

Las estrellas de mar poseen generalmente cinco brazos (pentámeras) aunque pueden existir algunas con 6 a más de 40 brazos (Figura 2). La mayor parte de los asteroideos miden de 12 a 24 cm de diámetro, algunas presentan tamaños más pequeños siendo alrededor de 2 cm (Ruppert & Barnes, 1996).



Figura 2. *Amphaster insignis*. Fuente: Barraza, 2014.

Poseen colores diversos que van desde rojas, anaranjadas, azules, purpúreas, verdes o combinaciones de varios colores. (Barnes, 1989).

### **Clase Ophiuroidea**

La clase Ophiuroidea la componen los equinodermos conocidos como estrellas serpentiformes, estrellas frágiles o simplemente ofiuras (Figura 3). Viven en todos los tipos de hábitat marinos y son abundantes sobre los fondos blandos, tanto en aguas costeras, como a grandes profundidades (Hendler *et al.* 1995).



Figura 3: *Ophiocoma aethiops*, Clase Ophiuroidea. Fuente Barraza 2014

Los ofiuroideos poseen largos brazos que se destacan en el disco central. La mayoría son relativamente pequeños, pues en su mayoría el disco mide de uno a tres centímetros de diámetro aunque los brazos pueden ser muy largos. El disco central es aplanado y presenta un contorno circular o relativamente pentagonal. Su coloración es muy variable y son comunes los diseños a base de manchas o franjas (Benavides Serrato *et al.* 2011; Ruppert E, Barnes R. 1996).

Los brazos de los ofiuroideos se encuentran articulados pues cuentan con la presencia de cuatro hileras longitudinales de placas, dos hileras de placas laterales, una de placas dorsales y otra de placas ventrales. Cada una de éstas series de placas rodean el brazo totalmente y su posición externa corresponde a un osículo interno denominado vértebra. El centro de la superficie oral del disco está ocupado por una compleja serie de grandes placas (escudos orales), que rodean la boca y forman un aparato masticador constituido por cinco mandíbulas interradales triangulares. En la mayoría de los ofiuroideos, uno de los escudos orales está modificado como madreporito. Los pies ambulacrales son pequeños apéndices en forma de papila o de tentáculo salen entre los escudos laterales y orales de los brazos (Benavides Serrato *et al.* 2011).

La Clase Ophiroidea posee diversos hábitos alimentarios. Pueden obtener algunos nutrientes disueltos a través de la piel, sin embargo, lo más usual es obtener las partículas de alimento con los pies ambulacrales y los músculos de los brazos dirigiéndose a la boca. Algunos ofiuros recolectan sedimento, lo atrapan de la columna de agua o recogen las partículas que se adhieren a las espinas braquiales por medio del moviendo de sus pies ambulacrales. Los ofiuros pueden ser carnívoros o carroñeros utilizan las puntas de sus brazos para capturar animales pequeños incluyendo peces; o también pueden doblar sus brazos para llevar a la boca partículas más grandes de material en descomposición (Hendler *et al.* 1995).

## Clase Equinoidea

La clase Echinoidea comprende alrededor de 800 especies que habitan desde los 0 hasta los 5000 metros de profundidad (Pawson, 2007). Son llamados erizos de mar (Figura 4); estos poseen sobre sus cuerpos esféricos se encuentran largas espinas móviles, entre las cuales salen los pies tubulares o ambulatorios. Las placas calcáreas se han unido para formar una concha esférica; la boca se encuentra en el centro de la superficie inferior de dicha concha. Los pies tubulares, dispuestos en cinco hileras sobre la superficie de la concha, son más largos y delgados que los de las estrellas de mar; sin embargo el sistema vascular es el mismo. Los equinoideos no presentan brazos. Son de hábitos móviles; el nombre Echinoidea, que significa “similar” a un erizo (puercoespín) lo que hace referencia a las espinas móviles (púas) que recubren el cuerpo de estos animales (Ruppert E, Barnes R. 1996).



Figura 4: *Equinometra vanbrunti*. Clase Echinoidea. Fuente: Barraza, 2014

Al igual que el resto de los equinodermos los erizos tienen un esqueleto compuesto de placas de calcita embebidas dentro de su piel. En casi todos los grupos de erizos las placas están fuertemente fusionadas formando un esqueleto sólido llamado testa, que puede tener diferentes morfologías, definiéndolos como erizos “regulares”: testa esférica y simetría radial pentámera y los “irregulares”: testa más aplanada y simetría bilateral secundaria (Benavides Serrato *et al.* 2011).



Los erizos desempeñan un papel importante en el proceso de erosión de sustratos duros del bentos marino, también contribuyen a la desintegración del sustrato, lo cual proporciona espacio para el asentamiento de epifauna y puede incrementar la complejidad del hábitat (Lozano-Cortés *et al.* 2011).

### **Clase Holoturoidea**

Los holoturoideos se caracterizan por presentar una simetría bilateral, son organismos vermiformes, oral-aboralmente alargados, de cuerpo cilíndrico, tienen la boca al final o cerca del final de un extremo y el ano cerca o en el final del otro extremo (Figura 5). El cuerpo usualmente es diferenciado dorso-ventralmente, son principalmente de hábitos bentónicos, y se pueden encontrar entre grietas de rocas, debajo de piedras, sobre fondos arenosos o fangosos, más o menos enterrados u ocultos (Solís-Marín, *et al.* 2011).



Figura 5. *Holothuria kefersteini*, Clase Holothureodea. Barraza, 2014

Poseen un círculo de tentáculos alrededor de la boca; tienen el sistema vascular de agua; algunas especies se valen de pies tubulares externos. Los cuerpos son sacos musculosos huecos y flexibles. Como en el caso de los equinoideos, el cuerpo de los holoturoideos, no presenta brazos, la boca y el ano se encuentran en extremos opuestos.

Asimismo presentan áreas ambulacrales e interambulacrales dispuestas como meridianos alrededor del eje polar. No obstante, los holoturoideos se diferencian de los demás equinodermos por tener dicho eje polar muy alargado, lo que típicamente da al cuerpo un aspecto de pepino. Esta forma obliga al animal a vivir con un lado del cuerpo, no con la cara oral, apoyado contra el sustrato. La clase también se diferencia del resto de los equinodermos porque el esqueleto ha quedado reducido a una serie de osículos microscópicos y por la modificación de los pies ambulacrales bucales que forman un círculo de tentáculos alrededor de la boca. La mayoría de las holoturias son negras, marrones o de color verde aceituna, aunque también pueden observarse otros patrones de coloración. (Ruppert E. & Barnes R. 1996).

Los Holotureodeos cuentan con 1200 especies actuales agrupadas en 6 órdenes. Desempeñan un importante papel ecológico en las comunidades bentónicas ya que son los responsables de cambios significativos en la composición del sedimento marino y en algunos países representan especies comerciales (Solís-Marín, *et al.* 2011).

### **3.3 ECOLOGÍA DE LOS EQUINODERMOS**

Los equinodermos forman parte importante de la comunidad arrecifal en diversidad y biomasa, tienen efectos importantes sobre la estructura y función del ecosistema (Benítez-Villalobos, 2001). Son uno de los grupos de invertebrados más conocidos, exclusivamente marinos y generalmente bentónicos de aguas poco profundas. Estos organismos son miembros importantes de los arrecifes coralinos, y entender su ecología permite en gran medida comprender la estructura y el funcionamiento de las comunidades coralinas (Bolaños 2005).

Los miembros de las Clases Crinoidea, Echinoidea y Holothuroidea, se encuentran distribuidos en todos los ecosistemas marinos, desde la zona intermareal hasta las grandes profundidades oceánicas, siendo notable la presencia de éstos en los arrecifes coralinos (del Valle Garcia, *et al.* 2005).

Los asteroideos y los ofiuroideos se encuentran bien representados en todas las latitudes del mundo, desde la zona intermareal hasta las aguas oceánicas más profundas (Abreu Pérez *et al.* 2005).

En los ecosistemas marinos se encuentran equinodermos en diferentes niveles tróficos: herbívoros, sedimentívoros, carroñeros, carnívoros y omnívoros. Se encuentran en gran variedad de hábitats submarinos como acantilados, arrecifes rocosos, rocas de derrumbe, cantos rodados, fondos arenosos, fondos de cascajo, entre otros; factor preponderante para la existencia de una gran biodiversidad (Hooker *et al.* 2005).

## IV. METODOLOGIA

### 4.1 Ubicación y Descripción del Sitio de Estudio

La plataforma del ANP Complejo Los Cóbanos está localizada a 11.0 Km. al oriente de Acajutla en el Departamento de Sonsonate (Figura 6); posee 34.74 Ha, se encuentra rodeada de playas rocosas, ríos, pantanos, esteros, campos agrícolas y estanques de cultivos en la zona terrestre.

Ubicado geográficamente entre los 13° 12' N y 89° 30' de rango latitudinal, de 0.0 a 13.0 msnm. La topografía es llana y levemente ondulada, lo que da lugar en la época lluviosa a la formación de pantanos. Existen pequeñas elevaciones rocosas aisladas. El suelo es de tipo aluvial con predominio de regosoles, con aluviones e intercalaciones de materiales piroclásticos y sedimentos volcánicos detríticos y corrientes de lava intercalados (Orellana, 1985; SEMA, 1994).

Es una playa rocosa de origen volcánico con formación de tipo arrecifal de 0 m a 30 m de profundidad, en donde además de 15 especies de corales, existe la mayor diversidad de algas marinas, invertebrados y peces del país.

La conformación del fondo marino es de carácter irregular con abundantes depresiones, a manera de lagunetas, cubiertas de algas y esqueletos coralinos, con grutas y grietas naturales de las rocas, los cuales revisten su importancia como ambiente marino costero (Orellana, 1985; Reyes – Bonilla & Barraza, 2003).

Castro y Tejada (1993); Lemus *et al.* (1994); Molina (1995); Reyes - Bonilla y Barraza (2003), mencionan que éste es un ecosistema importante por su rica diversidad de algas y formaciones coralinas.

La mayoría de especies en el arrecife se caracteriza por ser críptica y poseer un alto valor comercial, como los moluscos, ophistobranquios, equinodermos, peces y algas. Se registran 453 especies; entre los más importantes se encuentran: el bivalvo *Pinctada mazatlanica* y los bancos vírgenes de *Abulon spondylus calcifer*. Se reporta una gran abundancia de babosas de mar, como *Eucidaris thouarsii*. También se encuentran algunas

especies bioerosionadoras registrándose 37 especies de equinodermos que contribuyen al ambiente arrecifal de la zona (ICMARES, 2007).

El ANP Complejo Los Cóbano es la primera área protegida marina declarada oficialmente en el país. Incluye un área marina de 20,763 ha estuarina y terrestre de 576 ha con un total de 21,312 ha.

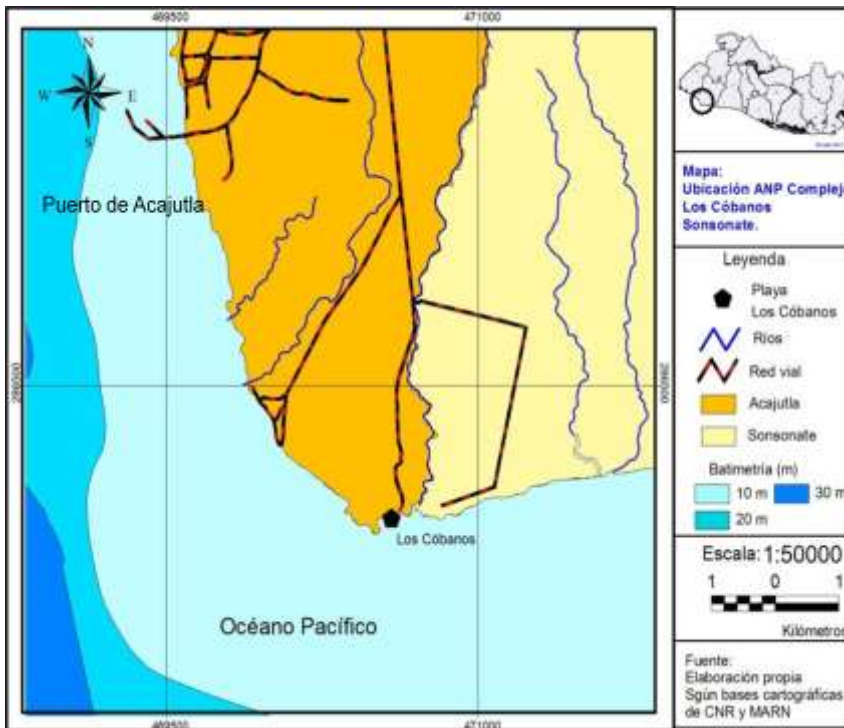


Figura 6. Ubicación del sitio en estudio. Complejo Los Cóbano. Elaboración propia, según bases cartográficas de CNR y MARN.

## 4.2 Metodología de Campo

Se realizaron muestreos mensuales mediante el método de cuadrantes y transectos en cuatro playas del Complejo Arrecifal Los Cóbano las cuales son: “Los Cóbano” “El Faro”, “Playa Decameron”, y “La privada” durante las mareas bajas registradas en los meses de febrero a junio del año 2015; el muestreo se realizó mediante buceo a pulmón libre utilizando una careta y un snorkel. Cada parcela o cuadrante fue delimitado a través de boyas (Figura 7).



Figura 7. Uso de boya para delimitar el cuadrante y empleo de careta y snorkel para efectuar el muestreo.

En cada playa del arrecife en estudio se tomaron 3 réplicas en línea recta perpendicular a la costa, cada una de ellas constó de un largo de 300m y en ellas se efectuaron 3 parcelas en cada estación de  $10\text{m}^2$  cada 100m, iniciando a partir de los 100 m hasta los 300m hacia adentro (Figura 8), tomando como referencia la orilla en marea alta; muestreando una playa por día durante 3 horas aproximadamente. Cada réplica tenía una distancia de separación mínima de 50 metros.

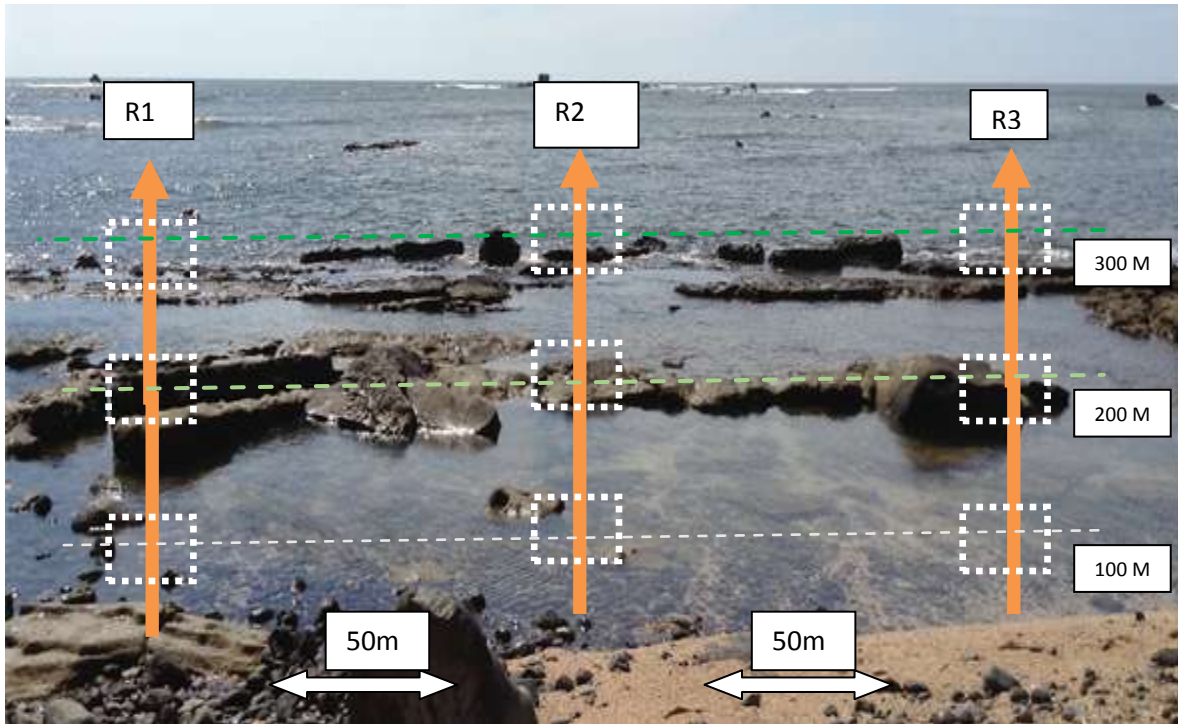


Figura 8: Metodología utilizada en cada playa en donde se efectuaron 3 replicas con una distancia de 50 m entre cada una. R1=Réplica 1, R2= Réplica 2, R3= Réplica 3

Se utilizó una cinta métrica de 60m para medir los transectos (Figura 9a), una brújula para marcar el rumbo, los sitios fueron geo-referenciados. Además, para tomar los datos se utilizó una tabla de buceo y un lápiz (Figura 9b), así los datos obtenidos no se borran durante las respectivas anotaciones bajo el agua.



Figura 9a y 9b. Ejecución del transecto y toma de datos bajo el agua mediante el empleo de una tabla de buceo.

Las especies fueron identificadas a partir de una serie de fotografías y guías presentadas por Barraza J. E. 2014; Carballo R. E. & Pocasangre X. M. 2007 y Benavides Serrato M. *et al.* 2011.

### **Playas monitoreadas**

#### **Los Cóbanos**

La playa Los Cóbanos cuenta con aproximadamente 500 metros de línea de costa y se caracteriza por tener cantos rodados, rocas con filos y algunas pozas con bancos de área que posiblemente sirvan de hábitat para algunas mantarrayas sobretodo durante la marea alta; en este sitio se sitúa a lo largo de la playa un atracadero de lanchas que corresponden a los pescadores locales; en el costado oriente se encuentran restaurantes y hostales muy visitados por turistas, en el costado poniente se ubican otros asentamientos poblacionales (Figura 10).





Figura 10. Playa Los Cóbano

### **El Faro**

La Playa El Faro es también conocida como Playa El Amor, tiene alrededor de 500 metros de línea costera se encuentra cubierto por rocas; algunas de ellas descubiertas formando torres que cuentan con varios metros de altura y también pequeños bancos de arenas, cuenta con varias pozas intermareales. Frecuentemente es visitada por turistas, en el oriente se encuentra un pequeño hostel, mientras que del costado poniente existen algunos relictos de vegetación costera. Este sitio presenta abundante diversidad biológica (Figura 11).



Figura 11. Playa El Faro (Playa El Amor).

### **La Privada**

La Playa La Privada se caracteriza por tener cantos rodados y otras rocas con filos, cuenta con remoción de rocas para formar pozas o pequeñas barreras delimitadoras, en general el fondo es rocoso; en la línea costera se sitúan números ranchos privados, el impacto turístico ha sido menor que en el sector del Decameron (Figura 12).



Figura 12. Playa La Privada.

### **Decameron**

Decameron es un sector de La Playa Salinitas, este tiene más de un kilómetro de longitud, presenta alto impacto por la industria turística, en ella se sitúan hoteles y también se encuentra la Bocana El Barbón; se compone de pozas de marea amplias y arenosas que sirven de hábitat para rayas a los 400 metros desde la línea costera; dicho sector presenta una profundidad media de 3 metros.

Presenta un rompe olas hecho por la industria hotelera y también remociones de rocas a la orilla de la playa para facilitar el acceso a los turistas al agua convirtiéndose en un banco de arena (Figura 13).



Figura 13. Playa Decameron

### **4.3 Metodología de Laboratorio**

Cuando la identificación no fue posible in situ de los organismos en estudio, se efectuaron colecta de los organismos durante la marea baja; utilizando para ello frascos debidamente etiquetados para su posterior identificación.

Los especímenes de la Clase Echinoidea se fijaron en formol al 5-8% (preparado con agua de mar), sólo en cortos plazos de tiempo (36 hrs), para ser pasados posteriormente a un recipiente con alcohol al 70% para su preservación.

Las Clases Holothuroidea se conservaron en alcohol al 70-80%, sin pasar por formol. En el caso de los holoturoideos de tallas grandes fue cambiado el alcohol aproximadamente una semana después, debido a la gran cantidad de líquido que poseen en el cuerpo. (del Valle Garcia 2005; González *et al.* 2002).

## **Análisis Estadísticos:**

Para los análisis se utilizó de Análisis de Varianza (ANOVA) para la distribución de la especie, considerando los sitios y distancia. Los datos fueron procesados en los programas Microsoft Excel 2007, Sigma Stat y Primer 5.

$$F = \frac{MSb}{MSw}$$

Donde: MSb es el cuadrado medio entre los grupos

MSw es el cuadrado medio dentro de los grupos

Donde el cuadrado medio dentro de los grupos (MSw) se define como:

$$MSw = SSw / (N - K)$$

Donde: SSw: es la suma de cuadrados dentro

N: es el número total de observaciones

K: es el número de grupos

Donde la suma de cuadrados (SSw) se define como:

$$SSw = SS1 + SS2 + \dots + SSk$$

Donde: SS1: es la suma de cuadrados del primer grupo

SS2: es la suma de cuadrados del segundo grupo

SSk: suma de cuadrados del último grupo

La suma de cuadrados (SS) se define como:  $SS_i = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$

Donde: x= observaciones del grupo

n= numero de observaciones dentro del grupo

El cuadrado medio entre grupos (MSb) se define como:

$$MSb = SSb/k-1$$

Donde:

SSb= es la suma de cuadrados entre grupos

K= es el número de grupos o tratamientos

La suma de cuadrados entre grupos (SSb) se define como:

$$SSb = n[\sum \mu^2 - (\sum \mu)^2/k]$$

Donde:

n= es el número de observaciones en cada grupo

$\mu$ = son las medias grupales

k= es el número de grupos o tratamientos

Para la abundancia se trabajaron sumas de individuos por playas y por profundidades y para la distribución se utilizaron promedios. A través de un análisis de Bray-Curtis se compara la similitud en cuanto a la abundancia espacial y temporal. El cálculo fue realizado con la utilización del programa Primer 5.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]}$$

Donde:

B = medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k

= número de individuos de la especie i en la muestra j

=número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $k$

$S$  = número de especies

Los resultados son presentados utilizando tablas y gráficos que representen los resultados obtenidos a partir de los estadísticos utilizados.

## V. RESULTADOS

### ABUNDANCIA DE ESPECIES

Fue posible contabilizar un total de 2192 individuos pertenecientes a 11 especies de equinodermos pertenecientes a las clases Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea, durante los meses de muestreos correspondientes a los meses de febrero-junio de 2015; presentándose mayormente la especie de la Clase Ophiuroidea, *Ophiocoma aethiops* con 982 individuos y *Equinometra vanbrunti* perteneciente a la Clase Echinoidea con 748 individuos, con un 45% y un 34% respectivamente, siendo estas las más abundantes (tabla 1).

No se registra la presencia de especies de las clases Asteroidea y Crinoidea para la presente investigación.

Tabla 1: Totales de individuos de las especies encontradas de las playas en estudio (Decameron, El Faro, La Privada y Los Cóbano) durante los meses de febrero-junio 2015.

Clase	Especie	Decameron	El Faro	La Privada	Los Cóbano	Total general
Echinoidea	<i>Diadema mexicanum</i>	1	1	0	1	3
Echinoidea	<i>Echinometra vanbrunti</i>	340	156	194	58	748
Holothuroidea	<i>Holothuria impatiens</i>	4	1	6	4	15
Holothuroidea	<i>Holothuria inornata</i>	23	20	8	16	67
Holothuroidea	<i>Holothuria kefersteini</i>	29	50	56	46	181
Holothuroidea	<i>Labidodemas americanum</i>	4	0	4	3	11
Ophiuroidea	<i>Ophiocoma aethiops</i>	239	311	204	228	982
Ophiuroidea	<i>Ophiocoma alexandri</i>	13	46	7	44	110
Ophiuroidea	<i>Ophioderma panamense</i>	3	2	9	1	15
Ophiuroidea	<i>Ophionereis annulata</i>	0	0	2	0	2
Ophiuroidea	<i>Ophiotrix rudis</i>	13	17	7	21	58
<b>Total general</b>		<b>669</b>	<b>604</b>	<b>497</b>	<b>422</b>	<b>2192</b>



Durante la etapa de muestreo se registró un total de 2192 individuos de los cuales el 45% correspondieron a la especie *Ophiocoma aethiops* (Figura 14a) siendo esta la más abundante, seguida por *Echinometra vanbrunti* con un porcentaje 34%, *Holothuria kefersteini* 8%, *Ophiocoma alexandri* 5% (Figura 14b), *Ophiotrix rudis* y *Holothuria innornata* 3% cada una, *Labidodemas americanum* y *Ophioderma panamense* 1% cada una y el resto de especies, *Diadema mexicanum* (Figura 15), *Ohionereis annulata* y *Labidemas americanum* menos del 1% cada una siendo estas las más escasas (Gráfico 1).

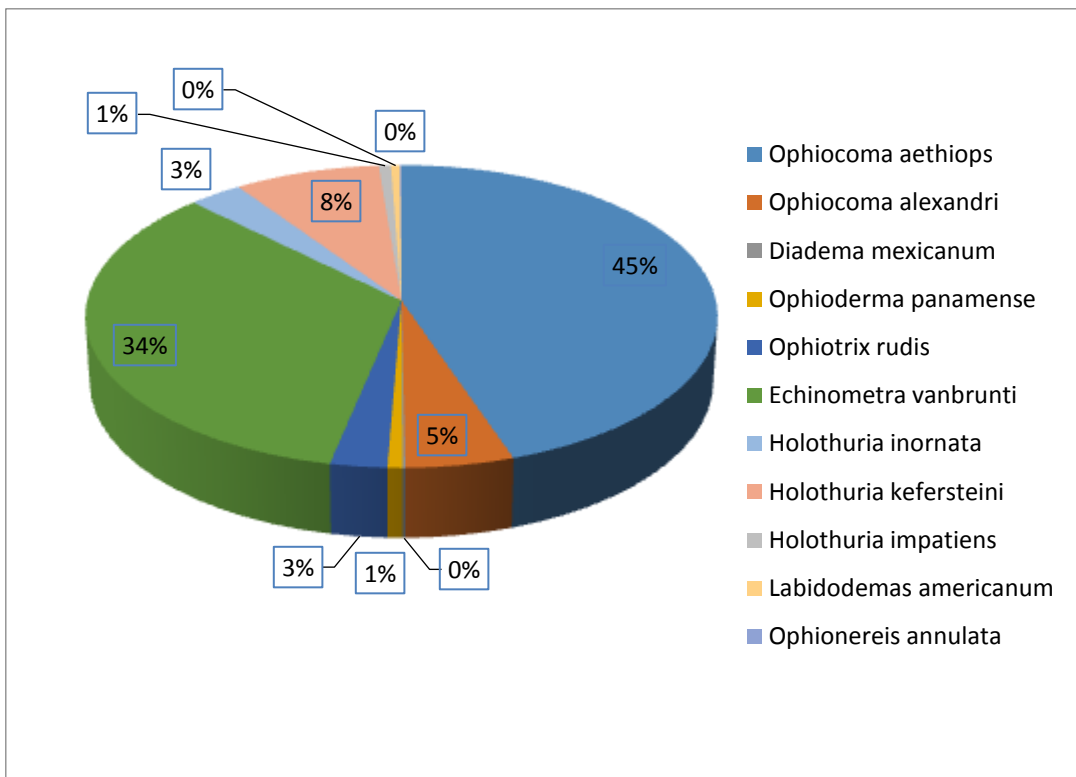


Gráfico 1: Porcentaje total de equinodermos encontrados en las playas Los Cóbanos, El Faro, La Privada y Decameron del Complejo Arrecifal Los Cóbanos durante los meses de febrero-junio 2015.



Figura 14a y 14b: *Ophiocoma aetiops* (izquierda), *Ophiocoma alexandri* (derecha).

Durante el periodo de muestreo Febrero-Junio se encontró un mayor número de individuos en el mes de febrero con 492 individuos y el mes con menos reportes fue marzo con 348 individuos en las cuatro playas en estudio del complejo arrecifal. Fue posible registrar *Diadema mexicanum* en el mes de abril con dos individuos y en junio solamente un ejemplar (Tabla 2).

Tabla 2: Totales de individuos de las especies encontradas en cada mes durante los muestreos en los meses de febrero-junio 2015.

Clase	Especie	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
Echinoidea	<i>Diadema mexicanum</i>	0	0	2	0	1	3
Echinoidea	<i>Echinometra vanbrunti</i>	209	77	230	106	126	748
Holothuroidea	<i>Holothuria impatiens</i>	8	6	0	1	0	15
Holothuroidea	<i>Holothuria inornata</i>	4	4	21	27	11	67
Holothuroidea	<i>Holothuria kefersteini</i>	39	34	26	31	51	181
Holothuroidea	<i>Labidodemas americanum</i>	1	0	4	2	4	11
Ophiuroidea	<i>Ophiocoma aetiops</i>	184	184	131	215	268	982
Ophiuroidea	<i>Ophiocoma alexandri</i>	26	33	21	15	15	110
Ophiuroidea	<i>Ophioderma panamense</i>	1	2	8	0	4	15
Ophiuroidea	<i>Ophionereis annulata</i>	0	0	0	2	0	2
Ophiuroidea	<i>Ophiotrix rudis</i>	20	8	9	17	4	58
<b>Total general</b>		<b>492</b>	<b>348</b>	<b>452</b>	<b>416</b>	<b>484</b>	<b>2192</b>

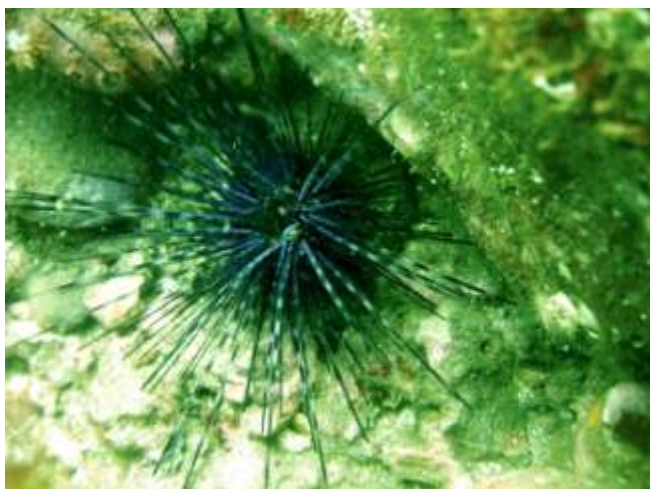


Figura 15. *Diadema mexicanum*

## DISTRIBUCION DE ESPECIES POR MESES.

Durante el primer mes de muestreo correspondiente a Febrero se registró la presencia de 9 especies siendo un total de 492 individuos reportados, los más representativos fueron *Echinometra vanbrunti* (Figura 16) con 209 individuos, *Ophiocoma aetiops* con 184, *Holothuria kefersteini* con 39, *Ophiocoma alexandri* con 26 individuos y *Ophiotrix rudis* con 20.

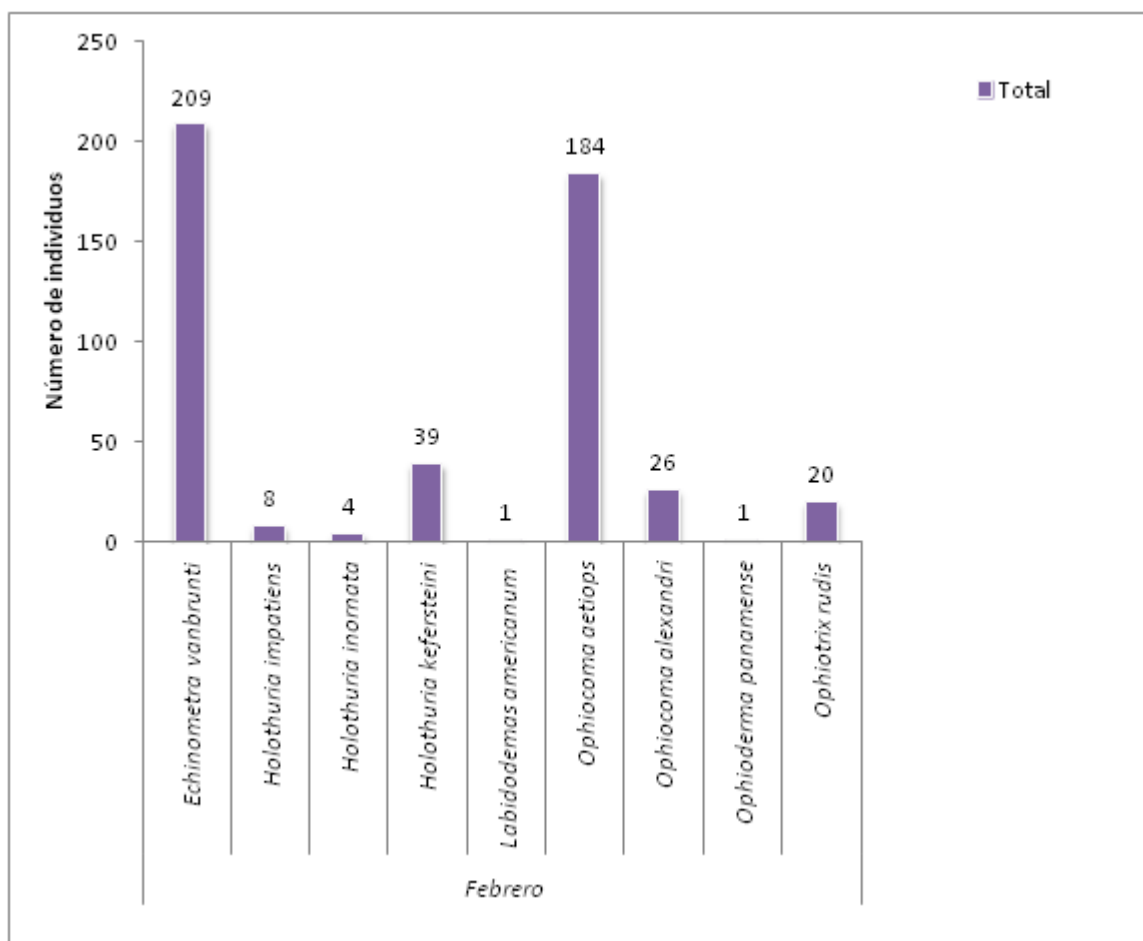


Gráfico 2: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbanos, El Faro, La Privada y Decameron, febrero 2015.



Figura 16: *Echinometra vanbrunti*

En el segundo mes de estudio correspondiente a marzo se registró la presencia de 8 especies siendo *Ophicoma aetiops* con 198 individuos la especie con mayor abundancia seguida de 77 individuos de *Echinometra vanbrunti*, otros individuos registrados con menor presencia fueron *Holoturia inornata* (Figura 17a) con 4 individuos y *Ophioderma panamense* (Figura 17b) con 2 individuos.



Figura 17a y 17b. *Holoturia inornata* (izquierda) y *Ophioderma panamense* (derecha).

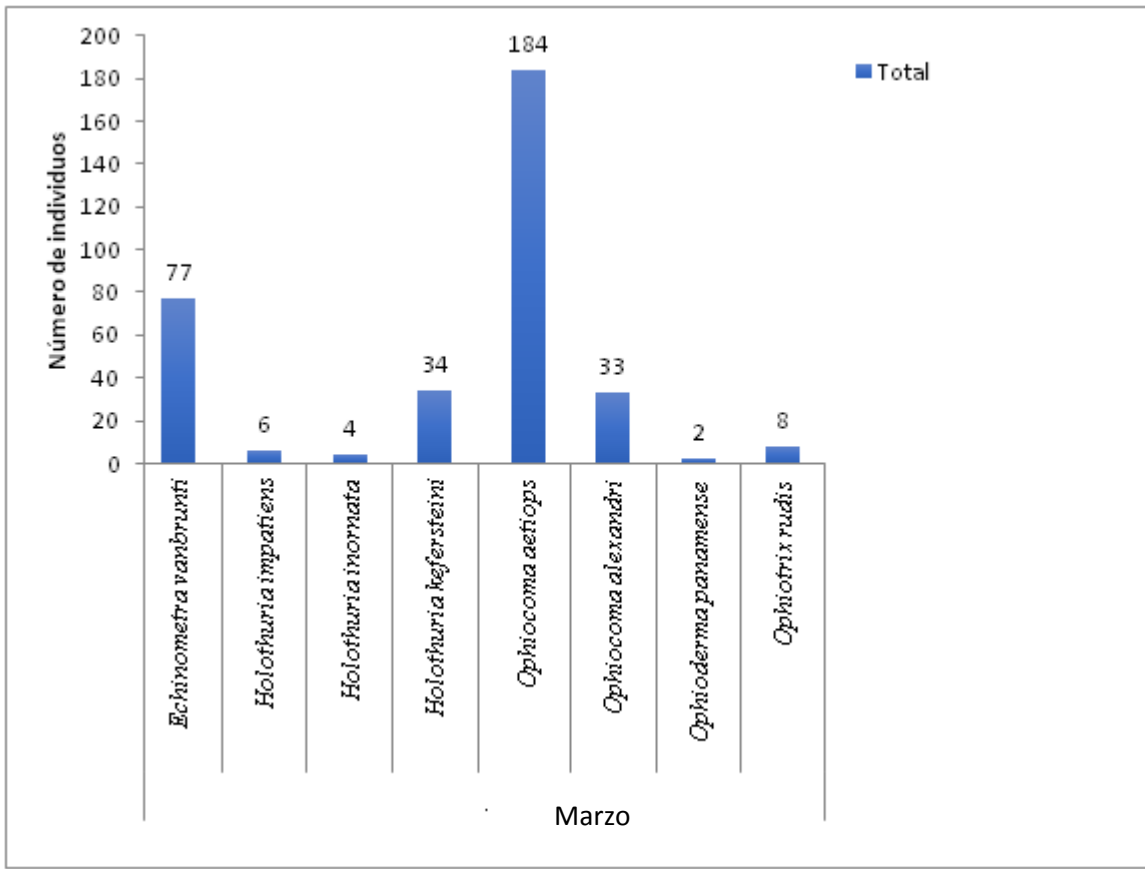


Gráfico 3: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbanos, El Faro, La Privada y Decameron, marzo 2015.

En el mes de abril se encontraron 9 especies, se registra la presencia de *Diadema mexicanum* que es muy escasa su presencia, se encontraron 2 individuos. La especie que se encontró en mayor proporción para este muestreo fue *Echinometra vanbrunti* con 230.

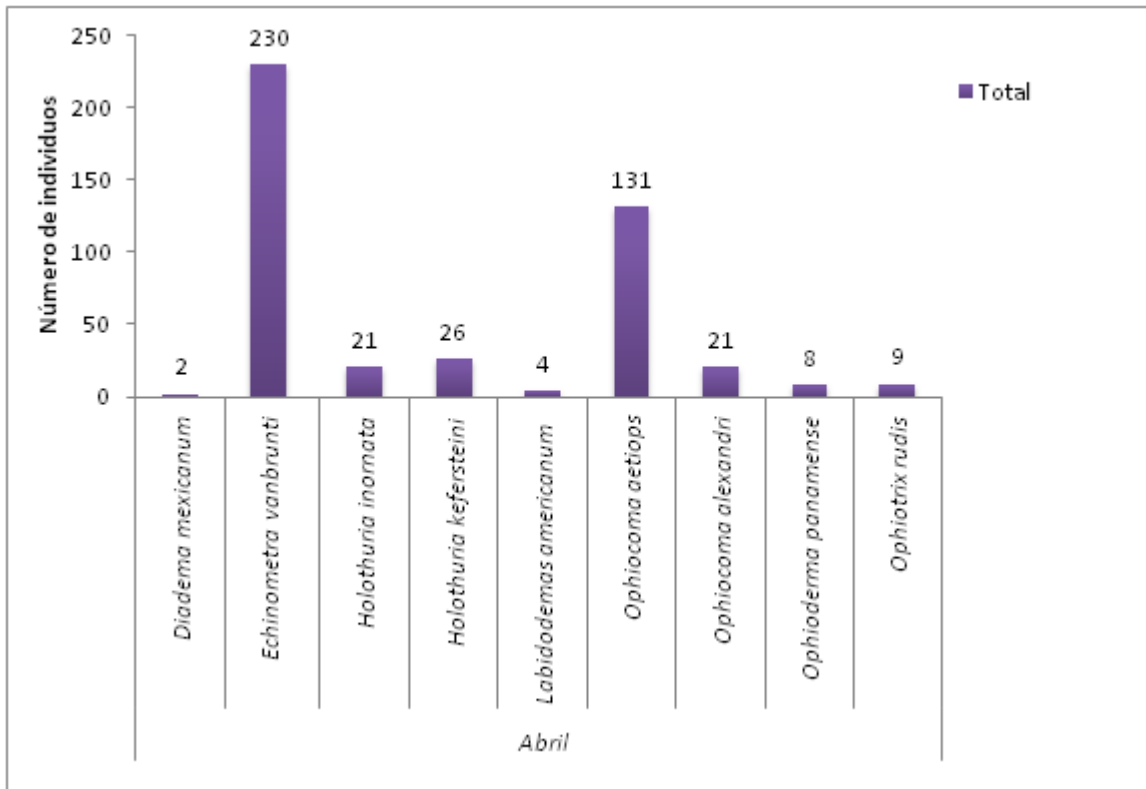


Gráfico 4: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, abril 2015.

Para el mes de mayo se registró la presencia de 9 especies, durante este muestreo fue posible encontrar dos individuos de la especie *Ophionereis annulata* (Figura 18), también se registra la presencia de especies muy escasas como *Holothuria impatiens* (1 individuo) y *Labidodemas americanum* (2 individuos). La especie más abundante fue *Ophicoma aetiops* (215 individuos).



Figura 18. Brazos de *Ophionereis annulata*

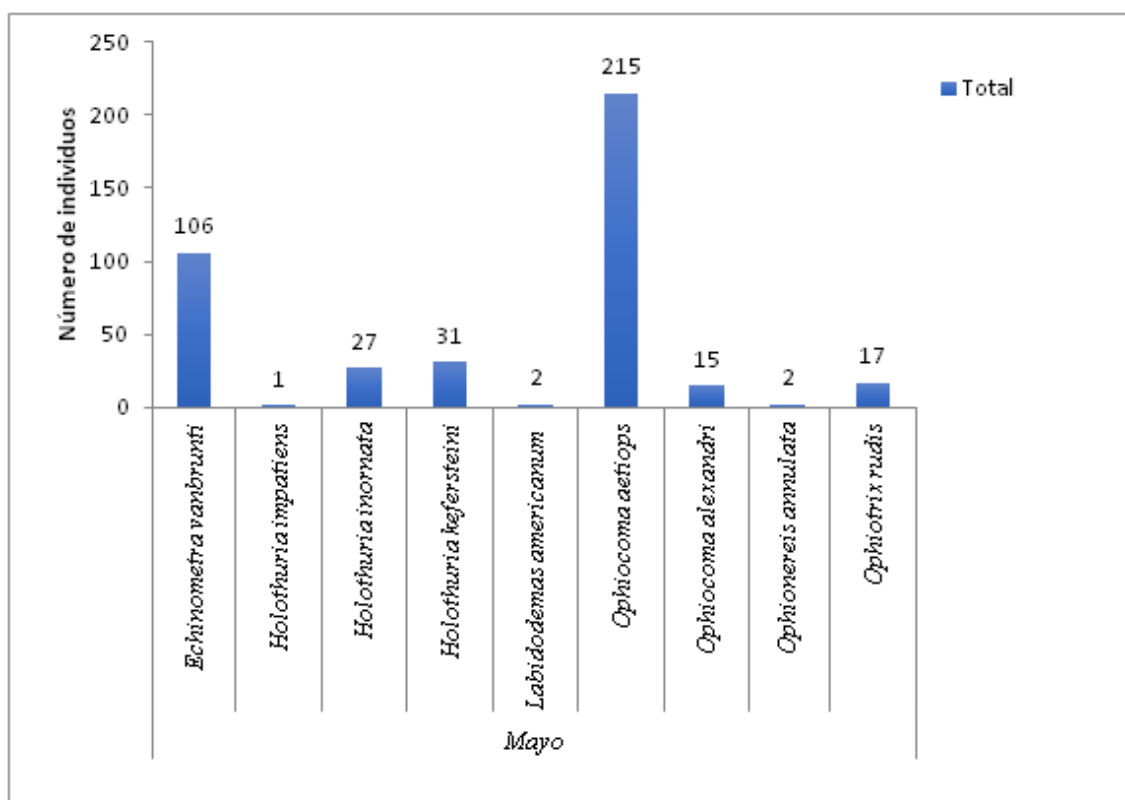


Gráfico 5: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, mayo 2015.



Fue posible registrar en el mes de junio la presencia de 9 especies, registrándose 1 individuo de *Diadema mexicanum* para la playa El Faro siendo este el único individuo encontrado en esta playa. Las especies menos abundantes fueron *Ophiotrix rudis* (4 individuos), *Ophiocoma panamense* (4 individuos), *Labidodemas americanum* (4 individuos). Durante las jornadas se presentaron oleajes irregulares debido al fenómeno de mar de fondo.

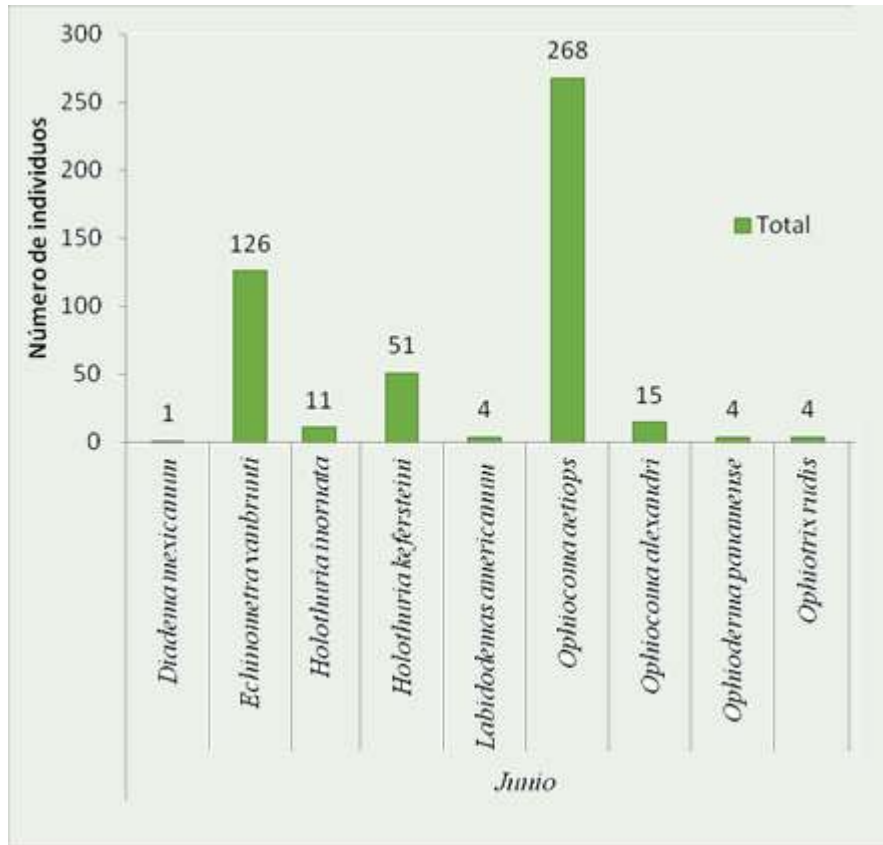


Gráfico 6: Abundancia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano, El Faro, La Privada y Decameron, junio 2015.

### DISTRIBUCION DE ESPECIES POR PLAYA

En la playa Los Cóbano se registraron 10 especies de equinodermos, las especies más representativas del sitio son *Ophiocoma aetiops*, *Echinometra vanbrunti*, *Holothuria kefersteini* (Figura 19) y *O. alexandri*. (Gráfico 7).

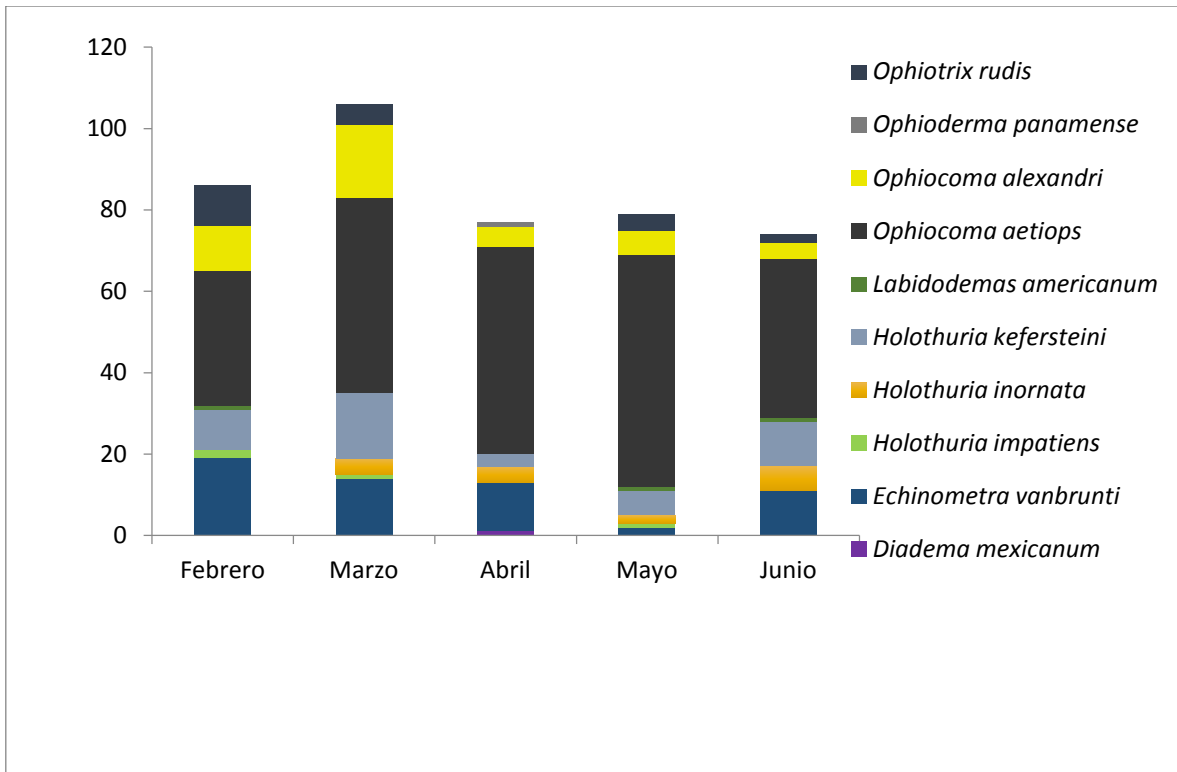


Gráfico 7: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en las playas Los Cóbano.

En la playa El Faro (Gráfico 8) se registraron 8 especies durante el periodo de muestreo siendo las más representativas *Echinometra vanbrunti* y *Ophiocoma aetiops*, el resto son escasas; representadas por: *Holothuria inornata*, *Holothuria impatiens*, *Holothuria kefersteini* (Figura 19), *Ophiocoma alexandri*, *Ophioderma panamense* y *Ophiotrix rudis* (Figura 20).



Figura 19: *Holothuria kefersteini*  
0

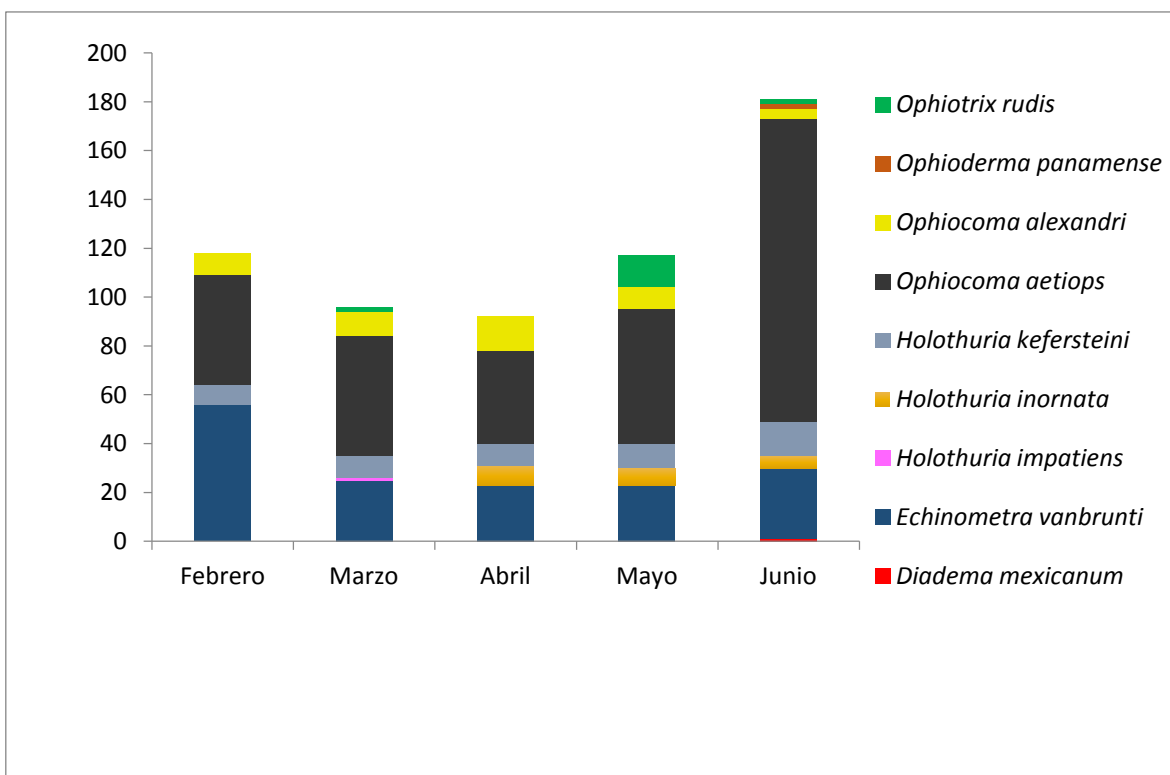


Gráfico 8: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa El Faro.

Se reportan 10 especies para la playa La Privada (Gráfico 9), las más representativas son *Echinometra vanbrunti*, *Ophiocoma aetiops* y *Holothuria kefersteini*, también se registra únicamente en esta playa son escasos ejemplares *Ophionereis annulata*.



Figura 20. *Ophiotrix rudis*

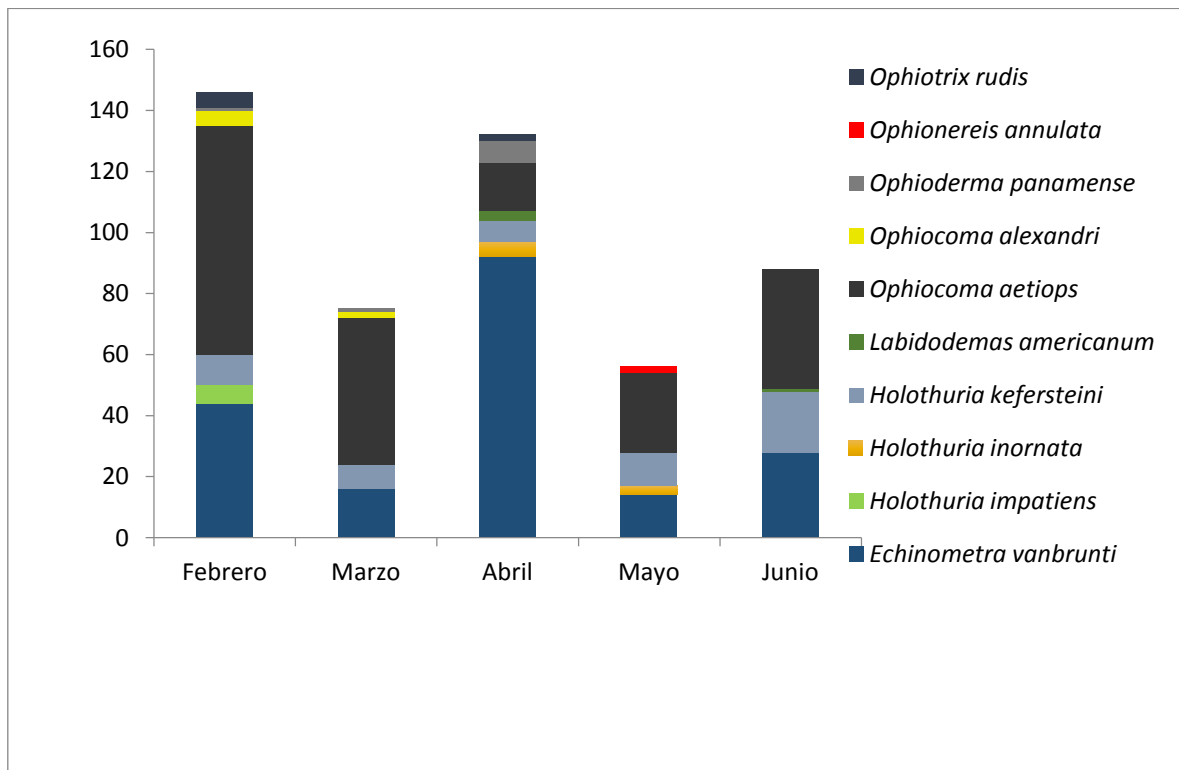


Gráfico 9: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa La Privada.

En la playa El Decameron (Gráfico 10) fue posible contabilizar el mayor número de individuos de la presente investigación, en esta se presentan 669 individuos de equinodermos presentándose mayormente las especies *Ophiocoma aetiops*, *Echinometra vanbrunti*, *Holothuria kefersteini*, en esta playa también se encontró al menos un individuo de *Diadema mexicanum*.

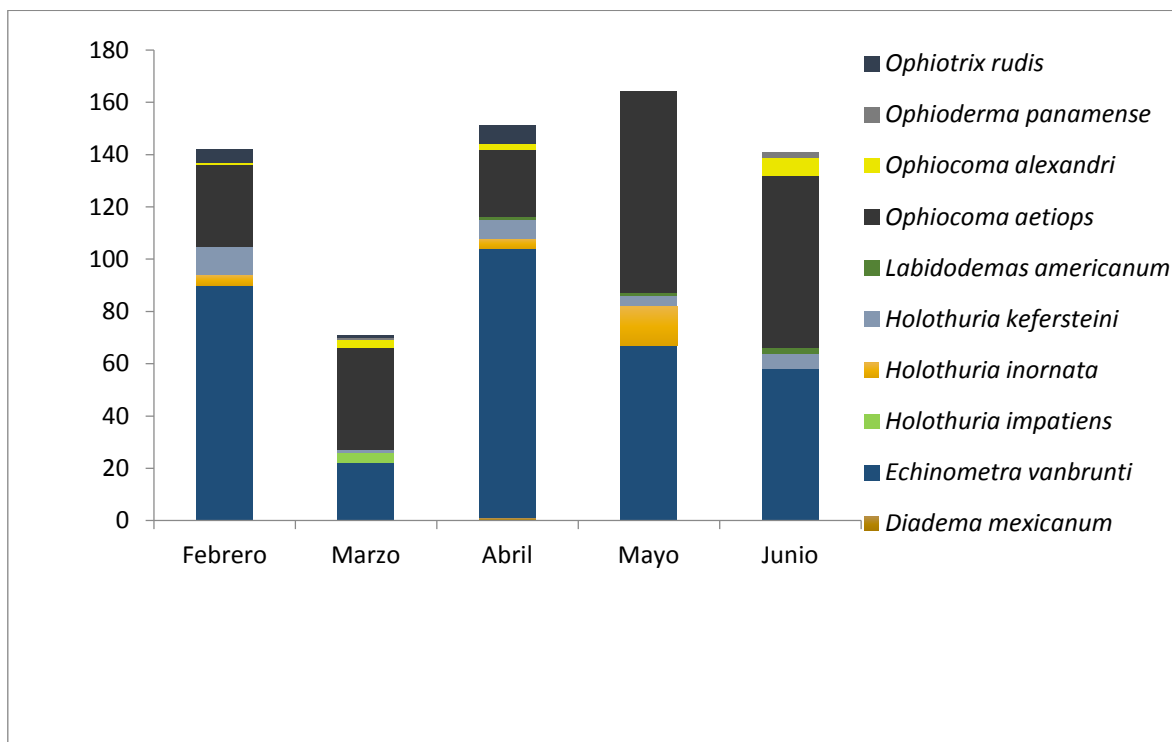


Gráfico 10: Frecuencia de especies de equinodermos registrados en la playa Decameron.

## DISTRIBUCION DE EQUINODERMOS POR DISTANCIA A LA COSTA

Durante los meses de muestreo para la playa Los Cóbanos la distribución de la Clase Holothuroidea (Gráfico 11) se presentó de la siguiente manera: *Labidodemas americanum* se encontró en los 100 y 200 metros, no se reporta ocurrencia para los 300m perpendiculares a la costa; mismo caso es la ocurrencia de *Holothuria impatiens*. Fue posible encontrar un mayor número de individuos en los meses de febrero y marzo. En el caso de *Holothuria kefersteini* se encontró con mayor proporción que el resto de especies, siendo más abundantes en los meses de febrero y marzo, encontrándose también con mayor abundancia entre los 100 y 200 metros. En general las especies de esta clase son muy

escasos en los 300 metros y sólo se reporta para esta distancia la presencia de *Holothuria inornata* y *Holothuria kefersteini*.

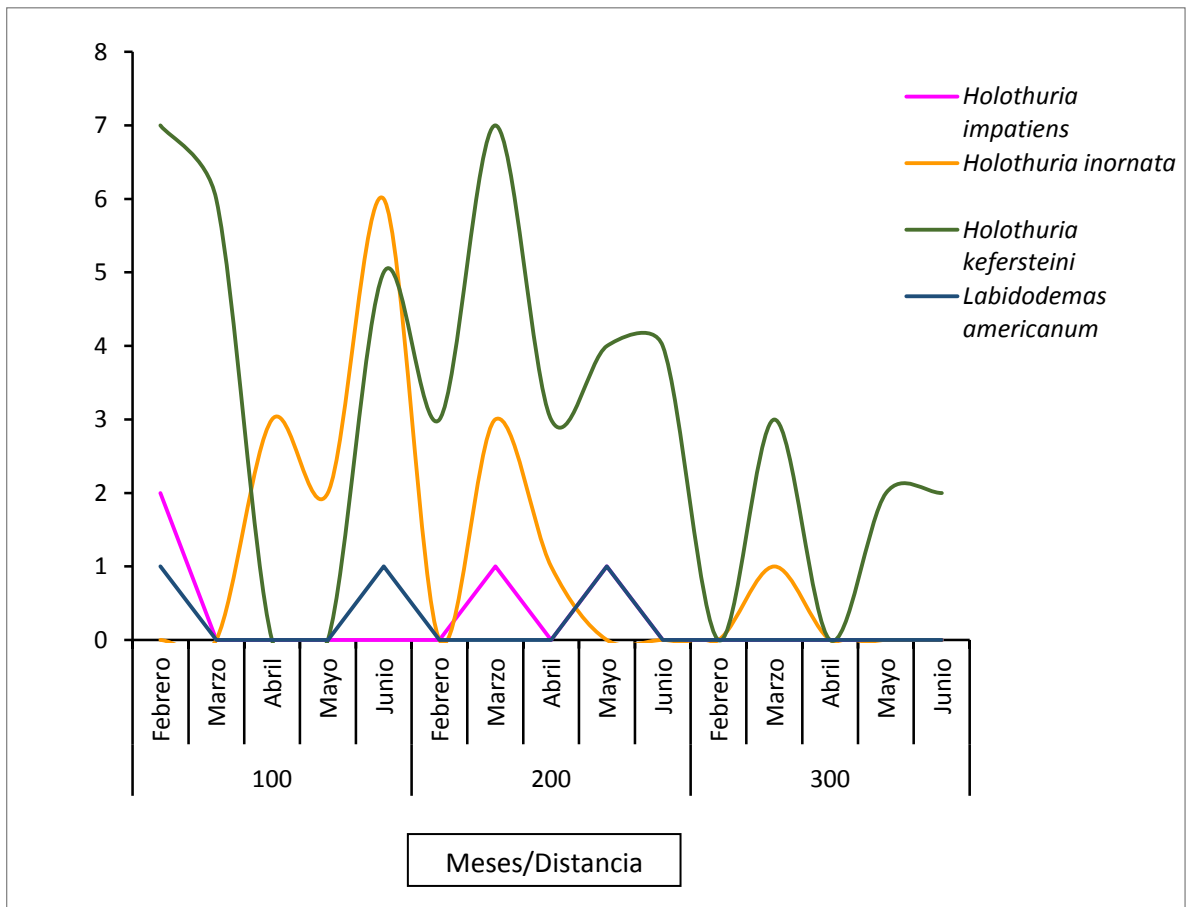


Gráfico 11: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa Los Cóbanos. Febrero-Junio.

Respecto a las clases Ophiuroidea y Echinoidea en la misma playa se reportan mayor número de individuos distribuidos entre los 100 y 200 metros, siendo menor la distribución espacial a los 300 metros (Gráfico 12). La especie de menor tamaño como *Ophiotrix rudis* es más escasa y se reporta con avistamientos en los tres intervalos de distancia. En el caso particular de *Diadema mexicanum* solo se reporta la presencia de un individuo en los 100 metros para el mes de abril. La ocurrencia de la especie *Ophiocoma aetiops* es predominante sobre el resto de las especies con un registro de hasta 30 individuos en los 200 metros para el mes de abril, sin embargo se reporta una disminución de la frecuencia de esta a los 300 metros. De manera distinta se presenta la especie *Ophiocoma alexandri*, esta es posible encontrarla con mayor abundancia entre los 200 y 300 metros; los individuos más grandes de esta especie fueron observados a los 300 metros.

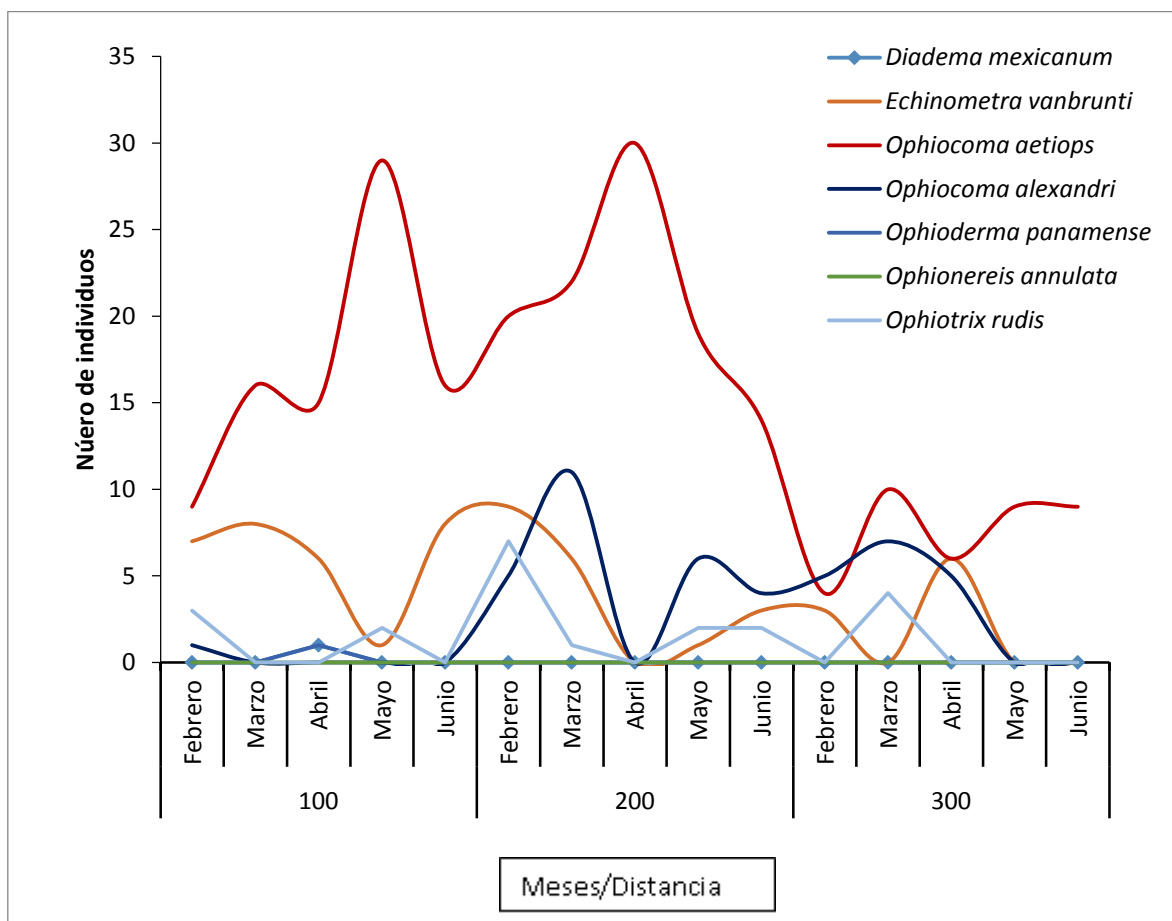


Gráfico 12: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ofiuroideos en la playa Los Cóbano. Febrero-Junio.

Los Holoturiideos en la playa El Faro se registraron de la siguiente manera: la especie *Holothuria impatiens* se reportó únicamente en el mes de marzo en los 300 metros con un solo individuo; no se reporta la presencia de *Labidomemas americanum* para este sitio. Se observó la presencia de *Holothuria kefersteini* en la mayoría de los meses y de manera abundante respecto al resto de especies de esta clase. También se registró la presencia de *Holothuria inornata* en las tres distancias en estudio con interrupciones en algunos meses. (Gráfico 13).

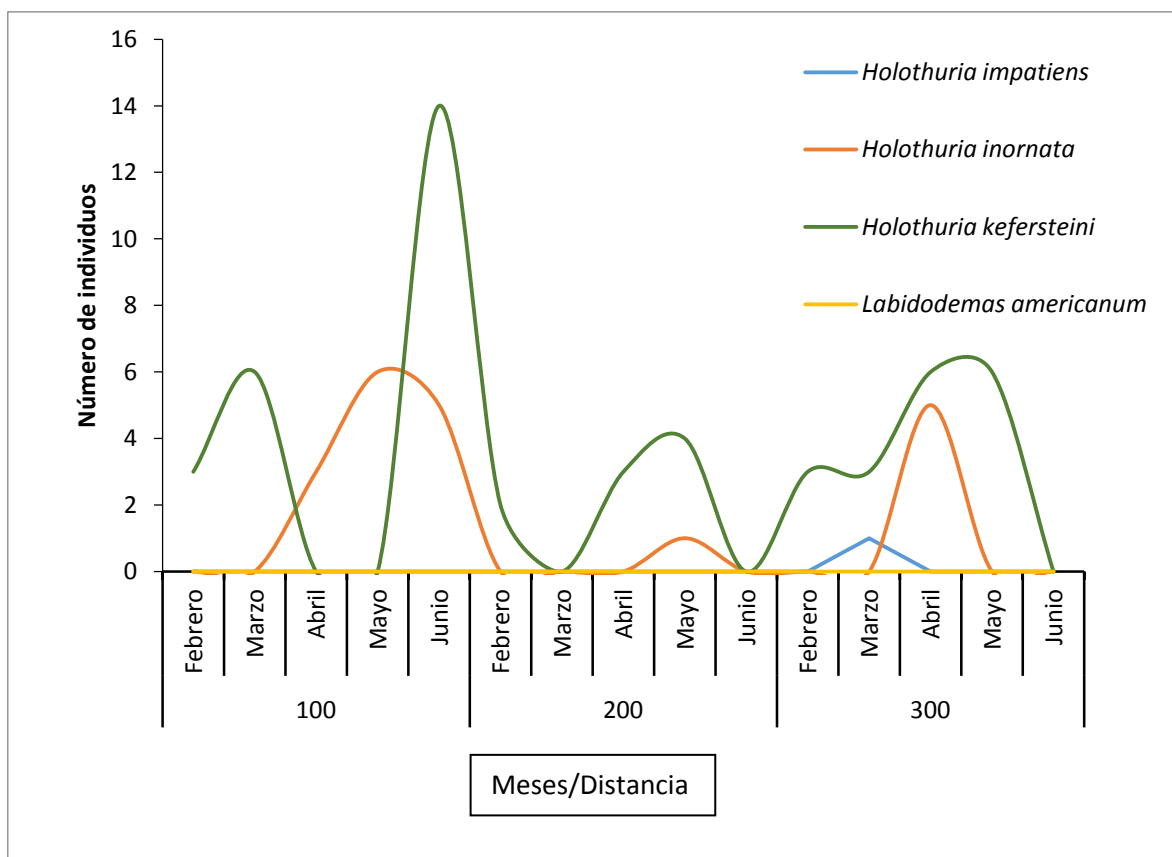


Gráfico 13: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa El Faro. Febrero-Junio.



La distribución de Equinoideos y Ophiuroideos en la playa El Faro (Gráfico 14) durante el período de muestreo fue la siguiente: en el caso de *Ophiocoma aetiops* se encontró distribuida regularmente en las diferentes distancias estudiadas. *Echinometra banbrunti* se encuentra también distribuida en las tres diferentes distancias pero su mayor ocurrencia se presenta a los 100m. Caso contrario es el de *Ophiocoma alexandri* que su mayor abundancia se presenta a los 300m, fue posible encontrar individuos escasamente a los 100m y los 200m; estos resultaron ser de mayor tamaño. *Ophiotrix rudis* se encontró también a los 100m teniendo menor presencia a los 200m.

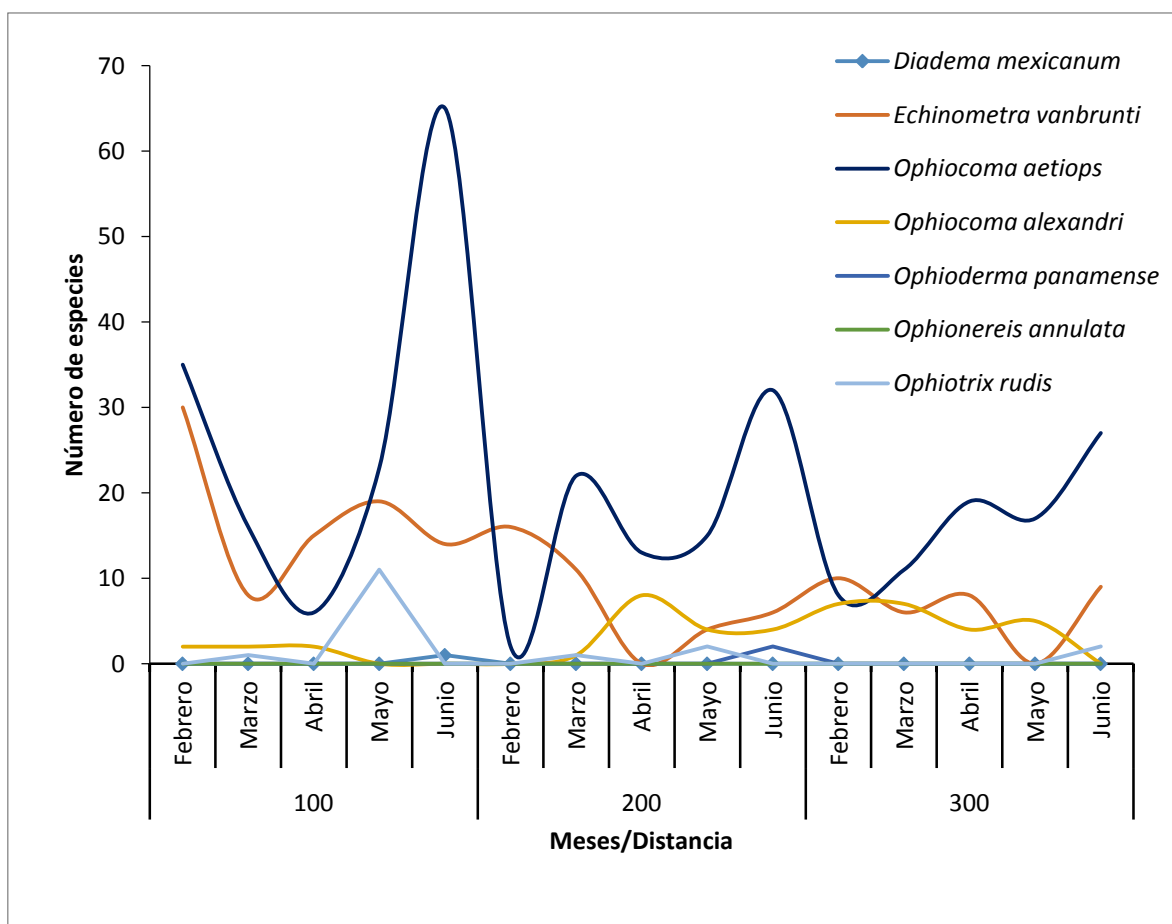


Gráfico 14: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ofiuroideos en la playa El Faro. Febrero-Junio.

Para la playa La Privada en el caso de los Holoturoideos se reportó mayor presencia de *Holothuria kefersteini* encontrándose mayormente distribuido a los 100m al igual que el resto de Holoturoideos (Gráfico 15). La no presencia o la escasa abundancia de estos

organismos a partir de los 200m perpendiculares a la costa se debe a que el sitio presenta alta energía en el oleaje a estas distancias; también a la falta de madrigueras para estos organismos.

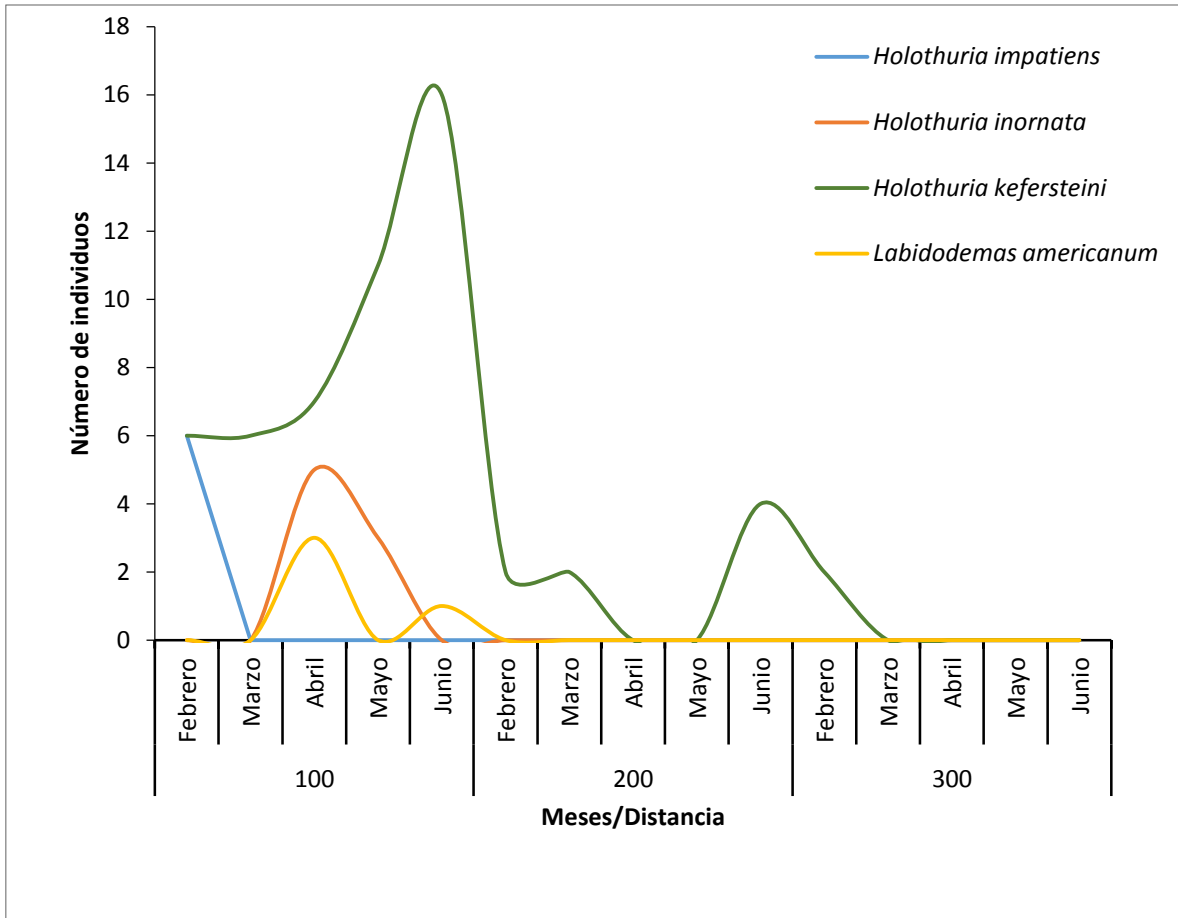


Gráfico 15: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa La Privada. Febrero-Junio.

En la playa La Privada los Ofiuroideos y Equinoideos (Gráfico 16) la distribución se presentó de la siguiente manera: la especie *Ophiocoma aetiops* de manera se observó constante en los puntos de muestreos, con una ocurrencia de más de 40 individuos en el mes de febrero para los 100m respecto a la costa, se observa poca presencia de *Ophioderma panamense* de la cual no se registra a los 300 metros. La presencia de *Ophiocoma alexandri* es muy escasa y se presenta únicamente a los 100 metros. Particularmente se registra la ocurrencia de *Ophionereis annulata* exclusivamente para esta playa. También se presenta

de manera escasa *Ophiotrix rudis* en este sitio. Para el caso de los Equinoideos, no se reporta la presencia de *Diadema mexicanum*; *Echinometra vanbrunti* se encontró en las tres distancias, reportándose mayor ocurrencia en el mes de febrero para los 200 metros.

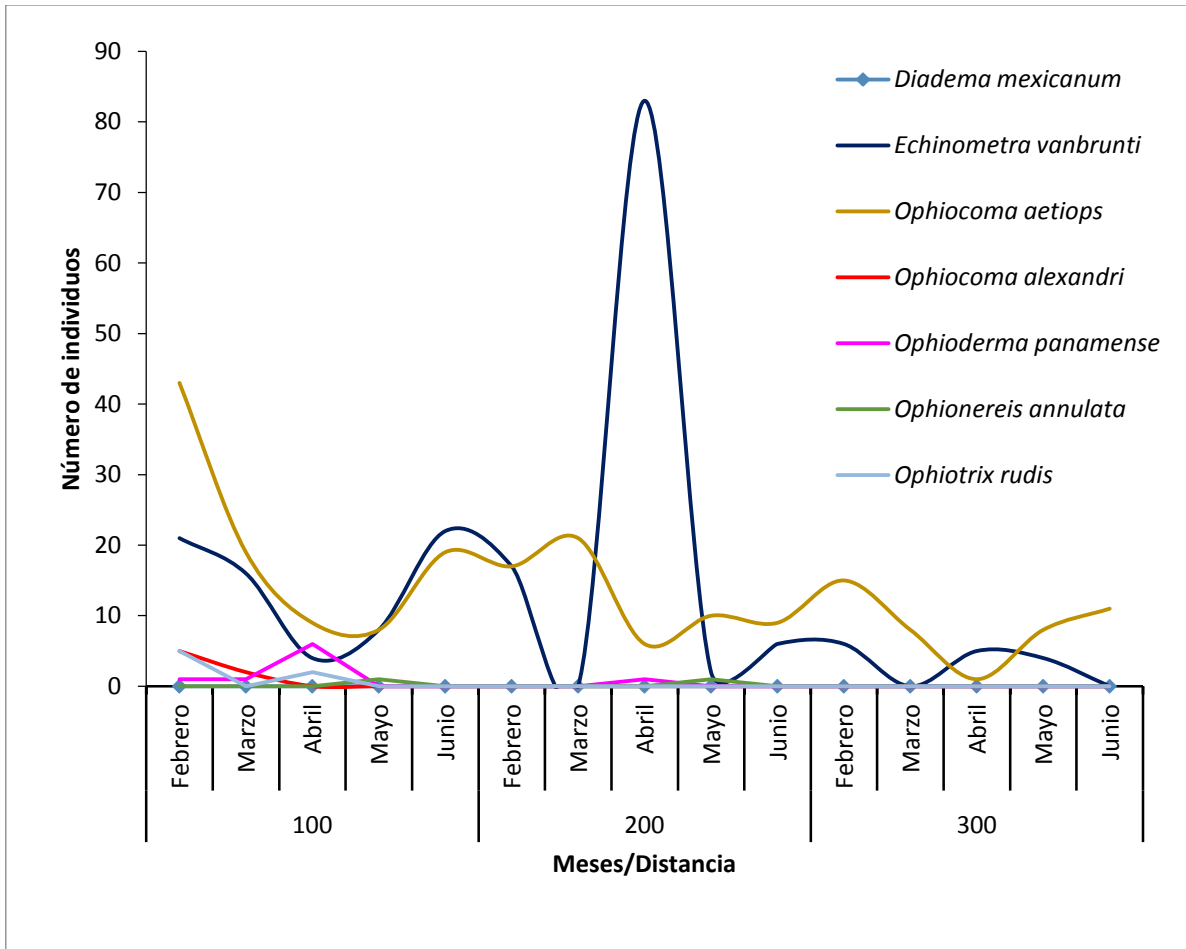


Gráfico 16: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ophiuroideos en la playa La Privada. Febrero-Junio.

La distribución de los Holoturoideos de la playa Decameron (Gráfico 17) ocurrieron principalmente en los 100 m, encontrándose en menor proporción en los 200m; a los 300m no se reportó ningún individuo debido a las condiciones que presenta esta playa, durante la marea baja no supera los 25cms de profundidad.

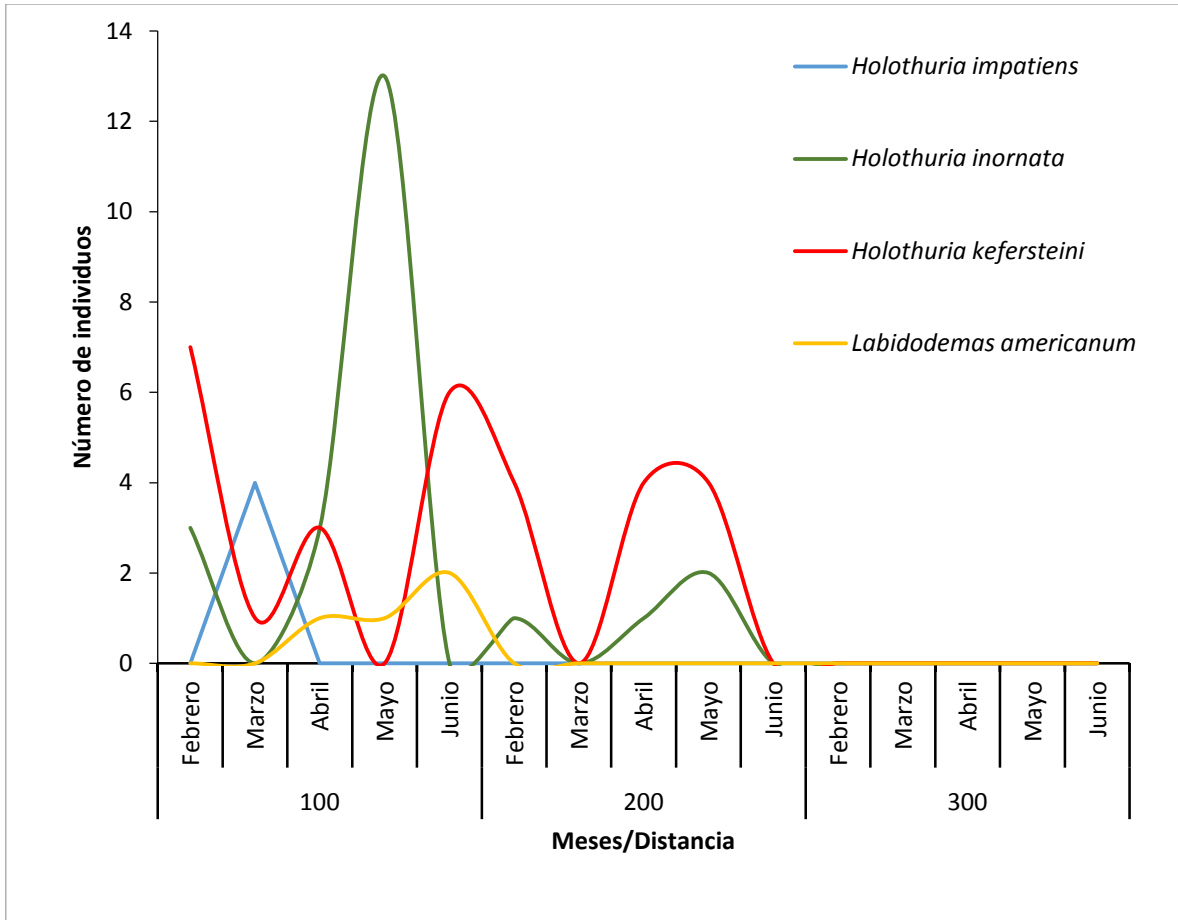


Gráfico 17: Distribución por distancia respecto a la costa de Holoturoideos en la playa Decameron. Febrero-Junio.

Para la playa El Decameron presenta una mayor ocurrencia de especies de Equinoideos y Ophiuroideos a los 100m perpendiculares a la costa, siendo disminuida a los 200m y 300m (Gráfico 18). En general a los 300 metros existe poca disponibilidad de hábitat en esta zona debido a que la plataforma rocosa presenta pequeñas grutas donde no pueden refugiarse estos organismos además, esta plataforma se encuentra más alta, de este modo queda seca en algunos sitios correspondientes a los 200m y 300m en las mareas más bajas. Sin embargo, pocos individuos de *Echinometra vanbrunti* y *Ophiocoma aetiops* quedan refugiados entre las pocas rocas que existen en este sitio, con una profundidad máxima de 25cms.

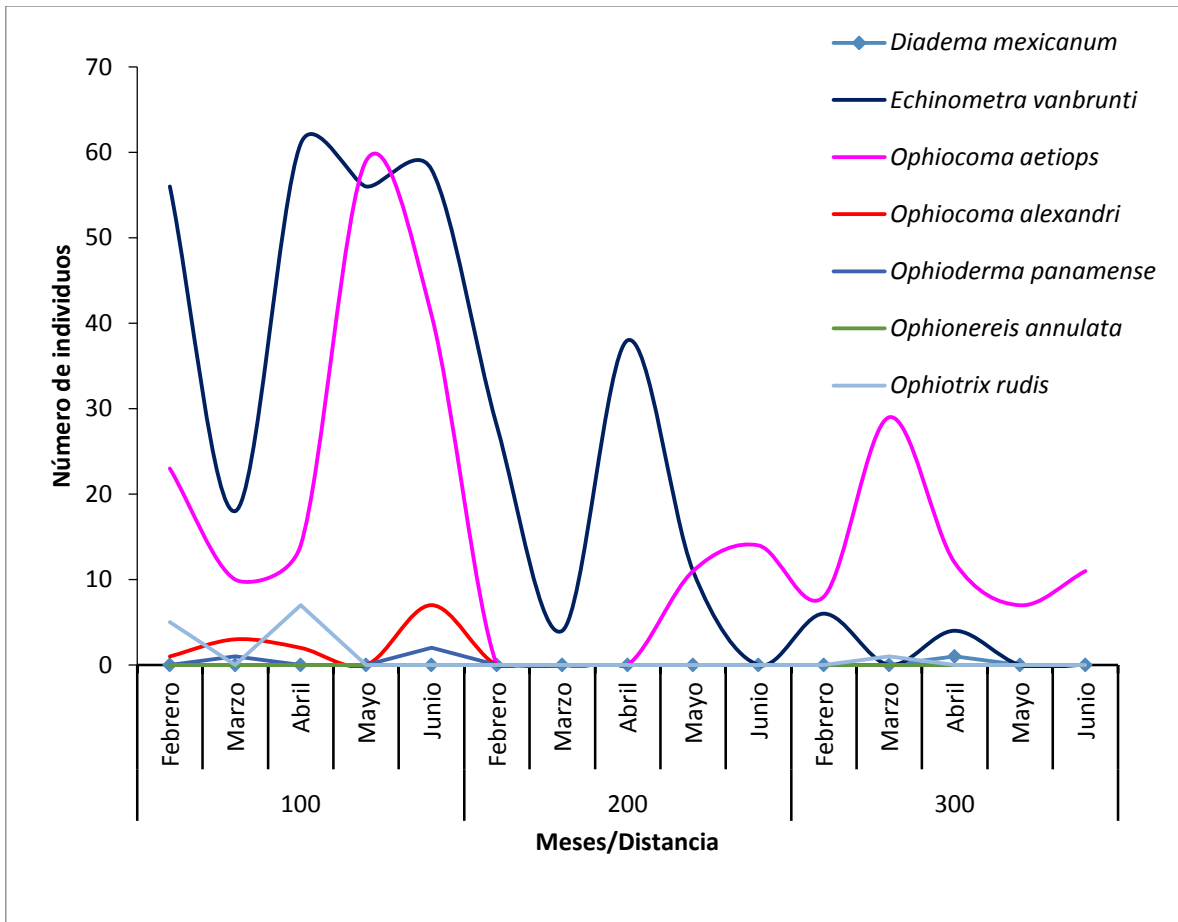


Gráfico 18: Distribución por distancia respecto a la costa de Equinoideos y Ophiurodeos en la playa Decameron. Febrero-Junio.

## SIMILITUD

La similitud con respecto a la especies contabilizadas durante el muestreo (Gráfico 19 y Tabla 3), se presentó mayor disimilitud de *Ophioneiris annulata* con respecto al resto de especies registradas, esta especie fue registrada únicamente para la Playa La Privada, siendo esta especie muy escasa. El resto de especies presentan una similitud del 60%.

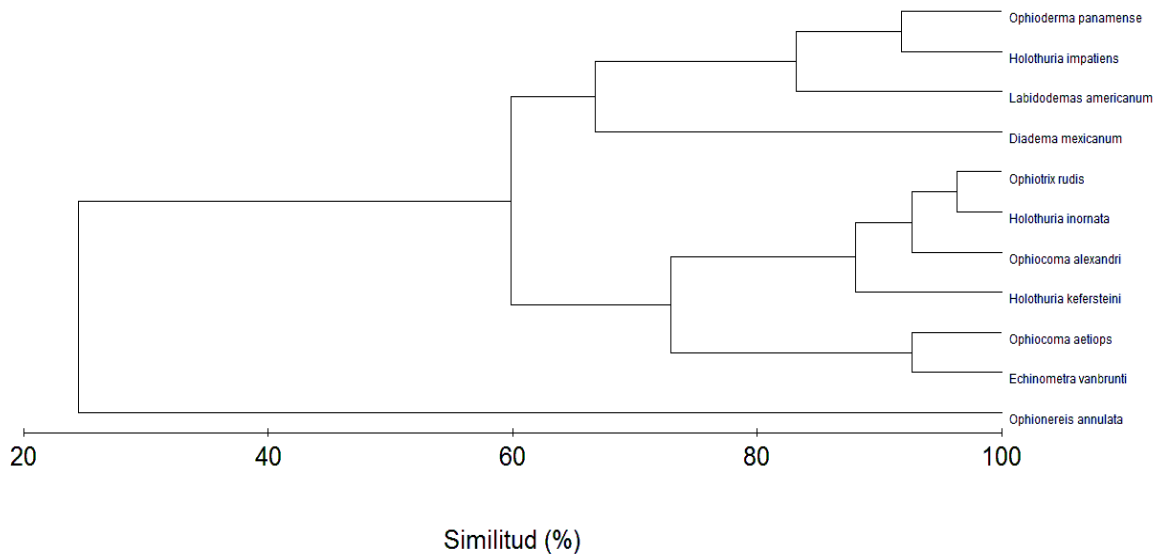


Gráfico 19: Similitud de especies de Equidermos de la zona intermareal. Febrero-Junio.

Las playas que presentaron mayor similitud fueron Los Cóbano y El Decameron con el 92.5%, en el caso de la playa El Faro y las primeras conforman un grupo de similitud, siendo esta de un aproximado de 91%, siendo la más disímil la playa La Privada con 85% con respecto a las demás. La similitud de dichas playas es alta, esto es debido a que los equidermos se encuentran asociados a rocas y en estos ecosistemas se encuentra la presencia de estas (Gráfico 20 Tabla 4).

	<i>Diadema mexicanum</i>	<i>Echinometra vanbrunti</i>	<i>Holothuria impatiens</i>	<i>Holothuria inornata</i>	<i>Holothuria kefersteini</i>	<i>Labidodemas americanum</i>	<i>Ophiocoma aetiops</i>	<i>Ophiocoma alexandri</i>	<i>Ophioderma panamense</i>	<i>Ophionereis annulata</i>	<i>Ophiotrix rudis</i>
<i>Diadema mexicanum</i>											
<i>Echinometra vanbrunti</i>	34,64										
<i>Holothuria impatiens</i>	71,48	54,72									
<i>Holothuria inornata</i>	54,61	71,61	80,62								
<i>Holothuria kefersteini</i>	45,05	83,76	68,65	87,25							
<i>Labidodemas americanum</i>	55,99	44,89	86,90	68,33	57,31						
<i>Ophiocoma aetiops</i>	31,92	92,69	50,91	67,16	79,03	41,57					
<i>Ophiocoma alexandri</i>	51,26	75,61	76,51	91,54	91,51	64,51	71,06				
<i>Ophioderma panamense</i>	72,84	53,56	91,83	78,45	67,33	79,52	49,80	73,61			
<i>Ophionereis annulata</i>	0,00	15,34	36,13	25,92	20,67	44,59	14,00	24,04	37,01		
<i>Ophiotrix rudis</i>	56,09	69,92	82,41	96,36	85,44	70,00	65,52	93,85	79,35	26,77	

Tabla 3. : Similitud de especies de Equidermos de la zona intermareal. Febrero-Junio.

Tabla 4. Similitud de los sitios muestreados en el Complejo Los C6banos.

	Decameron	El Faro	La Privada	Los Cobanos
Decameron				
El Faro	89,92			
La Privada	88,45	82,56		
Los Cobanos	92,01	91,92	85,25	

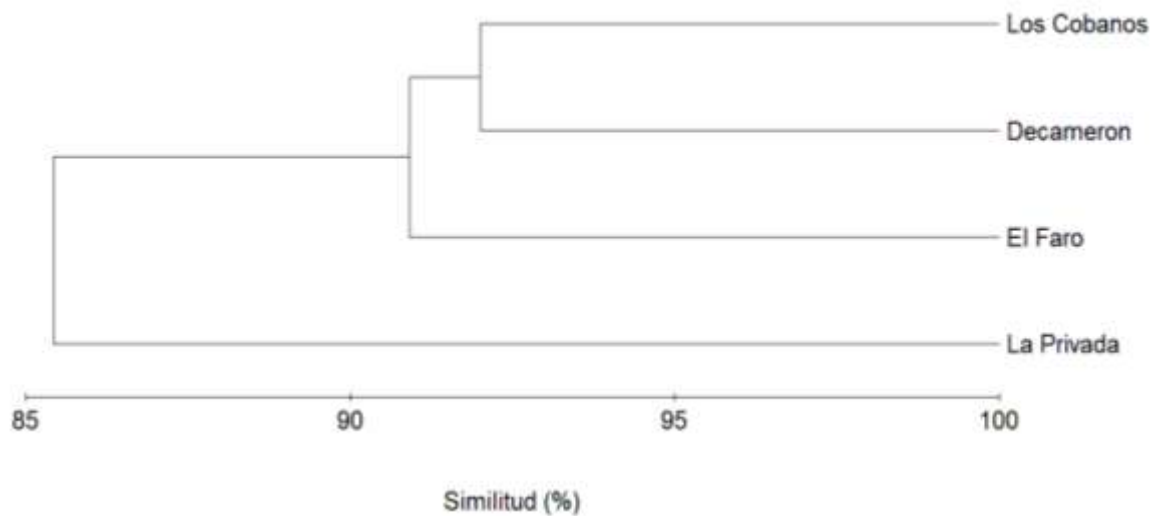


Gráfico 20: Similitud de los sitios muestreados en el Complejo Los C6banos.



## DIVERSIDAD

La diversidad más alta corresponde al mes de mayo, debido a que el Índice de Shannon Wiener (H) presenta 1.376 y el de menor diversidad corresponde a al mes de junio. Sin embargo en general los valores de diversidad son bajos.

Respecto al Índice de Simpson (D), en general la dominancia es baja pero el mayor Índice de dominancia se presenta para el mes de Febrero debido a la alta frecuencia en que se presentan *Ophiocoma aetiops* y *Echinometra vanbrunti* respecto a las otras especies (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de Simpson y Shannon Wiener, diversidad de Equinodermos en los meses de muestreo. Febrero a Junio 2015.

Meses	H'	D'
Febrero	1,3493	3,0301
Marzo	1,3590	2,8888
Abril	1,3674	2,8578
Mayo	1,3768	2,9134
Junio	1,2401	2,5914

La diversidad más alta de Shannon Wiener corresponde a la playa Los Cóbanos y la menor diversidad corresponde a la playa Decameron, de manera general la diversidad se presenta de manera baja.

En Simpson, en general la dominancia es baja; en el caso particular de la playa Decameron los valores se presentan levemente mayores debido a la dominancia de dos especies (*Ophiocoma aetiops* y *Echinometra vanbrunti*) para el sitio. (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de Simpson y Shannon Wiener, diversidad de Equinodermos en los sitios de muestreos. Febrero a Junio 2015.

Sitios	H'	D'
Decameron	1,3493	3,0301
El Faro	1,3590	2,8888
La Privada	1,3674	2,8578
Los Cóbanos	1,3768	2,9134

## ANOVA

El Análisis de Varianza de dos vías, demuestra que existen diferencias significativas ( $P=0,001$ ) entre cada una de las especies de equinodermos encontradas, considerando los sitios y los meses en estudio.

Mientras que respecto a los sitios el Análisis demuestra que la diferencia encontrada no es estadísticamente significativa ( $p = 0,184$ ), considerando los efectos de las diferencias en especies y meses estudiados.

Al evaluar los datos correspondientes a los meses el Análisis de Varianza indica que no existen diferencias significativas ( $P = 0,678$ ) considerando las diferencias en especies y sitios de estudio.

Todo lo anterior sustentado en la siguiente razón estadística:

Mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) de dos vías se determinó que la diferencia en los valores medios entre las diferentes especies son mayores de lo esperado por azar después de tener los efectos de las diferencias entre Sitio y Mes. La diferencia es estadísticamente significativa ( $p = 0,001$ ).

La diferencia en los valores medios entre los diferentes sitios no es suficientemente grande para excluir la posibilidad de que la diferencia es sólo debido a la variabilidad de

muestreo aleatorio tras considerar los efectos de las diferencias en especies y mes. La diferencia no es estadísticamente significativa ( $p = 0,184$ ).

La diferencia en los valores medios entre los meses de estudio no es lo suficientemente grande para excluir la posibilidad de que dicha diferencia es tan sólo debido a la variabilidad de muestreo aleatorio considerando los efectos de las diferencias en especies y sitios. No hay diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0,678$ ).

### **CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES**

Para el monitoreo realizado se obtuvieron un total de 180 unidades de muestreo, estas comprenden los 90 metros cuadrados, 30 minutos de observación por punto de muestreo, resultando un total de 60 horas de observación durante 5 meses, contabilizando 11 especies registradas. La curva se estabilizó en 130 unidades de muestreo, con ello, el esfuerzo de muestreo que se realizó con los métodos empleados en el presente estudio fue óptimo para este tipo de ecosistemados los objetivos planteados; sin embargo pueden existir otros métodos para la búsqueda de mayor número de especies en el sitio.

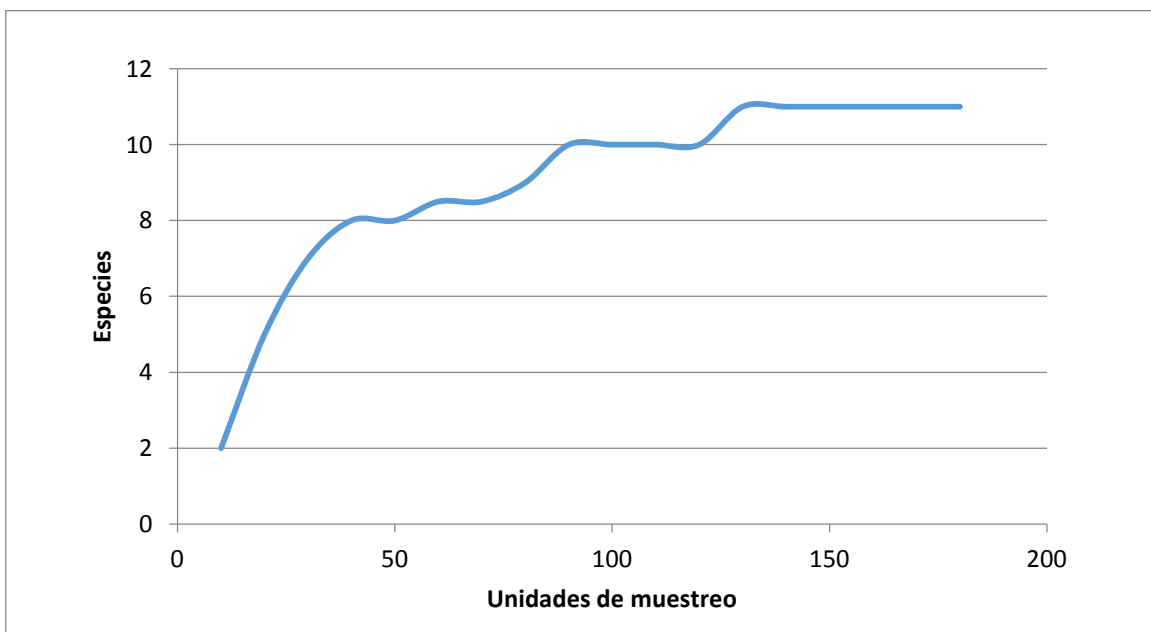


Gráfico 21. Curva de acumulación de especies registradas durante la investigación en cuatro playas del ANP Complejo Los Cóbanos, febrero-junio 2015.

## VI. DISCUSION

Barraza & Hasbún (2005) reportaron un total de 37 especies de equinodermos para El Salvador, de las cuales describen un total de 9 especies para el Complejo Los Cóbano, constituyendo 7 especies intermareales; posteriormente Carballo & Pocasangre (2007) reportan la presencia de una especie más para el país y registraron 13 especies para el Complejo Los Cóbano, estas comprenden las especies intermareales.

En el presente estudio se reporta la presencia de 11 especies de equinodermos intermareales encontradas en el Complejo; el sitio es muy vulnerable y ha tenido alteraciones tanto antropogénicas y ambientales en los últimos años por lo cual las especies presentes tienen gran presión por los factores mencionados. No se reporta la presencia de *H. hilla* en las playas en estudio, esta especie se encuentra restringida en las playas El Flor y El Zope pues es ahí donde la reportan.

Carballo & Pocasangre 2007 reportaron la ocurrencia de *H. hilla* para las playas El Flor y El Zope en el Complejo Los Cóbano, en la presente investigación no se reporta la presencia de esta especie por ello, es posible que se encuentre restringida para dichas playas; además la ocurrencia de estos individuos es escasa. También Barraza (2014) reporta la presencia *Amphiaster insingis*, *Luidia latiradiata*, *Phataria unifascialis*, *Isostichopus fuscus*, *Toxopneustes roeus*, *Astropyga pulvinata*, *Eucidaris thouarsii* de estas algunas son consideradas de profundidad pues es difícil observarlas en la zona intermareal por ello no se reportan en la presente investigación.

En el caso particular de la especie *Echinometra vanbrunti* se reporta mayor abundancia que en la investigación de Carballo & Pocasangre (2007), los autores no reportan individuos para la Playa El Faro mientras que en la presente investigación se reportan un total 748 individuos, siendo en promedio 150 individuos registrados durante cada mes para las playas en estudio; la ausencia de esta especie en la playa para el año 2007 puede estar relacionada a distintos fenómenos ecológicos (Legendre 1993). A su vez, comprende variables físicas como fenómenos geomorfológicos, variaciones climáticas, como también variaciones en las comunidades biológicas y la interacción entre estas a través de fenómenos como la competencia, depredación, etc. Así mismo, los ecosistemas

bentónicos pueden considerarse un mosaico de variables ambientales y biológicas que provocan la variación espacial y temporal de los organismos (Barry & Dayton 1991; Archambault & Bourget 1996). La mayoría de estos individuos se encuentran más expuestos por lo que su presencia es fácil de registrar, otros se encuentran debajo de las rocas particularmente en La Playa Decameron, esto puede deberse a la acción que tienen las olas sobre las rocas en el sitio, los individuos tratan de refugiarse más a menudo para evitar ser arrastrados y ser lanzados contra el rompeolas de rocas ubicado en esta playa. Durante el presente muestro se reportan 156 individuos para la Playa El Faro.

*Labidodemas americanum* es una especie muy poco común en el área Carballo & Pocasangre 2007, registran la presencia de 7 individuos en la playa El Faro mientras que en la presente investigación no fue posible reportarlo para dicha playa; sin embargo se registra la presencia de 11 individuos en las otras playas de estudio (Los Cóbano, La Privada y Decameron). Además, registraron la presencia de *Ophiactis savignyi*; una pequeña estrella quebradiza de seis brazos, fue reportada por los autores pero en la presente investigación no fue posible registrar su presencia en ninguna de las playas en estudio, siendo esta especie junto con *L. americanum* muy escasa en el arrecife.

No se registra la presencia de *Astropyga pulvinata*, esta especie es de hábitos más bien profundos, Carballo & Pocasangre (2007) registran la presencia de esta especie (dos individuos) su ocurrencia puede deberse a las condiciones particulares de la Playa El Zope; esta se caracteriza por ser energética respecto a sus olas y con mayor profundidad respecto a los sitios de estudio de la presente investigación.

La clase más abundante fue la Ophiuroidea, siendo la especie más abundante *Ophiocoma aetiops* del mismo modo con los estudios realizados por Carballo & Pocasangre 2007 en el Complejo Los Cóbano, coincidiendo además con estudios en otros ecosistemas del Pacífico (Caso *et. al.*, 1996; Alvarado & Fernández 2005). Estos organismos se encuentran muy bien adaptados al sistema arrecifal encontrándose refugiados en los espacios de las rocas, su anatomía les permite introducirse en los lugares menos pensados.

Por otro lado las especies *Labidodemas americanum*, *Holothuria impatiens* y *Ophiothrix rudis* son poco abundantes en el área pues los autores Carballo & Pocasangre (2007), encontraron unos cuantos individuos; coincidiendo la poca frecuencia en la presente investigación. También reportan los mismos autores *H. hilla* para las playas “El Flor” y “El Zope” que la presente investigación no se pudo constatar la presencia de esta en las playas en estudio por ello la especie es sumamente escasa en el complejo arrecifal y/o puede encontrarse muy restringidas en dichas playas.

## **Distribución**

Según Sonnenholzner & Lawrence (2002), la distribución de *Diadema mexicanum* puede variar dependiendo del tipo de hábitat y de la profundidad; con frecuencia se encuentran en aguas someras o en aguas relativamente profundas entre los 6 y 12 metros; esta especie es sumamente escasa en el arrecife en estudio, pues solamente se registraron 3 individuos en la presente investigación, se observaron refugiados en grietas o cuevas. Carballo & Pocasangre (2007) no registran la ocurrencia de esta especie, posiblemente esta especie sea más común a mayores profundidades y no en zonas intermareales ya que los diademáticos son comunes en la mayoría de sistemas arrecifales (Glynn, 1997). Otro factor determinante que puede incidir en la limitación de esta especie es la presencia de depredadores de las familias Tetrodontidae, Diodontidae, Labridae y Balistidae pues estas se alimentan de estos individuos (Alvarado *et al.* 2015).

*Echinometra vanbrunti* es una especie excavadora, los individuos realizan madrigueras para protegerse del oleaje, esta conducta fue observada en los sitios de estudio alrededor de un metro de profundidad; Lozano *et al.* (2011) observaron también este hábito sobre la pared de los acantilados de Isla Palma, Colombia a una profundidad menor a un metro. En general la distribución de equinodermos y especialmente de los Holoturioideos en el Complejo Los Cóbano se encuentra restringida a la disponibilidad de refugio entre las rocas, pues es ahí donde se encuentran en mayor cantidad, no así donde se presentan las zonas de plataforma rocosa, en esta zona es difícil encontrar equinodermos pues no lo les

proporciona refugio en la mayoría de los casos contra intensa acción de las olas y/o posibles depredadoras.

En el caso del género *Ophioneiris* se encontró solamente un individuo, este representa el primer reporte de la especie en el Complejo Los Cóbano. Ésta especie cuenta con presencia en algunos países centroamericanos como Honduras, Costa Rica y Panamá (Alvarado *et. al*, 2008).

## VII. CONCLUSIONES

Se identificaron 11 especies pertenecientes a las clases: Ophiuroidea, Holothuriodea, y Echinoidea.

Del total de 2192 individuos que fueron registrados, la especie más abundante en la investigación fue *Ophiocoma aetiops* con 982 individuos.

Las especies *Ophioneiris annulata*, *Diadema mexicanum*, *Holothuria impatiens*, *Labidodemas americanum* presentan abundancias bajas en los sitios de estudios.

La distribución de equinodermos en el Complejo Los Cóbanoes está restringida a la disponibilidad de refugio entre las rocas para evitar la acción del oleaje o por posibles depredadores.

Las playas en estudio con respecto a la fauna intermareal de equinodermos presentan un alto índice de similitud (hasta 92%) en sus especies debido a que todas estas playas presentan condiciones similares como la presencia de rocas a lo largo de la costa donde pueden refugiarse este tipo de fauna.

La especie que presentó menor abundancia fue *Ophioneiris annulata* de la cual se encontró solamente dos individuos, este representa el primer reporte de la especie en el Complejo Los Cóbanoes.



## VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para estudios posteriores se consideren factores biofísicos tales como temperatura y salinidad ya que estos pueden incidir en el comportamiento de las especies. Así como también realizar este tipo de análisis a mayores profundidades en el área para la conservación y el conocimiento del arrecife.

Es recomendable fijar inmediatamente las muestras colectadas y estandarizar las soluciones a utilizar para que el tejido de estos organismos no se dañe pues es sumamente delicado, así mismo es preferible que las soluciones se mantengan a baja temperatura para conservar dicho tejido.

Es preciso realizar diferentes estudios de ecología de equinodermos y de biología reproductiva.

Es importante realizar investigaciones conductuales sobre estas especies, pues se sabe que algunas son bioerosionadoras y pueden a su vez limitar el desarrollo de los antozooarios, algas y otras especies que dependen de sustrato duro para habitar.

Además, se vuelve importante monitorear las distintas playas que componen el sistema arrecifal, de las cuales no se hace mención en esta investigación, para evaluar la presencia o ausencia de las distintas especies de equinodermos. Para realizar investigaciones en estos sitios se vuelve necesaria la presencia de personal capacitado para brindar seguridad.

Existe ya una legislación para la protección de este ecosistema, sería muy importante contar con rótulos de las acciones que están prohibidas ya que el ecosistema es frágil, de este modo los turistas conocerán con mayor minuciosidad las acciones que pueden poner en riesgo el ecosistema.

## IX. LITERATURA CITADA

- Abreu-Pérez M., F. A. Solís-Martín, A. Laguardia-Figueras. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Ophiuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Rev. Biol.* Vol. 53 (3). 29-52 pp.
- Alvarado, J. 2004. Abundancia del erizo de mar *Centrostephanus coronatus* (Echinoidea: diadematidae) en el pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 52(4): 911-913
- Alvarado J. J. & C. Fernández. 2005. Equinodermos del Parque Marino Ballena, Pacifico. Costa Rica. 2005. *Rev. Trop. Biol.* Vol. 53(3). 275-284 pp.
- Alvarado J. J., F. A. Solís-Marín & Ahearn C. 2008. Equinodermos (Equinodermata) del Caribe Centroamericano. *Rev. Trop. Biol.* Vol. 56 (3). 37-55 pp.
- Alvarado J. J., H. Reyes-Bonilla & F. Benitez-Villalobo. 2015. *Diadema mexicanum*, erizo de mar clave en los arrecifes coralinos del Pacífico Tropical Oriental: lo que sabemos y perspectivas futuras (Diadematoida: Diadematidae). *Rev. Biol. Trop.* Vol. 63 (Supl. 2): 135-157.
- Archambault, P. y Bourget, E. 1996. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.:* 136: 111-121.
- Barraza 1993. Comentarios de los equinodermos de la zona rocosa Solymar, La Libertad, El Salvador. Publicaciones Ocasionales No. 4. Septiembre. Museo de Historia Natural de El Salvador. 7 pp.

- Barraza J. E. 1995. Equinodermos de El Salvador. Historia Natural y Ecología de El Salvador. Ministerio de Educación de El Salvador. Tomo II, 87-99 pp.
- Barraza J. E. 2001. Informe preliminar de la expedición El Salvador (Pacífico Este Tropical), Instituto Smithsonian de Investigación Tropical, STRI, NMNH, Museo Nacional de Historia Natural, Institución Smithsonian R/V URRACA (Washington, DC), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. 12 pp.
- Barraza J. E. & C. R. Hasbún. 2005. Los equinodermos (Echinodermata) de El Salvador. Rev. Biol. Trop. Vol 53 (Suppl. 3): 139-146.
- Barraza J. E. 2008. Revisión sobre algunos taxa de macroinvertebrados acuáticos en El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 26pp.
- Barraza J. E. 2014. Invertebrados Marinos de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 96 pp.
- Barnes, R. D. 1989. Zoología de los Invertebrados. 5ta edición. Interamericana. 957 pp.
- Barry, J. P. & Dayton, P. K. 1991. Physical heterogeneity and the organization of marine communities. En: Ecological Heterogeneity. Kolasa and Pickett (eds), Springer-Verlag, pp. 270-320.
- Benitez-Villalobos F. 2001. Comparación de la comunidad de Equinodermos asociada a arrecifes en dos localidades de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Ciencia y Mar. 31-36 pp.

- Benavides Serrato M., G. H. Borrero Pérez & C. M. Díaz Sánchez Giomar Helena Borrero Pérez. 2011. Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta, 384 pp.
- Bolaños N., A. Bourg, J. Gómez, J. J. Gómez. 2005. Diversidad y Abundancia de equinodermos en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita de Costa Rica. Rev. Biol Trop. 53 (3) 285-290 pp.
- Carballo R. E. & Pocasangre X. M. 2007. Composición y Estructura de la Fauna Intermareal de Equinodermos en el Sistema Arrecifal Rocosos Los Cóbano, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Tesis para optar al grado de: Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. 84 pp.
- Caso, M.E., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, A. Ortega-Salas & A. L. Durán-González. 1996. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM. México. 22: 101-119.
- Castro, M. y Tejada, O. L. 1993. Algunos Aspectos de la Dinámica Poblacional de 5 géneros de Macroalgas Phaeophytas en dos Ambientes Rocosos de la zona intermareal de El Salvador. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. Tesis de Licenciatura. 106 pp.

- Cintra-Buenrostro C. E., H. Reyes Bonilla, O. Arizpe Covarrubias. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.* V(46)2
- Cervantes F. 2011. Estructura comunitaria de los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) en La Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. Tesis para optar al grado de: Licenciado en Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 102 pp.
- De Vantier, L.M., G. Death, T.J. Done & E. Turak. 1998. Ecological assessment of a complex natural system: a case study from the Great Barrier Reef. *Ecol. Appl.* 8: 480-496.
- Del Valle-García R., F. A. Solís-Martín., M. Abreu P., A. Laguada-Figuera & A. Durán-González. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Rev. Biol.* Vol. 53 (3): 9-28pp.
- Ezcurra, E., A. Valiente-Banuet, O. Flores-Villela & E. Vázquez-Domínguez. 2001. Vulnerability to global environmental change in natural systems and rural areas: A question of latitude? pp. 217-246. In J.X. Kasperson, R.E. Kasperson (eds). *Global environmental risk*. United Nations University, Tokyo.
- Glynn, P.W. 1997. Bioerosion and coral-reef growth: a dynamic balance, pp. 68-95. In C. Birkeland (ed.). *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman & Hall, New York.

- González D. N., Solano O. D. & Navas G. R. 2002. Equinodermos colectados por la expedición CIOH-INVEMAR-SMITHSONIAN desde el Golfo de Cartagena hasta el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) No. 31. 85-132 pp.
- González S. S. 2004. Biología poblacional del erizo *Echinometra vanbrunti* (Echinodermata: Equinoidea), en el sur del Golfo de California, México. Tesis Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIB). 118pp.
- Goreau, T.F., N.I. Goreau & T.J. Goreau. 1979. Corals and coral reefs. Sci. Am. 241: 728-734
- Hooker Y., F. A. Solís-Marín & M. Llellish. 2005. Equinodermos de los Islas Lobos de Afuera (Lambayeque, Perú). Rev. Perú Trop. (12)1. 77-82 pp.
- Hernández, M. & J. Davis. 1979. Estudio de algunos factores físicoquímicos que influyen en la diversidad de las especies de la macrofauna bentónica del estuario de El Tamarindo. Museo de Historia Natural de El Salvador. El Salvador. 22 pp.
- Honey-Escadón M., A. F. Solís-Martín & A. Laguardia-Figueras. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. Rev. Biol. Trop. Vol. 56 (3). 57-73 pp.
- Hendler, G., J. Miller., D. Pawson., & P. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins, and Allies Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington and London. 390 pp.

Herrera Escalante T. 2011. Potencial Bioerosivo de *Diadema mexicanum* (Equinodermata: Equinoidea) en cuatro arrecifes del Pacífico mexicano. Tesis para obtener del grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico. Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR). La Paz, Baja California Sur. 89 pp.

Huston, M.A. 1985. Patterns of species diversity on coral reefs. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 16: 149-177.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES). 2007. Arrecife Rocosó Los Cóbano un ecosistema en peligro. Universidad de El Salvador. 2 pp.

Karlson, R.H. & H.V. Cornell. 1999. Integration of local and regional perspectives on the species richness of coral assemblages. *Am. Zool.* 39: 104-112.

Kleypas, J.A., J.W. McManus & L. A. Menez. 1999. Environmental limits to coral reef development: where do we draw the line? *Am. Zool.* 39: 146-159.

Legendre, P. & Legendre, L. 1979. *Ecologie numérique*. Masson. Paris.

Lemus, L. G., J. A. Pocasangre & T. D. Zelaya, 1994. Evaluación del estado actual de la distribución y cobertura de los arrecifes coralinos de la zona de Los Cóbano, Departamento de Sonsonate. Tesis de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. 40 pp.

- Lincoln, R. & J. Sheals. 1989. *Invertebrados: Guía de Captura y Conservación*. McGraw-Hill Interamericana. España. 205 pp.
- Lozano-Cortez D. F., E. Lodoño Cruz & F. A. Zapata. 2011. Bioerosión de sustrato rocoso por erizos en Bahía Málaga (Colombia), Pacífico Tropical. *Revista de Ciencias. Universidad del Valle*. Vol. 15. 9-22 pp.
- Miloslavich P. & A. K. Carbonini. 2010. *Manual de muestreo para comunidades costeras: Protocolo para litorales rocosos*. Centro de Biodiversidad Marina. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 29 pp.
- Mite Defaz G. B. & P. E. Gonzabay Muñoz. 2009. *Elaboración del catálogo de invertebrados marinos bentónicos macroscópicos (equinodermos, moluscos y crustáceos) de la zona intermareal rocosa norte del balneario "Ballenita" desde el mes de junio a diciembre*. Tesis de Grado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador.
- Molina, O. A. 1995. *Comparación de la Cobertura de los Arrecifes Coralinos antes y después del derrame de petróleo (1993 -1995)*. Los Cóbano, Sonsonate. Escuela de Biología Facultad de ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador.
- Neira R. & J. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol53. (3) 195-206 pp.



Nyström, M. & C. Folke. 2001. Spatial resilience of coral reefs. *Ecosystems* 4: 406-417.

Orellana, A. J. J. 1985. Peces Marinos de Los Cóbano, El Salvador. Fundación SIGMA. El Salvador: 126 pp.

Parada, O. & N. Saez. 1995. Estudio de la fauna acompañante en la captura de postlarvas de camarones peneidos en la Bahía de Jiquilisco, El Salvador, p. 406-411. In: J. Zamarro (Ed.). *Simposium Ecosistema de Manglares en el Pacífico Centroamericano*. PRADEPESCA, Ciudad de Panamá, Panamá.

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

Prieto Ríos E. 2010. Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú. Tesis de Licenciatura en Biología con mención en Zoología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 71 p

Reaka-Kudla, M. L. 1997. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests, pp. 83-108. In M.L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson & E. O. Wilson (eds). *Biodiversity II: understanding and protecting our biological resources*. National Academy Press. Washington, DC.

Reyes-Bonilla, C. & J. E. Barraza. 2003. Corals and associated marine communities from El Salvador. In: J. Cortés (Ed.). *Coral Reefs of Latin America*. 351-360. Elsevier.

Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga A & A. Rojas-Sierra A. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53 (3): 233-244.

- Richmond, R.H. 1993. Coral reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *Am. Zool.* 33: 524-536.
- Ruppert, D & R. Barnes. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Mc Graw-Hill Interamericana. 6ta ed. México. 1114 pp.
- Santos-Beltrán & Salazar-Silva. 2011. Holoturoideos (Echinodermata: holothuroidea) de playas rocosas, zona norte de Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Ciencia y Mar* 2011, XV (45): 3-11 pp.
- Secretaria Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA), 1994. Plan y estrategia del sistema salvadoreño de áreas protegidas, (SISAP). Ministerio de Agricultura y Ganadería, 112 pp.
- Solís-Marín, F.A., H. Reyes-Bonilla, M.D. HerreroPérezrul, O. Arizpe Cobarrubias & A. LaguardaFigueras. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz. *Rev. Cienc. Mar.* 23: 249-263pp.
- Solís-Marín F. A., A. Laguardia-Figueras, A. Durán-González, C. Gust Ahearn & J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* V. 53(3). 123-137 pp.
- Solís-Marín F. A., X. Madrigal-Guridi, M. B. I. Honey-Escandon, J. A. Arriaga Ochoa, A. C. Ochoa, A. Garcia Meraz, P. Salazar Araujo. Diagnostico de las poblaciones arrecifales del pepino de mar *Holothuria inornata* semper, 1868 en la costa del estado de

Michoacan. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 52pp.

Solís Marín F. A., A, Laguarda Figueras, H. Escandón M. 2013. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Rev. Mex. Biod.* DOI: 10.8550/rmb.31805.

Sonnenholzer, J. I., & Lawrence, J. (2002). A brief survey of the echinoderms communities of the central and southern marine-coastal wetlands of the continental coast off Ecuador. *Boletín Ecotrópica*, 36, 27-35.

Vázquez-Domínguez, E., J. González-Cano & V. Arenas. 1998. Áreas prioritarias marinas de uso de recursos, p. 127-150. In L. Arriaga Cabrera, E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López & V. Aguilar Sierra (coords). *Regiones prioritarias marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Wood, R. 2001. Biodiversity and the history of reefs. *Geol. J.* 36: 251-263

Zamorano P. & G. E. Leyte-Morales. 2005. Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino en La Entrega, Oaxaca, México. *Revista Ciencia y Mar*. Vol. (27) 19-28 pp.

## X. ANEXOS

Anexo 1. *Ophiocoma aetiops* depredada, se encontraron alrededor de 7 individuos en este estado.



Anexo 2. Excavaciones de *Echinometra vanbrunti*, la mayoría de estos individuos hacen madrigueras en el sustrato para refugiarse.

