

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



**“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE
EQUINODERMOS EN EL SISTEMA ARRECIFAL ROCOSO LOS CÓBANOS,
DEPARTAMENTO DE SONSONATE, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

RODRIGO ENRIQUE CARBALLO BOLAÑOS

XOCHILT MARÍA POCASANGRE ORELLANA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2007

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



**“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE
EQUINODERMOS EN EL SISTEMA ARRECIFAL ROCOSO LOS CÓBANOS,
DEPARTAMENTO DE SONSONATE, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

RODRIGO ENRIQUE CARBALLO BOLAÑOS

XOCHILT MARÍA POCASANGRE ORELLANA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

Asesora: _____
Lic. Ana Delfina Herrera de Benítez

Asesor: _____
Dr. José Enrique Barraza

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2007

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



**“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE
EQUINODERMOS EN EL SISTEMA ARRECIFAL ROCOSO LOS CÓBANOS,
DEPARTAMENTO DE SONSONATE, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

RODRIGO ENRIQUE CARBALLO BOLAÑOS

XOCHILT MARÍA POCASANGRE ORELLANA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

Jurado Evaluador: _____
Lic. Rodolfo Fernando Menjívar

Jurado Evaluador: _____
M.Sc. Oscar Armando Molina Lara

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2007

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTORA:

Dra. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL:

Licda. MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FISCAL:

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

DECANO:

Lic. JOSÉ HÉCTOR ELÍAS DÍAZ

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA:

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2007

ASESORES Y JURADOS

ASESOR:

Lic. ANA DELFINA HERRERA DE BENÍTEZ

ASESOR:

Dr. JOSÉ ENRIQUE BARRAZA

JURADO EVALUADOR:

Lic. RODOLFO FERNANDO MENJÍVAR

JURADO EVALUADOR:

M.Sc. OSCAR ARMANDO MOLINA LARA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2007

DEDICATORIA

A mi esposo Humberto Sermeño, por estar presente en todo momento, alentarme a seguir adelante y nunca rendirme en este proyecto de mi vida.

A mi madre, padre y hermanos, por el apoyo que me brindaron en el desarrollo de mi carrera.

Xochilt.

Se lo dedico a mi padre, mi madre y a mi hermana por apoyarme a lo largo de toda mi carrera.

Y dedicatoria especial a mis dos abuelas que se encuentran en una mejor vida, y sé lo felices que están de saber que he terminado esta etapa de mi vida.

Rodrigo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la fortaleza y la paciencia para llevar a cabo este logro personal.

A nuestros asesores Licenciada Ana Delfina Herrera de Benítez y Dr. José Enrique Barraza por el tiempo que dedicaron en el desarrollo de este trabajo y a nuestros jurados Licenciado Rodolfo Fernando Menjívar y M.Sc. Oscar Armando Molina Lara por las observaciones que hicieron enriquecer nuestra investigación.

A los docentes de la Escuela de Biología por darnos las bases de nuestros conocimientos.

A los colaboradores de Fundación para la Protección del Arrecife Los Cóbanos (FUNDARRECIFE) por brindar todo lo necesario en el alojamiento y a los Guardarecursos por auxiliarnos en el lugar de estudio. Y un especial agradecimiento a Ana María Velásquez “Lana” por acompañarnos en la fase de campo durante los recorridos de muestreo de esta investigación.

Al Instituto de Ciencias del Mar de El Salvador (ICMARES) por la gestión para el apoyo con FUNDARRECIFE y el préstamo del laboratorio.

Agradecemos al Dr. Francisco Solís-Marín por ayudarnos en la identificación de las nuevas especies.

Y a nuestras amigas por apoyarnos en todo momento del transcurso de la investigación: Celina De Paz “Arbol”, Osiris Tejada “O” y Verónica Pereira “Yiyo”.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
Índice de tablas	IV
Índice de figuras.....	V
Resumen.....	VIII
I. Introducción	1
II. Marco Teórico	5
III. Metodología	27
Ubicación y descripción del área de estudio.....	27
Metodología de campo	34
Metodología de laboratorio	36
Análisis de datos.....	37
IV. Resultados	41
V. Discusión	56
VI. Conclusiones	66
VII. Recomendaciones	67
VIII. Referencias bibliográficas	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1. Clasificación taxonómica de equinodermos observados en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	40
2. Total de individuos por Clase Taxonómica observados en cada estación de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	47
3. Número total de individuos por Clase taxonómica y especie en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	49
4. Las tres especies más abundantes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	49

5. Densidad (ind/m ²) de las especies de equinodermos presentes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	51
6. Índices de Margalef y Shannon-Wiener para las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	55
7. Índice de Kulczynski comparando las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del área de estudio con las estaciones de muestreo en las playas: El Zope, Los Cóbanos y El Flor en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate. El polígono indica la propuesta del Área Natural Protegida Los Cóbanos, del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2006.....	28
2. Estación El Flor en marea negativa, en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	31
3. Zona intermareal de la estación Los Cóbanos en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	32
4. Afloramientos de peñascos en la estación El Zope en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre -Diciembre de 2006.....	33
5. Transectos lineales y Cuadrantes en la zona intermareal de las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	35

6. Muestreo de equinodermos en la zona intermareal con el cuadrante de un metro cuadrado elaborado con tubos de cloruro de polivinilo (PVC), durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	36
7. Riqueza de especies de equinodermos de las Clases Ophiuroidea, Holothuroidea y Echinoidea en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	46
8. Total de individuos por Clase observados en cada estación de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre Diciembre de 2006.....	48
9. Especies más abundantes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	50
10. Densidad de las tres especies más abundantes de equinodermos en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.....	52
11. Zonación horizontal de la Clase Ophiuroidea en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	53

12. Zonación horizontal de la Clase Holothuroidea y Echinoidea en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.....	54
--	----

RESUMEN

Se estudió la composición y estructura de la fauna de equinodermos en tres estaciones de muestreo localizadas en las playas El Flor, Los Cóbano y El Zope dentro del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, departamento de Sonsonate, El Salvador; durante los meses de Septiembre a Diciembre de 2006. La metodología de transectos lineales perpendiculares a la costa y cuadrantes de un metro cuadrado, fue utilizada para realizar mediante censos visuales de buceo libre en la zona intermareal la contabilización de especies de equinodermos presentes. Se encontraron un total de 13 especies de las cuales cinco pertenecen a la Clase Ophiuroidea (*Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, *Ophioderma panamense*, *Ophiactis savignyi* y *Ophiothrix rudis*), seis Holoturoideos (*Holothuria kerfersteini*, *H. lubrica*, *H. impatiens*, *H. hilla*, *Isostichopus fuscus* y *Labidodemas americanum*) y dos Echinoideos (*Echinometra vanbrunti* y *Astropyga pulvinata*). La clase Ophiuroidea fue el grupo más abundante con 1771 individuos, la Holoturoidea y Echinoidea presentaron 877 y 22 individuos, respectivamente. Las especies numéricamente dominantes fueron *O. alexandri* con 793 individuos, *H. kerfersteini* 666 y *O. aethiops* 624 individuos. *Ophiocoma aethiops* y *O. alexandri* presentaron los mayores niveles de densidad (0.15 ind/m², 0.14 indv/m², respectivamente). La estación con mayor riqueza de especies fue El Zope con 13 especies, seguida de El Flor con 11 especies y Los Cóbano con 10 especies. La estación El Zope presentó la mayor diversidad de especies según los índices de Margalef y Shannon-Wiener. Al comparar el índice de similitud de Kulczynski

se determinó una mayor similitud entre las estaciones Los Cóbano-El Zope por el contrario Los Cóbano-El Flor fueron las más disímiles. Los resultados de esta investigación son importantes para conocer los niveles de abundancia de las poblaciones de equinodermos en este arrecife rocoso y provee información útil para la planificación de actividades de conservación y restauración de este ecosistema.

ABSTRACT

The equinoderm's fauna composition and structure has been surveyed in three stations located in the beaches: El Flor, Los Cóbano and El Zope, within Los Cóbano rocky reef system in the department of Sonsonate, El Salvador, from September through December of 2006. The investigation methods were based on lineal transects perpendicular to the coast and quadrants of one square meter. This was used to count the equinoderm's species present in the intertidal zone by means of visual censuses while diving. A total of 13 species was observed, of which five belonged to the Ophiuroidea Class: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, *Ophioderma panamense*, *Ophiactis savignyi* and *Ophiothrix rudis*; six to the Holothuroidea: *Holothuria kefersteini*, *H. lubrica*, *H. impatiens*, *H. hilla*, *Isostichopus fuscus* and *Labidodemas americanum*; and two to the Echinoidea: *Echinometra vanbrunti* and *Astropyga pulvinata*. The Ophiuroidea Class was found to be the most abundant with 1771 individuals, the Holothuroidea and Echinoidea presented 877 and 22 individuals

respectively. The numerically dominant species were *O. alexandri* with 793 individuals, *H. kerfersteini* 666 and *O. aethiops* 624 individuals. *Ophiocoma aethiops* and *O. alexandri* presented the highest numbers of density 0.15 ind/m² and 0.14 indv/m² respectively. The station with the greater variety of species was El Zope with 13 species, then El Flor with 11 species and Los C6banos with 10 species. El Zope's station presented the higher diversity of species according to the Margalef and Shannon-Wiener indexes. By referring the Kulzcynski's index the greater similarity was found between the Los C6banos and El Zope survey areas, whereas the less similar were Los C6banos and El flor survey areas. The results of this survey are relevant to determine the abundance of Equinoderm population in this rocky reef. It also provides useful information for further conservation and restoration plans of this natural and quite unique ecosystem in El Salvador.

I. INTRODUCCIÓN

La zona rocosa intermareal es uno de los ambientes marinos dentro de los océanos con mayor riqueza de organismos. La combinación de sustrato sólido para la fijación y la acción frecuente de las olas y el agua, generalmente con altos niveles de oxígeno crean un hábitat muy favorable para los organismos marinos. Miles de especies representando a la mayoría de phyla se encuentran en las superficies rocosas. Por la facilidad de observar a los organismos y el acceso relativamente fácil, las costas rocosas constituyen un hábitat ideal para el estudio de la vida en los océanos (Thurman & Webber, 1984; Neira & Cantera, 2005).

La zona costero-marina arrecifal Los Cóbanos, constituye una zona de mucha importancia; ya que, provee de bienes y servicios tanto a los usuarios directos de los recursos naturales, como al público en general (Consejo de Investigaciones Científicas-Universidad de El Salvador (CIC-UES), 2005).

Se caracteriza por ser el arrecife rocoso con la mayor extensión superficial a nivel nacional y el ecosistema marino más diverso albergando hábitats con una gran cantidad de organismos, incluidos diversos invertebrados marinos como los equinodermos, que mantienen el equilibrio ecológico a nivel de ecosistema, ya que, poseen un papel importante como consumidores de otros organismos que a su vez sirven de alimento a

peces, crustáceos y moluscos, aportando un beneficio a la pesquería de la zona, constituyendo una de las formas fundamentales de subsistencia de los pobladores de las comunidades aledañas a esta área natural (CIC-UES, 2005).

La información que brindan las investigaciones sobre composición y estructura de la comunidad de especies en un ecosistema contribuyen al conocimiento de la biodiversidad, que es uno de los principales parámetros para medir el efecto de las actividades humanas en los ecosistemas, ya que existe una íntima relación entre las especies y los ecosistemas de los que forman parte, por eso, la diversidad de ecosistemas es un indicador indirecto de la diversidad de especies (Bell *et al.*, 1991 citado por MARN, 2003).

La forma más práctica para evaluar la biodiversidad de un ecosistema es sobre la base de criterios estructurales y composicionales (Finegan *et al.*, 1998 citado por MARN, 2003) que permitan conocer su estado actual y comparar a mediano y largo plazo el grado de deterioro de sus comunidades por actividades de desarrollo de las zonas costeras. Por ello, es indispensable realizar este tipo de estudios, para promover el manejo integral de la zona costera y establecer programas de protección y conservación del ambiente y por ende de la flora y fauna de los mares (Durán-González *et al.*, 2005; Solís-Marín *et al.*, 2005).

En la región centroamericana se han realizado algunos estudios sobre equinodermos. Murillo & Cortés (1984) abordaron la alta mortalidad en la población del

erizo de mar *Diadema antillarum*, en el parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica; Hasbún & Lawrence (2002), realizaron un estudio sobre descripción de holoturoideos de aguas poco profundas en Cayos Cochinos, Honduras; Alvarado (2004), documenta la abundancia del erizo de mar *Centrostephanus coronatus* en el Pacífico de Costa Rica. También, Alvarado & Fernández (2005) reportaron los equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, en el Pacífico de Costa Rica.

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 URRACÁ 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. Pero no se han realizado estudios sobre composición y estructura en ninguna zona del país.

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 Cóbanos, mediante el conocimiento de las características de una comunidad, como la densidad, riqueza y diversidad de especies y establecer patrones de similitud en tres estaciones de muestreo, para obtener información sobre la biodiversidad marina e incrementar el conocimiento de la población en el manejo integral de esta área natural y continuar la labor en la preservación y protección de este ecosistema tan singular y único que posee el país.

II. MARCO TEÓRICO

La zona costera es un amplio espacio de interacciones del mar, la tierra, aguas epicontinentales¹ y la atmósfera. La transición de estas tres fases incide profundamente en las condiciones y en la dinámica ambiental, a las cuales se agrega la influencia del ser humano como agente transformador de primera magnitud. La tendencia a usar intensivamente esta zona es un enorme desafío, por lo tanto los modelos de su ordenamiento deben adecuarse a un medio ecológico y económico en un área geográfica de transición, en la que se contemplan el manejo de los usos y recursos de la fase terrestre, de la estuarina y de la marina. Las aguas costeras son aquellas directamente afectadas por la influencia de las mareas (Yáñez-Arancibia, 1986).

Los ritmos de marea de inmersión y emersión marcan fronteras para la vida en las zonas costeras. También proveen de agua y nutrientes esenciales para la supervivencia de esta vida y ayudan a acarrear sus desechos. El mayor efecto de las mareas es determinar la amplia distribución de las plantas y animales (Britton & Morton, 1989).

¹ Sistemas epicontinentales incluyen lagos, ríos, estanques, corrientes, aguas subterráneas, manantiales, cavernas sumergidas, planicies de inundación, charcos e incluso el agua acumulada en las cavidades de los árboles.

En los fondos rocosos, el sustrato estable y duro permite el asentamiento de una gran cantidad de formas de vida. En los primeros metros, se encuentra dominancia de algas, mientras que en las zonas más profundas, los animales son los más abundantes (Lampreave, 2000). El límite inferior del litoral rocoso está asociado a los hábitats de pastos marinos, arrecifes coralinos, manglares, playas arenosas y estuarios. Con todos ellos existen relaciones estrechas gracias a la migración de algunas especies de uno a otro ecosistema y a los intercambios de materia y energía. Uno y otro ecosistema representan áreas de alimentación para diversas especies de crustáceos, moluscos, equinodermos, varios de ellos de importancia comercial (Díaz-Pulido, 1997).

La zona intermareal es considerada un hábitat bentónico. El bentos incluye a los organismos que viven en o sobre el fondo oceánico, enterrados en la arena, conchas o lodo o fijados a rocas o que se mueven sobre la superficie del mismo. Los organismos bentónicos son aquellos expuestos cuando la marea baja por su limitada habilidad para moverse, y cuando al subir la marea estos organismos la soportan manteniéndose en el lugar de exposición (Thurman & Webber, 1984). Dentro de esta zona existe dominancia de peces, caracoles, opistobranquios, quitones, esponjas, cangrejos y equinodermos. Éstos últimos viven en la superficie del fondo oceánico, anclados bajo las rocas y hendiduras de las mismas (Brusca, 1980; Neira & Cantera, 2005).

Los litorales rocosos son unidades ecológicas constituidas por una comunidad de algas e invertebrados que se establecen sobre sustratos duros, que afloran del litoral formando acantilados rocosos o sobre otros sustratos como plataformas calcáreas emergidas por movimientos de la corteza terrestre y glaciaciones. Las formaciones rocosas compactas presentan generalmente una pendiente muy marcada, razón por la cual caen directamente al mar, formando costas altas (Corpes 1992; Cantera & Contreras 1993). Están delimitados en su parte superior por la aparición de la vegetación terrestre y en su parte inferior con la desaparición del sustrato rocoso (Barnes & Hughes 1986; Vegas-Vélez 1980 citado por Díaz-Pulido, 1997).

Los litorales rocosos se encuentran en ambientes que reciben un fuerte impacto del oleaje y algunos de los organismos como los equinodermos, están sometidos a condiciones intermitentes de exposición al aire y agua, recibiendo una alta radiación solar, factores que determinan que las especies que ahí habitan presenten cierto tipo de adaptaciones morfológicas y fisiológicas para resistir tales condiciones extremas (Díaz-Pulido, 1997).

Entre los invertebrados bentónicos de la costa del Pacífico Sur Oriental, los equinodermos constituyen uno de los grupos más diversificados y relativamente bien conocidos desde un punto de vista taxonómico (Fisher, 1940; Mortensen, 1952; citados por Larraín, 1995). Frecuentemente, el grupo aparece citado como dominante dentro de las comunidades bentónicas en función de su alta contribución a la riqueza de especies, su

abundancia y la influencia directa o indirecta en la estructuración de las comunidades sublitorales (Ojeda & Santelices, 1984; Arntz *et al.*, 1996 citados por Mutschke & Rios, 2006). En el Pacífico Oriental Tropical se han realizado trabajos enfocados en patrones de distribución y listas de especies de equinodermos en diferentes sitios. Los trabajos más extensos se realizaron en México, en los cuales se describe la distribución de los equinodermos de la costa Pacífica (Caso 1978, 1980; Caso *et al.*, 1993), así como el Golfo de California (Caso 1994, Holguín-Quiñónez *et al.*, 2000), y Archipiélago de Revillagigedo (Reyes-Bonilla, 1995 citado por Alvarado & Fernández, 2005).

Los ofiuroideos del Atlántico Occidental Tropical, son taxonómica y ecológicamente diversos (Kissling & Taylor, 1977) y, aunque poco conspicuos, la abundancia de organismos y la riqueza de especies, exceden considerablemente a aquellas de los demás equinodermos en muchos arrecifes tropicales (Barnes, 1995; Bejarano *et al.*, 2004; Mutschke & Rios, 2006).

Caso (1978) mencionó que especies como *Ophiocoma aethiops* se distribuye desde Baja California a Panamá y se le ha recolectado principalmente en la costa oeste de México, Nicaragua, Honduras, Panamá, islas de Perlas y de Galápagos; *O. alexandri* desde Baja California a Panamá; también ocurre en las islas Galápagos. *Ophiactis savignyi* es una especie cosmopolita de la región tropical y subtropical de los océanos Atlántico y Pacífico. *Echinometra vanbrunti* ocurre desde el norte de California Central hasta el sur de

Perú, siendo abundante en La Paz, Cabo San Lucas, Manzanillo, Acapulco, México; Costa Rica, Colombia e islas Galápagos.

Los estudios sobre composición y estructura de equinodermos en zonas tropicales de latinoamérica han sido relativamente escasos, podemos mencionar a Neira & Cantera *et al.*, 2005, en la costa Pacífica de Colombia; Netto *et al.*, 2005, en el canal de São Sebastião, São Paulo, Brazil; Bolaños *et al.*, 2005, en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita, en el Caribe de Costa Rica; Reyes-Bonilla *et al.*, 2005, en el Golfo de California, México; Alvarado & Fernández, 2005, en el Parque Nacional Marino Ballena, en el Pacífico de Costa Rica.

En El Salvador no se han realizado estudios sobre composición y estructura de la fauna de equinodermos en la zona intermareal rocosa, solamente se documenta la ocurrencia de 22 especies en zonas rocosas como: Los Cóbanos, Solymar, El Pital, Maculís, Bahía de Jiquilisco y Golfo de Fonseca (Barraza, 1993b, 1994, 1995, 2000; Reyes-Bonilla & Barraza, 2003; Barraza & Hasbún, 2005; Base de datos de internet del Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian²).

² <http://www.mnh.si.edu/>

BIOGEOGRAFÍA DE LA COSTA DE EL SALVADOR

Según Guzmán & Cortés (1993) la costa del Pacífico Americano tropical ha sido subdividida en seis provincias biogeográficas que abarcan tanto regiones subtropicales como tropicales: Californiana, Corteziana, Mexicana, Panámica, Galapaguense y Peruano-Chilena.

Generalmente se reconoce como Provincia Panámica a la región continental comprendida entre el Golfo de Tehuantepec, México (16° N) y el Golfo de Guayaquil, Ecuador (3° S). Se incluyen las islas oceánicas de Clipperton, Coco y Malpelo. Contiene la mayor diversidad de especies tropicales del Pacífico de América. Desde el límite norte de esta provincia, donde se encuentra una zona de afloramiento importante denominada Golfo de Tehuantepec (Luch-Cota *et al.*, 1997), en dirección sureste hasta el Golfo de Fonseca donde no existen arrecifes coralinos, solamente zonas rocosas en Mizata, Perla, El Cuco, Maculís y el Golfo de Fonseca y una formación de arrecifes rocosos con agregaciones de pequeñas comunidades coralinas en Los Cóbanos, El Salvador (Wellington & Glynn, 1983; citado por Guzmán & Cortés, 1993; Reyes-Bonilla & Barraza, 2003).

Cotsapas *et al.* (2000) mencionan que la zona de costa entre Guatemala y Nicaragua ha sido denominada como “Vacío de fauna del Pacífico de Centroamérica”, además, afirman que el único lugar donde hay referencias de la presencia de comunidades

coralinas significativas es en la costa de El Salvador, con una variedad de corales blandos y duros que pueden encontrarse en la zona intermareal (Lemus *et al.*, 1994). Por otra parte, esta zona es importante desde el punto de vista biogeográfico, ya que separa las dos áreas de ocurrencia de corales en la región, la costa oeste de México, incluyendo el golfo de California y las islas Revillagigedo; y Centro y Sur América, desde Costa Rica hasta Ecuador y las islas Galápagos (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003).

ARRECIFES ROCOSOS DE LOS CÓBANOS

El sistema arrecifal rocoso de Los Cóbano representa el hábitat con la más diversa y mejor desarrollada comunidad marina descrita hasta la fecha en el país. Los parches de fondo sólido ocurren desde la zona intermareal hasta 30 a 40 m de profundidad; dicha zona, junto a la sublitoral, posee como elementos dominantes rocas volcánicas y arena con restos de conchas y coral. Las comunidades marinas están bajo continuo estrés de sedimentación en Los Cóbano, las cuales se intensifican desde mayo a octubre, durante la estación lluviosa. El material de partículas viene de ocho ríos localizados en el área de Acajutla (Gierloff-Emden, 1976), y se deposita a profundidades hasta los 35 m (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003).

BIOLOGÍA DE LOS EQUINODERMOS

El Phylum Echinodermata se encuentra dentro del grupo de invertebrados marinos bentónicos más conocidos. Según Barnes (1989), Brusca (1990), Ruppert &

Barnes (1996) y Hickman (1998) se conocen las siguientes Clases de equinodermos: Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (estrellas serpientes o frágiles), Echinoidea (erizos y galletas de mar), Holothuroidea (pepinos de mar) y Crinoidea (lirios de mar); siendo los asteroideos los que se han convertido principalmente en símbolos de la vida marina (Calva, 2002). El nombre de *equinodermos*, que significa “con piel espinosa”, se debe a la característica principal del phylum: el esqueleto tiene espinas o tubérculos que le confieren a la superficie corporal un aspecto verrugoso o espinoso (Barnes, 1989).

Este grupo posee unas 6000 especies conocidas y constituye el único grupo importante de invertebrados deuterostomados³ (Barnes, 1989). Su presencia es conspicua en todos los ambientes marinos, desde la zona intermareal hasta los abismos oceánicos y desde las fuentes hidrotermales submarinas hasta las aguas polares. Su éxito en la colonización del mar se debe a las adaptaciones que han venido desarrollando desde su aparición antes del Cámbrico Inferior (Hooker *et al.*, 2005).

De acuerdo a Solís-Marín (1997), existen nueve características que pueden definir a un equinodermo, algunas de ellas, han sido temas discutibles desde hace varios años, sin embargo, el consenso general es el siguiente:

³ Miembro de una de las principales divisiones del reino animal, caracterizada por la posición posterior del blastoporo, mientras que la boca se forma como una nueva abertura en el extremo anterior.

1) Poseen un endoesqueleto que surge del tejido mesodérmico, el cual está compuesto por placas u osículos⁴ fusionados o separados; cada placa está formada por una malla interna de carbonato de calcio denominada *stereom*; los espacios dentro de ésta están rellenos de tejido vivo denominado *stroma*. 2) Los adultos poseen simetría radial pentámera secundaria, derivada de la simetría bilateral de las larvas (cuando se presenta), y las partes corporales están organizadas en un *eje oral – aboral*. 3) Presencia de un sistema vascular acuífero (celómico), compuesto de una serie compleja de canales y reservorios, que se evidencia externamente por la presencia de podios en el cuerpo. 4) Embriogenia deuterostomada, el blastoporo⁵ da origen al ano y la boca es otra cavidad. 5) Sistema digestivo completo, la boca situada en posición ventral y el ano está en el dorso. 6) Ausencia de órganos excretores. 7) Estructuras circulatorias, cuando están presentes, componen un sistema hemal derivado de las cavidades celómicas. 8) Sistema nervioso centralizado en el anillo nervioso, localizado alrededor de la boca. 9) Generalmente gonocóricos⁶, de desarrollo directo o indirecto.

El grupo muestra una amplia variedad de estrategias alimenticias, desde la alimentación por absorción corporal, consumidores de depósitos y suspensiones, herbívoros, detritívoros, depredadores, oportunistas, comensales, hasta parásitos y caníbales estrictos (Solís-Marín, 1997).

⁴ Pieza esquelética interna, generalmente calcárea

⁵ Abertura primaria del arquéteron (cavidad digestiva embrionaria) al exterior del embrión.

⁶ Hay machos y hembras.

La mayoría de equinodermos son estenohalinos y están adaptados a una salinidad normal (30-36 unidades ponderadas de salinidad), sin embargo, existen casos de adaptación a salinidades entre 20 y 40 ups. Se encuentran altamente diversificados en aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales; en general, decrecen en su variedad y número en latitudes altas. Están distribuidos en todos los océanos a todas las profundidades, desde la zona litoral, hasta la hadal a 6000 metros de profundidad (Lincoln & Shields, 1989). Con excepción de algunos holoturoideos pelágicos y una especie comensal de un pez óseo (*Rynkatropa pawsoni*) todos los equinodermos son bentónicos. En mares profundos constituyen más del 90% de la biomasa bentónica (Brusca 1990 citado por Solís-Marín, 1997).

Todos los equinodermos son marinos y excepcionalmente viven en las desembocaduras de algunos esteros, la invasión del medio dulceacuícola ha sido restringida por su intercambio gaseoso a nivel epidérmico y la ausencia de estructuras excreto-osmoreguladoras (Solís-Marín, 1997).

CLASE ASTEROIDEA

En la clase Asteroidea se incluyen las estrellas de mar. Son equinodermos de forma estrellada y vida libre, en los que el cuerpo está formado por una serie de radios, o brazos,

que salen de un disco central. Las aproximadamente 1500 especies conocidas son animales comunes y populares (Ruppert & Barnes, 1996).

Estructura externa

Las estrellas de mar son típicamente pentámeras, casi todas las especies tienen cinco brazos. Sin embargo, algunas de ellas poseen de 6 a más de 40 brazos. La mayor parte de los asteroideos miden de 12 a 24 cm de diámetro, aunque algunas miden menos de 2 cm (Ruppert & Barnes, 1996). Generalmente son rojas, anaranjadas, azules, purpúreas, verdes o tiene una combinación de colores. Es probable que la superficie general del cuerpo sea lisa o esté cubierta de espinas, tubérculos o bordes (Barnes, 1989).

Los asteroideos desempeñan un papel muy importante en la organización de las comunidades marinas bentónicas, ya que son los depredadores más destacados de estos ecosistemas (Calva, 2002). Son carnívoros activos, se alimentan de caracoles, moluscos, poliquetos, crustáceos, corales y otros equinodermos (Hickman, 1998).

Hábitat

Son equinodermos de vida libre, se arrastran sobre el sustrato utilizando sus pies ambulacrales (Brusca, 1980). Se encuentran bien representados en todas las latitudes del mundo (Abreu-Pérez *et al.*, 2005). Son animales cosmopólitas que generalmente habitan en aguas poco profundas, encontrándose la mayor concentración al norte del Pacífico

Oriental, desde Puget Sound hasta las Islas Aleutianas (Ruppert & Barnes, 1996; Bonilla *et al.*, 2005). En El Salvador, se han registrado las siguientes especies de fondo rocoso: *Pharia pyramidata*, *Phataria unifascialis*, *Amphiaster insignis* y *Nidorellia armata*; en sustrato arenoso y en restos vegetales: *Luidia foliolata*; y en sustrato fangoso: *L. latiradiata* y *Astropecten armatus* (Barraza & Hasbún, 2005).

CLASE OPHIUROIDEA

La clase Ophiuroidea está formada por los equinodermos conocidos como cestas o canastas de mar, estrellas serpentiformes, estrellas frágiles o simplemente ofiuras. Las 2000 especies descritas hacen que esta clase sea la más numerosa de los equinodermos (Ruppert & Barnes, 1996).

Estructura externa

El esqueleto de los ofiuroideos se reduce y fragmenta permitiendo flexibilidad en sus brazos (Brusca, 1980). Los miembros de esta clase se caracterizan por sus pequeños discos centrales redondeados y largos y estrechos brazos espinosos. En algunos, estos brazos tienden a romperse con facilidad cuando se les manipula, de ahí su nombre común de “estrellas frágiles”. Estos animales presentan típicamente cinco brazos rodeando un disco central (Lincoln & Sheals, 1989). El disco de casi todas las especies mide de 1 a 3 cm de diámetro, aunque los brazos son muy largos (Barnes, 1989).

Hábitat

Según Barnes (1989) y Cintra-Buenrostro *et al.* (1998) estos organismos viven bajo rocas, algas marinas, colonias de hidroides o cabezas de coral, donde se enredan en torno a los objetos, excavan agujeros en la superficie del lodo o la arena por medio de conductos tubulares. Se encuentran en todos los tipos de hábitat marinos y son abundantes sobre los fondos blandos, tanto en aguas costeras de la zona intermareal, como en grandes profundidades (Ruppert & Barnes, 1996; García, *et al.*, 2005).

En fondos blandos de El Salvador, se han registrado las siguientes especies: *Ophiophragmus* sp., *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix spiculata*, *Ophiothela mirabilis* y *Ophionereis annulata*; en zonas rocosas: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, *Ophioderma teres* y *O. panamense*; además, se ha detectado en el sedimento de los manglares del país a *Amphiodia oerstedii* (Barraza, 1995; Barraza & Hasbún, 2005).

CLASE ECHINOIDEA

Los equinoideos son equinodermos móviles conocidos comúnmente como erizos de mar, erizos acorazonados, bizcochos de mar, dólares de mar o galletas de arena. Se han descrito alrededor de unas 950 especies. El nombre Echinoidea, que significa “similares a un erizo (puercoespín)”, hace referencia a las espinas móviles (púas) que recubren el cuerpo de estos animales (Ruppert & Barnes, 1996).

Estructura externa

Los erizos se arrastran lentamente, y utilizan sus cinco agudos dientes para masticar y raspar sobre el substrato. El esqueleto y la musculatura asociados con los dientes forman una estructura característica conocida como linterna de Aristóteles (Ville *et al.*, 1987). Lincoln & Sheals (1989) mencionan que los equinoideos no poseen brazos, y los elementos esqueléticos de su cuerpo se unen para formar un caparazón rígido o testa. Sus cuerpos son subsféricos (erizos de mar), aplastados (dólares de arena) u ovalados (erizos acorazonados).

Los erizos regulares conservan la simetría radial, de colores marrón, negro, púrpura, verde, blanco y rojo. En los equinoideos irregulares se incluyen a los erizos acorazonados, bizcochos de mar y dólares de arena, donde se superpone una simetría bilateral secundaria sobre el diseño radial. A diferencia de los erizos de mar, la testa está cubierta por abundantes espinas pequeñas que el animal utiliza para la locomoción y para mantener la superficie del cuerpo libre de sedimentos (Barnes, 1989; Lincoln & Sheals, 1989).

Hábitat

Los erizos de mar están adaptados para la vida en fondos duros y blandos, utilizan las espinas y los pies ambulacrales para desplazarse, buscan depresiones en las rocas y algunas especies son capaces de incrementar la profundidad de tales depresiones y excavar

agujeros en rocas y otros materiales duros. Los equinoideos irregulares habitan en fondos blandos y están adaptados para vivir excavando en la arena. (Ruppert & Barnes, 1996).

En El Salvador se han registrado en zonas rocosas las siguientes especies: *Astropyga pulvinata*, *Diadema mexicanum*, *Arbacia incisa*, *Echinometra vanbrunti*, *Toxopneustes roseus* y *Eucidaris thourcii*; muchos cavan su madriguera dentro de la roca y se les puede observar durante la marea baja en las pozas intermareales (Barraza, 1995). Las galletas de mar habitan en fondos blandos, generalmente arenosos, donde permanecen enterradas. En el país se han registrado: *Encope micropora*, *E. stokesi*, *Mellita longifissa* y *M. notabilis* (Barraza & Hasbún, 2005).

CLASE HOLOTHUROIDEA

Los holoturoideos son una clase formada por unas 900 especies. Se les denomina comúnmente como holoturias, cohombros o pepinos de mar; el cuerpo de los holoturoideos no presenta brazos, y la boca y el ano se encuentran en extremos opuestos (Ruppert & Barnes, 1996).

Estructura externa

La característica de tener el eje polar muy alargado, da al cuerpo un aspecto típico de legumbre cucurbitácea. Esta forma obliga al animal a vivir con un costado del cuerpo en vez del polo oral sobre el sustrato. La clase también se distingue de otros equinodermos

por la reducción del esqueleto a osículos microscópicos (escleritos) y por la modificación de los pies bucales en un círculo de tentáculos en torno a la boca. Dichos tentáculos en la mayor parte de las especies están cubiertos de moco y se proyectan en el agua a modo de trampas para capturar pequeños organismos. La mayor parte de los pepinos de mar presentan color negro, marrón o verde aceituna, aunque también se observan otros patrones de coloración. Existen considerables variaciones en cuanto a tamaño. Las especies más pequeñas miden menos de 3 cm de longitud (Barnes, 1989). Por otro lado, la especie *Holothuria thomasi* es la más larga del Atlántico Oeste, mide 200 cm (Hasbún & Lawrence, 2002).

Hábitat

Los holoturoideos son animales lentos, viven en la superficie del fondo o se sepultan en arena o lodo. Muchas formas de fondos duros viven bajo piedras y en grietas de rocas, así como entre los enormes pedúnculos de ciertas algas marinas (Barnes, 1989).

Desde la zona intermareal hasta las grandes profundidades oceánicas (García *et al.*, 2005). En El Salvador, se les ha detectado en zonas rocosas, registrándose las siguientes especies: *Holothuria impatiens*, *H. kefersteini*, *H. lubrica*, *Isostichopus fuscus*, *Paratrichopus californicus*, *Labidodemas americanum*, *Thyone bidentata*, *Euthyonidium veleronis*, *Lissothuria ornata*, *Afrocucumis ovulum* y *Neothyone gibosa* (Barraza & Hasbún, 2005).

CLASE CRINOIDEA

Los crinoideos son la más antigua y en algunos aspectos la más primitiva de las clases actuales de equinodermos (Ruppert & Barnes, 1996). Se dividen en dos tipos: los de vida libre y los sésiles (Thurman & Webber, 1984). Estos organismos viven adheridos al fondo del mar, especialmente en zonas de arrecifes de coral, aunque también se les encuentra en mares templados. Son abundantes a profundidades mayores de 50 m, por lo que es difícil observarlos en las playas. Por esta razón, se desconoce su existencia en la costa de El Salvador (Barraza, 1995). Este grupo de organismos no han aparecido en los diferentes arrastres y muestreos de fauna bentónica efectuados en el país⁷.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS EQUINODERMOS

Los organismos zoobentónicos desempeñan un importante papel ecológico dentro de los ecosistemas acuáticos, ya que participan en actividades de descomposición de materia orgánica. Además, ocupan una posición primordial dentro de la cadena alimenticia, debido a que muchas especies zoobentónicas constituyen el principal alimento para peces demersales, y son importantes para el reciclaje de nutrientes a través de procesos de bioturbación de sedimento, que acelera los procesos de remineralización (Castro, 2002). Es importante el estudio de estas comunidades, en aspectos relacionados

⁷ Comunicación personal: José Enrique Barraza, 2006. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

con sus relaciones tróficas, dinámica poblacional y ecología, para lograr un manejo más eficiente de los recursos de la plataforma continental (Carranza *et al.*, s.a.).

Entre los macroinvertebrados bentónicos más importantes se encuentran los equinodermos (Mare, 1942; Netto *et al.*, 2005). Por los diversos nichos que ocupan estos organismos dentro de la cadena trófica, son fundamentales las relaciones entre este grupo y los diferentes factores ambientales que hacen fluctuar la distribución y abundancia de sus poblaciones (Caso *et al.*, 1993). Los equinodermos son componentes de la biomasa del bentos nerítico y su conocimiento se aplica en la evaluación de la productividad secundaria del mar. Forman parte clave e integral en la cadena alimenticia de los mares del mundo (Solís-Marín, 1997).

El grupo de los equinodermos muestra una amplia variedad de estrategias alimenticias, desde la alimentación por absorción corporal, alimentadores de depósito y suspensión, herbívoros, detritívoros, predadores, oportunistas, comensalismo, hasta especialistas estrictos como *Solaster stimpsonii*, una estrella de mar del Pacífico Noreste que se alimenta exclusivamente de una especie de pepino de mar (Solís-Marín, 1997). *Pynkatropa pawsoni*, es un pepino de mar simbiote, que vive en las branquias de un pez óseo, aprovecha la corriente de agua y se alimenta de las partículas en suspensión (Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 1998). En los ecosistemas marinos se encuentran

equinodermos en diferentes niveles tróficos: herbívoros, sedimentívoros, carroñeros, carnívoros y omnívoros (Hooker *et al.*, 2005).

Equinodermos epifaunales (holoturoideos, equinoideos y asteroideos) suelen ser particularmente idóneos para los estudios sobre derrames petroleros. Pueden ser “indicadores” de polución por petróleo, debido a que son fáciles de identificar y cuantificar en el campo, y tienen una fuerte y persistente respuesta numérica a los derrames de petróleo en las profundidades someras, como se presentó en un estudio realizado en Bahía Las Minas en Panamá donde uno de los grupos más fáciles de monitorear fueron los equinodermos epifaunales, siendo fuertemente afectados por el derrame (Marshall *et al.*, 1990).

Mucho más selectiva y especializada es la actividad de ciertas holoturias que ingieren trozos desprendidos y muertos de las colonias de coral, triturándolos en su sistema digestivo para aprovechar la parte orgánica. Podría sospecharse que el efecto de estos equinodermos es mínimo, pero datos experimentales han confirmado que una sola holoturia produce de 10 a 80 kilogramos de detritus al año (Martínez-Poinsenet, 2001). Se reconoce que los ofiuroideos desempeñan una función ecológica importante en las comunidades marinas y se han registrado como componentes importantes en la dieta de invertebrados y peces (Randall, 1967; Hendler *et al.*, 1995 citado por Bejarano *et al.*, 2004).

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS EQUINODERMOS

Algunas especies de equinoideos, holoturoideos y asteroideos que viven en la región litoral o a poca profundidad son de importancia económica. Las estrellas de mar trituradas se utilizan como complemento proteínico para el crecimiento de ratas, aves de corral y producción de huevos en aves. Los caparazones de los erizos y las estrellas de mar son utilizados como fertilizantes (Caso, 1977).

Las gónadas de erizos son comestibles, en algunos lugares se comen crudas con un poco de limón o bien cocidas y guisadas (Caso, 1977). Desde tiempos antiguos se han considerado un alimento muy nutritivo y se les ha asignado otras propiedades (afrodisíaco). Actualmente las gónadas de erizo constituyen el producto marino que alcanza un precio de 50-100 \$/kg en los mercados internacionales, causando la expansión mundial de esta pesquería. Las gónadas de erizo son altamente apreciadas en Europa (Francia) y Asia (Japón y Korea). En el mundo se pescan intensivamente las siguientes especies: *Echinus esculentus* y *Paracentrotus lividus* en Europa (Francia, Dinamarca, Irlanda e Islandia); *Strongylocentrotus droebachiensis*, *S. intermedius*, *S. purpuratus*, *S. nudus* en el Pacífico norte (Japón, Rusia, China, Korea, Canadá y Estados Unidos) y *Loxechinus albus* en el Pacífico sur (Chile), en el mar Caribe (Barbados) se sobreexplota *Tripneustes ventricosus* (Gómez, 2001).

Los huevos de los erizos de mar se han utilizado mucho en investigaciones biológicas porque son abundantes, fáciles de recoger y pueden manejarse cómodamente. En investigaciones embriológicas se puede seguir sus fases de desarrollo con gran precisión. La partenogénesis artificial se descubrió al observar que cambiando la naturaleza química del agua de mar se inicia el desarrollo sin necesidad de que coopere el espermatozoide (Hickman, 1998).

Los pepinos de mar constituyen un importante y valioso recurso de explotación pesquera para la mayoría de los países del Pacífico Meridional y Asia y su pesca se ha extendido recientemente a Africa, Nueva Zelandia, América del Norte y América del Sur.

Las especies de mayor valor comercial en aguas tropicales del Pacífico Occidental y Océano Indico son *Holothuria fuscogilva*, *H. nobilis* y *H. scabra*. En el Pacífico Oriental incluidos el Ecuador y las Galápagos hay una pesquería pequeña de *Isostichopus fuscus*. Las pesquerías en zonas templadas se dividen en regiones del Pacífico Occidental (*Stichopus japonicus*); costas del Pacífico Oriental de América del Norte (*Parastichopus californicus* y *P. parvimensis*) y pequeña pesquería de *Cucumaria frondosa* en el Atlántico (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2002).

La piel de los holoturoideos previamente preparada y sometida a técnicas especiales se emplea para preparar el *balate o trepang*, producto de un elevado poder proteínico consumido en países orientales (Caso, 1977). Diversas sustancias que provienen de los pepinos de mar se utilizan para elaborar productos farmacéuticos de consumo humano. Por ejemplo la extracción de saponinas (holoturina) presentes en la piel y órganos internos de algunas especies de holoturoideos; estas poseen principios activos capaces de inhibir el crecimiento de células cancerosas; también actúan directamente sobre las células de la sangre y del sistema nervioso central de muchos animales vertebrados (Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 1998).

En El Salvador se desconoce la importancia económica alimenticia de los equinodermos y su utilidad para actividades artesanales como ornamentación, así como también en otras actividades de naturaleza no extractiva como educación, investigación y el potencial turístico al ser especies atractivos del arrecife rocoso, lo cual podría ser una motivación para su conservación y uso sostenible.

III. METODOLOGÍA

UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sistema arrecifal Los Cóbanos se localiza a 11 kilómetros al suroeste de Acajutla en el departamento de Sonsonate, entre los 13° 35' 67'' latitud norte y 89° 45' 10'' longitud oeste y los 13° 35' 71'' latitud norte y 89° 45' 15'' longitud oeste, según el Instituto Geográfico Nacional (Lemus *et al.*, 1994). Corresponde de Oeste a Este con los límites de la playa El Zope y la playa El Flor (Fig. 1).

Climatología

La temperatura ambiente del área oscila entre los promedios anuales de 27 a 32 grados centígrados; en relación a la precipitación pluvial, se delimitan dos épocas en promedio anual, una lluviosa de mayo a octubre, con precipitaciones entre 76 y 378 mm y otra seca de noviembre a abril con precipitación entre ausencia de lluvia de 41 mm, según datos del Servicio Meteorológico Nacional.



Figura 1. Ubicación del área de estudio con las estaciones de muestreo en las playas: El Zope, Los Cóbanos y El Flor en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate. El polígono indica la propuesta del Área Natural Protegida Los Cóbanos, del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2006.

Molina (2004), determinó salinidades entre 29 y 33 unidades prácticas de salinidad (ups) para los meses de Noviembre y Diciembre de 2003. Según Reyes-Bonilla & Barraza (2003) se ha registrado una salinidad promedio de 29.75 ups en mar abierto, y valores de

35 ups en la estación seca, hasta 28 ups en septiembre y octubre, meses en los cuales las lluvias superan los 500 mm.

Geomorfología

Frente a Los Cóbano se encuentra una terraza marina de abrasión en forma de una franja angosta que hacia Punta Remedios se ensancha a más de un kilómetro. Ahí se han formado arrecifes de coral y este es el único lugar de El Salvador donde existen (Lemus *et al.*, 1994). Los arrecifes son pequeños agregaciones de roca volcánica (la mayoría de ellos presentan una superficie no mayor de 30m²) que ocupan un total de 206 km² de una larga terraza marina que recorre la costa (8000 ha de área). Esta terraza se caracteriza por su escasa profundidad y la presencia de abundantes algas rojizas de origen calcáreo. A menos de 75 m de la línea de playa es frecuente encontrar formaciones coralinas con diámetros mayores de 50 cm. Estas formaciones adquieren dimensiones considerables, constituyendo un arrecife de parches coralinos (Gierloff-Emden, 1976).

Los Cóbano, es una playa rocosa de origen volcánico que ha originado la presencia de arrecifes en la zona desde la franja intermareal hasta aproximadamente 30 a 40 m de profundidad, en donde además de especies de corales, habita la mayor diversidad de algas marinas, invertebrados y peces de todo el país. La conformación del fondo marino es de carácter irregular con abundantes depresiones con grutas y grietas naturales de las rocas a manera de lagunetas, que se encuentran cubiertas de algas y esqueletos

coralinos, los cuales revisten su importancia debido a la ocurrencia de una gran riqueza de especies de hábitos crípticos (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003).

Molina (2004) determinó la cobertura arrecifal y distribución espacial de colonias vivas y muertas de corales pétreos y octorales. La mayor presencia de coral vivo y muerto de *Porites lobata* y *Pocillopora sp.* fue en la playa El Faro-Los Cóbanos. Los mayores diámetros de cabezas vivas de *Porites lobata* se encontraron en la zona de Salinitas y las de menor cobertura fueron El Zope.

Establecimiento de las estaciones de muestreo

Para la determinación de las estaciones de muestreo se tomó en cuenta criterios como las características topográficas, la distancia que guardan entre sí las tres estaciones de muestreo y la influencia antropogénica en la zona de estudio.

Se establecieron tres estaciones en los siguientes lugares:

- a) El Flor: comprende desde la Bocana del Río Las Marías hasta la playa El Flor. Se encuentra en las coordenadas 13° 31' 36.6'' N y 89° 47' 29.6' W. Se caracteriza por ser una zona extensamente rocosa, formando pisos de fondos duros a lo largo de la costa, con presencia de pozas de marea. La playa presenta secciones de roca tipo grava, aunque en su mayoría son rocas de mediano tamaño y extensiones de arena. Presenta influencia de la camaronera Misión Enterprise, el cual consiste en

el proyecto de cultivo de camarón más potente a nivel nacional y es catalogado como semi-intensivo. Se produce cerca de 1,200-1,500 lb/ha en sus operaciones y provoca la contaminación de las aguas de los estanques descargadas sobre el medio marino. Otra perturbación al lugar son los pobladores de sus alrededores y propietarios de ranchos privados que visitan la zona sobre todo en época de vacaciones (Fig. 2).



Figura 2. Estación El Flor en marea negativa, en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

- b) Los Cóbano: comprende desde la playa Los Enamorados-Punta Remedios-Cóbano centro. Se encuentra en las coordenadas $13^{\circ} 31' 28.5''$ N y $89^{\circ} 48' 20.4''$ W. Con numerosas depresiones que forman pozas de marea arenosas, con pequeños agregados formados por restos de coral, en cuyos extremos existen promontorios peñascosos inclinados, lo que facilita las condiciones ambientales

para una diversidad de organismos (Cortéz *et al.*, 2004). Presenta rocas de mediano tamaño en algunas zonas de la playa, extensiones de arena y una plataforma rocosa adherida al piso. Es una playa frecuentada por excursiones de turistas, estudiantes para conocer la biodiversidad del área y visitada por personas de las comunidades aledañas. Se encuentra a la par del caserío Los Cóbano, existiendo una mayor influencia de los pobladores y la presencia de establecimientos hoteleros y restaurantes, algunos de los cuales generan contaminación a la zona (Fig. 3).



Figura 3. Zona intermareal de la estación Los Cóbano en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

- c) El Zope: abarca desde Punta La Puerta de Hierro-El Zope hasta la desembocadura del Río Venado. Se encuentra en las coordenadas $13^{\circ} 32' 40.0''$ N y $89^{\circ} 49' 28.9''$ W. Es una zona de afloramientos peñascosos y con inclinaciones subverticales interrumpidos por estrechos valles con cauces de pendientes pronunciadas

expuestas a fuerte oleaje. Presenta cuevas marinas y unas cuantas pozas de marea (Cortéz *et al.*, 2004). Con rocas de grandes dimensiones sobrepuestas formando intersticios a lo largo de la zona intermareal y extensiones de arena con piedras de menor tamaño. Está influenciada por la camaronera CENDEPESCA-El Zope, estación de carácter experimental, perteneciente al centro de desarrollo pesquero (CENDEPESCA-MAG). Todo tipo de sedimentos de los estanques son desechados sin tratamiento de las aguas de descarga derivada de sus operaciones, desembocando en el río El Venado. Es un área poco frecuentada por pescadores y por personas que habitan las comunidades cercanas así como turistas veraneantes de ranchos aledaños (Fig. 4).



Figura 4. Afloramientos de peñascos en la estación El Zope en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate en el período de Septiembre -Diciembre de 2006.

METODOLOGÍA DE CAMPO

La fase de campo se llevó a cabo en los meses de Septiembre a Diciembre de 2006, realizando muestreos mensuales durante los días del mes que presentaron las mareas más negativas reportadas por el almanaque de mareas (International Marine, 2006). Previamente se realizaron viajes de campo al área de estudio con el objeto de obtener una colección de referencia de las especies de equinodermos. Para su identificación se utilizaron las guías de campo de Brusca (1980), Kerstitch (1989) y Hickmann (1998).

Transectos Lineales y Cuadrantes

Se utilizaron los métodos de transecto lineal y cuadrante que se describe a continuación (Dawes, 1991):

- a) En cada estación de muestreo se realizaron dos transectos lineales de 300 m de longitud en la región intermareal rocosa, utilizando lazos de nylon para marcar una línea recta perpendicular a la costa. Se utilizó el GPS (Sistema de Posicionamiento Global por sus siglas en inglés) para facilitar la dirección del transecto lineal. Los transectos se movieron cada vez que se realizaron los muestreos a lo largo de cada estación, dejando una distancia aproximada entre transectos de 50 m de longitud (Fig. 5).
- b) Se muestreó a lo largo del transecto, mediante el desplazamiento paralelo en forma de zig-zag (Fig. 5) con un cuadrante de un metro cuadrado de área (Fig. 6) a

ambos lados del transecto marcado; obteniendo un área de 300 m² por transecto y totalizando un área de 600 m² en cada estación por muestreo. Las cuantificaciones se efectuaron mediante censos visuales a través de buceo libre a una profundidad máxima de dos metros, se contabilizaron los individuos ubicados sobre, entre y bajo las rocas utilizando guantes especiales de buceo para la protección de las manos durante la remoción de piedras como se menciona en Chapman, 2005.



Figura 5. Transectos lineales y Cuadrantes en la zona intermareal de las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.



Figura 6. Muestreo de equinodermos en la zona intermareal con el cuadrante de un metro cuadrado elaborado con tubos de cloruro de polivinilo (PVC), durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Identificación de especies

Las especies de equinodermos encontrados se identificaron a partir de la colección de referencia elaborada previamente y colaboración de especialistas en el país, y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos recolectados se trabajaron en páginas de Excel para calcular cada uno de los índices a estudiar. Para la composición que es un criterio para verificar la diversidad, riqueza y abundancia de especies en los ecosistemas, se utilizaron los siguientes índices:

- **Índice de Densidad**

La densidad se estableció mediante el número de individuos de cada especie entre el total del área de la zona de muestreo

- **Índices de biodiversidad**

La riqueza específica (R) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza de especies específica es poseer un inventario completo que permita conocer el número total de especies, obtenido por un censo de la comunidad. La mayoría de las veces se debe recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de la comunidad (Moreno, 2001).

- a. Índice de Margalef, transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de especies (Moreno, 2001).

$$R = (S - 1) / \ln N$$

Donde: R = Índice de Margalef

S = Número de especies

N = Número total de especies

- b. Índice de diversidad de especies de Shannon-Wiener, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies encontradas. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a cual especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev 1995). Asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en las muestras (Moreno, 2001). Presenta valores entre 1 y 6 (MARN, 2003).

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i (\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = Índice de diversidad de Shannon – Weiner

P_i = proporción de individuos de la especie (n_i) en la muestra total (N) y

$$p_i = n_i/N$$

N = Número total de individuos

La estructura es el arreglo espacial en que se desarrolla una comunidad, y se determinó mediante el siguiente índice:

- **Índice de Kulzcynski**

Se utilizó para establecer relaciones de similitud cuantitativa entre las tres estaciones con sus respectivos datos en todo el período de muestreo.

Índice de similitud de Kulzcynski:

$$I_k = 2 (A+B) / W$$

Donde:

A = total del número más bajo de los datos pareados de individuos por especie en el área A.

B = total del número más bajo de los datos pareados de individuos por especie en el área B.

W = total de individuos en el área A y B.

Los valores del índice oscilan entre 0.0 y 1.0. Las comunidades son consideradas idénticas cuando $I_k \geq 0.8$ (Kronberg, 1988, citado por Barraza, 1993).


IV.RESULTADOS





RIQUEZA DE ESPECIES

Se contabilizaron un total de 13 especies de equinodermos en la zona intermareal del arrecife Los C6banos (Tabla 1). El grupo con la mayor riqueza fue la Clase Holothuroidea (seis especies), Ophiuroidea (cinco especies), la Clase Echinoidea (dos especies).

Se registraron cuatro especies nuevas para el sistema arrecifal Los C6banos: *Holothuria hilla*, *H. impatiens*, *Ophiactis savignyi*, y *Ophiotrix rudis*; siendo esta 6ltima especie un nuevo registro para el pa6s (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificaci6n taxon6mica de equinodermos observados en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los C6banos, Sonsonate durante el per6odo de Septiembre-Diciembre de 2006.

CLASE OPHIUROIDEA ORDEN OPHIURIDA	
FAMILIA	ESPECIE
Ophiocomidae	<i>Ophiocoma aethiops</i> 

	<i>O. alexandri</i>	
Ophiidermatidae	<i>Ophioderma panamense</i>	
Ophiactidae	<i>Ophiactis savignyi</i> *	
Ophiotrieidae	<i>Ophiotrix rudis</i> **	

CLASE HOLOTHUROIDEA
ORDEN ASIPIROCHIROTIDA

Holothuriidae

Holothuria kefersteini



H. lubrica






*H. hilla**



*H. impatiens**



	<p><i>Labidodemas americanum</i></p> 
Stichopodidae	<p><i>Isostichopus fuscus</i></p> 
<p>CLASE ECHINOIDEA ORDEN ECHINOIDA</p>	
Echinometridae	<p><i>Echinometra vanbrunti</i></p> 
<p>ORDEN DIADEMATOIDA</p>	

Diadematidae	<p data-bbox="576 241 841 277"><i>Astropyga pulvinata</i></p> 
--------------	--

* especies reportadas por primera vez

** especie reportada por primera vez para el sistema arrecifal Los C6banos y para el pa6s

La mayor riqueza de especies se observ6 en la estaci6n El Zope, donde estuvieron representadas las tres clases taxon6micas, correspondiendo cinco a la Clase Ophiuroidea, seis a la Holothuroidea y dos a la Echinoidea, seguida de la estaci6n El Flor con cinco especies de ofiuroideos y seis holoturoideos, la estaci6n Los C6banos con cinco especies de las Clases Ophiuroidea y Holothuriodea (Fig. 7).

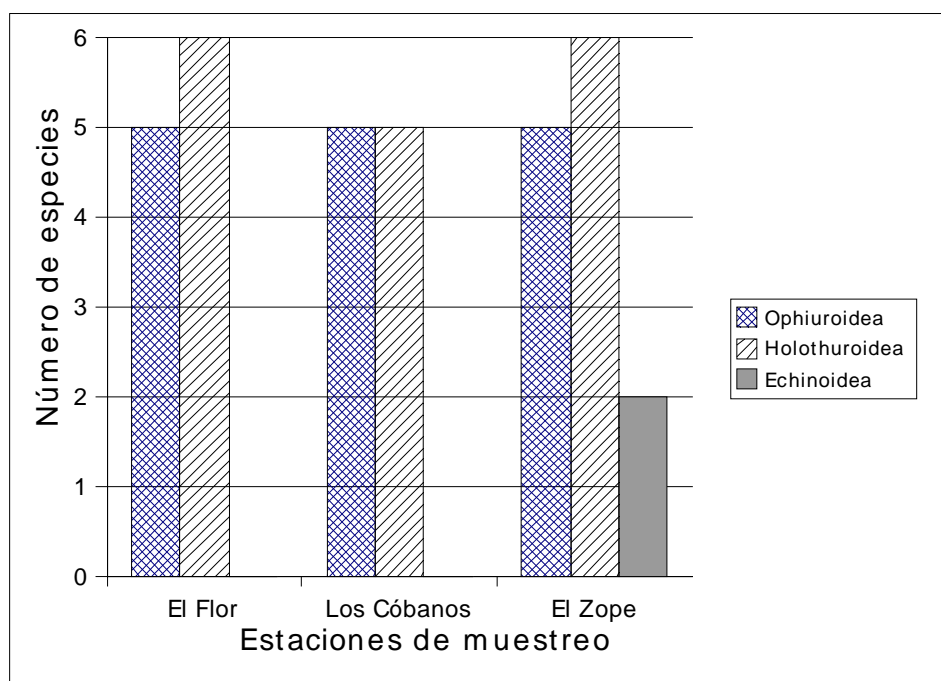


Figura 7. Riqueza de especies de equinodermos de las Clases Ophiuroidea, Holothuroidea y Echinoidea en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.

ABUNDANCIA DE ESPECIES

Durante el período de muestreo comprendido entre los meses de Septiembre-Diciembre se contabilizaron 2670 especímenes de equinodermos. La Clase más abundante de las tres zonas de muestreo fue la Ophiuroidea con 1771 individuos, seguida por la Holothuroidea con 877 y la Echinoidea con 22 (Tabla 2).

La estación El Flor fue la que presentó el mayor número de individuos de la Clase Ophiuroidea (860), seguida de la Holothuroidea (324 individuos). En esta estación no ocurrió ninguna especie de la Clase Echinoidea, sin embargo esta estación presentó la mayor abundancia de equinodermos del sistema arrecifal con 1184 individuos.

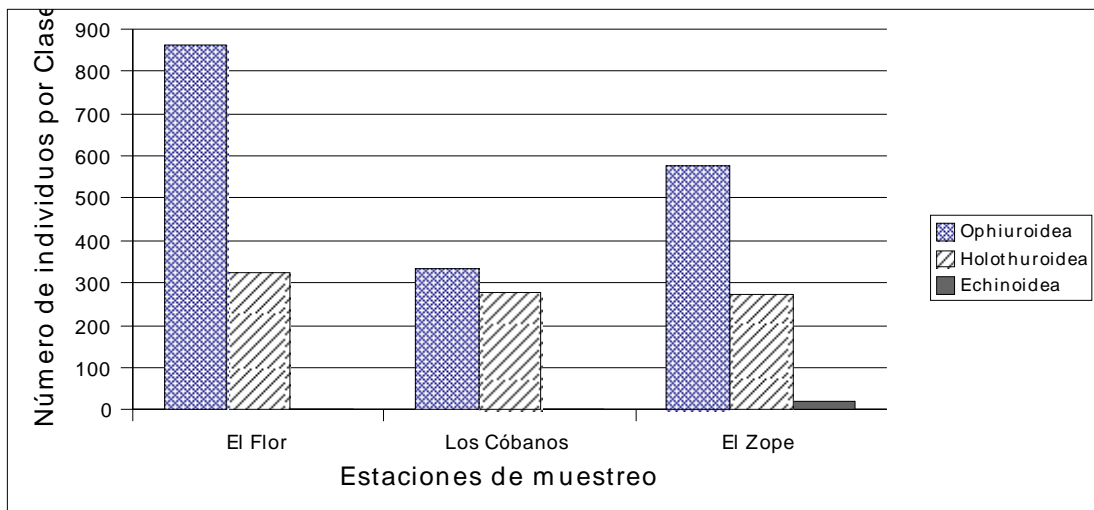
La estación Los Cóbanos con 333 individuos para la Clase Ophiuroidea, 280 para la Clase Holothuroidea y no se encontraron representantes de la Clase Echinoidea. Con un total de 613 individuos para esta zona, presentó la menor abundancia de organismos.

En la estación El Zope, se observaron un total de 873 individuos, correspondiendo 578 a la Clase Ophiuroidea y 273 a la Holothuroidea. En esta estación se encontraron 22 individuos de dos especies de la Clase Echinoidea (Fig. 8).

Tabla 2. Total de individuos por Clase Taxonómica observados en cada estación de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

ESTACIONES	CLASE			Total
	Ophiuroidea	Holothuroidea	Echinoidea	
El Flor	860	324	0	1184
Los Cóbanos	333	280	0	613
El Zope	578	273	22	873
Total	1771	877	22	2670

Figura 8. Total de individuos por Clase observados en cada estación de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate durante el período de Septiembre Diciembre de 2006.



Las especies más abundantes en las tres estaciones de muestreo (Tabla 3 y 4) fueron *Ophiocoma alexandri* (793 individuos), *Holothuria kerfersteini* (666 individuos) y *O. aethiops* (624 individuos). Estas tres especies representan el 55.6% de la abundancia total. La estación El Zope fue la única en la que se detectó la presencia de *Echinometra vanbrunti* con 20 individuos y *Astropyga pulvinata* con dos, siendo esta última la especie menos abundante.

Tabla 3. Número total de individuos por Clase taxonómica y especie en las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.

CLASE	ESPECIE	ESTACIONES			TOTAL
		El Flor	Los Cóbano	El Zope	
Ophiuroidea	<i>Ophiocoma aethiops</i>	358	155	111	624
	<i>O. alexandri</i>	294	152	347	793
	<i>Ophioderma panamense</i>	50	13	110	173
	<i>Ophiactis savignyi</i>	31	12	2	45
	<i>Ophiothrix rudis</i>	127	1	8	136
Holothuroidea	<i>Holothuria kefersteini</i>	312	187	167	666
	<i>H. lubrica</i>	5	83	94	182
	<i>H. hilla</i>	1	0	7	8
	<i>H. impatiens</i>	2	2	2	6
	<i>Isostichopus fuscus</i>	2	1	1	4
	<i>Labidodemas americanum</i>	2	7	2	11
Echinoidea	<i>Echinometra vanbrunti</i>	0	0	20	20
	<i>Astropyga pulvinata</i>	0	0	2	2

Tabla 4. Las tres especies más abundantes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

ESPECIES	ESTACIONES		
	El Flor	Los Cóbano	El Zope
<i>Ophiocoma alexandri</i>	294	152	347
<i>Holothuria kefersteini</i>	312	187	167
<i>Ophiocoma aethiops</i>	358	155	111

En la Figura 9 se puede observar que en la estación El Flor la especie más abundante fue *Ophiocoma aethiops* (358 individuos) perteneciente a la Clase Ophiuroidea, en Los Cóbano *Holothuria kefersteini* (187) de la Clase Holothuroidea y en El Zope *Ophiocoma alexandri* (347) nuevamente de la Clase Ophiuroidea.

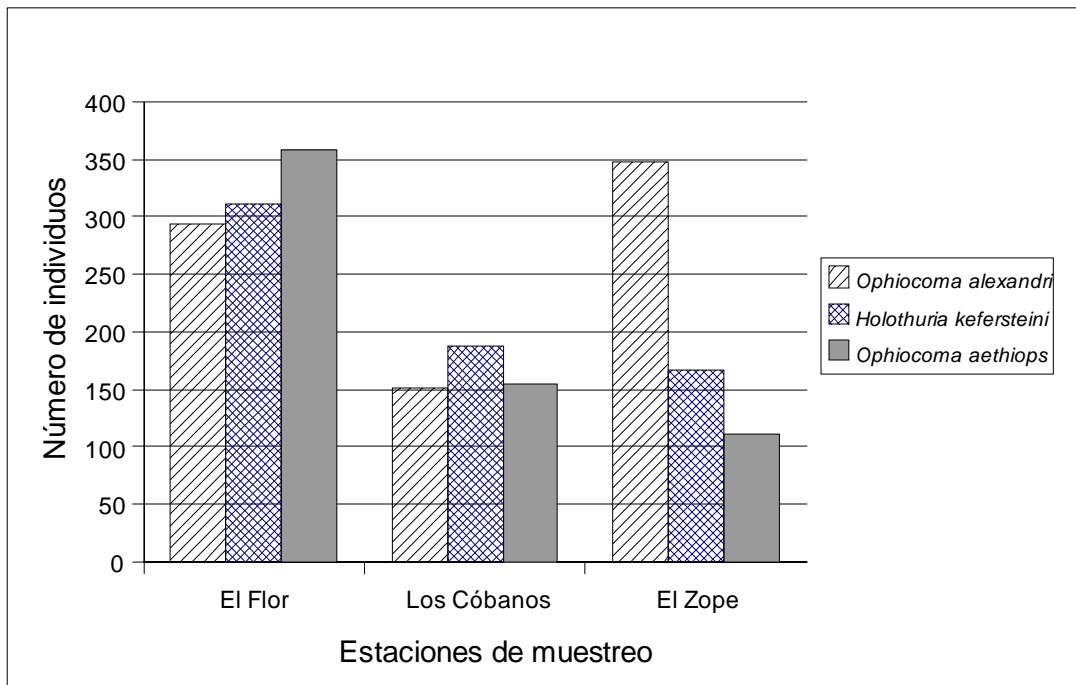


Figura 9. Especies más abundantes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período de Septiembre-Diciembre de 2006

DENSIDAD

La Tabla 5 muestra la densidad de las especies de equinodermos en cada estación de muestreo. Las especies que alcanzaron las mayores densidades se incluyen en la Clase Ophiuroidea: *Ophiocoma aethiops* con densidades (0.15, 0.06, 0.05 ind/m² en las estaciones El Flor, Los Cóbano y El Zope respectivamente), *Ophiocoma alexandri* (0.12, 0.06, 0.14 ind/m² en las estaciones El Flor, Los Cóbano y El Zope respectivamente). En cuanto a la Clase Holothuroidea la especie con dominio numérico fue *Holothuria kefersteini* (0.13, 0.08, 0.07 ind/m² en las estaciones antes mencionadas).

Tabla 5. Densidad (ind/m²) de las especies de equinodermos presentes en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.

ESPECIE	ESTACIONES		
	EL Flor	Los Cóbano	El Zope
<i>Ophiocoma aethiops</i>	0.15	0.06	0.05
<i>O. alexandri</i>	0.12	0.06	0.14
<i>Ophioderma panamense</i>	0.02	0.01	0.05
<i>Ophiothrix rudis</i>	0.05	4.20 x10 ⁻⁴	3.33 x10 ⁻³
<i>Ophiactis savigni</i>	0.01	0.01	8.33 x10 ⁻⁴
<i>Holothuria kefersteini</i>	0.13	0.08	0.07
<i>H. hilla</i>	4.20 x10 ⁻⁴	0.00	2.91 x10 ⁻³
<i>H. lubrica</i>	2.08 x10 ⁻³	0.03	0.04
<i>H. impatiens</i>	8.30 x10 ⁻⁴	8.30 x10 ⁻⁴	8.33x10 ⁻⁴
<i>Isostichopus fuscus</i>	8.30 x10 ⁻⁴	4.20 x10 ⁻⁴	4.16 x10 ⁻⁴
<i>Labiodemas americanum</i>	8.30 x10 ⁻⁴	2.92 x10 ⁻³	8.33 x10 ⁻⁴
<i>Equinometra vanbrunti</i>	0.00	0.00	8.33 x10 ⁻³
<i>Astropyga pulvinata</i>	0.00	0.00	8.33 x10 ⁻⁴

La Figura 10 indica que en la estación El Flor la especie con mayor densidad fue *Ophiocoma aethiops* en la estación Los Cóbano fue *Holothuria kefersteini* y en El Zope *Ophiocoma alexandri*.

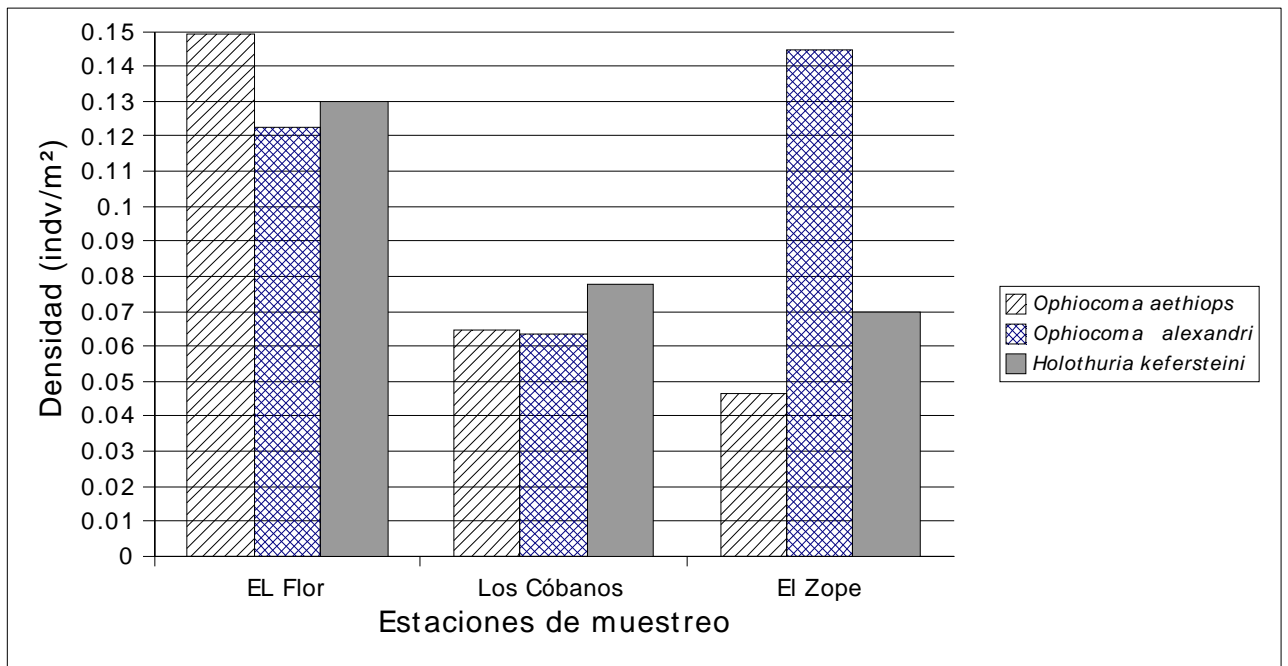


Figura 10. Densidad de las tres especies más abundantes de equinodermos en las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate durante el período Septiembre-Diciembre de 2006.

ZONACIÓN DE ESPECIES

En la Clase Ophiuroidea se observó la distribución horizontal de especies de esta manera: *Ophioderma panamense* se observó con mayor abundancia desde los 300 m hasta los 200 m a lo largo del transecto, *Ophiocoma alexandri* desde los 250m hasta el inicio del transecto y *O. aethiops* desde los 300 m hasta los 150 m.

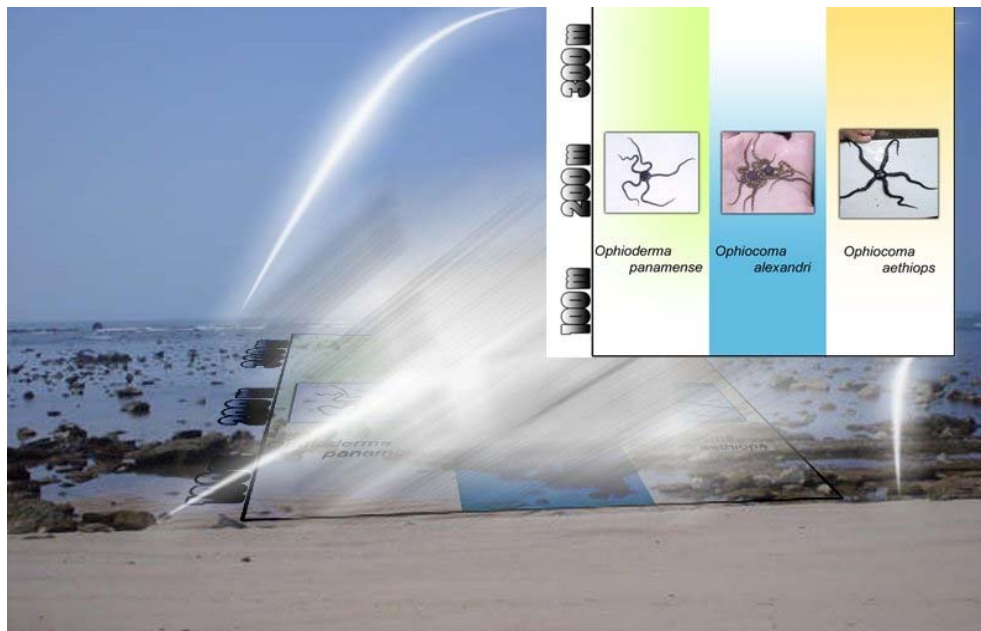


Figura 11. Zonación horizontal de la Clase Ophiuroidea en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

Las especies de la Clase Holothuroidea se encontraron abundantemente a lo largo de todo el transecto, sin diferencia entre especies. Los equinoideos se observaron con mayor abundancia desde los 200 m hasta el comienzo del transecto

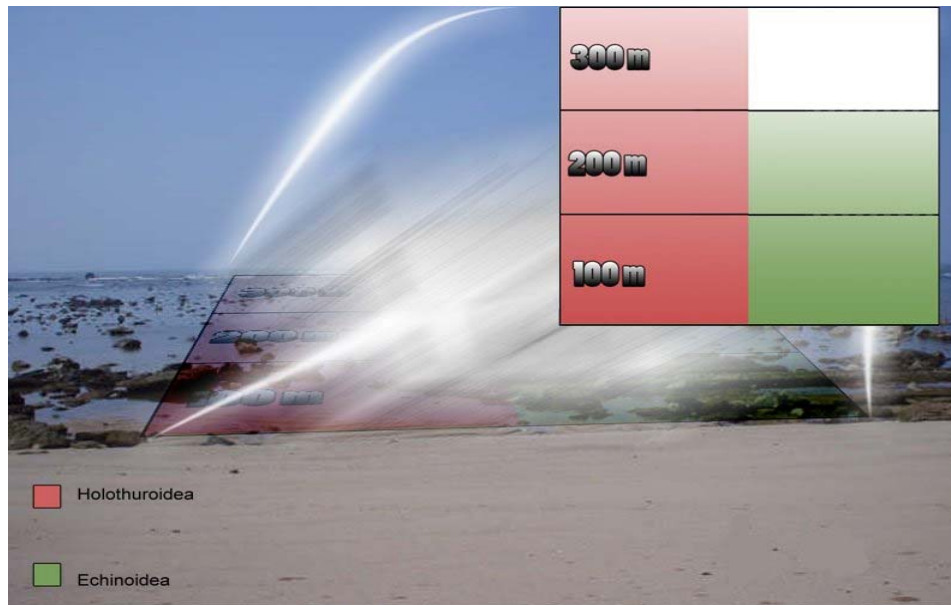


Figura 12. Zonación horizontal de la Clase Holothuroidea y Echinoidea en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate durante el período de Septiembre-Diciembre de 2006.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

El índice de Margalef indicó que El Zope presentó la mayor diversidad y Los Cóbano la menor. El índice de Shannon-Wiener demuestra que la probabilidad de encontrar las distintas especies en las estaciones de Los Cóbano y El Flor es la misma por presentar igual valor para dicho índice (Tabla 6).

Tabla 6. Índices de Margalef y Shannon-Wiener par las estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.

ESTACIÓN	MARGALEF	SHANNON-WIENER
El Flor	1.41	1.58
Los Cóbano	1.40	1.58
El Zope	1.77	1.68

SIMILITUD DE ESTACIONES.

El índice de Kulzcynski (Ik) indica que las estaciones no son similares (Tabla 7). El Ik entre las estaciones El Zope y Los Cóbano fue 0.71, indicando que las estaciones son disímiles, en cuanto a la composición de equinodermos. Esta tendencia se mantiene al comparar las estaciones El Flor-El Zope (Ik= 0.62) y El Flor-Los Cóbano (Ik= 0.59).

ESTACIONES	El Zope	Los Cóbano	El Flor
El Zope	x	0,71	0,62
Los Cóbano	x	x	0,59
El Flor	x	x	x

Tabla 7. Índice de Kulzcynski comparando las tres estaciones de muestreo del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, Sonsonate en el período Septiembre-Diciembre de 2006.

V. DISCUSIÓN

En El Salvador se han documentado equinodermos en diferentes tipos de hábitat, incluyendo fondos lodosos de manglares, zonas intermareales y sublitorales de fondos blandos y rocosos (Hernández & Davis, 1979; Parada & Saez, 1995; Barraza, 1995, 2000; Reyes-Bonilla & Barraza, 2003; Barraza & Hasbún, 2005). Sin embargo, no existen estudios relacionados con aspectos de composición y estructura de las poblaciones de equinodermos en la zona intermareal de la costa de nuestro país.

Barraza, 1995, 2000; y Barraza & Hasbún, 2005 reportaron para Los Cóbanos las especies: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, *Ophioderma panamense*, *Holothuria kefersteini*, *H. lubrica*, *Isostichopus fuscus*, *Labidodemas americanum*, *Echinometra vanbrunti* y *Astropyga pulvinata* las cuales fueron identificadas en este estudio. Sin embargo, se tienen nuevos registros de las especies *Holothuria hilla*, *H. impatiens*, *Ophiactis savignyi*, y *Ophiotrix rudis*; siendo esta última un nuevo registro para El Salvador. Es probable el reporte de esta nueva especie para el país, como los nuevos registros para la zona, por ser el primer estudio de composición y estructura que se lleva a cabo de este grupo de organismos durante un período prolongado de tiempo así como por su metodología utilizada.

Las especies registradas de este estudio son características de ambientes de fondos rocosos, arenosos y presencia de parches de coral que proveen muchos espacios para el hábitat de los equinodermos. Algunos estudios han reportado la presencia de estas mismas especies y en ambientes similares: Bahía de Mazatlán en Sinaloa, en el Golfo de California, Bahía La Paz, Arrecife de Cabo Pulmo en el Pacífico, Bahía de Loreto, Puerto Morelos en Quintana Roo, Costas de Jalisco, Isla Tiburón en Sonora, Bahía de Kino, en México; Islas de Malpelo, Colombia; Islas Galápagos, Ecuador; Archipiélago de San Bernardo en el Caribe y Pacífico Colombiano; Islas Lobos de Afuera, Lambayaque, Perú; Parque Marino Ballenas en el Pacífico de Costa Rica; Pacífico de Panamá; Caribe Mexicano (Caso, 1978 y Caso *et al.*, 1996; PNUMA, 1996; Solís-Marín *et al.*, 1997; Cintra-Buenrostro *et al.*, 1998; Hickman 1998; Holguín *et al.*, 2000 ; UNAM, 2001; López, 2002; Bejarano *et al.*, 2004; Neira & Cantera, 2005; Hooker *et al.*, 2005; Solís-Marín *et al.*, 2005; Alvarado & Fernández, 2005; Moreno *et al.*, 2005; Lessios, 2005; Trujillo-Luna & González-Vallejo, 2006).

La Clase con mayor abundancia fue la Ophiuroidea: *Ophiocoma aethiops* y *O. alexandri* con abundancias altas en las tres estaciones de muestreo (Tabla 4), similar a lo documentado por Caso *et al.* (1996) en Bahía de Mazatlán, Sinaloa en México. Ocurren con frecuencia tanto en la Costa Occidental y Oriental del Golfo de California, México (Solís-Marín *et al.*, 2005). En el sistema arrecifal rocoso Los Cóbanos la abundancia de ofiuroideos fue probablemente por la dinámica de estos organismos, debido a que son los más móviles del phylum y su tamaño les permite

utilizar las grietas, agujeros, espacios entre las piedras y otros huecos naturales como refugio, facilitándose su observación y contabilización durante los muestreos.

Los valores más altos de densidad las presentaron *Ophiocoma aethiops* (0.15 indv/m² en la estación El Flor) y *O. alexandri* (0.14 indv/m² en la estación El Zope); en un estudio similar realizado en el Parque Nacional Marino Ballena, en el Pacífico de Costa Rica (Alvarado & Fernández, 2005), se detectó que estas dos especies presentaron la mayor cantidad de individuos y las densidades más altas para el parque (1.92 y 1.07 ind/m², respectivamente).

En El Salvador, las especies de ofiuroides *Ophiocoma aethiops* y *O. alexandri* fueron observadas en los ambientes rocosos de: Los Cóbano, El Pital y Solymar, Golfo de Fonseca (Barraza, 1995, 2000). *Ophiocoma panamense* registrada en Los Cóbano (Barraza, 1995, 2000) y *Ophiactis savignyi* registrada para el Océano Pacífico en la base de datos de internet del Museo Nacional de Historia de la Institución Smithsonian (Barraza & Hasbún, 2005). Esta última, es una especie cosmopolita de la región tropical y subtropical y documentada adicionalmente sobre sedimentos de arena en ambiente estuarino de la Laguna de Términos, Campeche en México (Caso et al., 1996).

Los hábitats fueron característicos para algunas especies, como *Ophiocoma aethiops*, que se encontró debajo de las rocas o en sus cavidades ocultando su cuerpo en la parte profunda y solo evidenciando los brazos expuestos al exterior para atrapar

alguna partícula alimenticia, similar a lo descrito por Hooker *et al.* (2005) para la especie *Ophiatrix espiculata* en el estudio de Equinodermos de las Islas Lobos de Afuera, Lambayeque, Perú. La ofiura *Ophiactis savignyi* fue observada frecuentemente sobre las rocas que presentaban colonias de algas, similar a lo observado por Abreu-Pérez, 2005.

Pese a que este estudio sólo se realizó en la zona intermareal hasta los 300 m de longitud, se observó una zonación de especies en las tres estaciones, en especial de los ofiuroideos: A los 300 m habita con mayor abundancia *Ophioderma panamense*, *Ophiocoma aethiops* y *O. alexandri* existe a lo largo de todo el transecto, sin embargo esta última se observó con mayor frecuencia en los primeros 100 m de la zona intermareal; en donde las temperaturas de las pozas de marea que se forman pueden llegar a ser significativamente altas, considerando a *O. alexandri* una especie que se adapta a estos cambios radicales de temperatura.

Todos los holoturoideos se registraron a lo largo de los 300 m y los equinoideos entre los 100 y 200 m. La especie *Holothuria lubrica* se encontró en los intersticios formados en la plataforma rocosa cercanos a la orilla de la playa, lugares que quedan al descubierto durante marea baja soportando altas temperaturas.

Esta zonación de especies se observó en forma horizontal, sin embargo se considera que la profundidad puede influir en la distribución, pero no se tomó en cuenta en esta investigación.

La segunda Clase más abundante fue la Holothuroidea, debido principalmente a la dominancia numérica de *Holothuria kefersteini* y *H. lubrica* (666 y 182 individuos, respectivamente). La primera especie resultó como uno de los holoturoideos más frecuentemente observado, similar a lo mencionado por Barraza & Hasbún (2005), para las zonas rocosas intermareales de El Salvador. Probablemente la abundancia de la primera especie se debe al hábitat que ocupa, ya que se le observó bajo las rocas o adheridos a un lado de estas, con presencia de arena y restos de conchas sobre su dorso, así como lo documenta Brusca (1980) y Hickman (1998). *H. lubrica* presentó cierta abundancia en este ambiente rocoso, es una especie documentada con dominancia numérica en zonas intermareales en cavidades rocosas (Neira & Cantera, 2005; Solís-Marín *et al.*, 2005). Sin embargo, se requiere de un tipo de metodología destructiva del sustrato para un conteo más preciso de estos organismos, ya que se les observó en las grietas expuestas de la plataforma continental. Es probable que se encuentren en mayor abundancia bajo esta plataforma o en medio de ella.

La densidad de *Holothuria kefersteini* fue de las más altas (0.13 indv/m² en la estación El Flor) similar a lo observado en el Parque Nacional Marino Ballenas, en el Pacífico de Costa Rica (0.19 indv/m²) en sitios de sustrato rocoso con presencia de comunidades coralinas de *Porites lobata*. Estas características de sustrato, similares en este estudio, proporcionan ambientes de baja energía donde existe acumulación de sedimentos para la alimentación de los holoturoideos (Alvarado & Fernández, 2005).

Los holoturoideos *Holothuria lubrica* se encontró en Los Cóbano, El Pital, Solymar y el Golfo de Fonseca (Barraza, 1995, 2000; Barraza & Hasbún, 2005). *H. kefersteini* documentada para Los Cóbano, El Pital, Solymar y Maculís (Barraza, 1995, 2000; Barraza & Hasbún, 2005; Base de datos de internet del Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian). *H. impatiens* para Solymar (Barraza, 1995, 2000). *Isostichopus fuscus* y *Labidodemas americanum* ocurre en Los Cóbano (Barraza, 1995, 2000; Barraza & Hasbún, 2005).

La Clase menos abundante fue la Echinoidea, representada por *Echinometra vanbrunti* y *Astropyga pulvinata*⁸, los cuales fueron observados solamente en la Estación El Zope (tabla 3). La baja frecuencia observada de este grupo de equinodermos se debió probablemente a la falta de microhábitats que estos organismos utilizan para su refugio. Las características en los transectos de El Flor y Los Cóbano presentaron extensiones de arena, rocas sobrepuestas y lisas, debajo de las cuales se encontraba roca volcánica firme, tipo de sustrato que se asocia con una menor diversidad de especies (Abele, 1974 citado por Mille-Pagaza, *et al.*, 2002). Ambas especies ya fueron registradas para este arrecife, incluso, la primera de estas, se distribuye en varias zonas rocosas del país como Mizata, Solymar, Golfo de Fonseca (Barraza & Hasbún, 2005).

⁸ Hasta 2005 identificada como *Centrostephanus coronatus* (Barraza & Hasbún, 2005)

La mayoría de los transectos de la estación El Zope presentaron microhábitats como cavidades, grietas intersticiales, paredes rocosas y pozas de marea que proveen diversidad de hábitats, factor determinante en el incremento del número de especies en una comunidad (Abele, 1974; Gladfelter *et al.*, 1980; Stiling, 1999 citado por Mille-Pagaza *et al.*, 2002). Además por el tipo de muestreo no destructivo del sustrato, donde no se realizó ningún tipo de perturbación al sustrato, solamente remoción temporal de rocas para contabilizar los organismos presentes, no se encontraron aquellos que viven habitan a mayores profundidades (Alvarado, 2004). Por ejemplo, no se registrò la ocurrencia de los echinoideos *Toxopneustes roseus* y *Eucidaris thouarsii*, ya que Barraza & Hasbún los ubican a 10 m de profundidad en Los Cóbano.

No se detectaron ejemplares de la Clase Asteroidea debido a que en este estudio los muestreos se realizaron hasta una profundidad máxima de 2 m. Es importante mencionar que existen registros de *Phataria unifascialis* a profundidades mayores de 5 m y *Amphiaster insignis* a 10 m de profundidad en el arrecife de Los Cóbano (Barraza & Hasbún, 2005). Este estudio no registró a la Clase Crinoidea en la zona intermareal de Los Cóbano, por ser organismos abundantes a profundidades mayores a los 50 m, coincidiendo con otros estudios sobre equinodermos del país (Barraza, 1993, 1994, 1995, 2000; Reyes-Bonilla & Barraza, 2003; Barraza & Hasbún, 2005).

Referente a la composición de especies, el índice de Margalef varió de 1.40 a 1.77. El Zope posee el valor más alto, indicando que posee la mayor diversidad de especies de las tres estaciones. Los datos anteriores están muy relacionados con los obtenidos a partir del índice de Shannon-Wiener que fluctúan de 1.58-1.68. La estación El Zope presentó nuevamente el valor más alto de 1.68, considerándose como la zona con mayor diversidad de especies. Es probable que se deba a la característica de la playa, ya que presenta afloramientos peñascosos con valles que permiten la formación de cuevas marinas y pozas de marea (Cortéz *et al.*, 2004). Presenta rocas de grandes dimensiones sobrepuestas a la plataforma, con alta cobertura algal a lo largo de toda la estación en la zona intermareal, que provee alimento, refugio durante el día y protección, apropiada para explorar en la noche debido a los hábitos nocturnos como menciona Ruppert & Barnes (1996) citado por Bolaños *et al.* (2005).

A pesar que la estación El Zope presentó el mayor número de especies no así de número de individuos, por el hecho de encontrarse en una zona mayormente profunda comparada con las otras dos estaciones, la alta dinámica del mar fue una limitante para la remoción de grandes rocas, por lo que se considera que la cantidad de individuos para esta estación pudo haber sido mayor, sin embargo, esta condición no afectó que presentara el índice de diversidad más alto de todos los sitios de muestreo, por presentar las características que propician el tipo de hábitat, disponibilidad de alimento y refugio para su supervivencia.

Las estaciones El Flor y Los Cóbános poseen la diversidad de especies más baja, debido a que presentan rocas sin presencia de algas en su superficie, extensiones de arena y una plataforma rocosa adherida al piso, disminuyendo la cantidad de hábitats y alimento propicios para la existencia de los equinodermos, como ejemplo lo mencionado por Caso *et al.* (1993) donde afirma que la presencia de las diversas especies de la Clase Ophiuroidea y Echinoidea estuvo condicionada al tipo de sustrato. Además se tiene que tomar en cuenta el tipo de muestreo no destructivo que disminuyó la posibilidad de observar más organismos que viven bajo y dentro de la plataforma rocosa.

Al comparar las tres estaciones mediante el índice de Kulzcyński se determinó que son disímiles ($I_k \leq 0.8$). Sin embargo, se puede considerar que las estaciones con mayor similitud fueron El Zope y Los Cóbános ($I_k = 0.71$), lo cual puede atribuirse al dominio numérico de *Ophiocoma alexandri*, *O. aethiops*, *Holothuria kefersteini* (Tabla 2). En cambio las estaciones El Zope y El Flor presentaron un índice $I_k = 0.62$ y El Flor y Los Cóbános $I_k = 0.59$. Estas disimilitudes pueden atribuirse a la influencia antropogénica de la zona; la estación El Zope es una zona poco frecuentada, solamente visitada por pescadores y personas que transitan a las comunidades aledañas. No obstante, la presencia de la empresa camaronera “El Zope” no evidencia perturbación en la zona de estudio, sin embargo sería importante realizar estudios para conocer el grado de contaminación de sus desechos. Las estaciones El Flor y Los Cóbános se encuentran mayormente perturbadas por el impacto de las actividades de las comunidades humanas cercanas como el caserío Los

Cóbanos, como también por actividades destinadas a agricultura, ganadería, acuicultura y turismo.

Es importante hacer la distinción de que la sedimentación derivada de actividades humanas puede afectar las características propias de la comunidad, (Richmond, 1993; Vázquez-Domínguez et al., 1998; Nystram et al., 2000; Nystram & Folke 2001) como es el caso de las estaciones El Flor y Los Cóbanos, que se encuentran situadas en zonas de alta sedimentación resultado del mal manejo del terreno en las cuencas y de descarga de materiales de los ríos provenientes de comunidades aledañas a la zona, que afecta significativa y negativamente las comunidades arrecifales (Maragos 1993, Shinn et al., 2000; Vázquez-Domínguez 2000).

Los registros de las especies presentes en el Sistema Arrecifal Rocosos Los Cóbanos son importantes porque amplían el rango de distribución para la Provincia Bioecológica Panámica.

VI. CONCLUSIONES

Se encontraron 13 especies de equinodermos en la zona intermareal, correspondientes a cinco especies de la Clase Ophiuroidea, seis de Holothuroidea y dos Echinoidea. La estación con mayor riqueza de especies fue El Zope con 13, seguida de El Flor con 11 y Los Cóbanos con 10 especies.

Las especies más abundantes fueron: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, y *Holothuria kerfersteini* con altos valores de densidad; *Astropyga pulvinata*, *Isoistichopus fuscus* y *Holothuria impatiens* presentaron los valores de densidad más bajos.

La metodología de trabajo no destructiva del sustrato limitó la observación de los hábitats crípticos de las especies de equinoideos y algunos holoturoideos.

El índice de Margalef y Shannon-Wiener permiten concluir que la estación que presentó mayor diversidad de especies fue El Zope, lo cual puede asociarse a la topografía del lugar, al tipo de sustrato que permite la presencia de un alto número de microhábitats y abundantes recursos alimenticios y al menor grado de intervención humana. Según el índice de Kulczynski, las tres estaciones de muestreo son disímiles debido a las características de cada zona y a la influencia de actividades productivas antropogénicas desordenadas aledañas.

VII. RECOMENDACIONES

Promover investigaciones sobre equinodermos en otras zonas tanto en aguas litorales someras, como en aguas profundas mayores de 2m, para comparar la composición, estructura y funcionalidad de los equinodermos en el país.

Es indispensable realizar estudios posteriores en distintas épocas del año, que incluyan factores ambientales, para conocer las alteraciones y el grado de deterioro que sufren las comunidades de equinodermos en esta zona del país.

Promover el desarrollo sostenible, mediante normas ya establecidas de un plan de manejo aprobado por el MARN, para aprovechar apropiadamente los recursos, implementando estrategias de manejo que involucren a las comunidades para su desarrollo económico y social.

Exigir estudios de impacto ambiental a personas que deseen realizar algún proyecto de construcción en las zonas cercanas al área natural que puedan afectar la ecología de los organismos.

Es necesario que el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales decrete la zona como Área Natural Protegida del país para la protección de especies que allí habitan.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu-Pérez, M., F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figuera. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Ophiuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. Rev.Biol.Trop. (Int.J.Trop.Biol.) Vol.53 (Suppl.3):29-52.
- 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.
- _____ & C. Fernández. 2005. Equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. Vol. 53 (Suppl.3):275-284.
- Barnes, R.S. & R. Hughes. 1986. An introduction to marine ecology. Blackwell Scientific Publications, London, 339 p.
- Barnes, R. 1989. Zoología de los Invertebrados. Edit. Interamericana, 5^a ed. México. 957 pp.
- _____. 1995. Zoología de los invertebrados. Sexta Edición. Ed. MacGraw- Hill Interamericana. Madrid, 1114 p.

- Barraza, J.E. 1993a. Structure of the intertidal fauna on a Galveston groin. Master of Science Thesis. Texas A&M University. Collage Station, Texas. 56 pp.
- _____. 1993b. 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.
- _____.1994. Actualización sobre los equinodermos (Echinodermata) de El Salvador. Boletín Técnico No. 3. Asociación Amigos del Árbol, San Salvador, El Salvador 5 pp.
- _____.1995. Equinodermos de El Salvador. Historia Natural y Ecología de El Salvador. Ministerio de Educación de El Salvador. Tomo II, 87-99.
- _____.2000. Comentarios sobre la diversidad de invertebrados marinos de El Salvador. Publicación Ocasional No 2. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador. 15 pp.
- _____.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.

- _____ & C. R. Hasbún. 2005. Los equinodermos (Echinodermata) de El Salvador. *Rev. Biol. Trop.* Vol 53 (Suppl. 3): 139-146.
- Bejarano, S., S. Zea, & M. Diaz. 2004. Esponjas y otros microhabitats de ofiuos (Ophiuroidea: Echinodermata) en ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 33, 29-47. Colombia.
- Bell, S., McCoy, E. & Mushinsky H. R. 1991. Habitat structure; the physical arrangement of objects in space. Chapman y Hall, London. 5 pp.
- Bolaños, N., A. Bourg, J. Gómez & J. Alvarado. 2005. Diversidad y abundancia de equinodermos en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita, Caribe de Costa Rica. *Rev.Biol.Trop(Int.J.Trop.Biol)* Vol. 53 (Suppl.3): 285-290.
- Bonilla, H., A. González & A. Rojas. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Rev.Biol.Trop(Int.J.Trop.Biol)* Vol. 53 (Suppl.3): 233-244.
- Britton, J.C. & B. Morton. 1989. *Shore Ecology of the Gulf of Mexico.* University of Texas Press. USA. 387 pp.
- Brusca, R. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California.* The University of Arizona Press. United States of America. 513 pp.

- _____. 1990. Invertebrates. Publ. Sinnaeur Assoc. Inc. Publish. Massachusetts. 922pp.
- Calva, L. 2002. Hábitos alimentarios de algunos equinodermos. Parte 1 estrellas de mar y estrellas serpiente. Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Depto. Hidrobiología. D.C.B.S. UAM-I. México. 10 pp.
- Caso, M.E. 1977. Ciencia y técnica de los equinodermos en relación con el hombre primera parte. aspecto científico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de Mexico. Mexico.
- _____1978. Los equinodermos de la bahía de Mazatlán, Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Contribución 152 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 54 pp.
- _____. 1980. Los equinodermos del Pacífico de México. Parte Tercera- Orden Clypeasteroidea. Inst. Cienc. Mar Limnol. U.N.A.M., Publ. Esp. 4:1-252
- _____. 1992. Los equinodermos asteroideos, ofiuroideos y equinoideos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. Publ. Esp. 11: 1-214.

- _____, M. E., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F. A., Salas, C. A. & Durán, G. A. 1993. Contribución al conocimiento de la ecología de la comunidad equinodermos de la laguna de Términos, Campeche, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. México.
- _____.1994. Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los asteroideos colectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1,2,3. Inst. Cienc. Mar Limnol. U.N.A.M, Publ. Esp. 12: 1-111.
- _____ . & M. E., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F. A., Salas, C. A. & Durán, G. A. 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. Univ. Nal. Autón. México 22: 101-119. (Ref 8).
- Cantera, J.R. & R. Contreras. 1993. Ecosistemas costeros. I: 64-79 pp. En: P. Leyva (ed) Colombia Pacifico. Fondo Fen Colombia, Santafé de Bogota.
- Castro, M. 2002. Diagnóstico de comunidad zoobentónica infralitoral de Bahía de Garapuá, Cairu, Brazil. Universidad federal de bahía, instituto de biología. Curso de ciencias biológicas, Monografía. 39 pp.

- Carranza, A., L. Boccardi & R. Arocena. s.a. Estructura del zoobentos a seis distancias de la costa en el frente oceánico. Uruguay. 4 pp.
- Chapman, M. G. 2005. Molluscs and echinoderms under boulders: Test of generality of patterns of occurrence. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 325 (2005) 65-83. Elsevier. Australia
- CIC-UES (Consejo de Investigaciones Científicas-Universidad de El Salvador). 2005. Formulación del plan general de manejo y desarrollo del área protegida arrecife “Los Cóbano”. Instituto de Ciencias del Mar de El Salvador. El Salvador. 15 pp.
- Cintra-Buenrostro, C., H. Reyes Bonilla, & O. Arizpe Covarrubias. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México, *Rev. biol. trop*, vol 46 p. 341-344.
- _____ & M. Herrero-Pérezrul, 2005. Oceanographic conditions and diversity of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in the Gulf of California, México, *Rev. biol. trop*, vol 53 (suppl. 3):245-261
- CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2002. Comercio de cohombros de mar de las familias Holothuridae y Stichopodidae (Estados Unidos de

América). Duodécima reunión de la Conferencia de las Parte Santiago (Chile), 3-15 de noviembre de 2002.

- Corpes. 1992. El Caribe colombiano realidad ambiental y desarrollo. Editorial Corpes Costa Atlántica, Santafé de Bogotá, 275 p.
- Cortéz, L., S. Jaimes & R. Pérez. 2004. Estudio de las poblaciones de microalgas de las divisiones Chlorophyta, Phaeophyta y Rodophyta de la zona mesolitoral en la plataforma rocosa de Los Cóbano, departamento de Sonsonate, El Salvador. 90 pp.
- Cotsapas, L., T. Zengel & J.E. Barraza. 2000. El Salvador. Chap. 34, Vol I Regional Chapters: Europe, The Americas and West Africa, p. 545-558. *In* C.R.C. Shepard (ed.). Seas at the Millenium: An Environmental Evaluation. Pergamon, Amsterdam, Holanda.
- Dawes, C. 1991. Botánica Marina. Edit. Limusa. México. 673 pp.
- Díaz-Pulido, G. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Ecosistemas Marino y Costeros. Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Colombia. 141 pp.
- Durán-González, A., A. Laguarda-Figueras, F. Solís-Marín. 2005. Equinodermos de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (Suppl. 3): 53-68.

- Finegan B, Palacios W, Zamora N y Delgado D 1998 Ecosystem – level forest biodiversity and its evaluation by Criteria and Indicators. Working paper. CATIE – Fundación Jatún Sacha – INBio.
- García, R., F. A. Solís-Marín, M. Abreu, A. Laguarda-Figueras & A. Durán-González. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónico del Archipiélago Cubano. Rev.Biol.Trop.(Int.J.Trop.Biol.)Vol.53 (Suppl. 3):9-28.
- Gierloff-Emden, H. G. 1976. La Costa de El Salvador, monografía morfológica oceanográfica. Dirección de Publicaciones, Ministerio de Educación, San Salvador, El Salvador. 284 pp.
- Gómez, A. 2001. Abundancia de erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) en la costa norte, este y oeste de la isla de Margarita (Venezuela). Instituto de Investigaciones Científicas Universidad de Oriente y Museo Marino de Margarita Boca de Río-Isla de Margarita (Venezuela). Venezuela. 20 pp.
- Guzmán H. M. & J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs alter the 1982-83 El Niño disturbance. Rev. Biol. Trop. 40: 309-324.

- _____ . 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical: Revisión y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3): 535-557.
- Hansen, P. K., A. Ervik, M. Schaanning, P. Johannessen, J. Aure, T. Jahnsen & A. Stigebrandt. 2001. Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring). *Aquaculture*. 194: 75-92
- Hasbún, C.R. & A.J. Lawrence. 2002. An Annotated Description of Shallow Water Holothurians (Echinodermata: Holoturoidea) from Cayos Cochinos, Honduras. *Rev. Biol. Trop.* 50(2): 669-678.2002.
- Hernández, M. & J. Davis. 1979. Estudio de algunos factores físico-químicos 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.
- Hickman, C. 1998. A Field Guide to Sea Stars and other Echinoderms of Galápagos. Sugar Spring Press. Estados Unidos. 83 pp.
- Holguín-Quiñonez, O., H. Wright López & F. A. Solís-Marín. 2000. Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 749-757.

- Hooker, Y., F., A. Solis-Marin, & M. Lleellish. 2005. Equinodermos de las Islas Lobos de Afuera (Lambayeque, Perú). *Rev. peru biol.*, ene./jul. 2005, vol.12, no.1, p.77-82.
- International Marine. 2006. Tide Tables 2006 West Coast of North and South America. International Marine/MacCraw-Hill. Camden, Maine, USA. 371 pp.
- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast, México to Ecuador. Sea Challengers. Estados Unidos. 112 pp.
- Lampreave, D. 2000. Cabo de Gata: Un espectacular patrimonio natural litoral y sumergido. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía El Faro, Cabo de Gata, Almeria. España. 32 pp.
- Larraín, A. 1995. Biodiversidad de equinodermos chilenos: estado actual del conocimiento y sinopsis biosistemática. *Gayana Zool.* 59(1):73-96.
- Lemus, L., V. Pocasangre & T. Zelaya. 1994. Evaluación del estado actual de la distribución y cobertura de los arrecifes coralinos en la zona de Los Cóbanos, departamento de Sonsonate, El Salvador. 42 pp

- Lessios, H.A. 2005. Echinoids of the Pacific Waters of Panama: Status of knowledge and new records. *Rev. Biol. Trop.* Vol.53 (Suppl. 3): 147-170.
- Lincoln, R. & J. Sheals. 1989. *Invertebrados: Guía de Captura y Conservación*. McGraw-Hill Interamericana. España. 205 pp.
- López, E. 2002. *Gazeta Universitaria*. Departamento de Ecología, CUCBA.
Pag. 11
- Lluch-Cota, S., S. Alvarez-Borrego, E. Santamaría-del Angel, F. Müller-Karger & S. Hernández-Vázquez. 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes: variación espacio-temporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. *Ciencias Marinas*, 23(3): 329-340 pp.
- Mare, M. F. 1942. A Marine Benthic community, with special reference to Microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass. U. K* 1942 461 25
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 286 pp.

- Márquez, G. 1996. Biodiversidad marina: aproximación con referencia al Caribe. En: Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 67-102pp.
- Marshall, M., V. Batista, & D. Matías. 1990. Efectos del Derrame de Petróleo de 1986 en Bahía las Minas, Panamá, sobre Plantas y Animales en las Comunidades de Pastos Marinos. 49 pp.
- Mille-Pagaza, S., J. Carrillo-Laguna, A. Perez-chi & M.E. Sánchez-Salazar. 2002. Abundancia y diversidad de los invertebrados litorales de isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. Rev. Biol. Trop. 50 (1): 97-105.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Manual de inventarios de la biodiversidad. El Salvador. 28 pp.
- Molina, O. 2004. Estado actual del ecosistema arrecifal de Los Cóbanos. Proyecto “Protección, conservación y rescate de los recursos costero marinos de la zona del arrecife de Los Cóbanos, departamento de Sonsonate”. El Salvador. FIAES/FUNDARRECIFE. 32 pp.
- Morales, A. 2005. Caracterización temporal y espacial de la macrofauna béntica tropical alrededor de jaulas sumergidas para el cultivo de peces en

mar abierto. Tesis para el grado de maestro en ciencias. Universidad de Puerto Rico, recinto Universitario de Mayagüez. 65 pp.

- Moreno, C. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, México. 49 pp.
- _____, A. Weaver, L. Bourillón, J. Torre, J. Égido & M. Rojo. 2005. Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino, Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable. Comunidad y Biodiversidad, Asociación Civil. Bahía Bacoichampo s/n, Fracc. Lomas de Cortés, Guaymas, Sonora, 85450, México 88 pp.)
- Murillo, M. & J. Cortés. 1984. Alta mortalidad en la población del erizo de mar *Diadema antillarum Philippi* (equinodermata; echinoidea), en el parque nacional Cahuita, Limón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 32(1):167-169.
- Mutschke, E. & C. Rios. 2006. Distribucion espacial y abundancia relativa de equinodermos en el estrecho de magallanes, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 29(1):91-102.

- Neira, R. & J.R. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (Suppl.3):195-206.
- Netto, L.F., V.F. Hadel & C.G. Tiago. 2005. Echinodermata from São Sebastião Channel (São Paulo, Brazil). *Rev. Biol. Trop.* Vol.53(Suppl. 3):207-218.
- 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. Zamorro (Ed.). Simposium Ecosistema de Manglares en el Pacífico Centroamericano.* PRADEPESCA, Ciudad de Panamá, Panamá.
- Pearson, T. H. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogra. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16. 229-311.
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente-PNUMA. 1996. Aporte al conocimiento de la biodiversidad costero-marina de la isla de Malpelo, Colombia- Informe Nacional. Comisión Colombiana de Oceanografía. 34 pp.

- 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.
- Ruppert, D & R. Barnes. 1996. Zoología de los Invertebrados. Mc Graw-Hill Interamericana. 6ta ed. México. 1114 pp.
- Solís-Marín, F. A. 1997. Informe final del proyecto G010, Catálogo de los equinodermos recientes de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Ecología de Equinodermos. Universidad Autónoma de México. México. 28 pp.
- _____, H. Reyes-Bonilla, M. Herrero-Pérezrul, O. Arizpe-Covarrubias, A. Laguarda-Figueras. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz. *Ciencias Marinas*. vol. 23 núm. 002: 249-263. Universidad Autónoma de Baja California Ensenada. México.
- _____ & A. Laguarda-Figueras. 1998. Los Equinodermos de México. *Biodiversidad*. Año 4. Núm 1: 2-7.
- _____, A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, C. Gustc & J. Torres. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* Vol 53(suppl. 3):123-137.

- Sullivan, K.M. 1991. Guide to the shallow-water marine habitats and benthic invertebrates of the Exuma Cays Land and Sea Park, Bahamas. Bahamas National Trust. Sea and Sky Foundation, Coral Gables, Florida. 194 p.
- Thurman, H. & H. Webber. 1984. Marine Biology. Bell & Howell Company. Estados Unidos. 446 pp.
- Trujillo-Luna, B.R. & N. E. González-Vallejo, 2006. Equinodermos (Echinodermata) de la colección de referencia de bentos costero de Ecosur. México. Uciencia 22 (1):83-88,2006
- Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Ecología de Equinodermos 2001. Equinodermos del caribe de México:Pto Morelos, Quintana Roo.
- 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.
- Vázquez-Domínguez, E. 2000. La importancia de la biodiversidad arrecifal. The importance of reef biodiversity, p. 9-17. *In* O. Aburto

Oropeza & C.A. Sánchez Ortíz (eds.). Recursos arrecifales del Golfo de California. Reef Resources of the Gulf of California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

- Ville, C., W. Walker. & F. Smith. 1987. Zoología. Editorial Interamericana. 3^a ed. México. 834 pp
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. Ecología de la zona costera. A.G.T. Editor, S.A. México. 189 pp.
- Yves, S., W. Appeltans & A. Kerr. 2005. Phylogeny of *Labidodemas* and the Holothuriidae (Holothuroidea: Aspidochirotida) as inferred from morphology. Zoological Journal of the Linnean Society, London. 144, 103-120.