



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México

**ZOOGEOGRAFÍA DE EQUINODERMOS (ECHINODERMATA) DE LOS
BAJOS DE SISAL Y ARRECIFE ALACRANES, YUCATÁN, MÉXICO**

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

BIÓL. YOALLI QUETZALLI HERNÁNDEZ DÍAZ

Directores de Tesis: Dr. Francisco Alonso Solís Marín
Dr. Fernando Nuno Simões Dias Marques

Comité Tutorial: Dr. Alfredo Laguarda Figueras
Dr. Samuel E. Gómez Noguera
Dr. Juan José Morrone Lupi



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi co-director de tesis Dr. Nuno Simões por creer en mi e incitarme a realizar este proyecto, por generarme noches de concentración e insomnio, necesarias para resolver problemas, por el despertar de madrugada en las recolectas con gran entusiasmo, y por el enorme ejemplo de pasión y entrega por la ciencia.

Al Dr. Francisco A. Solís, co-director de mi trabajo, por ser el modelo de apoyo y experiencia que cualquier alumno sueña, por ofrecer asesoría, confianza, apoyo y sugerencias, por contagiar la pasión hacia el impactante mundo de los equinodermos.

Al Dr. Alfredo Laguarda por motivar los esfuerzos del día a día y por ser una voz de reflexión interna.

Al Dr. Samuel Gómez y al Dr. Juan José Morrone por las revisiones y correcciones constantes que mejoraron el desarrollo del proyecto.

A la Dra. Maite Mascaró y al Dr. Xavier Chiappa por la asesoría y apoyo permanente.

A la Dra. Laura Sanvicente, por el apoyo otorgado cuando llegué sin previo aviso.

A los técnicos académicos de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI)-Sisal M. en C. Maribel Badillo Alemán y M. en C. Alfredo Gallardo Torres por su apoyo técnico durante la realización de los muestreos.

A la técnica académica del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos (LSEE) M. en C. Alicia Durán González por la ayuda en la obtención del material bibliográfico y por su constante apoyo en la identificación, resguardo y acomodo de los ejemplares.

Al Capitán Fernando Mex, por ser un verdadero hombre de mar y navegar la embarcación K'áak'náab de la UMDI-Sisal casi todas las salidas de muestreo de una forma excepcional y eficiente. A los marineros Gener Dzib y Toño, por ser un apoyo motivador durante las recolectas.

Al Director del Parque Nacional Arrecife Alacranes René Kantún y a su equipo por las facilidades otorgadas para realizar los muestreos: Axcán Moreno, Irving y Paxo (CONANP).

Al personal de la SCT en Isla Pérez, Arrecife Alacranes, por su apoyo en campo.

A la Secretaría de Marina de la Armada de México, por su apoyo en el traslado hacia Isla Pérez en junio del 2008, agosto y septiembre del 2009.

A Cinthya Delgado, Axcán Moreno, Carlos Paz, Elia Lemus, Fernando Mex, Gener Dzib, Julio Duarte, Jalil Gutiérrez, Jazmín Ortigosa, Luis Martínez, Nuno Simões, Patricia Gómez, Ricardo González y a los integrantes del barco langostero Propamex 41, por el apoyo en la recolecta de equinodermos.

A la M. en C. Alicia Durán, a la Biól. Carolina Marín y la P. de B Tania Pineda por la asesoría en la identificación de estrellas de mar, a la M. en C. Alejandra Herrejón por la asesoría en la identificación de ofiuros, a la M. en C. Alejandra Martínez y la P. de B. Viridiana Tapia por el apoyo en la identificación de erizos de mar, a la M. en C. Magali Honey, así como al M. en C. Julio Arriaga por la asesoría en la identificación de pepinos de mar, y a la Bióloga Patricia Gómez por el apoyo en la identificación de esponjas (Porifera).

Al manager de la Colección de Invertebrados del Smithsonian Paul Greenhall, por su indiscutible apoyo para que la realización de la estancia en dicho Museo fuese posible. Gracias por las interesantes pláticas acerca de la percepción de ideas.

A John y Tracy Ahearn, por permitirnos ser huéspedes a mi y a Julio durante casi un mes en su casa durante nuestra estancia en Washington, por las noches de juego, por el atasco, por la “morralla” para el bus, y por ser excelentes anfitriones.

A Martha y Brian (los increíbles tíos de Mau) por recibirnos al final de nuestra estancia y por permitirnos ser parte de la familia por una semana.

En la realización de esta Tesis durante mi periodo de muestreo me sentí arropada por Reyna Calva, Silvia Hinojosa, Cinthya Delgado, Ulsía Correa, Andrés Altamira, Carlos Maldonado, Felipe Briceño, Manuel Amaral, Rigoberto Moreno, Fernando Mex, así como Doña Geny y su familia. Gracias! por ser de los amigos que protegen durante los tiempos de frío en la playa, por pararse frente al viento junto a mi y sonreír al hacerlo. Juntos fuimos sisaleños... una vez más.

En todas las demás etapas del proyecto estuvieron presentes mis compañeros y amigos del LSEE Julio Arriaga, Andrea Caballero, Tania Pineda, Alexa Martínez y su futuro bebé, Magui Honey, Mauricio Valdés, Viridiana Tapia, Lupita Bribiesca, Carolina Martín, Pamela Estrada, Francisco Solís y por adopción Estefania. Juntos hemos creado una revolución de experiencias, risas, unión, cariño, comprensión, apoyo y discusión, siempre “construyendo los nuevos canales interoceánicos que comunican las miradas atlánticas de unos, con los naturales pacíficos de otros”.

A Erick Romero, por ser una inspiración al tener un alma científica y un corazón de ropero, por aún creer en las utopías a pesar de todo.

A David Valencia, por las latas derramadas de vacío.

También quiero agradecer a los integrantes del Equipo de Buceo de la Facultad de Ciencias, Norma Corado, Gustavo Hernández, Emmanuel Teyssier, Magali Honey, Manuel Oseguera, Cecilia Piaggio, Ana García, Regina Vega, Mauricio Montaño, Benjamín Olvera, Luis Martínez, Miguel Ambrosio, Isis Martínez, Ricardo Méndez y al Doc Javier García por ser en conjunto un ejemplo de ambición por la excelencia, por cambiar la vida de las personas que rodean, por permitirme la invaluable oportunidad de enseñar-aprendiendo, por ser compañeros y secuaces en la adictiva sensación que nos produce bucear.

A mis amigas Jazmín, Ale Irasema, Elia, Karla, Jimena, Tania y Chiva, por ser incondicionales y creadoras de sonrisas.

A Ricardo Morales, por ser mi cómplice en la etapa final del proyecto y motivarme a ser mejor persona todos los días. Por no permitir que me salve...

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de los proyectos “Mejoramiento de la enseñanza sobre Biodiversidad, Taxonomía y Sistemática de Biota Marina y Litoral para manejadores de la Zona Costera: herramientas actuales”, DGAPA-PAPIME PE207210 y “Delimitación y caracterización de los bajos arrecifales de Sisal: Descripción de los fondos marinos y cuantificación de biodiversidad”, CONACyT-SEMARNAT No. 108285. Así mismo, agradezco la beca CONACYT otorgada durante la realización de la maestría.

A MIS PADRES

SUSANA DÍAZ

VICTOR HERNÁNDEZ

A MI HERMANO

CUAUHTLI HERNÁNDEZ

A MI SOBRINA

DANNAE HERNÁNDEZ

"... los inventores de fábulas que todo lo creemos, nos sentimos con el derecho de creer que todavía no es demasiado tarde para emprender la creación de la utopía contraria. Una nueva y arrasadora utopía de la vida, donde nadie pueda decidir por otros hasta la forma de morir, donde de veras sea cierto el amor y sea posible la felicidad, y donde las estirpes condenadas a cien años de soledad tengan por fin y para siempre una segunda oportunidad sobre la Tierra".

Gabriel García Márquez

“siempre se llega a alguna parte si se camina lo bastante...”

Alicia en el País de la Maravillas

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. HIPÓTESIS	3
III. OBJETIVOS	3
IV. EQUINODERMOS. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	4
Crinoidea	5
Asteroidea	6
Ophiuroidea	6
Echinoidea	7
Holothuroidea	7
V. ANTECEDENTES	8
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	9
6.1 Área de estudio.....	9
6.1.1 Arrecifes de Sisal	11
Bajo de 10.....	11
Madagascar.....	11
Serpiente.....	11
6.1.2 Arrecife Alacranes	13
6.2 Diseño de muestreo	15
6.3 Muestreos	15
6.4 Registro de datos	22
6.5 Registro fotográfico	23
6.6 Preservación	23
6.7 Determinación taxonómica	23
6.8 Análisis Biogeográfico	23
6.9 Descriptores comunitarios	24
6.10 Análisis estadístico	25
VII. RESULTADOS	26
7.1 Descriptores comunitarios	26
Riqueza específica	26
Abundancia	34
Diversidad de Shannon-Wiener (H').....	35
Equitatividad de Pielou (J')	36
7.2 Sistemática	37
7.2.1 Clase Asteroidea	37
7.2.2 Clase Ophiuroidea	40
7.2.3 Clase Echinoidea	61
7.2.4 Clase Holothuroidea	66
7.3 Análisis Biogeográfico	72
7.4 Revisión bibliográfica	74

VIII. DISCUSIÓN	90
8.1 Descriptores comunitarios	90
8.1.1 Comparación entre arrecifes	92
8.1.2 Comparación entre clases de equinodermos	98
8.2 Análisis Biogeográfico	99
IX. CONCLUSIONES	102
X. LITERATURA CITADA	103
APÉNDICE 1.....	112
APÉNDICE 2.....	117
APÉNDICE 3.....	119
APÉNDICE 4.....	124
APÉNDICE 5.....	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de México que muestra las localidades de los arrecifes analizados en color rojo (Imagen modificada de http://www.reefbase.org : noviembre/2010): (1) Arrecife Alacranes, (2) Arrecife Bajo de 10, (3) Arrecife Madagascar y (4) Arrecife Serpiente. Las áreas en color naranja indican arrecifes coralinos.....	12
Figura 2. Localización de los arrecifes de Sisal (modificado de la carta de navegación S.M. 800, SEMAR	13
Figura 3. Modelo de la realización del muestreo (ejemplo de 10 cuadrantes al azar a lo largo del transecto).....	15
Figura 4. (a) Ubicación del Arrecife Bajo de 10 respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de http://www.reefbase.org : noviembre/2010); (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Bajo de 10. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (B1) Arrecife Bajo de 10 y número de muestreo.	17
Figura 5. (a) Ubicación del Arrecife Madagascar respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de http://www.reefbase.org : noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Madagascar. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (M1) Arrecife Madagascar y número de muestreo.	18
Figura 6. (a) Ubicación del Arrecife Serpiente respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de http://www.reefbase.org : noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Serpiente. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (S1) Arrecife Serpiente y número de muestreo.	19
Figura 7. (a) Ubicación del área de pecios y pasto marino respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de http://www.reefbase.org : noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en 3 pecios y un pasto marino. (P1 a P3) pecios y número de muestreo; (P4) pasto marino no arrecifal (imagen modificada de <i>Google Earth</i>). 20	
Figura 8. Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Alacranes. (a) Ubicación de	

Arrecife Alacranes respecto a a la Península de Yucatán (imagen modificada de http://www.reefbase.org ; noviembre/2010); (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Alacranes; (c) acercamiento de Isla Pérez, Arrecife Alacranes (imagen modificada de <i>Google Earth</i>). (A1) Arrecife Alacranes y número de muestreo. Puntos A1 al A10: muestreos realizados durante 2008 (amarillo). Puntos A11 al A53: muestreos realizados durante 2009 (rojo).	22
Figura 9. Riqueza específica correspondiente a los arrecifes de Sisal y al Arrecife Alacranes. Entre paréntesis se indica el número total de especies de equinodermos registradas para cada arrecife	31
Figura 10. Especies acumuladas del Arrecife Madagascar durante el mes de junio del 2009	31
Figura 11. Especies acumuladas del Arrecife Bajo de 10 durante el mes de mayo del 2009.....	32
Figura 12. Especies acumuladas del Arrecife Serpiente durante el mes de septiembre del 2009.....	32
Figura 13. Especies acumuladas del Arrecife Alacranes correspondientes a junio del 2008, agosto y septiembre del 2009	33
Figura 14. Especies acumuladas durante los muestreos en los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente) y Arrecife Alacranes durante agosto del 2008 y en el periodo de mayo a septiembre del 2009	33
Figura 15. Abundancia de equinodermos por 0.25m ² ($\bar{x} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal.	34
Figura 16. Abundancia de organismos por 0.25m ² ($\bar{x} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos de los arrecifes de Sisal.	35
Figura 17. Valores de diversidad de las especies de equinodermos ($\bar{x} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal.	35
Figura 18. Valores de diversidad de organismos ($\bar{x} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos en los arrecifes de Sisal.	36
Figura 19. Equitatividad de las especies de equinodermos ($\bar{x} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal. .	36
Figura 20. Equitatividad de organismos ($\bar{x} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos en los arrecifes de Sisal.	37
Figura 21. Cladograma de áreas resultante del PAE, obtenido con el programa NonaWinclada, mostrando las relaciones de los arrecifes analizados del estado de Yucatán. Los círculos blancos indican sinapomorfías (Apéndice 2). Los círculos negros indican autapomorfías (Tabla 3)	72
Figura 22. Mapa que muestra los grupos de áreas resultantes del PAE. (B) Arrecife Bajo de 10; (M) Arrecife Madagascar; (S) Arrecife Serpiente; (A) Arrecife Alacranes; (I) Grupo I; (II) Grupo II; (III) Grupo III	72
Figura 23. <i>Hemipholis elongata</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas	125
Figura 24. <i>Ophiactis quinqueradia</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral, número y forma de espinas	126
Figura 25. <i>Ophiactis savignyi</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.....	126
Figura 26. <i>Ophiactis muelleri</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.....	127

Figura 27. <i>Ophiactis loricata</i> . (a) Vista dorsal del disco, (b) Vista oral del disco, (c) Vista lateral de brazo, número y forma de espinas.....	127
Figura 28. <i>Ophiactis notabilis</i> . (a) Vista dorsal del disco, (b) Vista oral del disco, (c) Vista lateral del brazo y forma de espinas.....	128
Figura 29. <i>Ophiactis algicola</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.....	128
Figura 30. <i>Ophiactis plana</i> . (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.....	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características fisiográficas de los arrecifes de Sisal. (S) Arrecife Serpiente. Datos tomados por Zarco-Perelló (2009).....	12
Tabla 2. Total de especies de equinodermos registradas durante los muestreos en Arrecifes Bajo de 10, Madagascar, Serpiente y Arrecife Alacranes. (*) Nuevo material para la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz”; (**) Nuevo registro para el estado de Yucatán; (***) Nuevo registro para México, para la Colección Nacional de Equinodermos y para el Estado de Yucatán.	27
Tabla 3. Áreas de los arrecifes estudiados considerando las especies exclusivas registradas para cada arrecife	29
Tabla 4. Intervalos del número de individuos registrados por clase de equinodermo en los arrecifes de Sisal	34
Tabla 5. Especies de equinodermos que unen los grupos del cladograma.....	73
Tabla 6. Especies de equinodermos registradas en la costa Atlántica Mexicana.....	74
Tabla 7. Citas consultadas para elaborar la Revisión Bibliográfica	88

RESUMEN

Se analizaron los patrones de riqueza y distribución de equinodermos de cuatro áreas arrecifales localizadas en la Plataforma Continental del estado de Yucatán, México. Los muestreos y recolectas se realizaron durante junio del 2008 y mayo, junio, agosto y septiembre del 2009 en los Arrecifes Bajo de 10, Madagascar, Serpiente y Arrecife Alacranes (Área Natural Protegida) mediante búsquedas directas e indirectas utilizando buceo libre, buceo SCUBA y arrastres con red de patín, en diferentes ambientes como zonas con pastos marinos, algas, corales, esponjas, arenales, rocosos o con restos de estructuras biogénicas, dentro de zonas costeras, lagunas costeras y zonas sublitorales, en profundidades de entre 0 y 30 metros. Se realizaron transectos y cuadrantes para la búsqueda de los organismos. Se incluyen también ejemplares recolectados con trampas langosteras realizadas por un barco camaronero únicamente en Arrecife Alacranes. Se registraron 70 taxa, 5 de los cuales son estrellas de mar, 44 ofiuroides, 10 erizos de mar y 11 pepinos de mar. El Arrecife Alacranes fue el que registró la mayor riqueza de especies (87.1%). De las especies registradas, 7 son nuevos registros para la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz" (6 ofiuroides y 1 holoturoideo), se amplía el rango de distribución de 32 especies dentro del territorio mexicano, mismas que ahora se encuentran registradas para el estado de Yucatán (1 estrella de mar, 24 ofiuroides, 1 erizo y 6 pepinos), se muestran 4 nuevos registros para México (*Ophioblenna antillensis*, *Ophioderma ensiferum*, *Ophiactis muelleri* y *Ophiostigma siva*) y 52 nuevos registros para el Arrecife Alacranes (2 asteroideos, 35 ofiuroides, 8 equinoideos y 7 holoturoideos). Se realizó una lista de especies de los equinodermos registrados en la costa Atlántica Mexicana en base a la bibliografía publicada para México.

Se describe la composición específica de equinodermos de los arrecifes Serpiente, Bajo de 10 y Madagascar, analizándose los índices de descripción comunitaria: abundancia, diversidad (H') y equitatividad de Pielou (J'). No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de organismos entre arrecifes ($H_{2,55}=2.59$, $p>0.05$), ni entre los valores de abundancia, diversidad y equitatividad entre clases de equinodermos ($H_{3,55}=1.05$, $p>0.05$; $H_{3,55}=0.86$, $p>0.05$; $H_{3,55}=0.95$, $p>0.05$; respectivamente). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre la diversidad y equitatividad de equinodermos entre los arrecifes ($H_{2,55}=6.26$, $p<0.05$; $H_{2,55}=7.27$, $p<0.05$; respectivamente).

Un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) de los arrecifes estudiados con base en la presencia compartida de especies, reveló que los equinodermos presentan un patrón de distribución anidado. Se concluye que los equinodermos registrados en este estudio son parte de una misma región zoogeográfica que además contiene elementos característicos de dos diferentes subprovincias biogeográficas (Golfo de México y Mar Caribe), y que la presencia y distribución de los equinodermos obedece a gradientes de área, así como de alteración de los sistemas coralinos.

Palabras clave: Análisis de parsimonia de endemismos (PAE), biogeografía, equinodermos, ecología, riqueza, abundancia, diversidad, equitatividad, Yucatán.

I. INTRODUCCIÓN

En México existen 500 000 km² de plataforma continental y 10,544 km de línea de costa, de los cuales 7,769 km pertenecen al litoral e islas del Océano Pacífico, mientras que 2, 775 km pertenecen a las islas y línea de costa correspondientes al Golfo de México y Mar Caribe (Ortiz *et al.*, 1996; Secretaría de Marina, 2008). La mayor parte de la información publicada sobre equinodermos ha sido realizada en las costas del Pacífico, centrándose en la taxonomía y sistemática del grupo (Solís-Marín *et al.*, 1997). A pesar de que en los últimos años ha existido un aumento en el muestreo y estudio de equinodermos en el Golfo de México y Mar Caribe, aún existen áreas dentro de los mismos que no han sido estudiadas. A pesar de los esfuerzos realizados, sigue siendo necesario el muestreo y estudio de los equinodermos, tanto en aguas someras como profundas, que permita ampliar el conocimiento sobre la diversidad de éste grupo que habita las costas mexicanas (Laguarda-Figueroa *et al.*, 2009).

La distribución de los organismos marinos se encuentra influenciada por diversas causas que pueden ser históricas o recientes relacionadas con las características físicas (barreras geográficas, patrones de circulación de masas de agua, temperatura, salinidad, densidad, intensidad luminosa y/o las presiones del ambiente a la tolerancia fisiológica de los organismos) y biológicas (interacciones de competencia inter e intraespecífica, depredación, migración de individuos entre localidades, co-evolución, etc.) del ambiente. Para entender y fundamentar los patrones espaciales de la biodiversidad a escala geográfica se utiliza la biogeografía (Sousa, 1979), y se pueden realizar a la par, estudios de conectividad demográfica entre localidades (Krietzer y Sale, 2004). Debido a los actuales desórdenes ecológicos que amenazan a las poblaciones de muchas especies como resultado de la transformación de los hábitats por contaminación de origen antropogénico, sobreexplotación de los recursos y comercio ilegal de especies, es de vital importancia conocer su diversidad y distribución, para incrementar el conocimiento de la historia regional de la biota. Lo anterior, con el propósito de coadyuvar a la realización de futuros estudios ecológicos dentro de su contexto biogeográfico regional, con el fin de fundamentar iniciativas efectivas de conservación (Toledo, 1994; Samyn & Tallon, 2005).

Dentro del océano Atlántico occidental americano, el Gran Caribe es una extensa región que comprende la totalidad del Golfo de México, el Mar Caribe, Bermuda y el litoral norte de Brasil, y se reconoce como una unidad que ha experimentado una historia geológica en donde los organismos han tenido varios patrones de colonización y extinción (Salazar-Vallejo, 2000).

El presente estudio es un primer intento por conocer las especies de equinodermos y analizar su distribución en cuatro arrecifes del estado de Yucatán en la costa Atlántica Mexicana.

II. HIPÓTESIS

Si las características ambientales entre los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente) son similares, entonces se espera encontrar similitud en los descriptores comunitarios [riqueza específica, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitatividad de Pielou (J')] de las especies de equinodermos presentes en estos tres arrecifes, pero diferencias con respecto a los valores de los descriptores comunitarios del Arrecife Alacranes, pues aunque la Corriente de Yucatán tiene influencia sobre todos, probablemente existan otros factores (no descritos) que intervienen en la diversidad de especies.

Aunque el área de estudio se encuentra en la sub-provincia biogeográfica del Golfo de México, se espera encontrar especies reportadas tanto para la región del mismo nombre como para la del Mar Caribe Mexicano, asentándola como una zona de transición entre ambas regiones marinas.

III. OBJETIVOS

General

- ♣ Analizar la zoogeografía de los equinodermos de los arrecifes de Sisal y del Arrecife Alacranes mediante el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) para conocer la relación existente entre las áreas en base a las especies recolectadas.

Particulares

- ♣ Elaborar un listado taxonómico de los equinodermos distribuidos en los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente) y los pertenecientes al Arrecife Alacranes.
- ♣ Realizar una Revisión Bibliográfica de las publicaciones sobre los equinodermos registrados para el Golfo de México y el Mar Caribe Mexicano.
- ♣ Estimar algunos índices ecológicos comunitarios tales como: riqueza, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equitatividad de Pielou (J').
- ♣ Obtener un registro fotográfico de cada una de las especies encontradas.
- ♣ Elaborar una clave taxonómica de especies pertenecientes a la Familia Ophiactidae que se distribuyen en México.

IV. EQUINODERMOS. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los equinodermos (Phylum Echinodermata, del griego *echinus*, “espinoso”; *dermatos* “piel”) constituyen un grupo bien caracterizado entre los invertebrados marinos (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1997). Se encuentran altamente diversificados en aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales, mientras que su variedad y número disminuyen en altas latitudes; además, como parte importante de la comunidad arrecifal, contribuyen a la consolidación de los arrecifes (Laguarda-Figueras, 2001; Masselink & Hughes, 2003). Se encuentran adaptados a una salinidad normal de 30-36 ppm; sin embargo, dentro del grupo existen organismos que toleran modificaciones en la salinidad, pudiéndose encontrar en ambientes salobres con niveles de salinidad entre 20 y 40 ppm (Laguarda-Figueras, 2001).

Se considera que en el mundo existen alrededor de 7000 especies de equinodermos vivientes (Pawson, 2007); 690 de estas especies [*i.e.* poco menos del 10% del total reportado en el mundo (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998)] habitan en México, y están repartidas en ambas costas. Las 7000 especies de equinodermos se encuentran distribuidas en 5 clases: los lirios y plumas de mar (Clase Crinoidea, aproximadamente 650 especies actuales), las estrellas de mar (Clase Asteroidea, aproximadamente 2100 especies actuales), los ofiuroides o estrellas quebradizas (Clase Ophiuroidea, aproximadamente 2,000 especies actuales), los erizos de mar (Clase Echinoidea, aproximadamente 800 especies actuales) y los pepinos de mar (Clase Holothuroidea aproximadamente 1,400 especies actuales) (Pawson, 2007).

Los equinodermos muestran una amplia variedad de estrategias alimentarias: desde la alimentación por absorción corporal, consumidores de depósitos y suspensión, herbívoros, detritívoros, depredadores oportunistas y comensales, hasta parásitos y caníbales estrictos. Por otro lado, también son presa de algunos peces, por lo que estos organismos juegan un papel muy importante en las cadenas alimentarias de las profundidades oceánicas, repercutiendo directamente en el equilibrio ecológico del mar (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001).

Los equinodermos (a excepción de algunos holoturoideos pelágicos y un género comensal de un pez óseo) habitan los fondos marinos, por lo que son considerados organismos bénticos. Estos organismos han sido capaces de distribuirse desde los polos hasta los trópicos debido a su gran capacidad de adaptación; batimétricamente pueden encontrarse desde áreas cercanas a la playa hasta zonas situadas a más de 6000 m de profundidad. Son habitantes llamativos en los arrecifes de coral; sin embargo pueden llegar a camuflajearse en su hábitat (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001). De acuerdo con Paul & Smith (1988) el grupo Echinodermata presenta 5 autapomorfías que se presentan a continuación:

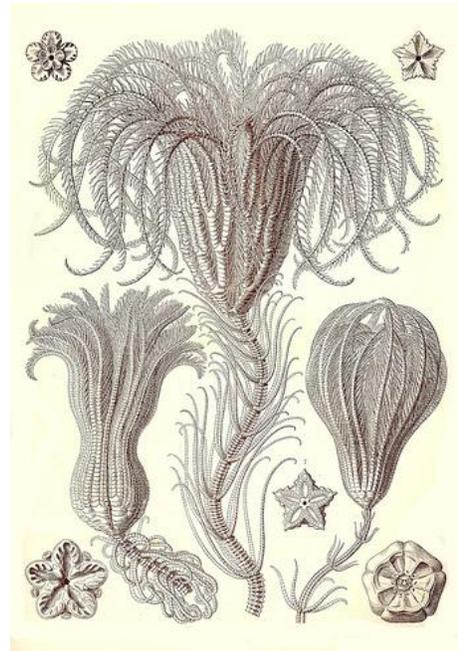
1. Los adultos poseen simetría radial pentámera secundaria, derivada de la simetría bilateral de las larvas (cuando se presentan), y las partes corporales están organizadas en un eje oral-aboral.
2. Sistema nervioso centralizado en el anillo nervioso, localizado alrededor de la boca.
3. Ausencia, por pérdida, de cualquier hendidura branquial.
4. Presencia de un sistema vascular acuífero (sistema de tubos celómicos derivados del mesocele izquierdo), abre hacia el exterior por un canal pétreo, dispuestos en un plan radiado. Se evidencia externamente por la presencia de podios en el cuerpo.

- Presentan una torsión primitiva, que cambió la boca de la posición ventral de la larva a la posición central definitiva. La torsión causaría primitivamente que la boca abriera hacia arriba como aún ocurre con los crinoideos (linaje basal Pelmatozoa). En el linaje basal de los Eleutherozoa (el linaje basal de las Clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea); sin embargo, el posterior evento evolutivo de la inversión (inversión total de todo el animal) causó que su boca abriera hacia abajo.

Además de la importancia ecológica de los equinodermos, su importancia económica ha ido en aumento. En nuestro país, más del 80% de la captura de equinodermos se considera pesca ilegal. En aguas territoriales mexicanas se realiza la extracción de seis especies de pepino de mar: dos exclusivas de la costa Pacífica (*Isostichopus fuscus* y *Parastichopus parvimensis*), tres exclusivas de la costa Atlántica (*Isostichopus badionotus*, *Holothuria floridana* y *Holothuria mexicana*) y una que comparten ambas costas (*Holothuria impatiens*); además, se comercializan algunas especies de erizos de mar con fines alimenticios. Los pepinos de mar son un recurso pesquero importante debido a su consumo en países como China, Taiwán, Singapur, Malasia y Corea del Sur, en donde se cuecen, deshidratan y salan (platillo llamado “*bêche-de-mer*” o “*trepáng*”). El comercio internacional aumentó dramáticamente en los años ochenta, alcanzando en 1995 un volumen anual mundial de más de 13,000 toneladas de pepino de mar seco, por un valor de 60 millones de dólares (Jaquemet y Conand, 1999). Asimismo, los pepinos son el objeto de diversos estudios sobre las sustancias presentes en sus cuerpos que puedan ser aprovechables para elaborar fármacos (Mindell, 1998).

Crinoidea

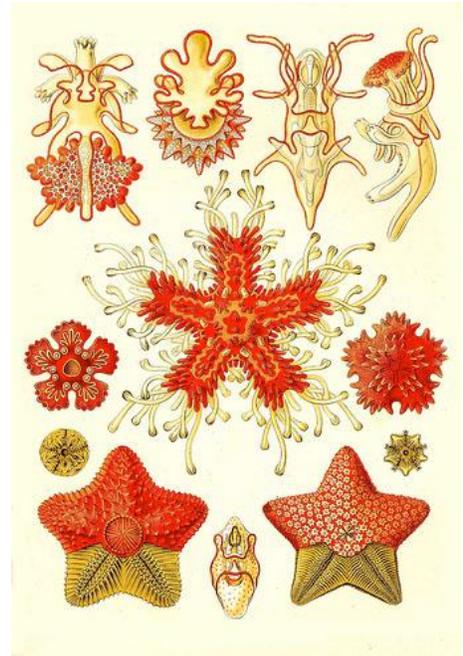
Dentro de los equinodermos, los crinoideos son los más primitivos, con una historia que se remonta a más de 400 millones de años. Los crinoideos tienen un cuerpo central con cinco o más brazos largos como plumas y no cuentan con madreporita externa (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999). Algunos grupos primitivos de crinoideos viven adheridos al sustrato mediante unas estructuras llamadas tallos, mientras que otros pueden desplazarse horizontal y/o verticalmente en la columna de agua mediante el movimiento de sus brazos “plumosos”, que además, utilizan para filtrar el agua con el objeto de capturar plancton microscópico del que se alimentan. Se posicionan sobre hendiduras oscuras que tengan suficiente flujo de agua que les pueda proveer abundante alimento (plancton vivo), su máxima actividad comienza con la ausencia de luz (Hendler *et al.*, 1995).



Crinoideos. Tomado de *Kunst-Formen der Natur*, por Ernst Haeckel, 1898.

Asteroidea

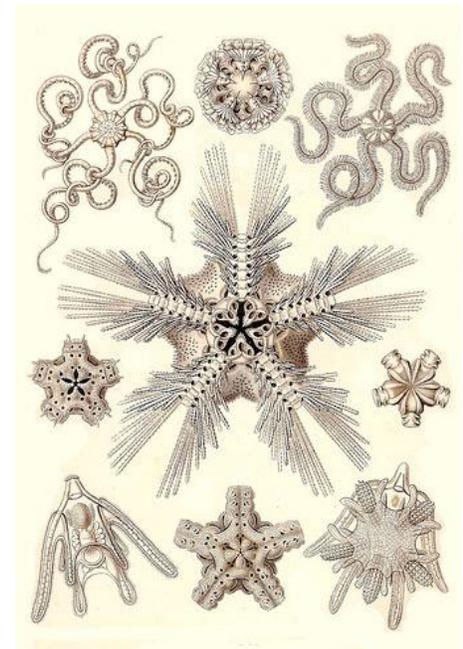
Las estrellas de mar tienen regularmente 5 brazos que irradian de un cuerpo central, aunque existen especies que tienen más de 50. En general, el cuerpo de las estrellas es aplanado y su boca se localiza en el lado que se encuentra en contacto con el sustrato; la boca está en el centro del disco y se halla rodeada de una membrana gruesa, de la cual surgen, hacia los brazos, los surcos ambulacrales donde se encuentran dos o más filas de pies ambulacrales que pueden o no presentar una especie de ventosa que se localiza en la zona oral pegada al sustrato, mismos que utilizan para moverse. En la superficie aboral, se encuentra interradiamente una madreporita. La mayoría de las estrellas de mar son depredadoras oportunistas o excavadoras; en general, son carnívoras y se alimentan de una amplia gama de invertebrados marinos como moluscos, crustáceos y otros equinodermos (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999).



Asteroideos. Tomado de *Kunst-Formen der Natur*, por Ernst Haeckel, 1898.

Ophiuroidea

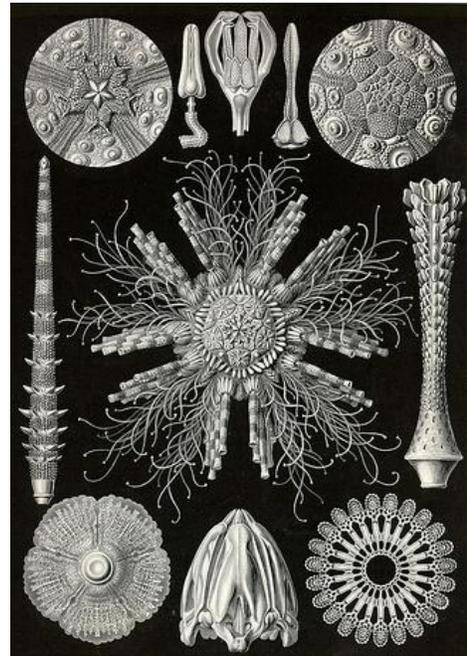
Los ofiuros tienen un pequeño disco central de donde surgen 5 brazos sólidos, que pueden ser sorprendentemente móviles, por lo que algunos de ellos se han ganado el nombre de “estrellas serpiente”. Los ofiuros se ocultan rápidamente si son expuestos a la luz (fenómeno llamado fototaxis negativa). Por otra parte, los pies ambulacrales que se encuentran en los brazos carecen de succionadores. Dichos brazos suelen ser muy frágiles y los ofiuros son capaces de desprenderlos al sentirse amenazados (con la posibilidad de regenerarlos), por lo que los miembros de este grupo también son llamados “estrellas quebradizas”. Estos organismos, en general son pequeños habitantes del sustrato marino, exhiben las más variadas formas de alimentación, pueden ser depredadores, alimentarse por suspensión (pasiva y activa) o ser detritívoros (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999).



Ophiuroideos. Tomado de *Kunst-Formen der Natur*, por Ernst Haeckel, 1898.

Echinoidea

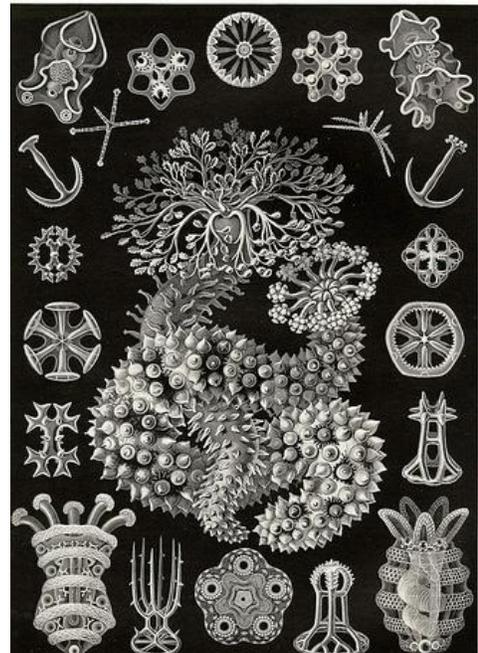
Los erizos no tienen brazos, sus cuerpos están equipados con espinas móviles de varias longitudes. Los erizos “regulares” son generalmente sub-esféricos, mientras que los erizos “irregulares” incluyen a los erizos corazón ovoides y a las galletas de mar discoideas (Hendler *et al.*, 1995). La testa de los erizos de mar presenta perforaciones que permiten el paso de los pies ambulacrales, los cuales exhiben generalmente succionadores que utilizan para moverse, permitiéndoles agarrarse a casi cualquier superficie. Los erizos de mar pueden tener estrategias alimentarias muy variadas; pueden ser herbívoros, suspensívoros o detritívoros. Algunos erizos pueden ser depredadores. En los erizos regulares, la alimentación depende en gran parte de la acción de un complejo aparato masticador que se encuentra dentro del cuerpo y que tiene cinco dientes protractiles, llamado “Linterna de Aristóteles”. Los erizos irregulares se entierran en el sedimento y se alimentan de partículas orgánicas (Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999).



Equinoideos. Tomado de *Kunst-Formen der Natur*, por Ernst Haeckel, 1898.

Holothuroidea

Los pepinos de mar tienen un cuerpo más o menos cilíndrico carente de brazos o espinas, no presentan una madreporita externa, ésta última se encuentra internamente y se abre directamente al celoma, sus pies ambulacrales se encuentran distribuidos sobre todo el cuerpo, y pueden o no poseer succionadores, dependiendo de su función. En la mayoría de los pepinos de mar los elementos esqueléticos son pequeños oscículos dispersos en la piel, alternando capas de músculos, los cuales añaden estructura al cuerpo, ocupando los espacios celómicos del cuerpo para formar un esqueleto hidrostático. La mayoría de los pepinos de mar son suspensívoros o se alimentan de los depósitos de los sustratos. La boca se encuentra en el extremo anterior del cuerpo rodeada por un anillo de tentáculos bucales con los cuales se alimentan muchas de las formas sedimentarias epibénticas, mientras que las formas que se alimentan de depósitos ingieren el sedimento (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999).



Holoturoideos. Tomado de *Kunst-Formen der Natur*, por Ernst Haeckel, 1898.

V. ANTECEDENTES

De acuerdo a Solís-Marín y Laguarda-Figueras (1998), la costa occidental del Atlántico Mexicano (Golfo de México y Caribe) es en general menos diversa en especies litorales y costeras en comparación con la costa oriental del Pacífico de México y la fauna de equinodermos es pobre en especies litorales cuando se compara con la de otros mares tropicales. Una razón de lo anterior, ocurre porque a nivel mundial la Región Tropical del Atlántico Occidental, que incluye el Mar Caribe y el Golfo de México ocupa el segundo lugar en sistemas arrecifales debido a su distribución y biodiversidad, mientras que la Región Indo-Pacífica, que abarca del este de África y el Mar Rojo al Pacífico central ocupa el primer lugar (Wilkinson, 2004). Los antecedentes sobre la fauna de equinodermos del Caribe Mexicano y Golfo de México son numerosos. Entre ellos figuran cuatro contribuciones de Caso (1955, 1976, 1996a, 1996b) para la costa Atlántica, un estudio sobre pesquerías de pepinos para Banco Chinchorro, Quintana Roo (De la Fuente-Betancourt *et al.*, 2001), tres estudios ecológicos: en el primero se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de la fauna de equinodermos de la Laguna de Términos, en Campeche (Caso *et al.*, 1994), en el segundo se efectuó un análisis de la comunidad de equinodermos encontrada en el sistema arrecifal veracruzano (Lara *et al.*, 1995), y en el tercero se desarrolló un análisis de la estructura de las asociaciones y diversidad morfológicas de erizos de mar en los Parques Nacionales Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecifes de Cozumel, México (González-Azcárraga, 2009); así como seis trabajos sobre taxonomía y sistemática de equinodermos: registros de 101 especies de equinoideos (Solís-Marín *et al.*, 1993), 20 especies de todas las clases en el sur de Quintana Roo (Tunnell *et al.*, 1993), 14 especies de equinoideos para el Caribe Mexicano (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999), 34 especies en la Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo (Hilbun, 2000), 2 especies de crinoideos, 22 especies de holoturoideos, 46 especies de asteroideos, 39 especies de ofiuroideos y 15 de equinoideos para Puerto Morelos, Quintana Roo (Laguarda-Figueras *et al.*, 2001, Laguarda-Figueras *et al.*, 2002; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004); por último, el estudio de ofiuroideos del Golfo de México y Caribe Mexicano reconoció 98 especies de estos organismos (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

En el Arrecife Alacranes se han realizado estudios sobre aspectos geológicos (Logan, 1961; Fosberg, 1962; Bonet, 1967; Logan *et al.*, 1969), fauna ictiológica (Hildebrand *et al.*, 1964; González-Salas, 1998; González-Gándara y Arias-González, 2001; 2004; Arias-González *et al.*, 1999; Brulé *et al.*, 2003), moluscos (principalmente de la especie *Strombus gigas*: Rice & Kornicker, 1962; Aldana-Aranda, 2001; Rodríguez-Gil, 2001), sobre la composición y estructura de las comunidades coralinas (Glynn, 1973; Chávez *et al.*, 1985; Ferre D'Amare, 1985; Martínez, 1989; Rivas-Solís, 1990; Salazar-Vallejo, 1993) sobre crustáceos, principalmente la langosta espinosa, *Panulirus argus* (Ríos, 2001), sobre ecología del paisaje (Membrillo-Venegas, 1999) y acerca de la caracterización del hábitat arrecifal mediante el desarrollo de SIGs (Acosta-González, 2005).

En el año 2007, comenzó el estudio de los arrecifes de Sisal con trabajos relacionados a la descripción de las comunidades coralinas (Bernardino-Cúcio, 2007), a la diversidad de moluscos opistobranquios (Ortigosa-Gutiérrez, 2009) y sobre la descripción fisiográfica de los arrecifes de Sisal y hábitats del Arrecife Madagascar (Zarco-Perelló, 2009).

El presente trabajo es importante porque no se han realizado estudios sobre los equinodermos del Arrecife Alacranes, ni de los arrecifes de Sisal.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

El Golfo de México es una cuenca con forma aproximadamente circular que abarca porciones del sureste de los Estados Unidos y el Este de México. Es un mar semi-cerrado, con un diámetro aproximado de 1,500 km, que alcanza profundidades de hasta 3,700 m en su región central, se sitúa entre las latitudes 18° y 30° N, y las longitudes 82° y 98° O. Es una cuenca con dos fronteras abiertas que lo conectan con el Mar Caribe a través del Canal de Yucatán y con el Océano Atlántico por el Estrecho de Florida (Ortiz y De la Lanza-Espino, 2006; Tunnell *et al.*, 2007).

Hacia la parte sur, el Golfo de México se encuentra aislado del Mar Caribe por una zona con profundidad aproximada de 2,500 m. En la parte norte, la plataforma continental está ampliamente desarrollada, sobre todo en la Península de Florida (Estados Unidos) (De la Lanza-Espino, 1991; Bunge *et al.*, 2002). Dentro del territorio mexicano la plataforma se angosta en algunas regiones, ya sea por la proximidad de la Sierra Madre Oriental hacia la porción sur del estado de Tamaulipas, por la presencia de rocas ígneas extrusivas del Cinturón Transmexicano y de Los Tuxtlas, o bien, por el litoral rocoso carbonatado en algunas porciones del estado de Campeche. Sin embargo, al sur se amplía en dirección a la Península de Yucatán alcanzando una extensión de 110 a 130 km, para después flexionarse y rodear la península. La Plataforma de Yucatán incluye a la Península de Yucatán con exposición subaérea y a la plataforma sumergida asociada (dominada por el Banco de Campeche, que es la zona que va desde la zona costera al inicio del talud continental), donde se han establecido numerosos bancos arrecifales. La plataforma está compuesta esencialmente de sedimentos de carbonatos de origen biogénico con una disposición plana, que datan del periodo Cretácico tardío y que alcanzan de 3 a 4 km de espesor. La península se caracteriza por un relieve bajo, con una altitud sobre el nivel del mar de 100 m ó menos, y el paisaje se encuentra dominado por topografía kárstica. Por lo tanto, los escurrimientos superficiales son escasos y transportan una cantidad limitada de sedimentos terrígenos a las aguas adyacentes de la península (Logan, 1969; Salas de León y Monreal-Gómez, 1997; Carranza-Edwards, 2004; Tunnell *et al.*, 2007).

La circulación del flujo del sistema del Golfo de México-Mar Caribe ocurre por el Canal de Yucatán y es parte de la trayectoria de la circulación del Atlántico Subtropical Norte. El Canal de Yucatán está localizado entre la Península de Yucatán y la punta este de Cuba, alcanza una profundidad cercana a los 2040 m, con una anchura de 196 km de Cabo San Antonio, Cuba, a Isla Contoy, Quintana Roo, México. La circulación proveniente del Mar Caribe, antes de entrar al Golfo de México y convertirse en la corriente de El Lazo, gira hacia el norte fluyendo a lo largo de la Península de Yucatán (sobre la mayor extensión de la plataforma continental) y hacia el Golfo de México como una corriente rápida y persistente conocida como Corriente de Yucatán (Candela *et al.*, 2002; Bunge *et al.*, 2002; Abascal *et al.*, 2003), la cual puede generar una dinámica de surgencia impulsando agua fría rica en nutrientes que asciende a través del paso del talud continental, llegando a la plataforma de Yucatán, donde se dispersa en el fondo (Enriquez *et al.*, 2010). La Corriente del Caribe y la Corriente de Yucatán son de nuestro interés, debido a que las zonas de estudio se encuentran influenciadas por ellas.

En el sur del Golfo de México se reconoce la existencia de 46 arrecifes de coral. De éstos, 31 se encuentran sobre la Plataforma de Veracruz ubicados al suroeste del Golfo frente a las costas del estado de Veracruz; los otros 15 corresponden a los arrecifes del Banco de Campeche al sureste del Golfo (Tunnell *et al.*, 2007). Sin embargo, los arrecifes de Sisal que se encuentran en el Banco de

Campeche, no son considerados en dicho conteo, por lo que son evidentes las aseveraciones de Jordán-Dahlgren (1993), quien expresa que existen bancos que aún no han sido explorados, y que probablemente presenten comunidades coralinas de los cuales la información científica que se tiene es escasa o nula.

En el sureste del Golfo, los arrecifes se localizan sobre una plataforma amplia formada principalmente por sedimentos carbonatados, a lo largo de una franja de 55 km sobre una plataforma externa, y a una distancia de 130 y hasta 200 km de la costa (Tunnell, 1992, tomado de Tunnell *et al.*, 2007). Los arrecifes del sureste del Golfo se encuentran rodeados por aguas Caribeñas provenientes del Canal de Yucatán y no se ven afectados por los escurrimientos continentales. Los arrecifes al sur del Golfo son como estructuras en forma de “montañas” sumergidas y dispersas a lo largo de la plataforma continental (Tunnell *et al.*, 2007).

Los arrecifes del Banco de Campeche se han desarrollado en un área amplia que abarca desde las porciones norte y centro del banco (Arrecife Alacranes) hasta el suroeste. Los arrecifes se presentan cerca del límite de la plataforma, a unos 100-200 km de la costa de la Península de Yucatán (Logan 1969). Los arrecifes de tipo marginal se han desarrollado ampliamente a lo largo de la porción oriental (Caribe) de la península y hacia el sur hasta Belice. La ausencia general de arrecifes a lo largo de las áreas costeras del Golfo al norte de la península, puede deberse a las bajas temperaturas durante el invierno, cuyo efecto puede ser más pronunciado a lo largo de la línea de costa que en las zonas de la plataforma más alejadas, donde se presentan los bancos arrecifales (Tunnell *et al.*, 2007).

El clima y la oceanografía de las áreas arrecifales en el sur del Golfo de México son el resultado de la circulación a gran escala (es decir, la Corriente de Lazo y los grandes giros anticiclónicos asociados) y de los fenómenos de mesoescala que interactúan en el talud y la plataforma (giros ciclónicos y anticiclónicos, ciclones tropicales y otros eventos meteorológicos llamados nortes) (Tunnell *et al.*, 2007). Durante los meses de diciembre, enero y febrero se presentan las temperaturas atmosféricas más bajas, resultado de los frentes polares y vientos fríos o nortes, que se reflejan en el agua a través de un gradiente que resulta de la influencia de las aguas de la Corriente del Caribe, que son cálidas y penetran por el Canal de Yucatán y van perdiendo calor en su viaje hacia el norte del golfo, en donde las temperaturas pueden descender hasta los 15° C (Secretaría de Marina, 2008). Durante los meses de mayo (parte), junio, julio y agosto, el calentamiento del agua alcanza su máximo debido a la radiación recibida y a que la corriente de Lazo se introduce al golfo alcanzando los 27° N, así la temperatura y salinidad de toda la cuenca se ve afectada, sobre todo las partes someras, mismas que conforman la masa de agua nombrada Agua Subtropical del Atlántico. Al final de esta época la corriente de Lazo presenta una amplia intromisión que puede llegar a afectar las capas aún más profundas. Los nortes, formados por el descenso de viento de origen boreal, soplan por lo general de noviembre a marzo, siendo su pico de intensidad de diciembre a febrero; ocasionando desde lluvias y chubascos hasta tormentas severas (De la Lanza-Espino, 1991).

6.1.1 Arrecifes de Sisal

Localizados al NNO del poblado de Sisal se encuentran los arrecifes de Sisal, establecidos como un conjunto de arrecifes sumergidos, someros, tipo plataforma, con profundidades de 3 hasta 11 m (Zarco-Perelló, 2009; Tabla 1; Figuras 1 y 2). Las estructuras más conocidas son el Arrecife Bajo de 10, Madagascar, Serpiente y Tanchit (Ortigosa-Gutiérrez, 2009). Las condiciones de estos arrecifes, incluyendo la temperatura del agua y la visibilidad, varían dependiendo de la época del año, siendo los Nortes el fenómeno que más afecta la estructura y composición de la zona.

Bajo de 10

El Arrecife Bajo de 10 [nombrado como arrecife Sisal por Zarco-Perelló (2009)] es el arrecife más cercano a la costa, se encuentra a 23 km de distancia de ésta, desde el Puerto de Sisal hasta su zona núcleo (área más somera). Su profundidad mínima alcanza los 2 m en un pequeño punto, mientras que la profundidad máxima ocurre alrededor de los 10 m. Bajo de 10 es el arrecife más extendido, presentando un área de 0.67 km². Su eje principal (frente arrecifal) mide 3,33 km y su eje secundario, transversal al primario, es de 1.14 km. Presenta una orientación hacia el Noreste, con un giro en el sentido de las manecillas del reloj de 29° a partir de los 90° (Zarco-Perelló, 2009).

Madagascar

El Arrecife Madagascar se encuentra a 40 km de la costa al Noroeste de la Península de Yucatán. Su intervalo batimétrico es superior al del Arrecife Bajo de 10, debido a su lejanía de la costa. La profundidad mínima registrada es de 3 m, mientras que su profundidad máxima es de 13 m. El arrecife cuenta con un frente de 2.55 km de largo y mide 130 m de ancho en su parte central. Presenta una fisiografía alargada o en forma de muralla que reduce considerablemente su área a solo 0.22 km². Su frente arrecifal también se encuentra orientado hacia el Noreste, girando 9° en el sentido de las manecillas del reloj a partir de los 90° (Zarco-Perelló, 2009; Ortigosa-Gutiérrez, 2009).

Serpiente

De acuerdo al trabajo realizado por Zarco-Perelló (2009) el Arrecife Serpiente está constituido por dos bloques separados entre sí por 2.5 km. No siendo considerados como arrecifes independientes, Zarco-Perelló (2009) los nombró como “Los Picos de Serpiente” (PS). Los frentes arrecifales de ambos Picos se encuentran orientados hacia el Noreste de manera casi idéntica, y dado que el Pico 1 está un poco más al norte que el Pico 2 estos son paralelos. Considerando los tres arrecifes de Sisal, los PS forman el arrecife más cercano al Golfo de México, localizándose el Pico 1 y el Pico 2 a 55 y 53 km al Norte del poblado de Sisal, respectivamente, al Noroeste de la Península de Yucatán. Los PS tienen las menores dimensiones en extensión, pero presentan un buen desarrollo vertical. El Pico 1 presenta profundidades mínimas y máximas de 7 y 18 m, respectivamente, en el Pico 2 son de 8 y 18 m, respectivamente.

Tabla 1. Características fisiográficas de los arrecifes de Sisal. (S) Arrecife Serpiente. Datos tomados por Zarco-Perelló (2009).

	Dist. de la costa (km)	Prof. mínima (m)	Prof. máxima (m)	Área (km ²)	Dirección del frente arrecifal	Eje principal (km)	Eje secundario (m)	Pendiente predominante
Bajo de 10	23	3	10	0.673	29°	3.33	1140	NE 6°
Madagascar	40	4	13	0.216	8°	2.55	130	NE 9°
S	Pico 1	55	7	0.045	17°	0.32	200	NE 10°-30°
	Picos 2	53	8	0.171	16°	0.90	280	NE 10-15°



Figura 1. Mapa de México que muestra la ubicación de los arrecifes analizados en color rojo (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>: noviembre/2010): (1) Arrecife Alacranes, (2) Arrecife Bajo de 10, (3) Arrecife Madagascar y (4) Arrecife Serpiente. Las áreas en color naranja indican arrecifes coralinos.

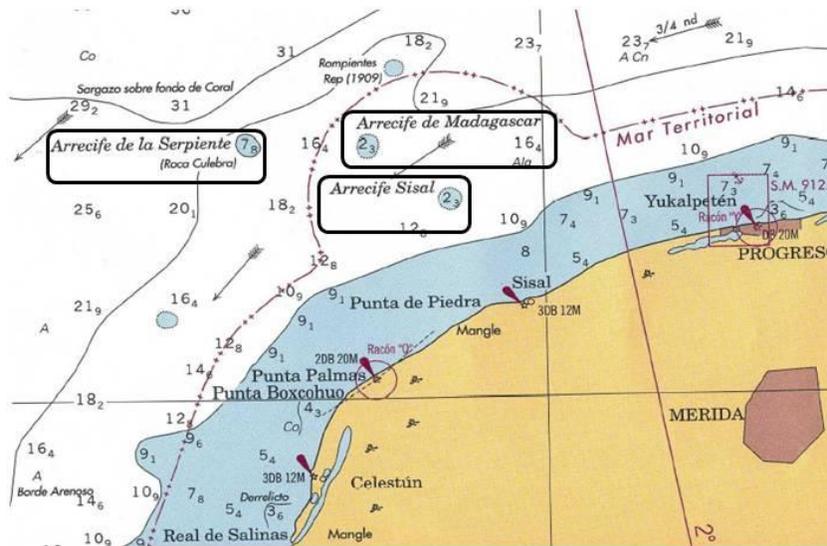


Figura 2. Localización de los arrecifes de Sisal (modificado de la carta de navegación S. M. 800, SEMAR).

6.1.2 Arrecife Alacranes

El Arrecife Alacranes es un arrecife de plataforma que tiene una sección de arrecife emergente de muro arrecifal creciente, se localiza en la parte sur del Golfo de México, a 140 km al norte del Puerto de Progreso y a 128 km de Arrecife Serpiente, frente al estado de Yucatán. Su ubicación geográfica es entre las latitudes $22^{\circ} 21' 45''$ y $22^{\circ} 34' 55''$ N y entre las longitudes $89^{\circ} 36' 47''$ y $89^{\circ} 47' 53''$ O (Fig. 1) (Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes, 2006, Tunnell *et al.*, 2007).

Cuenta con un área aproximada de 333,768 ha, integradas por dos zonas núcleo (Zona Núcleo Norte y Zona Núcleo Sur) y la restante zona de amortiguamiento. Presenta forma convexa hacia el noreste, reflejando el embate del oleaje que prevalece en dirección noreste-suroeste (Logan, 1969). El Arrecife Alacranes mide 26 km de largo por 14 km en su porción más ancha. Presenta una barrera arrecifal de ~34 km de largo y una laguna de ~230 km² conformada por formaciones coralinas separadas por canales de arena, debido a lo cual existen numerosos bajos, arrecifales y arenosos. Gran parte de la porción norte de la laguna arrecifal tiene grandes praderas de pastos marinos, compuestas principalmente por el pasto marino *Thalassia testudinum* (CINVESTAV, 1988; De la Cruz-Agüero *et al.*, 1993; Martínez-Guzmán y Hernández-Aguilera, 1993; Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes, 2006).

El arrecife presenta elementos fisiográficos bien diferenciados: los márgenes arrecifales (barlovento y sotavento), la laguna interior y cinco islas arenosas con grava no consolidada situadas a lo largo del lado sotavento (suroeste) del arrecife (Isla Pájaros, Isla Blanca o Chica, Isla Pérez, Isla Muertos o Desertora e Isla Desterrada). El área total de las islas representa el 1.7% del sistema arrecifal. Además, el arrecife presenta diversos hábitats arrecifales: laderas arrecifales a barlovento y sotavento (ladera externa y frente arrecifal), cresta arrecifal (margen expuesto al mar), planicie arrecifal, laguna e islas de arena (Ardisson *et al.*, 1996; Tunnell *et al.*, 2007).

Alacranes es el arrecife más grande y septentrional de los arrecifes del Banco de Campeche y el arrecife individual más grande del Golfo de México. La porción a barlovento forma una barrera coralina bien desarrollada, la cual emerge en muchos sitios durante la marea baja y define el complejo arrecifal al norte, este y sureste. Una gran parte de las investigaciones sobre Arrecife Alacranes se ha realizado en el extremo sur del arrecife o en los alrededores de Isla Pérez, donde se ha establecido el campamento de investigación por parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (Kornicker *et al.*, 1959; CINVESTAV, 1988; Tunnell *et al.*, 2007).

El Arrecife Alacranes está circundado por aguas tropicales someras. La Corriente del Caribe determina el patrón de corrientes y constituye el principal aporte de masas de agua de la región, ya que éstas provienen de la surgencia originada en el extremo oriental de la plataforma de la península de Yucatán, donde dicha corriente asciende y fluye en dirección noroeste a lo largo del borde norte de la Península (Capurro, 1969). En la región se distinguen dos tipos de flujo de agua, el primero se da durante el verano, cuando las masas de agua de la Corriente del Caribe entran al Golfo de México y chocan contra una contracorriente proveniente de la Sonda de Campeche. El segundo flujo ocurre en invierno cuando dicha contracorriente desaparece y las masas de agua de la Corriente del Caribe entran de manera directa al Golfo de México (Logan *et al.*, 1969). El clima, de acuerdo con García (1987) es Bs (h') W'' (i), correspondiendo a un clima seco y cálido con lluvias escasas. La temperatura promedio anual es de 26.7°C, siendo la mínima generalmente superior a los 10°C y la máxima inferior a los 40°C. Los vientos dominantes provienen del este y noreste, en los meses de abril a septiembre con velocidades de 20 a 30 km/h y en los meses de octubre a marzo la velocidad es de 30 a 35 km/h, aunque pueden ser mayores si se asocian a fenómenos atmosféricos como tormentas tropicales, huracanes y Nortes (Logan *et al.*, 1969).

Un decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1994, instituyó al Arrecife Alacranes como Área Natural Protegida, con carácter de Parque Marino Nacional, aunque en junio del año 2000 el área fue recategorizada en Parque Nacional (Diario Oficial de la Federación, 7 de junio del 2000). El área total del Arrecife Alacranes fue zonificada tomando en cuenta los requerimientos particulares de protección, con el objetivo de realizar un proceso efectivo de conservación sin disminuir el potencial de aprovechamiento sustentable de los recursos del arrecife. La zonificación incluye dos zonas núcleo que abarcan una superficie de 31, 670 ha (con subzonas de uso restringido) y una zona de amortiguamiento con una superficie de 302, 098 ha (con subzonas de preservación y de aprovechamiento sustentable de recursos naturales) (Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes, 2006). Las zonas núcleo tienen como propósito la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo, únicamente en la zona de amortiguamiento se permiten actividades de aprovechamiento reguladas, no obstante el decreto, existe pesca deportiva y comercial no regulada en las zonas núcleo del arrecife.

6.2 Diseño del muestreo

El diseño experimental empleado para la obtención de los organismos consistió en un diseño con muestreos estratificados al azar, empleándose el cuadrante o cuadrado como unidad de muestreo (elaborado con material PVC), ya que es un método recomendado para la captura de fauna sésil, especialmente en zonas inundadas permanentemente (Knudsen, 1966). Se realizaron transectos de 30 m de longitud en cada punto de muestreo. Los transectos en Arrecife Bajo de 10 y Madagascar tuvieron una orientación de 200° N→S y 190° N→S respectivamente, mientras que los transectos del Arrecife Serpiente tuvieron una orientación de 180° N→S para el Pico 1 y 195° N→S para los Picos 2; para cada arrecife los transectos se ubicaron paralelos entre sí, pero perpendiculares tanto al eje principal del arrecife (Bajo de 10 y Serpiente), como a la cresta arrecifal (Madagascar). A lo largo del transecto se localizaron 10 cuadrantes al azar de 25 cm^2 , tal como se muestra en la Figura 3. El número de cuadrantes por transecto se adecuó a la infraestructura, logística y tiempo necesario para efectuar cada muestreo, considerándose un número adecuado y práctico para el cumplimiento de los objetivos del trabajo. Además, se estimaron las dimensiones mínimas de la unidad muestral a partir de los primeros 10 cuadrantes, cerciorándose de ésta manera que el tamaño fuese el adecuado para abarcar la gama de tamaños que los equinodermos pueden presentar en dichas áreas.



Figura 3. Modelo de la realización del muestreo (ejemplo de 10 cuadrantes al azar a lo largo del transecto).

6.3 Muestreos

Se realizaron 85 muestreos entre los meses de junio del 2008, y en mayo, junio, agosto y septiembre del 2009. El 74 % de las recolectas de organismos fueron realizadas utilizando equipo autónomo de respiración subacuática (SCUBA por sus siglas en inglés), el 22.3 % se realizó mediante buceo libre y con una red de patín, y el 3.6 % restante fue realizado mediante el arrastre de trampas langosteras por un barco de pesca comercial (muestreos A38, A42 y A47 sólo para Arrecife Alacranes). Durante las recolectas de equinodermos, la mayoría de las especies fueron encontradas a través de muestreo directo, excepto las especies de menor dimensión que fueron recolectadas por muestreo indirecto mediante la recolección de aglomerados de algas, de algunas esponjas y rocas; así como las especies recolectadas a través del arrastre de trampas langosteras.

Al realizar los muestreos en las localidades de estudio se utilizaron diferentes técnicas de muestreo entre arrecifes, debido a los siguientes factores de riesgo: climático, ambiental y humano. Durante los meses de mayo a agosto del 2009, los vientos provenientes del sur impidieron efectuar muestreos en Arrecife Serpiente, fue hasta el mes de septiembre cuando pudieron realizarse recolectas cortas que no comprometieran la seguridad de los integrantes del equipo en dicho arrecife. El método de recolecta en Arrecife Serpiente consistió en tomar únicamente la cama algal de cada cuadrante y almacenarlo en bolsas herméticas etiquetadas para su revisión en el laboratorio, resultando así una recolecta minuciosa.

El método anterior difiere del empleado en los Arrecifes Bajo de 10 y Madagascar, donde la oportunidad de realizar muestreos largos permitió la búsqueda de equinodermos conspicuos en cada cuadrante, los cuales eran recolectados siempre que el censo visual no era posible o sólo registrados si la identificación podía realizarse *in situ* mediante la observación de los caracteres externos (únicamente las especies de erizo: *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Lytechinus variegatus carolinus* y *Echinometra viridis*; y las estrellas de mar: *Echinaster (Othilia) sentus*, *Linckia guildingii* y *Oreaster reticulatus*). Durante las recolectas en los Arrecifes Bajo de 10 y Madagascar, los equinodermos que se encontraban fuera del cuadrante pero presentes a lo largo del transecto, se recolectaban, mientras no pertenecieran a las especies mencionadas.

En Arrecife Alacranes se eliminó la ejecución de transectos en los muestreos realizados, debido a la presencia de factores de riesgo ambiental (*e.g.* muestreos nocturnos y muestreos profundos) y humano (logística y seguridad del grupo de trabajo). Tales motivos dieron como resultado que los muestreos se realizaran mediante recolectas libres, durante las cuales se recorrió un área (delimitada por la profundidad y/o tiempo de inmersión, sin rumbo definido), efectuando una búsqueda intensiva en sedimento, algas, debajo o entre rocas, y restos de material biogénico.

Se ubicaron físicamente las coordenadas de cada sitio de muestreo con ayuda de un GPS (sistema de posicionamiento global) marca Garmin© con precisión de ± 4 metros.

Las recolectas de organismos se realizaron en los siguientes arrecifes coralinos y ecosistemas someros bénticos, todos considerados como aguas poco profundas (*i.e.* profundidades entre los 0 y 30 metros):

- Arrecifes de Sisal (Arrecife Bajo de 10, Arrecife Madagascar y Arrecife Serpiente): se realizaron 27 muestreos diurnos en los meses de mayo, junio y septiembre del 2009 con buceo SCUBA (Apéndice 1; Figuras 4, 5 y 6). Los organismos fueron colocados en bolsas herméticas y/o frascos de plástico para su traslado al Laboratorio de Ecología de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI-Sisal, Yucatán) de la Facultad de Ciencias para su posterior revisión.

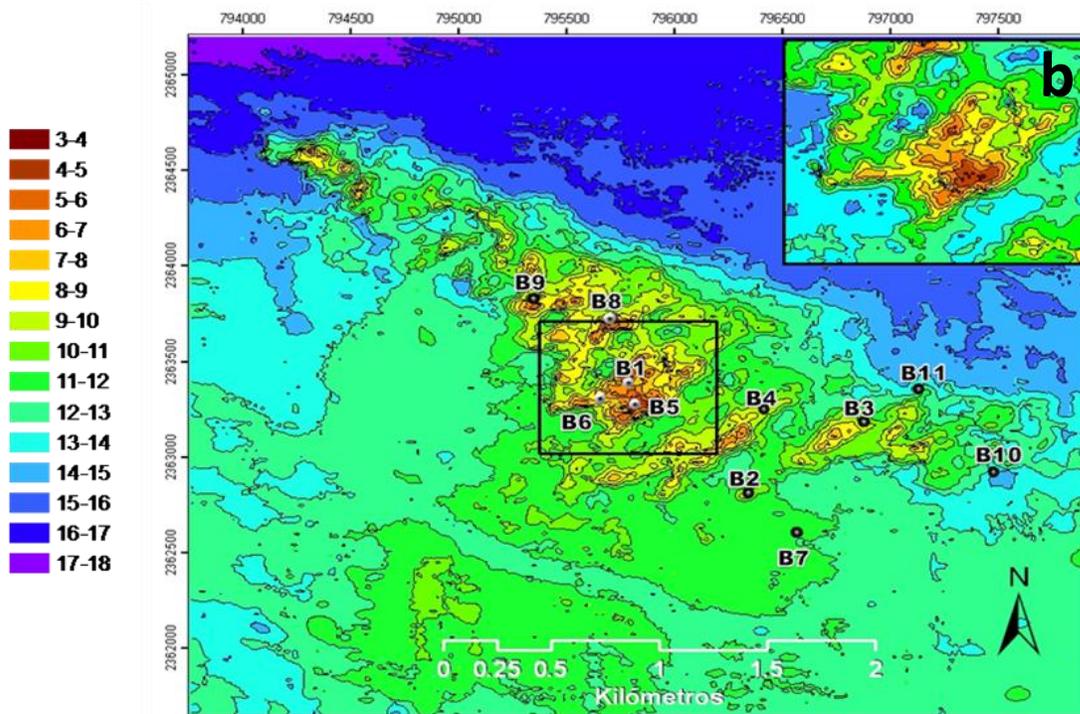
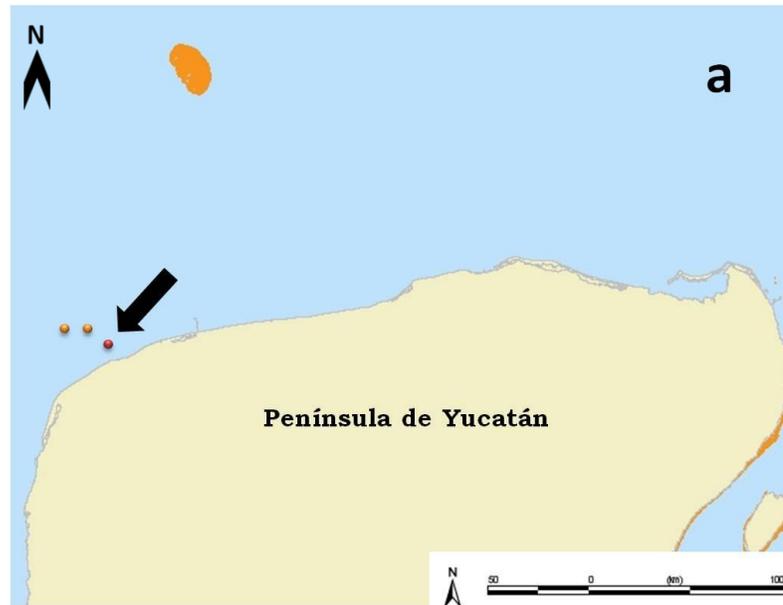


Figura 4. (a) Ubicación del Arrecife Bajo de 10 respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>; noviembre/2010); (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Bajo de 10. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (B1) Arrecife Bajo de 10 y número de muestreo.

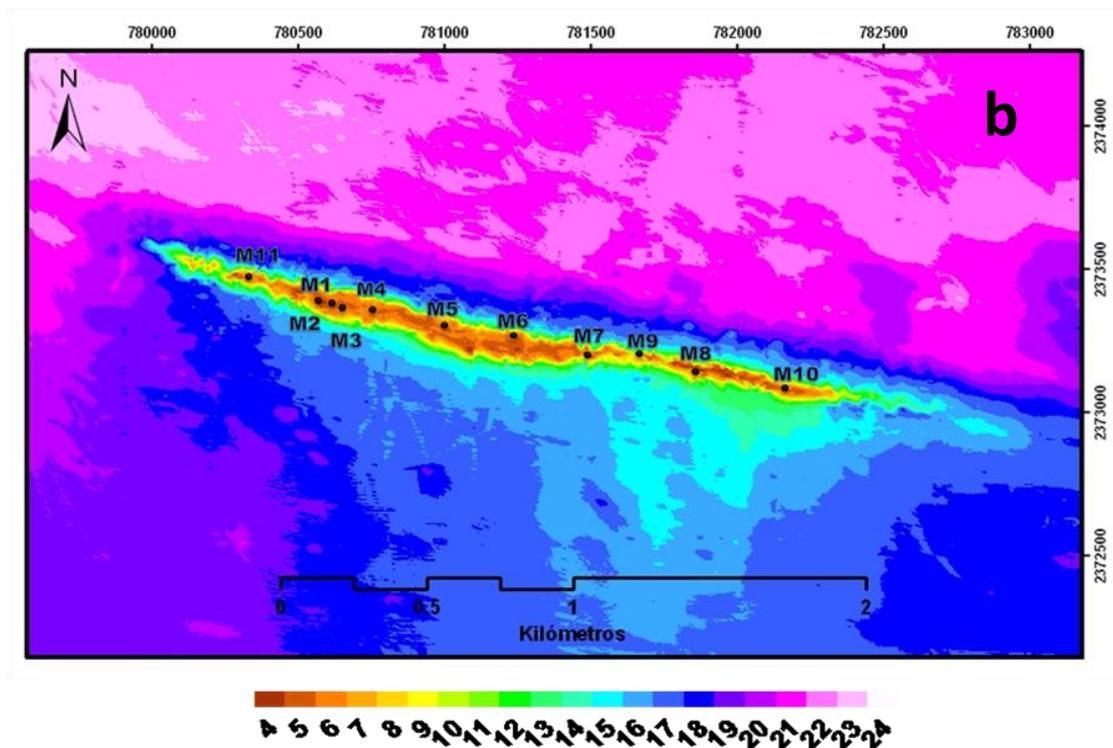


Figura 5. (a) Ubicación del Arrecife Madagascar respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>: noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Madagascar. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (M1) Arrecife Madagascar y número de muestreo.

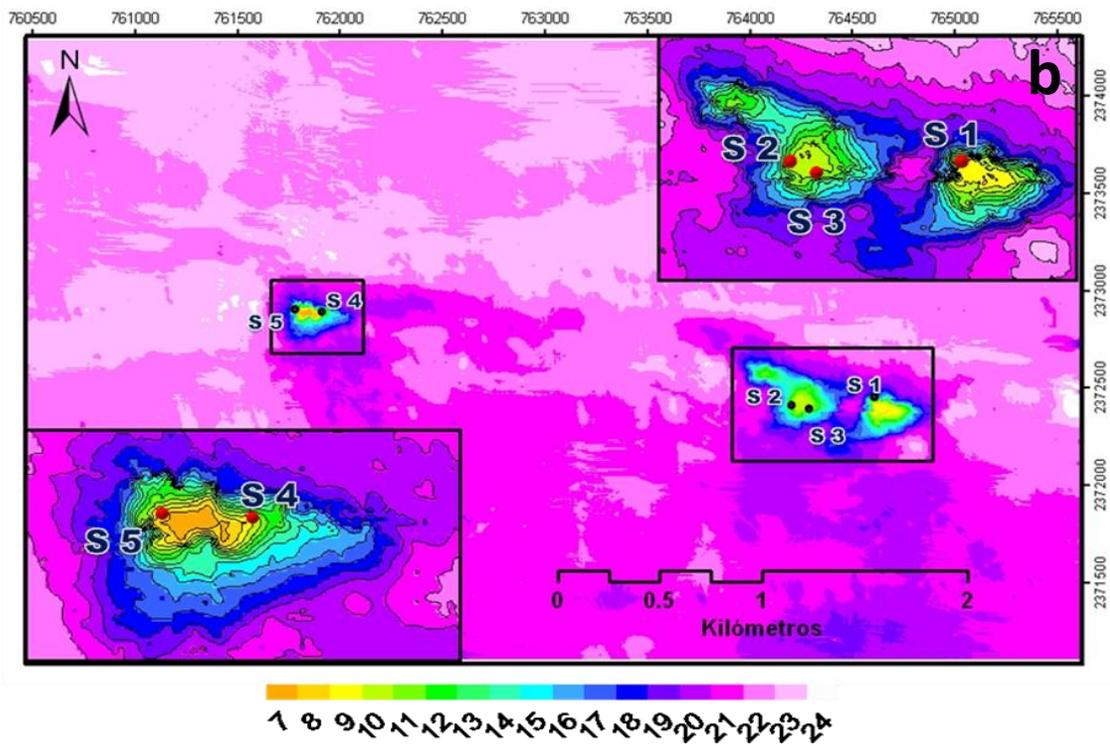


Figura 6. (a) Ubicación del Arrecife Serpiente respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>: noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Serpiente. Las coordenadas están dadas en UTM (imagen modificada de Zarco-Perelló, 2009). (S1) Arrecife Serpiente y número de muestreo.

- Pecios y pasto marino no arrecifal: se realizaron 4 muestreos en el mes de junio del 2009 con buceo SCUBA en 3 pecios y una zona de pasto marino que no se encontraba asociada a ningún área arrecifal. Tales puntos se localizaron en la cercanía de la playa del pueblo de Sisal (Apéndice 1; Figura 7).

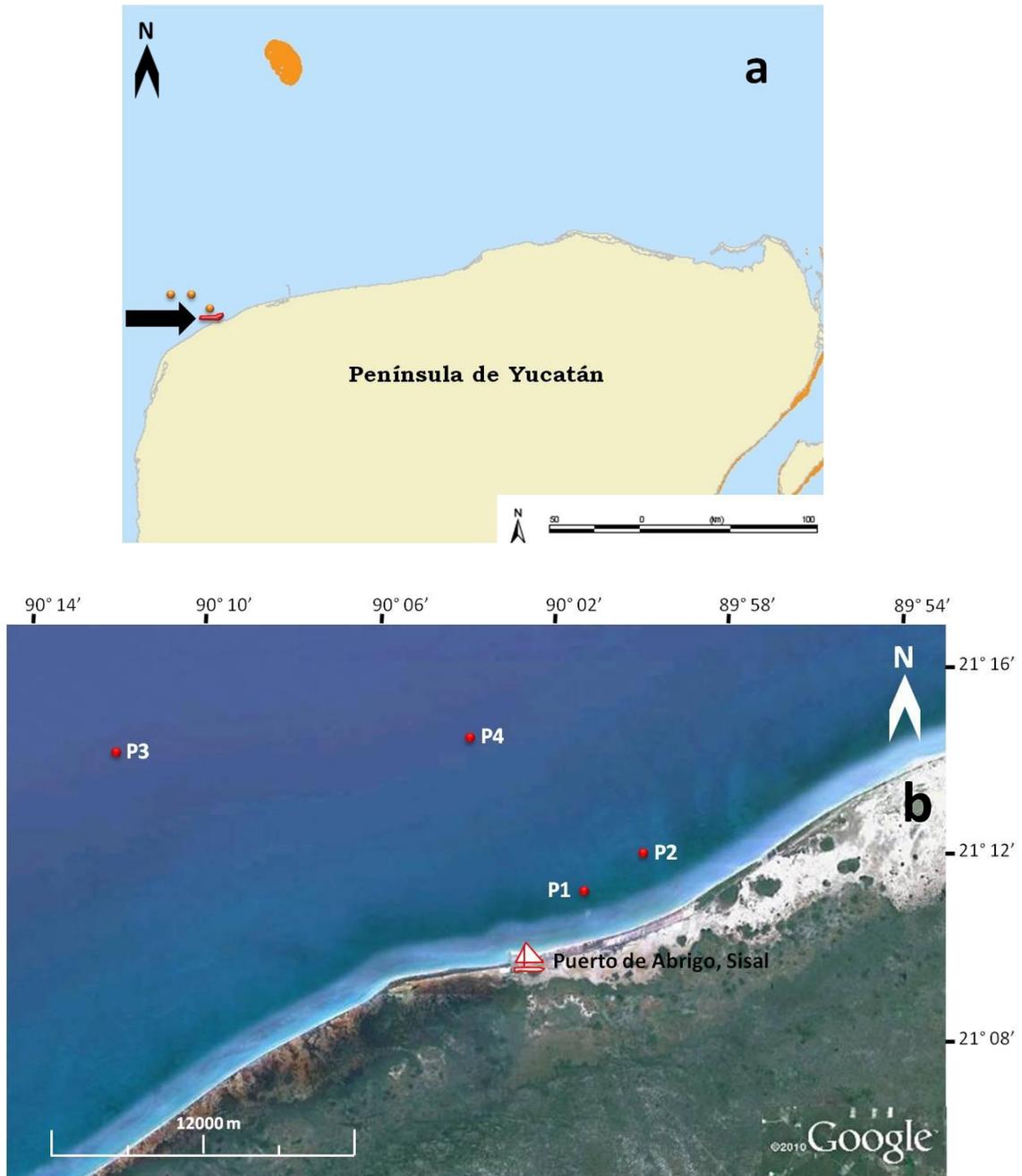
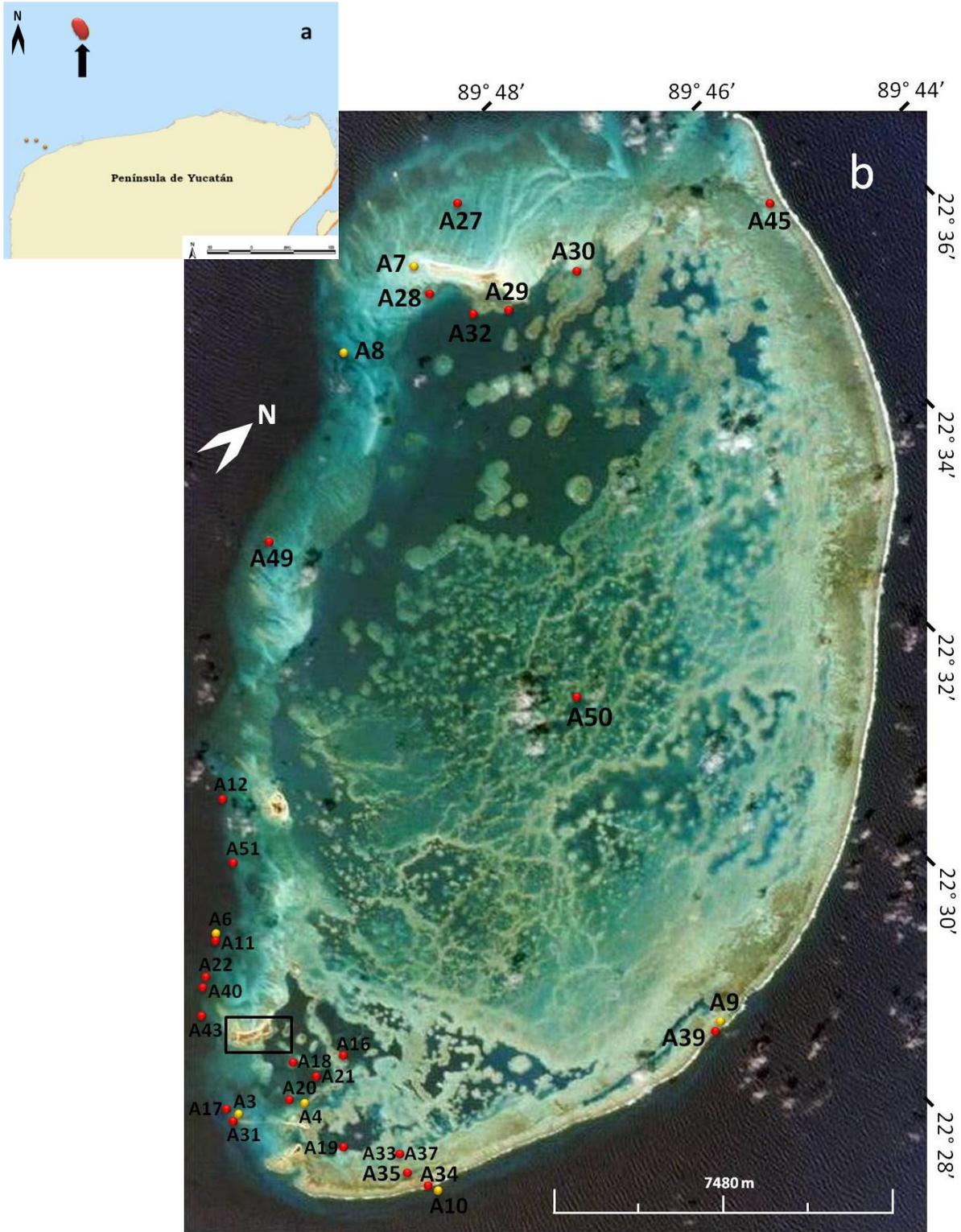


Figura 7. (a) Ubicación del área de pecios y pasto marino respecto a la Península de Yucatán (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>: noviembre/2010). (b) Localización de los puntos de muestreo en 3 pecios y un pasto marino. (P1 a P3) pecios y número de muestreo; (P4) pasto marino no arrecifal (imagen modificada de *Google Earth*).

- Arrecife Alacranes: se realizaron tres salidas al Arrecife Alacranes de 7, 15 y 1 día durante los meses de junio del 2008, agosto y septiembre del 2009, respectivamente, con el objetivo de realizar muestreos y recolectas intensivas de equinodermos (31 muestreos con buceo SCUBA y 16 con buceo libre). Se realizaron muestreos en aguas someras (<10 m) y aguas poco someras (>10 m) (Apéndice 1; Figura 8).



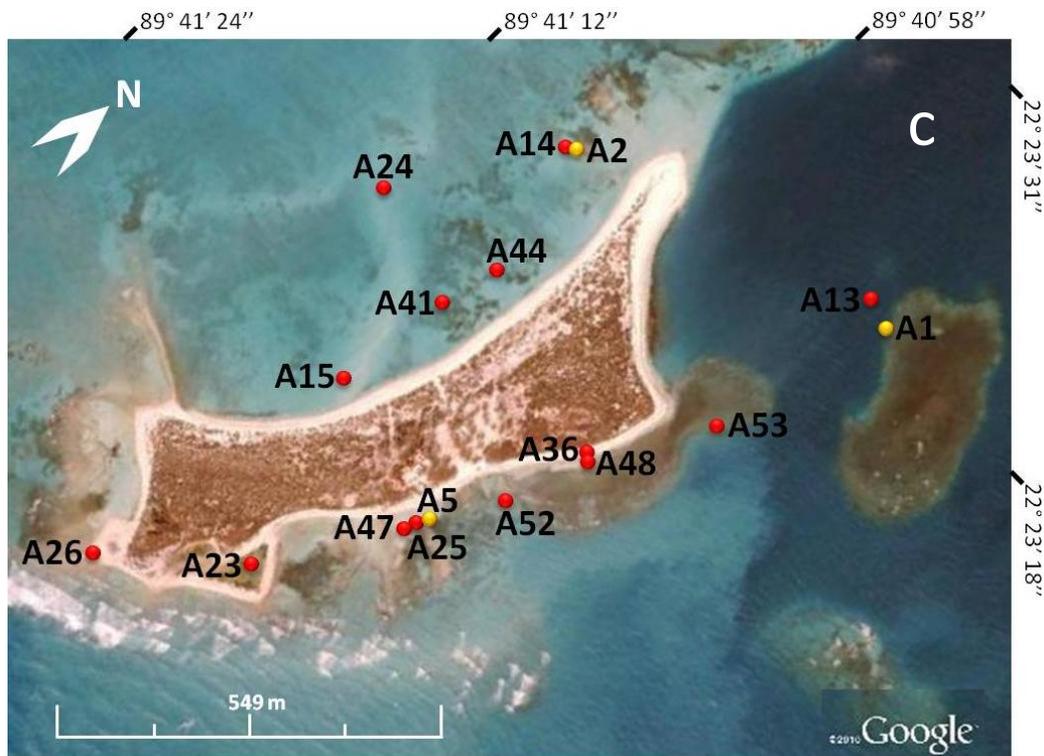


Figura 8. Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Alacranes. (a) Ubicación de Arrecife Alacranes respecto a a la Península de Yucatán (imagen modificada de <http://www.reefbase.org>: noviembre/2010); (b) Localización de los puntos de muestreo en Arrecife Alacranes; (c) acercamiento de Isla Pérez, Arrecife Alacranes (imagen modificada de *Google Earth*). (A1) Arrecife Alacranes y número de muestreo. Puntos A1 al A10: muestreos realizados durante 2008 (amarillo). Puntos A11 al A53: muestreos realizados durante 2009 (rojo).

6.4 Registro de datos

Durante cada muestreo se registraron las características del sustrato presente, profundidad, temperatura del agua, fecha, hora, condiciones ambientales y duración del muestreo.

Los datos que se registraron por cuadrante para los organismos fueron: género, número de individuos por género, tipo de sustrato, profundidad de la columna de agua y algunas observaciones sobre fauna de acompañamiento. La información fue registrada en tablillas de acrílico sumergibles para escritura.

6.6 Registro fotográfico

Los organismos recolectados fueron transportados en recipientes con agua de mar. Una vez en tierra o en el laboratorio las muestras fueron colocadas en charolas con agua de mar y con aireación para ser mantenidos vivos y ser fotografiados posteriormente con una cámara Nikon D70 de 6.1 megapíxeles, con un lente Nikkor AF-S Micro 60 mm, f/2.8 G ED; como escala comparativa, se utilizó una escala graduada en milímetros. Las imágenes ayudaron a registrar el tamaño y color del organismo *in vivo*.

Los ejemplares “Tipo” de la Familia Ophiactidae, pertenecientes a las colecciones del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (NMNH) y del Museum of Comparative Zoology of Harvard (MCZ), fueron fotografiados en el Scanning Electron Microscope (SEM) Laboratory del NMNH, con un microscopio estereoscópico Olympus SZX12-MDU y una cámara Olympus Q-Color 5.

6.6 Preservación

Los ejemplares se prepararon por vía húmeda, previa narcotización con aceite de clavo, se preservaron en alcohol al 70% (preparado con agua destilada). Posteriormente, fueron almacenados en recipientes de plástico de boca ancha. Los organismos se incorporaron a la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM) del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos (LSEE) y a la Colección de referencia de la UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM, previa identificación.

6.7 Determinación taxonómica

Se realizó la identificación de los organismos recolectados en el LSEE, ICML, UNAM, mediante la utilización de guías y claves taxonómicas para equinodermos de la costa Atlántica tales como: Deichmann, 1930; Mortensen, 1928 (I); Mortensen, 1935 (II); Mortensen, 1940 (III 1); Mortensen, 1943 (III 2); Mortensen, 1943 (III 3); Mortensen, 1948 (IV 2); Clark, 1948; Downey, 1973; Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999; Pawson y Pawson, 2008 y Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, mediante la observación de estructuras de interés taxonómico con un microscopio estereoscópico Olympus SZ60 10X para organismos de las Clases Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea. La observación de las espículas de los ejemplares pertenecientes a la Clase Holothuroidea se realizó con la ayuda de un microscopio óptico, objetivos 10X y 40X.

6.8 Análisis Biogeográfico

Se utilizó el Análisis de Parsimonia de Endemismos (*Parsimony Analysis of Endemicity* o PAE), para resolver la relación existente entre las áreas arrecifales bajo estudio. El PAE con base en localidades es el método utilizado para agrupar áreas o localidades (análogas a taxa, con base en una analogía en la sistemática filogenética), que permite presentar las relaciones entre las áreas respecto a los taxa que comparten (análogos a caracteres), de acuerdo con la solución más parsimoniosa (criterio de simplicidad o parsimonia), sin hacer uso de las filogenias de los taxa (Morrone y Crisci, 1995; Crisci *et*

al., 2000; Escalante y Morrone, 2003; Contreras-Medina, 2006; Mora-Olivo *et al.*, 2008).

Con el PAE se intentó postular una hipótesis general de la relación existente entre los cuatro arrecifes objeto del estudio, con base en la presencia compartida de 2 o más especies de equinodermos encontradas durante el periodo de muestreo del presente trabajo. Se crearon matrices de ausencia-presencia de taxa supraespecíficos y se construyó un cladograma de las áreas muestreadas que representa jerárquicamente las áreas con biotas similares (Rosen, 1988; Morrone y Crisci, 1995; Contreras-Medina, 2006; Mora-Olivo *et al.*, 2008).

A partir del inventario taxonómico realizado se elaboró una matriz de datos de áreas por taxa, donde los taxa se codificaron con (0) cuando estaban ausentes y con (1) cuando se encontraron presentes en cada área. La matriz de datos contiene 70 taxa de equinodermos (incluyendo especies pertenecientes de las Clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea) de cuatro arrecifes del estado de Yucatán, mismos que fueron tratados como unidades (Apéndice 2). La matriz fue analizada con el programa NONA (Goboloff, 1999) y Winclada versión 0.9.99 beta. (Nixon, 2002). El cladograma fue enraizado con un área hipotética codificada en ceros. Se obtuvieron el índice de consistencia (CI) y el índice de retención (RI). El CI mide el grado de homoplasia relativa de los caracteres individuales en un cladograma, su valor oscila entre 0 y 1. Un Índice de Consistencia bajo (inferior a 0.5) tiende a indicar que mucha homoplasia ha ocurrido. El RI mide la cantidad de homoplasia observada en un carácter en función de la homoplasia posible, en otras palabras, el índice de retención es una medida de la proporción de las similitudes en un cladograma. Los valores del RI oscilan entre 0 y 1 (Farris, 1989; Allaby, 1999; Morrone y Escalante, 2009).

6.9 Descriptores comunitarios

La morfología de un arrecife puede ser explicada parcialmente sobre las bases de su pasado geológico y las características de los movimientos de agua; la distribución de las especies de individuos puede ser predecida sobre la base de las “dimensiones de su nicho”, pero los ensambles de organismos dentro de las comunidades de los arrecifes de coral, ocupan diferentes áreas superficiales del arrecife y su movimiento sobre el mismo varía. Los equinodermos, como invertebrados conspicuos en los arrecifes pueden ejercer efectos significativos a gran escala sobre la estructura comunitaria con cambios en la abundancia de ciertas especies (Birkeland, 1988). Para entender las variaciones en la estructura y función de las comunidades arrecifales, es necesario entender la ecología de los equinodermos arrecifales, por tal razón se presentan cuatro índices de biodiversidad analizados en el presente trabajo:

- Riqueza específica

El número estimado del máximo de especies en una comunidad (Krebs, 1989).

- Abundancia

La abundancia absoluta se determina en términos del número de individuos de una especie, mientras que al calcular la abundancia relativa se pueden medir las proporciones relativas de diferentes especies dentro de la comunidad (Krebs, 1989; Southwood & Henderson, 2000).

- Diversidad de Shannon-Wiener (H')

Considera de manera ponderada, la proporción de la abundancia de las especies, así como su riqueza dentro de la muestra. Además, describe la relación de $S:N$ (especies:individuos) en términos del grado de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo tomado al azar de una comunidad delimitada (Southwood & Henderson, 2000). El índice se expresa de la siguiente manera (Clarke & Warnick, 2001):

$$H' = -\sum_{i=1}^S (n_i / N) \log(n_i / N)$$

Donde: n_i = número de individuos de la especie i en un cuadrante.

N = número total de individuos de todas las especies en cada cuadrante.

- Equitatividad de Pielou (J')

Éste índice expresa qué tan homogéneo se encuentran distribuidos los individuos de las diferentes especies; aquí el grado de dominancia de una especie se estimaría como el valor contrario al de equitatividad (Clarke & Warwick, 2001). El índice estandariza el valor de H' en una escala simple (de 0 a 1), considerando que la máxima diversidad se obtendrá en el caso de que todas las especies tengan la misma abundancia. La equitatividad de Pielou se calcula de la siguiente manera:

$$J' = H' / \log S$$

Donde: H' = índice de Shannon-Wiener.

S = número de especies en el transecto.

Para determinar los valores comunitarios de los equinodermos presentes en los arrecifes contemplados se tendieron 27 transectos, consiguiendo muestrear un total de 270 cuadrantes (Apéndice 3).

Con la información de las especies recolectadas en cada muestreo se construyeron las curvas de acumulación de especies para cada arrecife de estudio.

6.10 Análisis estadístico

Los datos de los descriptores comunitarios (abundancia, diversidad y equitatividad) de los Arrecifes Bajo de 10, Madagascar y Serpiente se evaluaron estadísticamente usando el programa Statistica (6.0). La prueba Shapiro-Wilk's fue utilizada para determinar la normalidad de las variables descriptores comunitarios. Para verificar la homogeneidad de varianzas de los datos se corrió una prueba de Cochran (valores de $p > 0.05$).

Los datos de abundancia, diversidad y equitatividad se analizaron mediante la prueba Kruskal-Wallis (H) para distribuciones no normales (Zar, 1999), utilizando como factores los arrecifes Madagascar, Bajo de 10 y Serpiente. Adicionalmente, se corrió una prueba similar utilizando como factores las Clases Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea.

VII. RESULTADOS

7.1 Descriptores comunitarios

El estudio de las comunidades marinas debe realizarse mediante un enfoque ecológico, utilizando herramientas que permitan analizar las relaciones entre las especies que integran a las diversas biocenosis y los diferentes parámetros abióticos a los que se encuentran asociadas. Por tal motivo, es importante determinar la composición y diversidad de especies de la comunidad, así como su distribución y abundancia dentro del ecosistema (Ríos-Jara, 2008).

Riqueza específica

Los equinodermos estuvieron presentes en 70 de los 78 muestreos. En los muestreos realizados en los tres pecios y el pasto marino no se encontraron organismos.

Se recolectó un total de 1,655 organismos pertenecientes a 14 órdenes taxonómicos que corresponden a cuatro de las cinco clases de equinodermos (no se encontraron organismos de la clase Crinoidea), 25 familias, 34 géneros, 68 especies y 2 taxa: Asteroidea (5 especies); Ophiuroidea (43 especies y 1 taxón); Echinoidea (10 especies) y Holothuroidea (10 especies y 1 taxón) (Tabla 2).

El valor máximo de riqueza total de equinodermos en 4 arrecifes del estado de Yucatán fue de 70 taxa: 1 taxón exclusivo de Arrecife Madagascar; 3 exclusivos de Arrecife Bajo de 10; 3 exclusivos de Arrecife Serpiente; 34 exclusivos del Arrecife Alacranes (Tabla 3) y 29 que pueden encontrarse compartiendo entre dos o más de los arrecifes considerados en este trabajo (Tabla 2). La mayor riqueza se encuentra en el Arrecife Alacranes (61 especies, 87.2%), el cual es la formación coralina más grande de las estudiadas y la que se encuentra más alejada del continente. Los Arrecifes Madagascar y Bajo de 10 tienen una riqueza más o menos similar, con 14 (20%) y 17 (24.3%) especies, respectivamente; el segundo es la formación más cercana a la costa y el primero es el siguiente en distancia. Finalmente, el Arrecife Serpiente registró una riqueza ligeramente mayor que los anteriores con 24 especies (34.2%) (Figura 9).

La fauna de equinodermos de los cuatro arrecifes del estado de Yucatán, presenta una distribución con afinidades biogeográficas que incluyen las subprovincias del Golfo de México (1 especie; 1.5%), del Mar Caribe (14 especies; 20.5%), y organismos que por su distribución se han registrado en las dos subprovincias (53 especies; 78%).

Tabla 2. Total de especies de equinodermos registradas durante los muestreos en Arrecifes Bajo de 10, Madagascar, Serpiente y Arrecife Alacranes. (*) Nuevo material para la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz"; (**) Nuevo registro para el estado de Yucatán; (***) Nuevo registro para México, para la Colección Nacional de Equinodermos y para el estado de Yucatán.

Familia	Especie	Madagascar	Bajo de 10	Serpiente	Alacranes
Clase Asteroidea					
Astropectinidae	<i>Astropecten nitidus</i> Verrill, 1915				•
Ophidiasteridae	<i>Linckia guildingii</i> Gray, 1840	•			•
Oreasteridae	<i>Oreaster reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)		•		•
Echinasteridae	<i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (Lamarck, 1816)**	•	•		
	<i>Echinaster (Othilia) sentus</i> (Say, 1825)		•		
Clase Ophiuroidea					
Ophiomyxidae	<i>Ophioblenna antillensis</i> Lütken, 1859***				•
	<i>Ophiomyxa flaccida</i> (Say, 1825)				•
Amphiuridae	<i>Amphiodia pulchella</i> (Lyman, 1869)**			•	•
	<i>Amphiodia trychna</i> H. L. Clark, 1918**		•	•	•
	<i>Amphioplus (Amphioplus) sepultus</i> Hendler, 1995**			•	
	<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)**			•	•
	<i>Amphiura fibulata</i> Koehler, 1914			•	
	<i>Amphiura palmeri</i> Lyman, 1882			•	•
	<i>Amphiura stimpsoni</i> Lütken, 1859			•	•
	<i>Ophiostigma isocanthum</i> (Say, 1825)		•	•	•
	<i>Ophiostigma siva</i> Hendler, 1995***			•	•
	<i>Ophiocnida</i> sp.				•
Ophiacanthidae	<i>Ophiacantha sertata</i> (Lyman, 1869)**				•
	<i>Ophiacanthella troscheli</i> (Lyman, 1878)*/**				•
Ophiactidae	<i>Ophiactis algicola</i> H. L. Clark, 1933*/**	•	•	•	•
	<i>Ophiactis muelleri</i> Lütken, 1856***	•	•	•	
	<i>Ophiactis quinqueradialia</i> Ljungman, 1871	•	•		•
	<i>Ophiactis rubropoda</i> Syngletary, 1973				•
	<i>Ophiactis savignyi</i> (Müller & Troschel, 1842)**	•	•	•	•
Ophiocomidae	<i>Ophiocoma echinata</i> (Lamarck, 1816)				•
	<i>Ophiocoma pumila</i> Lütken, 1859				•
	<i>Ophiocoma wendtii</i> Müller & Troschel, 1842**	•			•
	<i>Ophiocomella ophiactoides</i> (H. L. Clark, 1901)**	•		•	•
	<i>Ophiopsila hartmeyerii</i> Koehler, 1913**				•
	<i>Ophiopsila riisei</i> Lütken, 1859**			•	•
	<i>Ophiopsila vittata</i> H. L. Clark, 1918**				•
Ophiodermatidae	<i>Ophioderma appressum</i> (Say, 1825)				•
	<i>Ophioderma brevicaudum</i> Lütken, 1856**	•			•
	<i>Ophioderma brevispinum</i> (Say, 1825)		•	•	•
	<i>Ophioderma cinereum</i> Müller & Troschel, 1842				•

	<i>Ophioderma ensiferum</i> Hendler & Miller, 1984***				•
	<i>Ophioderma phoenium</i> H. L. Clark, 1918**				•
	<i>Ophioderma rubicundum</i> Lütken, 1856**				•
Ophionereididae	<i>Ophionereis olivacea</i> H. L. Clark, 1901**			•	•
	<i>Ophionereis reticulata</i> (Say, 1825)				•
	<i>Ophionereis squamulosa</i> Koehler, 1913**		•	•	•
Ophiotrichidae	<i>Ophiothrix angulata</i> (Say, 1825)	•	•	•	•
	<i>Ophiothrix brachyactis</i> H. L. Clark, 1915**	•			
	<i>Ophiothrix lineata</i> Lyman, 1860**				•
	<i>Ophiothrix oerstedii</i> Lütken, 1856				•
	<i>Ophiothrix suensonii</i> Lütken, 1856				•
Ophiuridae	<i>Ophiolepis elegans</i> Lütken, 1859				•
	<i>Ophiolepis impressa</i> Lütken, 1859			•	•
	<i>Ophiolepis paucispina</i> (Say, 1825)		•		•
	Clase Echinoidea				
Cidaridae	<i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (Lamarck, 1816)	•		•	•
Diadematidae	<i>Diadema antillarum antillarum</i> (Philippi, 1845)				•
Arbaciidae	<i>Arbacia punctulata</i> (Lamarck, 1816)	•	•	•	•
Toxopneustidae	<i>Lytechinus euerces</i> H. L. Clark, 1912				•
	<i>Lytechinus variegatus variegatus</i> (Lamarck, 1816)				•
	<i>Lytechinus variegatus carolinus</i> A. Agassiz, 1863		•		
	<i>Tripneustes ventricosus</i> (Lamarck, 1816)**				•
Echinometridae	<i>Echinometra viridis</i> A. Agassiz, 1863	•			•
Clypeasteridae	<i>Clypeaster chescheri</i> Serafy, 1970				•
	<i>Clypeaster rosaceus</i> (Linnaeus, 1758)				•
	Clase Holothuroidea				
Sclerodactylidae	<i>Euthyonidiella trita</i> (Sluiter, 1910)**				•
Phylloporidae	<i>Thyone</i> sp. */**			•	
Holothuriidae	<i>Actinopyga agassizii</i> (Selenka, 1867)**				•
	<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i> Ludwig, 1875**				•
	<i>Holothuria (Halodeima) floridana</i> Pourtalès, 1851				•
	<i>Holothuria (Halodeima) mexicana</i> Ludwig, 1875				•
	<i>Holothuria (Thymiosycia) thomasi</i> (Pawson & Caycedo, 1980)				•
Stichopodidae	<i>Isostichopus badionotus</i> (Selenka, 1867)		•		•
	<i>Isostichopus macroparentheses</i> (H. L. Clark, 1922)**		•		
Chiridotidae	<i>Chiridota rotifera</i> (Portalès, 1851)**			•	•
Synaptidae	<i>Synaptula hydriformis</i> (Lesueur, 1824)			•	•
	Asteroideos	2	3	-	3
	Ofiuroideos	9	10	19	40
	Equinoideos	3	2	2	9
	Holoturoideos	-	2	3	9
	Total	14	17	24	61

Del total de organismos recolectados, 2 pudieron ser identificados sólo a nivel de género debido a que son estadios juveniles de *Ophiocnida* (Clase Ophiuroidea) y *Thyone* (Clase Holothuroidea) (Tabla 2).

El área de los arrecifes analizados no es uniforme, variando de 0.045 km² a 333 768 ha. Existe una correlación entre el área de los arrecifes y el número de especies ($r=0.98$; $p < 0.05$). El Arrecife Alacranes, con mayor área (333,768 ha), registró la mayor diversidad alfa de especies; sin embargo, Arrecife Serpiente, con menos área (considerado el de menor superficie con 0.216 km² total, resultado de la suma de las superficies de los Picos de Serpiente) no registró el menor número de especies.

Tabla 3. Áreas de los arrecifes estudiados considerando las especies exclusivas registradas para cada arrecife.

Arrecife (total especies registradas)	Área (km ²)	Especies (exclusivas)
Madagascar (14)	0.216	1: <i>Ophiothrix brachyactis</i>
Bajo de 10 (17)	0.673	3: <i>Echinaster (Othilia) sentus</i> , <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> e <i>Isostichopus macroparentheses</i>
Serpiente (24)	0.216	3: <i>Amphioplus (Amphioplus) sepultus</i> , <i>Amphiura fibulata</i> y <i>Thyone</i> sp.
Arrecife Alacranes (61)	3.337.680	34: <i>Astropecten nitidus</i> , <i>Ophioblenna antillensis</i> , <i>Ophiomyxa flaccida</i> , <i>Ophiolepis elegans</i> , <i>Ophiolepis paucispina</i> , <i>Ophiocoma echinata</i> , <i>Ophiocoma pumila</i> , <i>Ophiopsila hartmeyeri</i> , <i>Ophiopsila vittata</i> , <i>Ophionereis reticulata</i> , <i>Ophioderma appressum</i> , <i>Ophioderma cinereum</i> , <i>Ophioderma phoenium</i> , <i>Ophioderma rubicundum</i> , <i>Ophioderma ensiferum</i> , <i>Ophiacantha sertata</i> , <i>Ophiacanthella troscheli</i> , <i>Ophiactis rubropoda</i> , <i>Ophiocnida</i> sp., <i>Ophiothrix lineata</i> , <i>Ophiothrix oerstedii</i> , <i>Ophiothrix suensonii</i> , <i>Diadema antillarum antillarum</i> , <i>Lytechinus euerces</i> , <i>Lytechinus variegatus variegatus</i> , <i>Tripneustes ventricosus</i> , <i>Clypeaster chescheri</i> , <i>Clypeaster rosaceus</i> , <i>Euthyonidiella trita</i> , <i>Actinopyga agassizii</i> , <i>Holothuria (Cystipus) cubana</i> , <i>Holothuria (Halodeima) floridana</i> , <i>Holothuria (Halodeima) mexicana</i> y <i>Holothuria (Thymiosycia) thomasi</i> .

De los 4 arrecifes analizados, todos presentan especies exclusivas; destaca en primer lugar el Arrecife Alacranes, que presentó el mayor número de especies exclusivas, las cuales abarcan especies omnívoras-depredadoras y carroñeras, como la estrella de mar de hábitats arenosos *A. nitidus* (Vázquez-Bader *et al.*, 2008); especies que pueden alimentarse de detritos orgánicos, arena, pellets fecales, algas, diatomeas, esponjas, briozoos, nemátodos, hidroides, poliquetos, partes de crustáceos, ostrácodos, braquiúros e isópodos, como los ofiuros *O. antillensis*, *O. flaccida*, *O. elegans*, *O. paucispina*, *O. echinata*, *O. pumila*, *O. hartmeyeri*, *O. vittata*, *O. reticulata*, *O. appressum*, *O. cinereum*, *O. phoenium*, *O. rubicundum*, *O. ensiferum*, *O. sertata*, *O. troscheli*, *O. rubropoda*, *O. lineata*, *O. oerstedii* y *O. suensonii* (Reimer & Reimer, 1975; Hendler, 1982); especies raspadoras del césped algal, corales juveniles y zoántidos, como los erizos regulares *D. antillarum*, *L. euerces* y *L. variegatus variegatus* (Hendler *et al.*, 1995); especies que forrajean camas algales del pasto marino *T. testudinum*, como el erizo regular *T. ventricosus* (Tertschnig, 1989); especies detritívoras (incluyen diatomeas, que se encuentran en la arena biogénica en la cual se encuentran enterrados) como el erizo irregular *C. chescheri*, así como organismos que se alimentan principalmente de los restos de la macroalga calcárea *Halimeda* (Kampfer & Ott, 1995) y secundariamente de hojas muertas de *T. testudinum* (Telford *et al.*, 1987), como el erizo irregular *C. rosaceus*; especies que se alimentan por suspensión de fitoplancton, como el pepino de mar *E. trita* (Roberts *et al.*, 2000); especies raspadoras del césped algal y detritos orgánicos en áreas cubiertas de arena, como el pepino de mar *A. agassizii* (Hasbun y Lawrence, 2002); y especies detritívoras obligadas, como los pepinos de mar *H. (Cystipus) cubana*, *H. (Halodeima) floridana*, *H. (Halodeima) mexicana* y *H. (Thymiosyca) thomasi* (Roberts *et al.*, 2000).

El Arrecife Serpiente se caracterizó por presentar exclusivamente tres especies de equinodermos. Los ofiuros *A. (Amphioplus) sepultus* y *A. fibulata* son dos pequeñas especies detritívoras asociadas a camas algales (Hendler, 1973; Warner, 1982). El ofiuro *O. brachyactis* es suspensívora (Warner, 1982).

El Arrecife Bajo de 10, registró tres especies exclusivas: la estrella *E. (Othilia) sentus*, el erizo *L. variegatus carolinus* y el pepino *I. macroparentheses*. La estrella puede ser espongívora (Waddell & Pawlik, 2000), el erizo suele alimentarse de algas (principalmente *Thalassia* sp.; Moore *et al.*, 1963), y ambos se alimentan de organismos asociados al sustrato que muestren poco o nulo desplazamiento; mientras que, el pepino de mar es un detritívoro obligado (Roberts *et al.*, 2000).

El Arrecife Madagascar presentó una especie exclusiva, el ofiuro *O. brachyactis*, que se encuentra asociado a esponjas.

Por otra parte, los ofiuros *Ophiactis algicola*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata* y el erizo *Arbacia punctulata* tienen una amplia distribución, habitando los 4 arrecifes, al igual que los ofiuros *Ophiocomella ophiactoides*, *Ophionereis squamulosa*, *Ophioderma brevispinum*, *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiactis muelleri*, *Amphiodia trychna*, *Ophiostigma isocanthum* y *Eucidaris tribuloides tribuloides* quienes se encuentran en 3 de los 4 arrecifes. Algunas de las especies registradas, como la estrella de mar *Echinaster (Othilia) echinophorus*, los ofiuros *Ophioblenna antillensis*, *Ophiopsila hartmeyeri*, *Ophionereis olivacea*, *Ophionereis squamulosa*, *Ophiacantha sertata*, *Ophiacanthella troscheli*, *Ophiostigma siva*, *Ophiothrix brachyactis* y el pepino de mar *Euthyonidiella trita*, son especies que, de acuerdo a los registros, alcanzaban su límite de distribución en el Caribe Mexicano y ahora lo amplían hasta el Golfo de México.

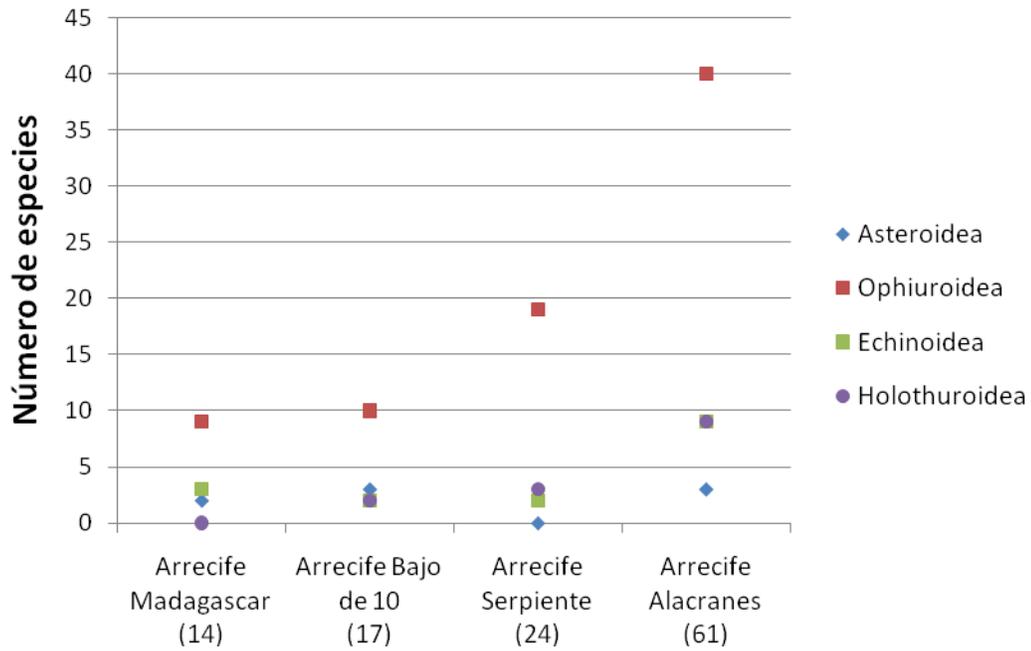


Figura 9. Riqueza específica correspondiente a los arrecifes de Sisal y al Arrecife Alacranes. Entre paréntesis se indica el número total de especies de equinodermos registradas para cada arrecife.

A partir de las especies encontradas, se realizaron las gráficas de acumulación de especies para cada uno de los arrecifes de Sisal (Figuras 10, 11 y 12), para el Arrecife Alacranes (Figura 13), y para la acumulación del total de muestreos realizados en el estado de Yucatán, la cual demuestra claramente la posibilidad de continuar hallando especies de equinodermos en el área de estudio (Figura 14).

Madagascar

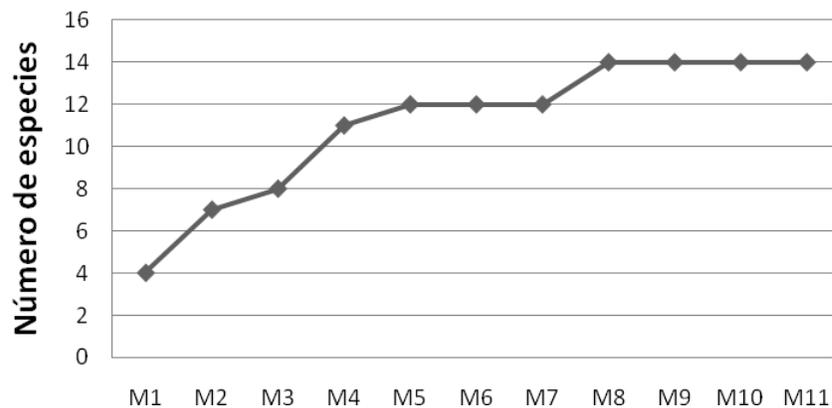


Figura 10. Especies acumuladas del Arrecife Madagascar durante el mes de junio del 2009.

Bajo de 10

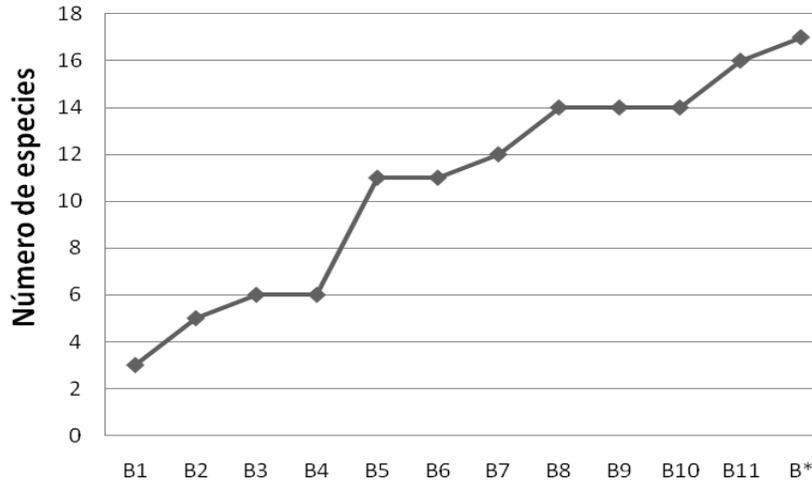


Figura 11. Especies acumuladas del Arrecife Bajo de 10 durante el mes de mayo del 2009.

Serpiente

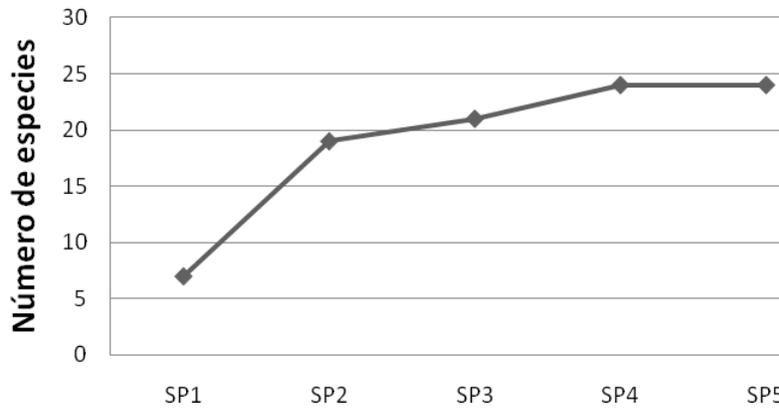


Figura 12. Especies acumuladas del Arrecife Serpiente durante el mes de septiembre del 2009.

Parque Nacional Arrecife Alacranes

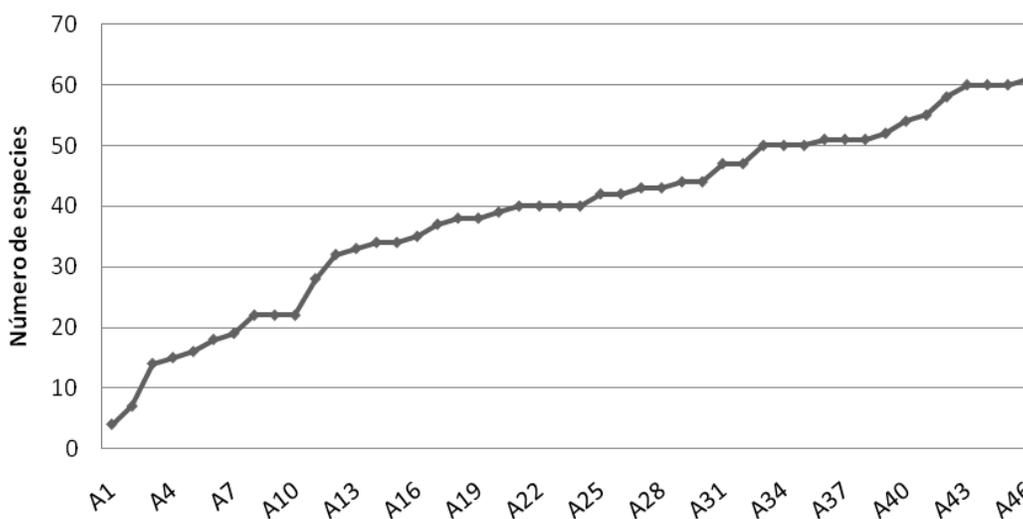


Figura 13. Especies acumuladas del Arrecife Alacranes correspondientes a junio del 2008, agosto y septiembre del 2009.

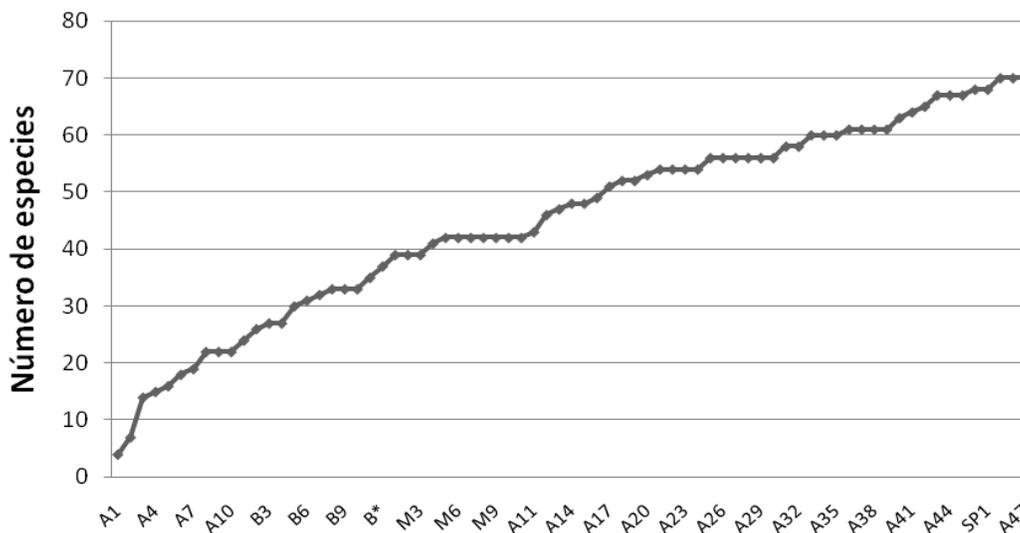


Figura 14. Especies acumuladas durante los muestreos en los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente) y Arrecife Alacranes durante agosto del 2008 y en el periodo de mayo a septiembre del 2009.

Abundancia

La abundancia de organismos por clase de equinodermo, tuvo diferentes intervalos en los arrecifes de Sisal (Tabla 4). El promedio general fue de 3.08 ind/0.25m² y como se puede observar en la Figura 15, no fueron significativamente diferentes los valores de abundancia entre arrecifes ($H_{2,55}=2.59$, $p>0.05$), ni entre las cuatro clases de equinodermos registradas en ellos ($H_{3,55}=1.05$, $p>0.05$; Figura 16).

Tabla 4. Intervalos del número de individuos registrados por clase de equinodermo en los arrecifes de Sisal.

	Asteroidea	Ophiuroidea	Echinoidea	Holothuroidea
Arrecife Madagascar	0 – 16	0 – 67	0 – 6	-
Arrecife Bajo de 10	0 – 4	0 – 129	0 – 31	0 – 1
Arrecife Serpiente	-	0 – 85	0 – 3	0 – 105

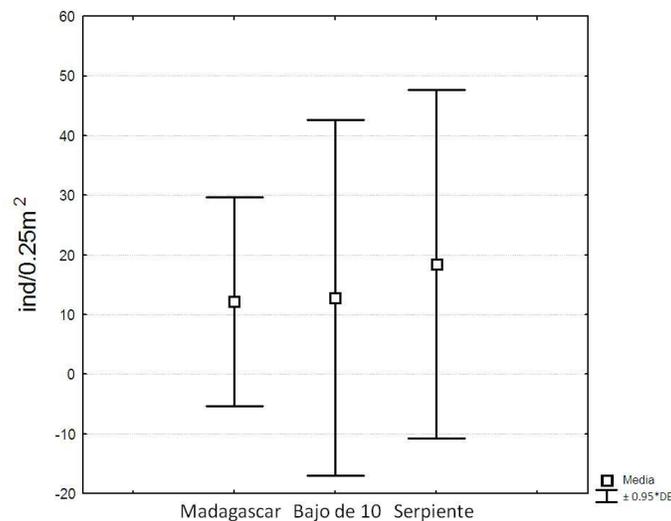


Figura 15. Abundancia de equinodermos por 0.25m² ($\bar{x} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal.

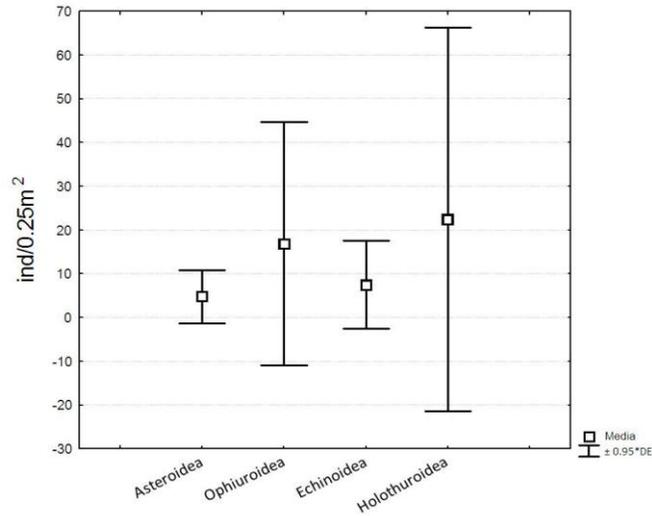


Figura 16. Abundancia de organismos por 0.25m² ($\bar{x} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos de los arrecifes de Sisal.

Diversidad (H')

En el análisis de diversidad se obtuvo un valor promedio general de 0.25 bits/ind. En las localidades de estudio el análisis arrojó diferencias significativas en los valores de diversidad entre arrecifes ($H_{2,55}=6.26$, $p<0.05$; Figura 17). El Arrecife Bajo de 10 (0.17 bits/ind) tuvo una diversidad menor que los Arrecifes Madagascar y Serpiente. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre las cuatro clases de equinodermos registradas en ellos ($H_{3,55}=0.86$, $p>0.05$; Figura 18).

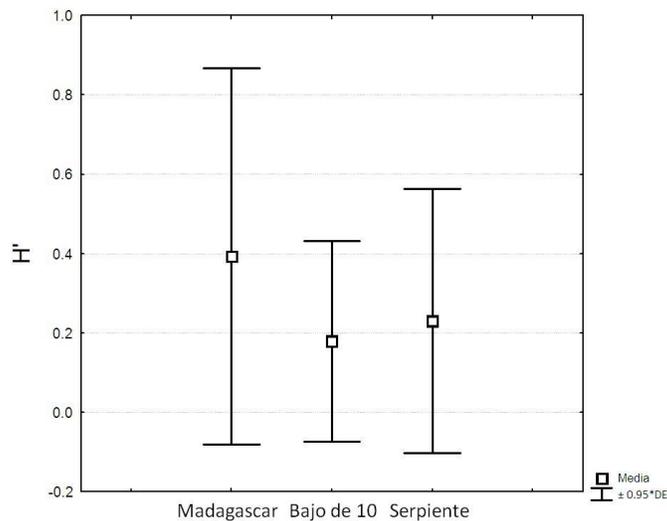


Figura 17. Valores de diversidad de las especies de equinodermos ($\bar{x} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal.

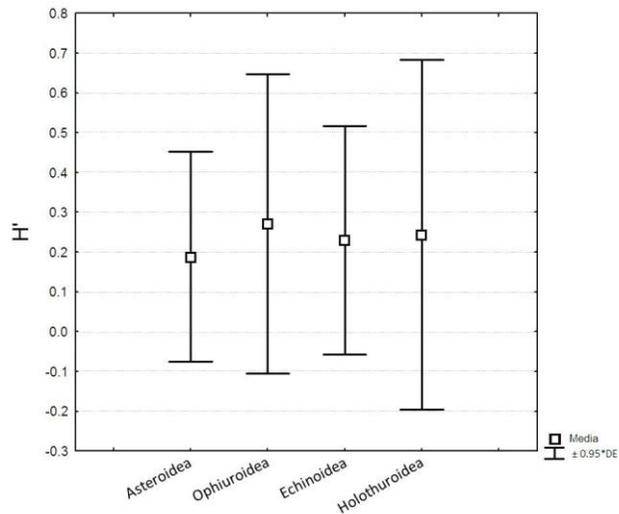


Figura 18. Valores de diversidad de organismos ($\bar{X} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos en los arrecifes de Sisal.

Equitatividad (J')

El valor promedio de la equitatividad en la región de estudio fue de 0.06. Los valores de equitatividad fueron significativamente diferentes entre las localidades ($H_{2,55}=7.27$, $p<0.05$; Figura 19). El Arrecife Madagascar fue equitativamente mayor que los Arrecifes Bajo de 10 y Serpiente. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de equitatividad entre las clases de equinodermos presentes en los arrecifes ($H_{3,55}=0.95$, $p>0.05$; Figura 20).

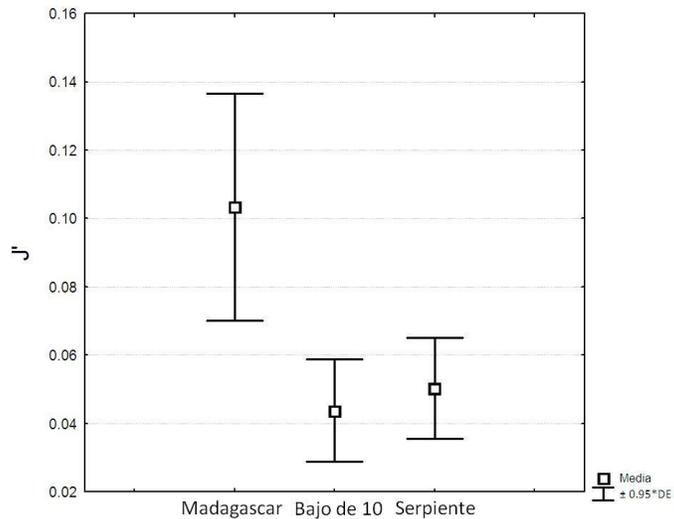


Figura 19. Equitatividad de las especies de equinodermos ($\bar{X} \pm DE$) en los arrecifes de Sisal.

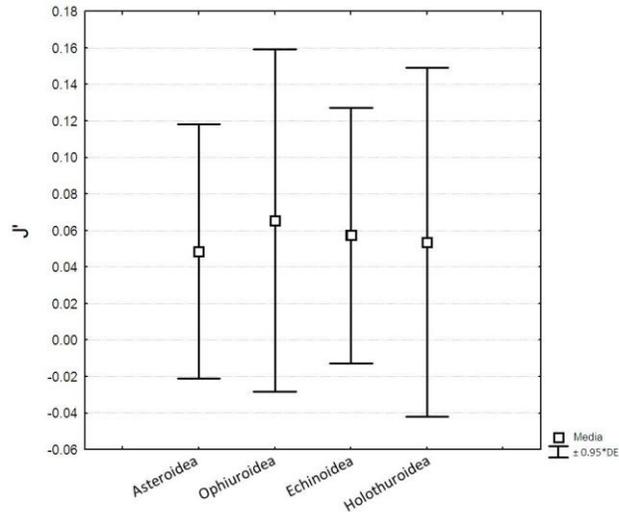


Figura 20. Equitatividad de organismos ($\bar{x} \pm DE$) de cuatro clases de equinodermos en los arrecifes de Sisal.

7.2 Sistemática

A continuación, se presentan las especies registradas en el presente trabajo, mostrando el material bibliográfico consultado para la revisión de diagnosis y sinonimias, y de distribución en México. Además, se muestra la imagen de cada taxón, así como el registro del material examinado por muestreo.

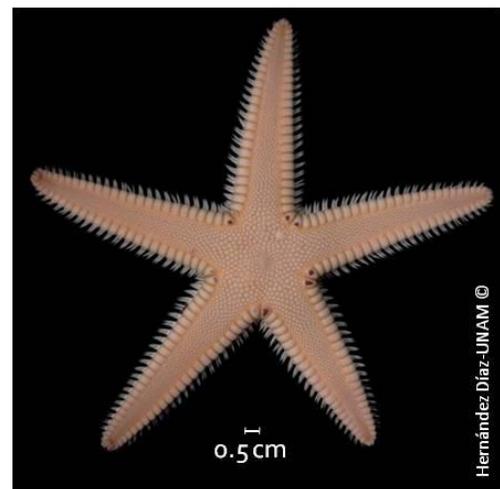
7.2.1 Clase Asterozoidea

Astropecten nitidus Verrill, 1915

Diagnosis y sinonimia. Ver Downey, 1973, pág. 30.

Distribución en México. Tamaulipas; Campeche; Yucatán; Quintana Roo (González G *et al.*, 2002; Laguarda-Figueras *et al.*, 2002; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos: 1 organismo, muestreo A15, en arenal (recol. RG); 1 organismo, muestreo A44, sobre arenal (recol. EL).



Linckia guildingii Gray, 1840

Diagnosis y sinonimia. Ver Downey, 1973, págs. 66 y 67; Hendler *et al.*, 1995, págs. 76 – 78.

Distribución en México. Isla Lobos, Isla Sacrificios, Isla Verde, Isla de En medio, Tuxpan, Veracruz; Banco Arrowsmith, Canal de Yucatán, Banco Chinchorro, Cozumel, Bahía de la Ascensión, Quintana Roo; Golfo de México; Banco de Campeche (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Caso, 1996b; Laguarda-Figuera, 2001; Laguarda-Figuera *et al.*, 2002; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figuera, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

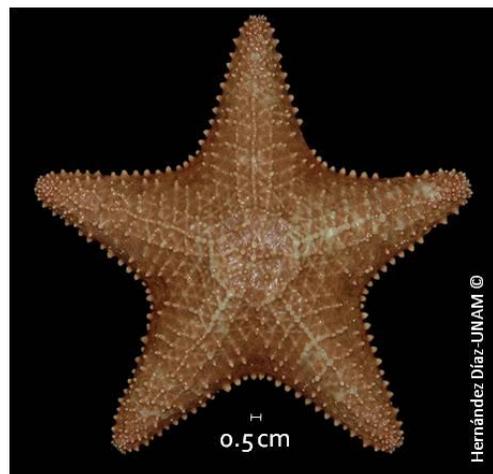


Material examinado: 8 organismos: 3 organismos, muestreo M1, sobre roca-capa de algas (recol. QH); 3 organismos, muestreo M4, sobre roca-capa de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M5, sobre roca-capa de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A32, debajo de roca (recol. JO).

Oreaster reticulatus (Linnaeus, 1758)

Diagnosis y sinonimia. Ver Downey, 1973, págs. 60 y 61; Hendler *et al.*, 1995, págs. 82 – 84.

Distribución en México. Isla Sacrificios, Veracruz; Champotón, Playa Bonita, Campeche; Arrecife Alacranes, Yucatán; Bahía de la Ascensión, Isla Contoy, Cozumel, Quintana Roo; Golfo de México; Banco de Campeche (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Caso, 1996b; Laguarda-Figuera, 2001; Laguarda-Figuera *et al.*, 2002; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 3 organismos: 1 organismo (juvenil), muestreo B5, sobre roca, debajo de alga (recol. QH); 1 organismo (adulto), muestreo B9, sobre arena entre algas (recol. QH); 1 organismo A29 (adulto), sobre pasto marino (no recolectado).

Echinaster (Othilia) echinophorus (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Downey, 1973, págs. 86 y 87; Hendler *et al.*, 1995, págs. 84 y 85.

Distribución en México. Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 5 organismos: 2 organismos, muestreo B3, sobre roca y algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo B5, sobre roca y algas (recol. QH); 1 organismo B10, sobre roca y algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M8, sobre roca y algas (recol. QH).

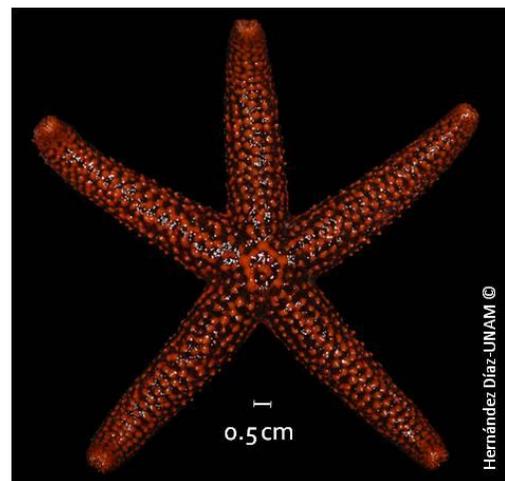


Echinaster (Othilia) sentus (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Downey, 1973, pág. 87; Hendler *et al.*, 1995, págs. 85 – 87.

Distribución en México. Laguna de Términos, Golfo de México, Campeche; Yucatán; Cancún, Quintana Roo (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras *et al.*, 2002; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos, muestreo B9, sobre roca y algas (recol. QH).



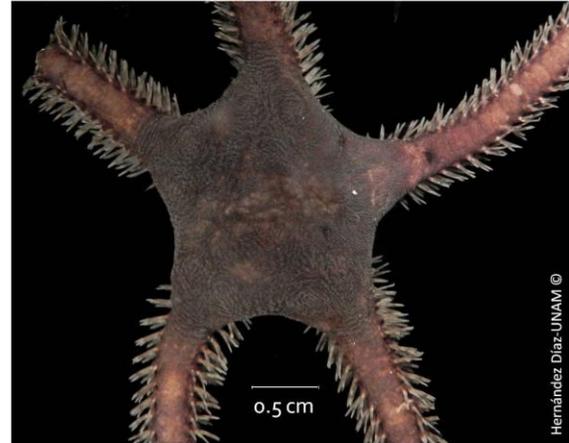
7.2.2 Clase Ophiuroidea

Ophioblenna antillensis Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 98 y 99.

Distribución en México. Primer registro de esta especie para aguas nacionales.

Material examinado. 1 organismo: muestreo A49, dentro de roca (recol. NS).



Ophiomyxa flaccida (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 99 y 100; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 36.

Distribución en México. Arrecife Triángulos, Campeche; Cayo arenas, Yucatán; Bahía de Ascensión, Cabo Catoche, Puerto Morelos; Isla Contoy; Cayo Lobos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz" (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

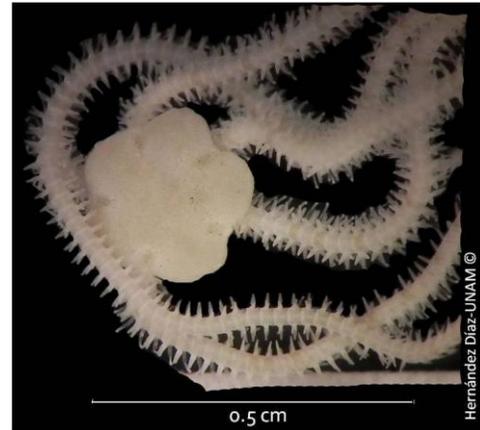


Material examinado: 11 organismos: 2 organismos, muestreo A7, sobre arena y aglomeración de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A29, entre esponja y algas (recol. NS); 1 organismo, muestreo A31, sobre roca (recol. QH); 3 organismos, muestreo A32, entre alga y roca (recol. QH); 3 organismos, muestreo A35 (recol. FM); 1 organismo, muestreo A53, debajo de roca (recol. QH).

Amphiodia pulchella (Lyman, 1869)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 153 y 154; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 182.

Distribución en México. Tampico, Tamaulipas; Sistema Arrecifal Veracruzano, cerca de Coatzacoalcos, Veracruz; frente a Cabo Catoche, Cozumel, Isla Mujeres y Puerto Morelos, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

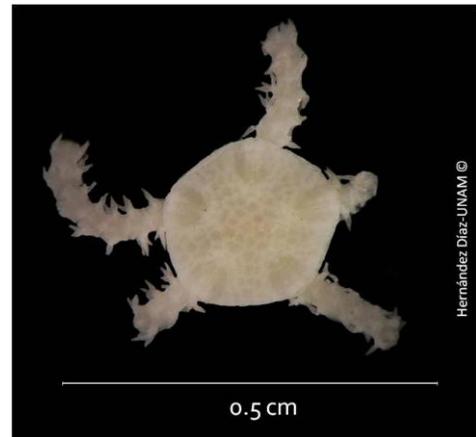


Material examinado: 6 organismos: 1 organismo, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 3 organismos, muestreo A45, muestras de sedimento (recol. CP).

Amphiodia trychna H. L. Clark, 1918

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 155 y 156; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 184.

Distribución en México. Tamaulipas, Veracruz; Puerto Morelos, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 11 organismos: 1 organismo, muestreo B8, sobre esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo S2, sobre esponja (recol. QH); 2 organismos, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A1 (recol. NS); 3 organismos, muestreo A5, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A39 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A50, arenas con algas (recol. JO); 1 organismo, muestreo A45, muestras de sedimento (recol. CP).

Amphioplus (Amphioplus) sepultus Hendler, 1995

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 157 y 158; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 190.

Distribución en México. Altamira, Tamaulipas; Veracruz; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH).

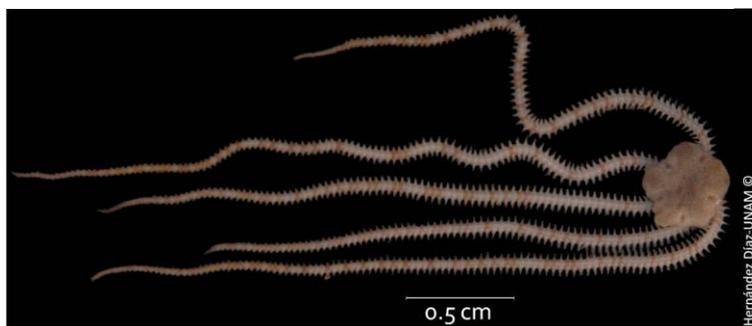


Amphipholis squamata (Delle Chiaje, 1828)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 162 – 164; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 196.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Puerto Morelos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

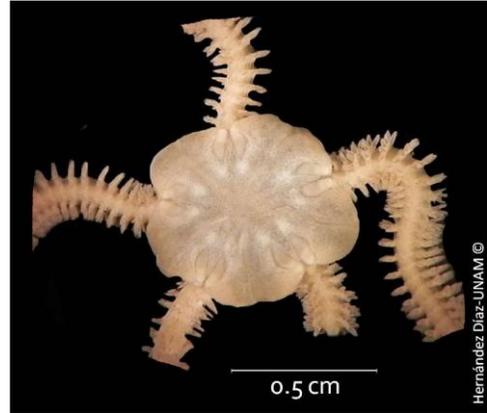
Material examinado: 13 organismos: 2 organismos, muestreo S1, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 4 organismos, muestreo S3, en cúmulo de algas (recol. QH); 4 organismos, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A32, sobre arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A46, muestra de sedimento (recol. CP).



Amphiura fibulata Koehler, 1914

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 164 y 165; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 198.

Distribución en México. Frente a Ría Lagartos, Yucatán; Quintana Roo; Banco de Campeche (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 1 organismo: muestreo S3, en cúmulo de algas (recol. QH).

Amphiura palmeri Lyman, 1882

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, pág. 167; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 200.

Distribución en México. Ría Lagartos, Yucatán; frente a Cabo Catoche, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 8 organismos: 1 organismo, muestreo S3, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Aiolochoiria crassa* (recol. NS); 6 organismos, muestreo A53, entre cúmulo de algas (recol. QH).

Amphiura stimpsoni Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 167 y 168; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 202.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; frente a Ría Lagartos, Yucatán; Isla Contoy y Puerto Morelos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 18 organismos: 1 organismo, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 4 organismos, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, cúmulo de algas (recol. CD); 4 organismos, muestreo A5, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Aplysina lacunosa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A11 (recol. NS); 1 organismo, muestreo A14 (recol. EL); 2 organismos, muestreo A29, en esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 1 organismo, muestreo A32, entre algas/roca/arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A39 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A48, cúmulo de algas y roca (recol. QH).

***Ophiocnida* sp.**

Material examinado: 1 organismo: muestreo A8, entre cúmulo de algas (recol. QH).



Ophiostigma isocanthum (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 178 y 179; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 218.

Distribución en México. Isla Sacrificios, Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Yucatán; Puerto Morelos, Cozumel, Isla Contoy, Cabo Catoche, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 3 organismos: 1 organismo, muestreo B5, en esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A47, arrastre/trampas langostas.



Ophiostigma siva Hendler, 1995

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 179 y 180.

Distribución en México. Primer registro de esta especie para aguas nacionales.

Material examinado: *organismos: 12 organismos: 4 organismos, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A8 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A29, entre esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 1 organismo, muestreo A32, entre rocas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A46, muestra de sedimento (recol. CP); 1 organismo, muestreo A48, entre algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo A53, entre cúmulo de algas (recol. QH).

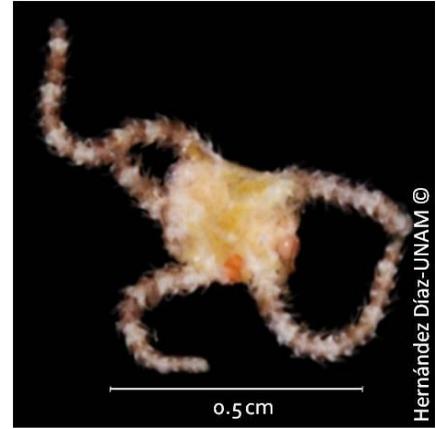


Ophiacantha sertata (Lyman, 1869)

Diagnosis y sinonimia. Ver Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 160.

Distribución en México. Cozumel, Quintana Roo (registros de la Colección of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A3 (recol. QH).



Ophiacanthella troscheli (Lyman, 1878)

Diagnosis y sinonimia. Ver Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 162.

Distribución en México. Cerca de Cozumel, Quintana Roo (registros de la Colección of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A8, aglomerado de algas (recol. QH).

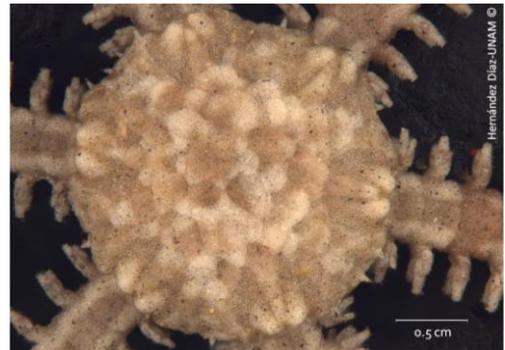


Ophiactis algicola H. L. Clark, 1933

Diagnosis y sinonimia. Ver H. L. Clark, 1933; Hendler *et al.*, 1995, págs. 145 – 147.

Distribución en México. Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 88 organismos: 2 organismos, muestreo B5, en esponja (recol. QH); 4 organismos, muestreo M2, cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo M4, cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M5, cúmulo de algas (QH); 2 organismos, muestreo S1 (recol. QH); 52 organismos, muestreo S2, cúmulo de algas (QH); 20 organismos, muestreo S3, cúmulo de algas (QH); 4 organismos, muestreo S4, cúmulo de algas (recol. CD); 1 organismo, muestreo A46, muestra de sedimento (recol. CP).



Ophiactis muelleri Lütken, 1856

Diagnosis y sinonimia. Ver Lütken, 1856.

Distribución en México. Primer registro de esta especie para aguas nacionales.

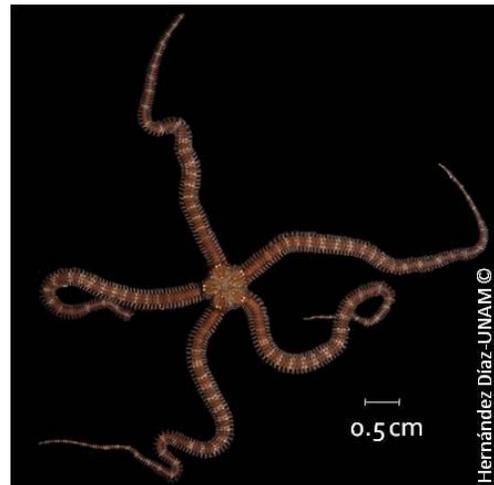
Material examinado: 156 organismos: 129 organismos, muestreo B5, en esponja (recol. QH); 2 organismos, muestreo M2, cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M4, cúmulo de algas (recol. QH); 24 organismos, muestreo S2, cúmulo de algas (recol. QH).



Ophiactis quinqueradia Ljungman, 1871

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 146 y 147; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 170.

Distribución en México. Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Veracruz; Campeche; Yucatán; Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 180 organismos: 1 organismo, muestreo B11; 1 organismo, muestreo M4, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M5, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo M7, en cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo A11, debajo de pedacera (recol. QH); 3 organismos, muestreo A11, en esponja *Aiolochoira crassa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Scopalina ruetzleri* (recol. JG/PG); 130 organismos, muestreo A18, en esponja *Sidonops neptuni* (recol. JG/PG); 7 organismos, muestreo A18, en esponja *Agelas conifera* (recol. JG/PG); 2 organismos, muestreo A22, en esponja *Agelas clathrodes* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A22, en esponja *Clathria (Thalysias) virgultosa* (recol. JG/PG); 6 organismos, muestreo A27, en esponja (recol. QH); 15 organismos, muestreo A27, en esponja (recol. NS); 4 organismos, muestreo A32 (recol. JG/PG); 2 organismos, muestreo A46, muestras de sedimento (recol. CP).

Ophiactis rubropoda Syngletary, 1973

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 147 y 148; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009, pág. 176.

Distribución en México. Cayo Arenas, Banco de Campeche; Cozumel, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figuera, 2001; Laguarda-Figuera *et al.*, 2004; registros de la Colection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006).

Material examinado: 3 organismos: 2 organismos, muestreo A11, en esponja *Aiolochoxia crassa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A48 (recol. QH).



Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 148 – 150; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009, pág. 174.

Distribución en México. Frente a Tamiahua, Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Tabasco; Laguna de Términos, Campeche; Ría Lagartos, Yucatán; Cozumel, Bahía de la Ascensión, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figuera, 2001; Laguarda-Figuera *et al.*, 2004; registros de la Colection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 384 organismos: 1 organismo, muestreo B5 (recol. QH); 29 organismos, muestreo M1, en esponja (recol. QH); 5 organismos, muestreo M2, cúmulo de algas (recol. QH); 15 organismos, muestreo M4, cúmulo de algas (recol. QH); 4 organismos, muestreo M5, cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo M9, cúmulo de algas (recol. QH); 3 organismos, muestreo S1 (recol. QH); 45 organismos, muestreo S2, cúmulo de algas (recol. QH); 5 organismos, muestreo S3, cúmulo de algas (recol. QH); 13 organismos, muestreo S4, cúmulo de algas (recol. CD); 19 organismos, muestreo S5 (recol. CD); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Aiolochoxia crassa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Aplysina lacunosa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Scopalina ruetzleri* (recol. JG/PG); 16 organismos, muestreo A11, en esponja *Strongilacidon bermuda* (recol. JG/PG); 2 organismos, muestreo A11 (recol. NS); 1 organismo, muestreo A12 (recol. QH); 5 organismos, muestreo A13, en esponja *Callyspongia fallax* (recol. JG/PG); 3 organismos, muestreo A14, en esponja *Callyspongia vaginalis* (recol. EL); 19 organismos, muestreo A16, en esponja (recol. NS); 2 organismos, muestreo A16; 100 organismos, muestreo A18, en esponja *Callyspongia plicifera* (recol. JG/PG); 72 organismos, muestreo A22, en esponja *Clathria (Thalysias) virgultosa* (recol. JG/PG); 4 organismos, muestreo A29, en cúmulo de esponjas/algas (recol. NS); 11 organismos, muestreo A53, cúmulo de algas (recol. QH).

Ophiocoma echinata (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 111-113; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009 pág. 116.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Cayo Arenas, Campeche; Arrecife Alacranes, Yucatán; Bahía Ascensión, Cozumel, Isla Mujeres, Majahual y Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 4 organismos: 1 organismo, muestreo A3, debajo de roca-arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A18, debajo de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A34 (recol. FM-GD); 1 organismo, muestreo A39, debajo de roca (recol. JO).

Ophiocoma pumila Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 114 – 116; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 118.

Distribución en México. Veracruz; Yucatán; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 2 organismos: 1 organismo, muestreo A18, debajo de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A39 (recol. QH).

Ophiocoma wendtii Müller & Troschel, 1842

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 116 – 118; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 122.

Distribución en México. Tamiahua y Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Cayo Arenas, Campeche; Puerto Morelos y Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

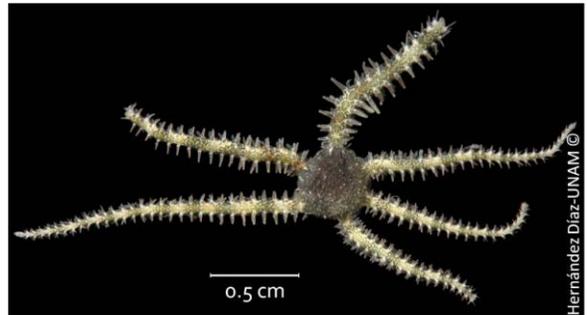


Material examinado: 7 organismos: 1 organismo, muestreo M3 (recol. QH); 1 organismo, muestreo M4 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A3, debajo de una roca-arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A18, entre pedacería de coral (recol. QH); 1 organismo, muestreo A34 (recol. FM-GD); 1 organismo, muestreo A39 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A51, debajo de coral (recol. QH).

Ophiocomella ophiactoides (H. L. Clark, 1901)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 118 y 119; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 124.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Isla Contoy, Bahía de la Ascensión y Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

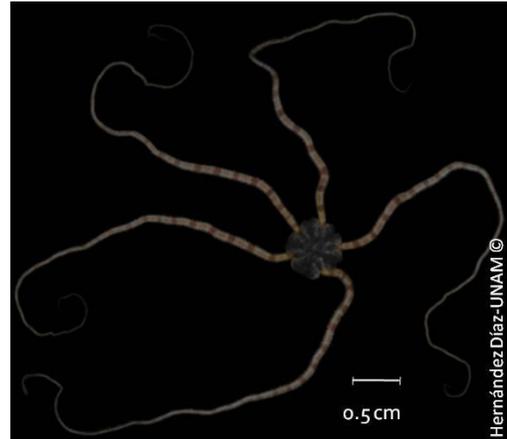


Material examinado: 136 organismos: 15 organismos, muestreo M2, en cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo M5 (recol. QH); 1 organismo, muestreo M9 (recol. QH); 4 organismos, muestreo S1, entre cúmulo de algas (recol. QH); 48 organismos, muestreo S2, entre cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S3, entre algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, entre algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo A4 entre los agujeros de una roca (recol. QH); 4 organismos, muestreo A5 entre pasto marino (recol. QH); 2 organismos, muestreo A11, en esponja *Aiolochoxia crassa* (recol. NS); 2 organismos, muestreo A14 (recol. NS); 10 organismos, muestreo A29, entre esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 5 organismos, muestreo A32, entre algas y rocas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A33 (recol. FM); 2 organismos, muestreo A34 (recol. FM); 2 organismos, muestreo A35 (recol. FM); 1 organismo, muestreo A48, entre algas y rocas (recol. QH); 33 organismos, muestreo A53, debajo de roca y entre cúmulo de algas (recol. QH).

Ophiopsila hartmeyeri Koehler, 1913

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, pág. 20; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 130.

Distribución en México. Cerca de Puerto Morelos y Cozumel, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 3 organismos: 1 organismo, muestreo A1 dentro de esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A19, debajo de pedacera en arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A22 (recol. QH).

Ophiopsila riisei Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 121 y 122; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 126.

Distribución en México. Campeche; Puerto Morelos, Isla Contoy, Cozumel, Quintana Roo (Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 14 organismos: 1 organismo, muestreo S1 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A19, debajo de pedacera en arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A29, entre esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 1 organismo, muestreo A32, entre roca y arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A50, entre arena y algas (recol. JO); 9 organismos, muestreo A53, debajo de roca (recol. QH).

Ophiopsila vittata H. L. Clark, 1918

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, pág. 123; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 128.

Distribución en México. Cayo Arenas, Campeche; Frente a Progreso, Yucatán; Cabo Catoche, Puerto Morelos y Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 5 organismos: 1 organismo, muestreo A1, en la base de una esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A8 (recol. QH); 3 organismos, muestreo A19, en esponja *Aprysina lacunosa* (recol. JD).

Ophioderma appressum (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 129 y 130; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 142.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Cayo Arenas, Campeche; Río Lagartos, Yucatán; Cabo Catoche, Puerto Morelos, Cozumel y Bahía de la Ascensión, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

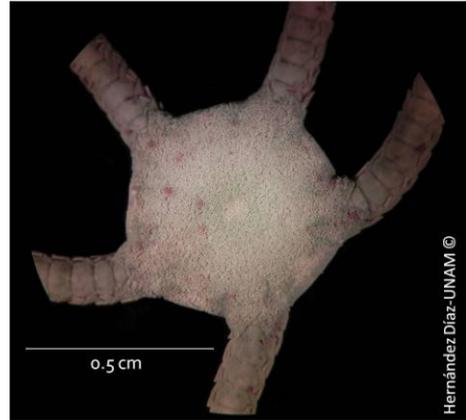


Material examinado: 23 organismos: 2 organismos, muestreo A3 debajo de roca en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A20, debajo de roca (recol. JO); 1 organismo, muestreo A29, entre esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 1 organismo, muestreo A32, debajo de roca en arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A33, debajo roca (recol. NS); 3 organismos, muestreo A34, debajo de roca en arena (recol. FM); 4 organismos, muestreo A35 (recol. FM); 8 organismos, muestreo A49, dentro de roca (recol. NS); 2 organismos, muestreo A53, debajo de roca (recol. QH).

Ophioderma brevicaudum Lütken, 1856

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 131 y 132; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 146.

Distribución en México. Veracruz; Dzilam de Bravo, Yucatán; Puerto Morelos, Cancún, Cozumel, Bahía de la Ascensión, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 3 organismos: 1 organismo, muestreo M4 (recol. QH); 1 organismo, muestreo M6 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A40 (recol. NS).

Ophioderma brevispinum (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 133 y 134; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 144.

Distribución en México. Tamaulipas; Cayo arenas, Campeche; Banco Campeche, Yucatán; Cabo Catoche, Isla de la Ascensión, Isla Mujeres, Majahual y Puerto Morelos, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

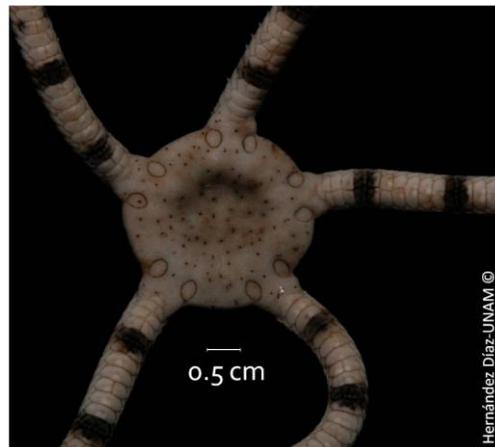


Material examinado: 21 organismos: 1 organismo, muestreo B1, sobre roca-arena (recol. QH); 4 organismos, muestreo B5, en base de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo B6, entre alga globosa (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, cúmulo de algas (recol. CD); 2 organismos, muestreo A2, en concha enterrada en arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A19, trampas en pasto marino (recol. CD); 1 organismo, muestreo A32, debajo de roca entre arena y pedacera (recol. QH); 4 organismos, muestreo A32, debajo de roca en arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A38, arrastre/trampas langostas; 2 organismos, muestreo A48 (recol. QH); 3 organismos, muestreo A49 (recolectó JO).

Ophioderma cinereum Müller & Troschel, 1842

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.* 1995, págs. 134 – 136; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009, pág. 148.

Distribución en México. Tamihau y Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Laguna de Términos y Cayo Arenas, Campeche; Río Lagartos, Yucatán; Cabo Catoche, Puerto Morelos, Cozumel, Bahía de la Ascensión e Isla Contoy, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figuera, 2001; Laguarda-Figuera *et al.*, 2004; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



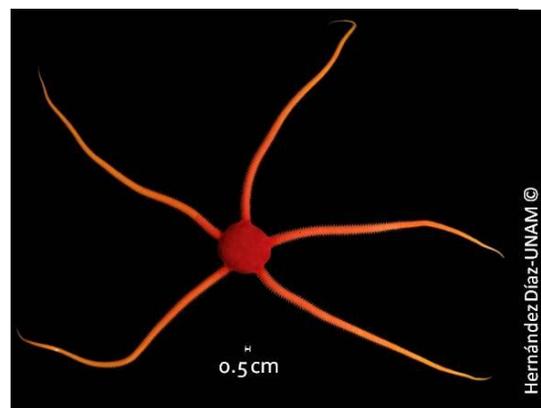
Material examinado: 8 organismos: 1 organismo, muestreo A1 enterrado en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A3 debajo de roca, enterrado en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 3 organismos, muestreo A32, debajo de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A38, arrastre/trampas langostas; 1 organismo, muestreo A49, dentro de roca (recol. NS).

Ophioderma ensiferum Hendler & Miller, 1984.

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler & Miller, 1984, págs. 455 – 459.

Distribución en México. Primer registro de esta especie para aguas nacionales.

Material examinado: 1 organismo: muestreo A21, debajo de coral (recol. AM).

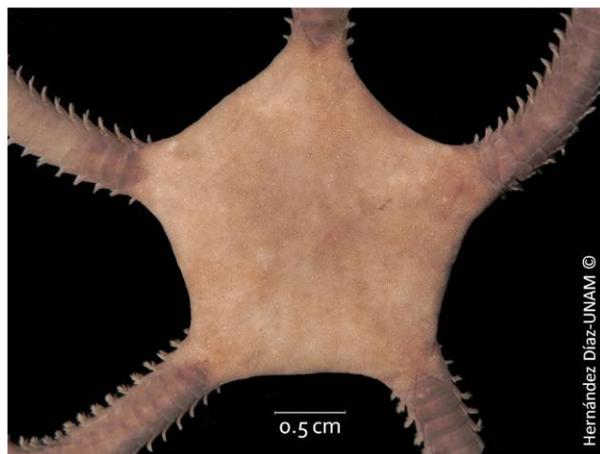


Ophioderma phoenium H. L. Clark, 1918

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.* 1995, págs. 138 y 139; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 152.

Distribución en México. Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A49, dentro de roca (recol. NS).



Ophioderma rubicundum Lütken, 1856

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.* 1995, págs. 139 y 140; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 154.

Distribución en México. Triángulos, Cayo Arenas, Campeche; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz" (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 7 organismos: 2 organismos, muestreo A34, debajo de rocas en arena (recol. FM-GD); 2 organismos, muestreo A40, debajo de pedacera (recol. QH); 3 organismos, muestreo A49, dentro de roca (recol. NS).



Ophionereis olivacea H. L. Clark, 1901

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 123 y 124; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 134.

Distribución en México. Puerto Morelos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 52 organismos: 5 organismos, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 3 organismos, muestreo A1 en esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A3, sobre esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A4, enterrado en la arena (recol. QH); 4 organismos, muestreo A7 (recol. QH); 10 organismos, muestreo A8 (recol. QH); 2 organismos, muestreo A11, sobre pasto marino (recol. JO); 1 organismo, muestreo A11, debajo de pedacera (recol. QH); 2 organismos, muestreo A11, en esponja *Aiolochoiria crassa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A19, debajo de pedacera en arena (recol. QH); 2 organismos, muestreo A27 (recol. QH); 5 organismos, muestreo A32, entre algas/roca/arena (recol. QH); 2 organismos, muestreo A33 (recol. FM); 3 organismos, muestreo A39 (recol. QH); 10 organismos, muestreo A46, muestra de sedimento (recol. CP).



Ophionereis reticulata (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 125 y 126; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 132.

Distribución en México. Frente a Tamiahua y Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Arrecife Alacranes, Yucatán; Frente a Cabo Catoche, Cozumel, Bahía de la Ascensión y Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 8 organismos: 1 organismo, muestreo A3, debajo de roca en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A4 enterrado en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A11, dentro de esponja *Aiolochoiria crassa* (recol. NS); 4 organismos, muestreo A32, entre roca y arena (recol. QH).



Ophionereis squamulosa Koehler, 1913

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995; pág. 127; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 136.

Distribución en México. Cabo Catoche, Cancún, Bahía de la Ascensión, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).

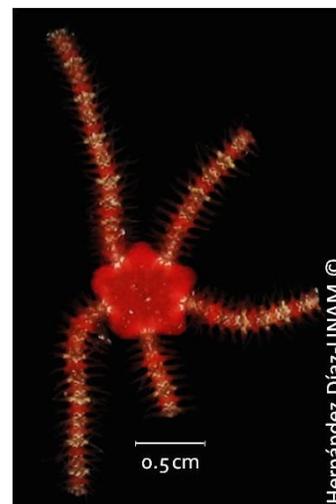
Material examinado: 10 organismos: 1 organismo, muestreo B8, sobre esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 4 organismos, muestreo S2, entre algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S3, dentro de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A30, dentro de hendidura de roca/coral (recol. RG); 1 organismo, muestreo A32, entre roca y arena (recol. QH).



Ophiothrix angulata (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 180 – 182; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 220.

Distribución en México. Frente a Tamiahua; Sistema Arrecifal Veracruzano, Coatzacoalcos, Veracruz; Tabasco; Laguna de Términos, Campeche; frente a Ría Lagartos, Yucatán; Puerto Morelos, Cozumel, Banco Chinchorro, Cabo Catoche, Bahía de la Ascensión, Quintana Roo; Banco de Campeche (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



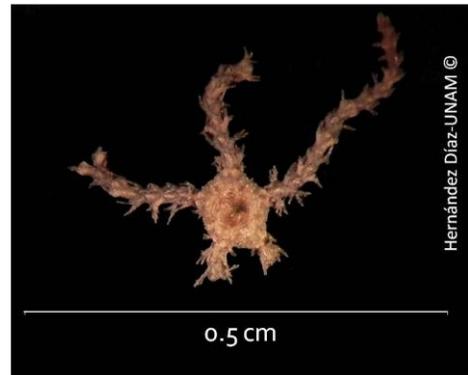
Material examinado: 112 organismos: 1 organismo, muestreo B1 (recol. QH); 1 organismo, muestreo B2 (recol. QH); 16 organismos, muestreo B5, sobre esponja (recol. QH); 3 organismos, muestreo B6, sobre esponja (recol. QH); 7 organismos, muestreo B8, sobre esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo M1, sobre esponja (recol. QH); 2 organismos, muestreo M2, sobre coral de fuego (recol. QH); 18 organismos, muestreo M4 (recol. QH); 2 organismos, muestreo M5 (recol. QH); 2 organismos, muestreo M8 (recol. QH); 2 organismos, muestreo M9 (recol. QH); 3 organismos, muestreo S1 (recol. QH); 23 organismos, muestreo S2, en cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo S3, en cúmulo de algas (recol. QH); 7 organismos, muestreos S5, en cúmulo de algas (recol. QH); 4

organismos, muestreo S5, en esponja (recol. QH); 2 organismos, muestreo A11, dentro de esponja *Aiolochoxia crassa* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A12, entre pedacera (recol. QH); 1 organismo, muestreo A12, entre pedacera (recol. NS); 1 organismo, muestreo A17, en esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A17, en esponja *Monanchora arbuscula* (recol. JG); 1 organismo, muestreo A22 (recol. JO); 1 organismo muestreo A32, en esponja (recol. JG); 1 organismo, muestreo A35 (recol. FM); 4 organismos, muestreo A42, arrastre/trampas langostas; 1 organismo, muestreo A46, muestra de sedimento (recol. CP).

Ophiothrix brachyactis H. L. Clark, 1915

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 182 y 183; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 222.

Distribución en México. Puerto Morelos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Felder & Camp, 2009).

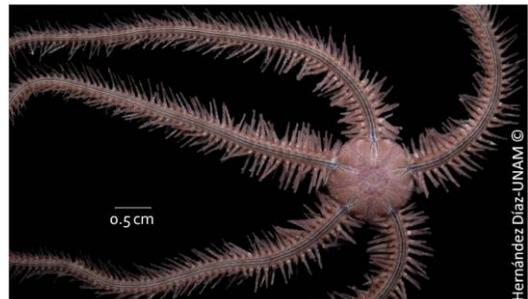


Material examinado: 2 organismos: muestreo M5 (recol. QH).

Ophiothrix lineata Lyman, 1860

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 183 – 185; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 224.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Tabasco; Campeche; Puerto Morelos, Cabo Catoche, Astillero Rodman, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

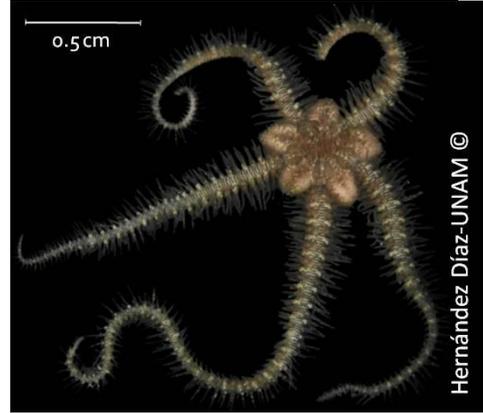


Material examinado: 17 organismos: 13 organismos, muestreo A3 dentro de esponjas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A24 (recol. RG); 1 organismo, muestreo A40, dentro de esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A43 (recol. NS).

Ophiothrix oerstedii Lütken, 1856

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 185 – 187; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 226.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Ría Lagartos, Yucatán; Isla Mujeres, Puerto Morelos, Bahía de la Ascensión, Banco Chinchorro, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

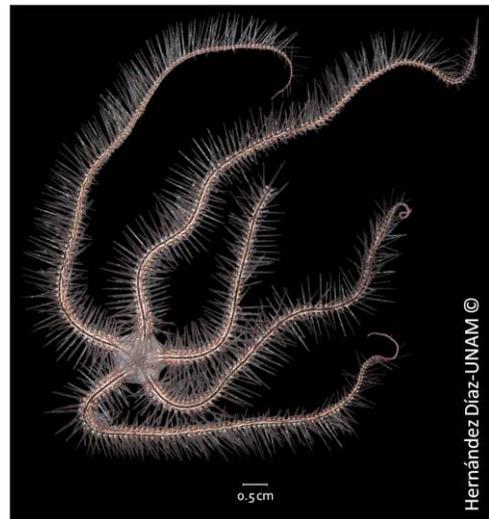


Material examinado: 59 organismos: 3 organismos, muestreo A1 en la base de esponja (recol. QH); 3 organismos, muestreo A3 en esponja (recol. QH); 2 organismos, muestreo A4 debajo de una roca, enterrados en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 2 organismos, muestreo A8 (recol. QH); 2 organismos, muestreo A14 (recol. EL); 3 organismos, muestreo A16, dentro de esponja (recol. NS); 2 organismos, muestreo A16; 1 organismo, muestreo A17, en esponja *Igernella notabilis* (recol. JG); 1 organismo, muestreo A28 (recol. NS); 4 organismos, muestreo A29, entre esponjas/algas/zacatal (recol. NS); 2 organismos, muestreo A32, entre pedaceraía (recol. QH); 2 organismos, muestreo A34, entre rocas (recol. FM-GD); 2 organismos, muestreo A49, dentro de roca (recol. NS); 1 organismo, muestreo A50, arenal con algas (recol. JO); 28 organismos, muestreo A53, debajo de roca y arena (recol. QH).

Ophiothrix suensonii Lütken, 1856

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 187 – 188; y Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 230.

Distribución en México. Veracruz; Tabasco; Laguna de Términos, Campeche; frente a Ría Lagartos; Cayo Arenas, Yucatán; Cozumel, Puerto Morelos, Isla Contoy, Quintana Roo; Banco de Campeche; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

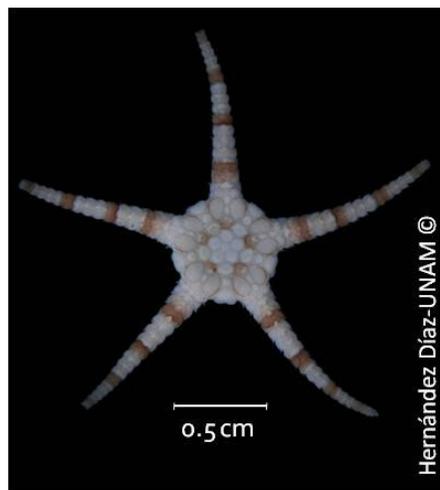


Material examinado: 7 organismos: 1 organismo, muestreo A8, dentro de esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A11, en esponja *Aiolochoira crassa* (recol. NS); 3 organismos, muestreo A12, entre coral y esponja (recol. QH); 1 organismo, muestreo A17, en esponja (recol. JO); 1 organismo, muestreo A49, dentro de roca (recol. NS).

Ophiolepis elegans Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 105 y 106; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 84.

Distribución en México. Tamaulipas; Campeche; Yucatán; Quintana Roo; Banco de Campeche; Golfo México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz" (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 1 organismo: muestreo A47, arrastre/trampas langosteras.

Ophiolepis impressa Lütken, 1859

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 107 y 108; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 88.

Distribución en México. Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz; Campeche; cerca de Puerto Progreso, Arrecife Alacranes, Yucatán; Puerto Morelos, Cozumel, Cabo Catoche, Quintana Roo; Banco de Campeche; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso Muñoz" (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 18 organismos: 1 organismo, muestreo SP2, entre cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A3, sobre arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A4, enterrado en la arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A12, bajo arena (recol. JO); 2 organismos, muestreo A32, debajo de roca/arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A39 (recol. QH); 11 organismos, muestreo A53, debajo de roca (recol. QH).

Ophiolepis paucispina (Say, 1825)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 109 y 110; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009, pág. 86.

Distribución en México. Veracruz, Yucatán, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 6 organismos: 1 organismo, muestreo A7 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A12, en arena debajo de roca (recol. QH); 2 organismos, muestreo A22 (recol. QH); 1 organismo, muestreo A32, debajo de roca/arena (recol. QH); 1 organismo, muestreo A48 (recol. QH).

7.2.3 Clase Echinoidea

Eucidaris tribuloides tribuloides (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1928 (I), págs. 400 – 408; Hendler *et al.*, 1995, págs. 206 – 208; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a, págs. 81 y 82.

Distribución en México. Tamaulipas; Veracruz; Yucatán; Quintana Roo; Banco de Campeche; Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).



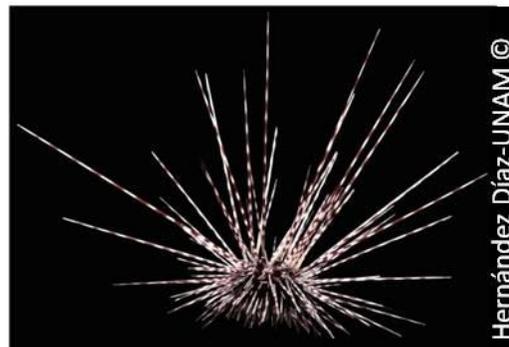
Material examinado: 6 organismos: 1 organismo, muestreo M1, en grieta de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo S4, en grieta de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A3, debajo de roca, rocoso-arenoso (recol. QH); 1 organismo, muestreo A24, debajo de roca (recol. QH); 2 organismos, muestreo A34 (recol. NS).

Diadema antillarum antillarum (Philippi, 1845)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1940, III 1: págs. 269 – 275; Hendler *et al.*, 1995, págs. 210 – 213.

Distribución en México. Veracruz; Tabasco; Yucatán; Quintana Roo; Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 3 organismos: 1 organismo, muestreo A17, en grieta (recol. QH); 1 organismo, muestreo A18, entre roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A37 (recol. NS).



Arbacia punctulata (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1935, II: págs. 573 – 575; Hendler *et al.*, 1995, págs. 214 y 215; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a, págs. 89 y 90.

Distribución en México. Escolleras, Tamaulipas; Golfo de México, Tuxpan, Isla Santiaguillo, Veracruz; Tabasco; Laguna de Términos, Isla del Carmen, cerca a Cayo Arenas, Campeche; Yucatán; Isla Contoy, Quintana Roo; Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 14 organismos: 1 organismo, muestreo B1, pegado a roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo B2 (recol. QH); 2 organismos, muestreo B5 (recol. QH); 2 organismos, muestreo B10 (recol. QH); 1 organismo, muestreo M4 (recol. QH); 2 organismos M6 (recol. QH); 1 organismo M8 (recol. QH); 3 organismos, muestreo S1, pegados a roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A47, arrastre/trampas langostas.

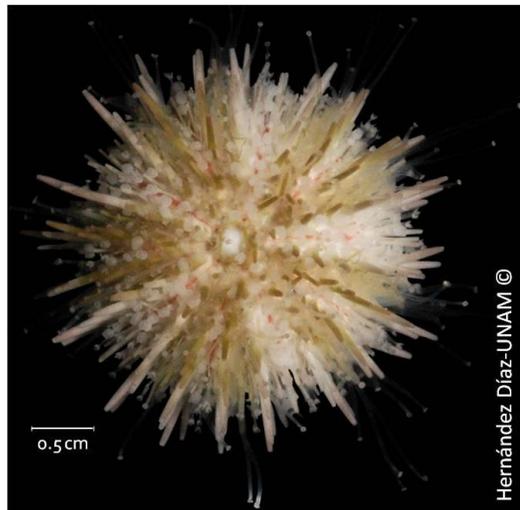


Lytechinus euerces H. L. Clark, 1912

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1943, III 2: págs. 460 – 462.

Distribución en México. Yucatán; Quintana Roo (Solís-Marín *et al.*, 1993; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos: 1 organismo, muestreo A18, debajo de pedacera arena/fango (recol. QH); 1 organismo, muestreo A20 (recol. NS).

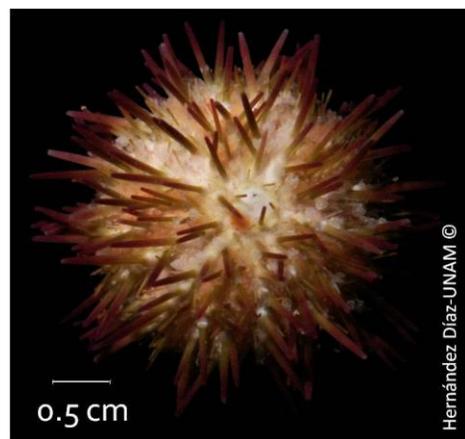


Lytechinus variegates variegatus (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1943, III 2: págs. 437 – 446; Hendler *et al.*, 1995, págs. 216 – 218.

Distribución en México. Tamaulipas; Veracruz; Tabasco; Campeche; Yucatán; Quintana Roo; Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

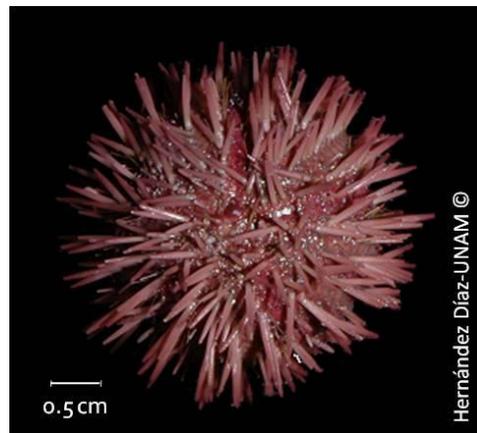
Material examinado: 2 organismos: muestreo A34 (recol. FM).



Lytechinus variegatus carolinus A. Agassiz, 1863

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1943, III 2: pág. 444; Hendler *et al.*, 1995, págs. 216 – 218; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a, págs. 90 – 91.

Distribución en México. Laguna Madre, Tamaulipas; Isla Verde, Isla de En medio, Isla Sacrificios, Veracruz; Laguna de Términos, Isla del Carmen, Playa Bonita, Sonda de Campeche, Lerma, Campeche; Dzilam de Bravo, Yucatán; Cancún, Cabo Catoche, Quintana Roo; Golfo de México (Valle García *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

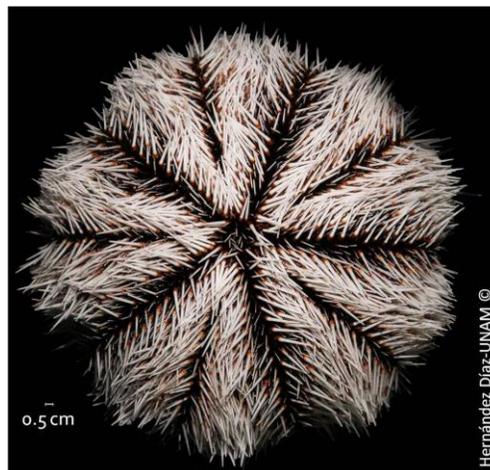


Material examinado: *organismos: 5 organismos: 3 organismos, muestreo B2, sobre arena, cubiertos de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo B6, sobre arena, cubierto de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo B10, sobre arena, cubierto de algas (recol. QH).

Tripneustes ventricosus (Lamarck, 1816)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1943, III 2: págs. 490 – 498; Hendler *et al.*, 1995, págs. 220 y 221.

Distribución en México. Veracruz; Quintana Roo (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).



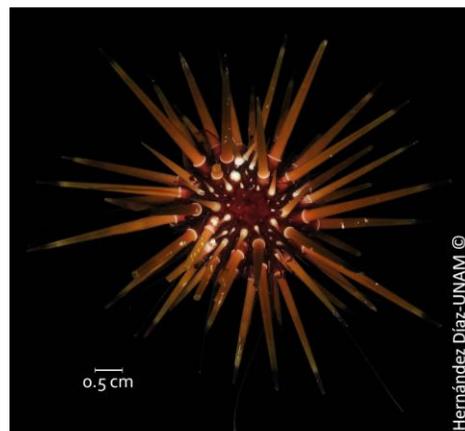
Material examinado: 1 organismo: muestreo A25, sobre pastos marinos (recol. FM).

Echinometra viridis A. Agassiz, 1863

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1943, III 3: págs. 368 – 373; Hendler *et al.*, 1995, págs. 225 y 226.

Distribución en México. Isla Lobos, Isla Verde, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Isla Sacrificio, Playa Escondida, Veracruz; Yucatán; Cozumel, Puerto Morelos, Isla Contoy, Quintana Roo; Golfo de México (Solís-Marín *et al.*, 1993; Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 5 organismos: 1 organismo, muestreo M6, entre grieta de roca (no recolectado); 1 organismo, muestreo A12, dentro de caracol *Strombus* (recol. NS); 1 organismo, muestreo A12, dentro de caracol *Strombus* (recol. JO); 1 organismo, muestreo A32, debajo de roca (recol. QH); 1 organismo, muestreo A43 (recol. QH).



Clypeaster chescheri Serafy, 1970

Diagnosis y sinonimia. Serafy, 1970, págs. 662 – 677.

Distribución en México. Yucatán; Quintana Roo (Solís-Marín *et al.*, 1993; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos: muestreo A42, arrastre/trampas langosteras.

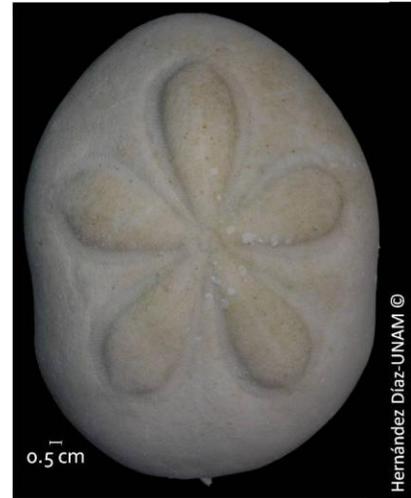


Clypeaster rosaceus (Linnaeus, 1758)

Diagnosis y sinonimia. Ver Mortensen, 1948, IV 2: págs. 40 – 44; Hendler *et al.*, 1995, págs. 229 y 230.

Distribución en México. Yucatán; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Pacheco-Vázquez, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A41, sobre arena (recol. QH).



7.2.4 Clase Holothuroidea

Euthyonidiella trita (Sluiter, 1910)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 267 – 269; Pawson y Pawson, 2008, pág. 21.

Distribución en México. Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A12 (recol. NS).



***Thyone* sp.**

Material examinado: 1 organismo: muestreo S2, entre cúmulo de algas (recol. QH).



Actinopyga agassizii (Selenka, 1867)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 282 – 284; Pawson y Pawson, 2008, pág. 29.

Distribución en México. Veracruz; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Colection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo: muestreo A33; recol. JD).

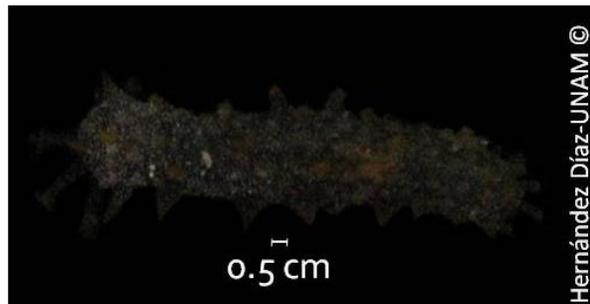


Holothuria (Cystipus) cubana Ludwig, 1875

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 284 y 285.

Distribución en México. Veracruz; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; registros de la Colection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: *organismos: 4 organismos: 2 organismos, muestreo A52, sobre rocas y algas (recol. JO); 2 organismos, muestreo A53, sobre pasto marino (recol. QH).



Holothuria (Halodeima) floridana Pourtalès, 1851

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 285 y 286.

Distribución en México. Campeche; Yucatán; Quintana Roo (Caso, 1955; Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 1 organismo, muestreo A14 (recol. EL); 3 organismos: 1 organismo, muestreo A23 (recol. NS); 1 organismo, muestreo A52, sobre rocas y algas (recol. JO).



Holothuria (Halodeima) mexicana Ludwig, 1875

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 288 y 290.

Distribución en México. Arrecife Alacranes, Yucatán; Isla Contoy, Cozumel, Quintana Roo (Caso, 1955; Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos: 1 organismo, muestreo A7, sobre arena y algas (no recolectado); 1 organismo, muestreo A32, sustrato fangoso/arenoso (recol. QH).



Holothuria (Thymiosycia) thomasi (Pawson & Caycedo, 1980)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 300 y 301.

Distribución en México. Yucatán; Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Felder & Camp, 2009).

Material examinado: 2 organismos: muestreo A23 (recol. NS).

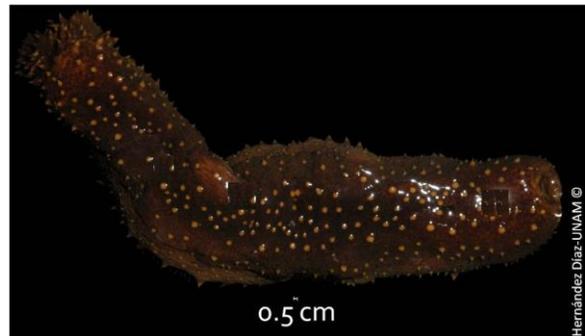


Isostichopus badionotus (Selenka, 1867)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 280 – 282; Pawson y Pawson, 2008, pág. 28.

Distribución en México. Isla Lobos, Isla de En medio, Veracruz; Tabasco; Campeche; Yucatán; Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).

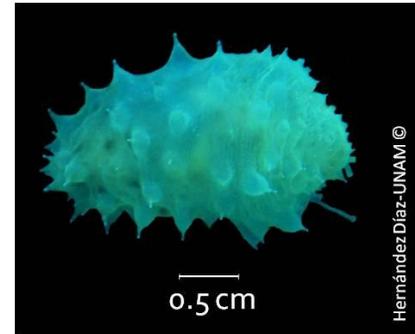
Material examinado: 3 organismos: 1 organismo, muestreo B2, sobre roca-arena y debajo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A14 (recol. EL); 1 organismo, muestreo A21, sobre arena (recol. QH).



Isostichopus macroparatheses (H. L. Clark, 1922)

Diagnosis y sinonimia. H. L. Clark, 1922.

Distribución en México. Arrecife Ingenieros, Veracruz; Puerto Morelos, Quintana Roo (Solís-Marín *et al.*, 1998; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b).



Material examinado: 1 organismo: muestreo B11, sobre roca-arena y debajo de algas (recol. QH).

Chiridota rotifera (Pourtalès, 1851)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 313 y 314.

Distribución en México. Isla de Enmedio, Veracruz; Campeche; Isla Mujeres, Cozumel, Puerto Morelos, Quintana Roo (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Valle García *et al.*, 2005; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 6 organismos: 3 organismos, muestreo S2, entre cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A26, entre *T. testudinum* y pedacera (recol. CP); 2 organismos, muestreo A53, entre cúmulo de algas (recol. QH).

Synaptula hydriformis (Lesueur, 1824)

Diagnosis y sinonimia. Ver Hendler *et al.*, 1995, págs. 311 – 313.

Distribución en México. Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Veracruz; Campeche; Isla Mujeres, Puerto Morelos, Quintana Roo; Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín *et al.*, 1998; Laguarda-Figueras, 2001; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001; registros de la Colección de Invertebrados no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML, UNAM); Durán-González *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005b; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Valle García *et al.*, 2005; Garcés-Solchaga, 2008; Felder & Camp, 2009).



Material examinado: 113 organismos: 95 organismos, muestreo S2, entre cúmulo de algas (recol. QH); 8 organismos, muestreo S3, entre cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo S4, entre cúmulo de algas (recol. QH); 2 organismos, muestreo A2, entre cúmulo de algas (recol. QH); 1 organismo, muestreo A32, entre rocas y algas (recol. JO); 5 organismos, muestreo A53, entre cúmulo de algas (recol. QH).

Recolectores:

Abreviación	Nombre
AM	Axcán Moreno
CD	Cintha Delgado
CP	Carlos Paz
EL	Elia Lemus
FM	Fernando Mex
GD	Gener Dzib
JD	Julio Duarte
JG	Jalil Gutiérrez
JO	Jazmín Ortigosa
NS	Nuno Simões
PG	Patricia Gómez
QH	Quetzalli Hernández
RG	Ricardo González

7.3 Análisis Biogeográfico

A partir de una matriz de 70 taxa de equinodermos repartidos en 4 áreas arrecifales de la costa Atlántica Mexicana del estado de Yucatán, se obtuvo un cladograma de áreas. El análisis de parsimonia de endemismos produjo como resultado un solo cladograma con una longitud de 81 pasos, con un índice de consistencia (CI) de 0.86 y un índice de retención (RI) de 0.56 (Figura 21).

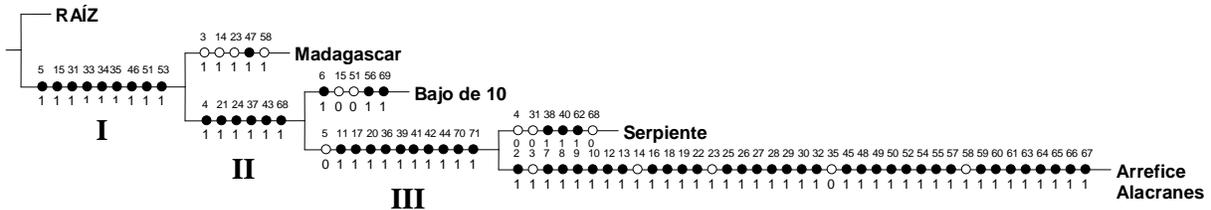


Figura 21. Cladograma de áreas resultante del PAE, obtenido con el programa NonaWinclada, mostrando las relaciones de los arrecifes analizados del estado de Yucatán. Los círculos blancos indican sinapomorfías (Apéndice 2). Los círculos negros indican autapomorfías (Tabla 3).

En el cladograma, se reconocen tres grupos de áreas basados en la presencia de especies compartidas (Figura 22). El grupo I, se encuentra definido por 9 especies y abarca todos los arrecifes estudiados (Tabla 5). El grupo II, está definido por la presencia de 6 especies e incluye los Arrecifes Bajo de 10, Serpiente y Arrecife Alacranes, con excepción del Arrecife Madagascar. El grupo III, está sustentado por 10 especies e incluye únicamente los Arrecifes Serpiente y Alacranes.

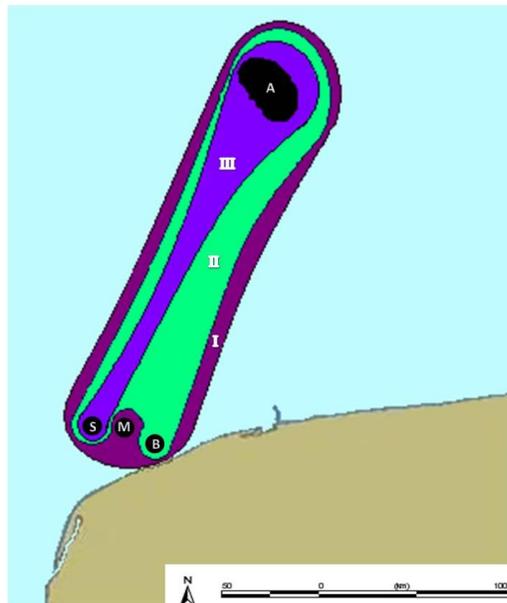


Figura 22. Mapa que muestra los grupos de áreas resultantes del PAE. (B) Arrecife Bajo de 10; (M) Arrecife Madagascar; (S) Arrecife Serpiente; (A) Arrecife Alacranes; (I) Grupo I; (II) Grupo II; (III) Grupo III.

Tabla 5. Especies de equinodermos que unen los grupos del cladograma.

Grupo	Arrecife	Especies
I	Madagascar, Bajo de 10, Serpiente y Arrecife Alacranes (9)	<i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> , <i>Ophiocomella ophiactoides</i> , <i>Ophiactis quinquerradia</i> , <i>Ophiactis savignyi</i> , <i>Ophiactis algicola</i> , <i>Ophiactis muelleri</i> , <i>Ophiothrix angulata</i> , <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> y <i>Arbacia punctulata</i> .
II	Bajo de 10, Serpiente y Arrecife Alacranes (6)	<i>Oreaster reticulatus</i> , <i>Ophionereis squamulosa</i> , <i>Ophioderma brevispinum</i> , <i>Amphiodia trychna</i> , <i>Ophiostigma isocanthum</i> e <i>Isostichopus badionotus</i> .
III	Serpiente y Arrecife Alacranes (10)	<i>Ophiolepis impressa</i> , <i>Ophiopsila riisei</i> , <i>Ophionereis olivacea</i> , <i>Amphiodia pulchella</i> , <i>Amphipholis squamata</i> , <i>Amphiura palmeri</i> , <i>Amphiura stimpsoni</i> , <i>Ophiostigma siva</i> , <i>Synaptula hydriformis</i> y <i>Chiridota rotifera</i> .

7.4 Revisión bibliográfica

Se revisaron 30 publicaciones que registraron equinodermos para la costa del Atlántica Mexicana. Con un total de 345 especies reportadas, de las cuales 16 especies corresponden a crinoideos, 86 de asteroideos, 118 de ofiuroides, 72 de equinoideos y 53 de holoturoideos (Tabla 6).

Tabla 6. Especies de equinodermos registradas en la costa Atlántica Mexicana

Colecciones referenciadas: (1) Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, ICML, UNAM. (2) Colección de Referencia de Bentos Costero de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). (3) Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. (4) Centro de Colecciones del Instituto de Oceanología (IDO), Museo “Felipe Poey”. Universidad de La Habana, Cuba. (5) Museo de Historia Natural Marina de Colombia del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”, INVEMAR.

Citas: los números corresponden al listado de publicaciones que se presentan en la Tabla 7.

Distribución: (GM) Golfo de México; (TM) Tamaulipas; (VZ) Veracruz; (TB) Tabasco; (CM) Campeche; (YC) Yucatán; (QR) Quintana Roo; (MC) Mar Caribe; (NE) Noreste del Golfo de México; (NO) Noroeste del Golfo de México; (SO) Suroeste del Golfo de México; (SE) Sureste del Golfo de México; (CC) Caribe Colombiano.

Clase	Familia	Especie	AUTORIDAD	Colección	CITAS	Distribución	Reporte actual	
Crinoidea Miller, 1821	Antedonidae	<i>Coccometra hagenii</i>	(Pourtalès, 1867)	3	8, 27	BC, Canal de Yucatán, SE		
		<i>Coccometra nigrolineata</i>	A. H. Clark, 1908	3	5, 6, 9, 27	QR, SE		
		<i>Trichometra cubensis</i>	(Portualès, 1869)	1, 3	5, 6, 7, 27	CM, YC, QR, SE		
	Comasteridae	<i>Comactinia echinoptera</i>	(J. Müller, 1841)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 27	YC, QR, NO, SO		
		<i>Comactinia meridionalis hartlaubi</i>	Messing, 1978	1, 3, 5	7, 24, 27	CM, CC, SE		
		<i>Comactinia meridionalis meridionalis</i>	(L. Agassiz, 1865)	1, 3, 5	5, 6, 7, 8, 9, 24, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, BC, GM, CC, SO, SE		
		<i>Comatonia cristata</i>	(Hartlaub, 1912)	3	5, 6, 7	YC, QR		
		<i>Nemaster discoidea</i>	(Carpenter, 1888)	3	1, 5, 6, 7, 8	YC, QR, GM		
		<i>Nemaster rubiginosa</i>	(Pourtalès, 1869)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 28	VZ, YC, QR, GM		
		<i>Neocomatella pulchella</i>	(Pourtalès, 1878)	3	5, 6, 7, 8, 9, 27	YC, QR, BC, SO, SE		
		<i>Leptonemaster venustus</i>	A. H. Clark, 1909	3	8	GM		
		<i>Crinometra brevipinna brevipinna</i>	(Pourtalès, 1867)	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	TB, YC, QR, BC, SE		
		Colobometridae	<i>Atelecrinus balanoides</i>	Carpenter, 1881	1, 3	5, 6, 27	QR, SE	
		Charitometridae	<i>Endoxocrinus parrae</i>	(Gervais, 1835)	3	5, 6, 7, 9, 27	YC, QR, SE	
Atelecrinidae	<i>Isocrinus blakei</i>	(Carpenter, 1884)	1, 3	5, 6, 7, 27	YC, QR, BC, SE			
Isocrinidae	<i>Neocrinus decorus</i>	(Thomson, 1864)	3	5, 6, 7, 27	YC, QR, SE			
Asteroidea Blainville, 1830	Astropectinidae	<i>Astropecten alligator</i>	Perrier, 1881	3, 5	5, 6, 7, 24, 27	VZ, YC, QR, CC, SE		

	<i>Astropecten americanus</i>	Verrill, 1880	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, TB, CM, GM, NE, NO	
	<i>Astropecten caribemexicanensis</i>	Caso, 1990	1	5, 6, 9, 19, 21	YC, QR	
	<i>Astropecten articulatus</i>	Say, 1825	1, 3	1, 5, 6, 7, 19, 27	TB, CM, GM, NE, SE	
	<i>Astropecten cingulatus</i>	Sladen, 1883	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, GM, NE, SO, NO	
	<i>Astropecten comptus</i>	Verrill, 1915	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, GM, NO, NE	
	<i>Astropecten duplicatus</i>	Gray, 1840	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 7, 9, 19, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM	
	<i>Astropecten nitidus</i>	Verrill, 1915	1, 3, 5	5, 6, 7, 9, 24, 27	TM, CM, YC, QR, CC, SO, NE, NO	X
	<i>Dytaster insignis</i>	Perrier, 1884	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, VZ, BC, GM, SO, NO, NE	
	<i>Persephonaster echinulatus</i>	H. L. Clark, 1941	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, GM, NO, NE, SO	
	<i>Persephonaster patagiatus</i>	(Sladen, 1889)	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, GM, NE	
	<i>Psilaster cassiope</i>	Sladen, 1889	3	5, 6, 7, 27	VZ, NO, SO	
	<i>Tethyaster grandis</i>	(Verrill, 1899)	1, 3, 5	5, 6, 7, 9, 19, 21, 24, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM, CC, NE, NO, SO	
	<i>Tethyaster vestitus vestitus</i>	(Say, 1825)	1, 3	5, 6, 7, 9, 11, 14, 19, 27	TB, CM, QR, BC, GM, NO	
Benthopectinidae	<i>Benthopecten simplex simplex</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 27	TM, QR, SO	
	<i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	(Perrier, 1875)	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 27	CM, QR, BC, SO, NE, SE	
	<i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	Verrill, 1915	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 27	VZ, CM, YC, QR, SE	
	<i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	A. M. Clark, 1981	1, 3	5, 6, 7, 9, 19, 27	CM, YC, QR, BC, SO, NE, NO	
	<i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, CM, YC, NO	
	<i>Cheiraster (Christopheraster) ludwigi</i>	Fisher, 1913	1, 3	7	VZ	
Goniopectinidae	<i>Goniopecten demonstrans</i>	Perrier, 1881	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, VZ, YC, QR, SO, NO	
	<i>Prionaster elegans</i>	Verrill, 1899	1, 3	5, 6, 9, 14, 19, 27	YC, BC, SE	
Luidiidae	<i>Luidia alternata alternata</i>	(Say, 1825)	1, 3	1, 7, 9, 11, 19, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, GM	
	<i>Luidia barbadensis</i>	Perrier, 1881	1, 3	7, 9, 19, 27	YC, NE, SE	
	<i>Luidia clathrata</i>	(Say, 1825)	1, 3, 5	1, 5, 7, 9, 17, 19, 21, 24, 27	TM, VZ, CM, YC, GM, CC, NE, NO	
	<i>Luidia heterozona barimae</i>	John & A. M. Clark, 1954	3	5, 6, 7, 27	VZ, SO	
	<i>Luidia (Luidia) sarsi elegans</i>	Perrier, 1875	3	5, 6, 7, 27	VZ, NE, SO, NO	

	<i>Luidia superba</i>	A. H. Clark, 1917	3	11	Caribe mexicano	
Porcellanasteridae	<i>Styracaster elongatus</i>	Koehler, 1907	3	19	Canal de Yucatán, QR	
	<i>Thoracaster cylindratus</i>	Sladen, 1883	1, 3	5, 6, 9, 19	QR	
Asterinidae	<i>Asterinides folium</i>	(Lütken, 1860)	1, 3	1, 3, 7, 9, 19, 27	VZ, YC, QR, SE	
	<i>Asterinides hartmeyerii</i>	Döderlein & Hartmeyer, 1910	1	3, 5, 9, 19	QR	
Asteropseidae	<i>Poraniella echinulata</i>	(Perrier, 1881)	3	1, 5, 6, 7, 19, 27	CM, SO, NE	
Goniasteridae	<i>Anthenoides piercei</i>	Perrier, 1881	1, 3, 5	5, 6, 7, 9, 14, 19, 24, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, BC, CC, SO, NE, NO	
	<i>Apollonaster yucatanensis</i>	Halpern, 1970	1, 3	5, 6, 7, 19, 27	VZ, YC, QR, SE	
	<i>Ceramaster grenadensis</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	7, 14, 19, 21, 27	TM, YC, NE	
	<i>Circeaster americanus</i>	(A. H. Clark, 1916)	3	5, 6, 9, 27	QR, NE	
	<i>Cladaster rudis</i>	Verrill, 1899	1, 3	7, 19, 27	YC, SE	
	<i>Floriaster maya</i>	Downey, 1980	3	9, 19, 27	QR, SE	
	<i>Goniaster tessellatus</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3	5, 6, 7, 9, 11, 14, 19, 27	VZ, YC, QR, GM, SO, NO, NE	
	<i>Litonotaster intermedius</i>	(Perrier, 1884)	3	5, 6, 7, 27	TM, BC, SO, NE, NO	
	<i>Mediaster bairdi</i>	(Verrill, 1882)	3	5, 6, 7, 27	CM, BC, SE	
	<i>Mediaster pedicellaris</i>	(Perrier, 1881)	3	5, 6, 7, 30	BC, GM, SE	
	<i>Nymphaster arenatus</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 7, 9, 14, 19, 21, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, BC, GM	
	<i>Paragonaster grandis</i>	H. L. Clark, 1941	1	5, 6, 9	YC	
	<i>Paragonaster subtilis</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, GM, NE	
	<i>Plinthaster dentatus</i>	(Perrier, 1884)	1, 3	5, 6, 7, 21, 27	TM, VZ, CM, YC, QR, GM, NE, NO, SO	
	<i>Pseudarchaster gracilis gracilis</i>	(Sladen, 1889)	1, 3	5, 6, 7, 9, 14, 19, 27	TM, VZ, CM, YC, QR, GM, SO, NO	
	<i>Tosia parva</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 9, 19, 27	QR, NO	
<i>Incertae sedis</i>	<i>Leilaster radians</i>	(Perrier, 1881)	3	5, 6, 7, 19, 27	YC, QR, SE	
Mithrodiidae	<i>Mithrodia clavigera</i>	(Lamarck, 1816)	3	5, 6, 9, 19, 27	QR	
	<i>Mithrodia fisheri</i>	Holly, 1932	3	11	Caribe mexicano	
Odontasteridae	<i>Odontaster hispidus</i>	Verrill, 1880	1, 3	5, 6, 7, 27	GM, NE, SE	
	<i>Odontaster robustus</i>	Verrill, 1899	1, 3	5, 6, 7, 27	TB, GM, NE	
	<i>Odontaster setosus</i>	Verrill, 1899	1, 3	5, 6, 7	CM, YC, QR, GM	
	<i>Linckia bouvieri</i>	Perrier, 1875	3	5, 6, 9, 27	QR, SE, NO	
	<i>Linckia guildingii</i>	Gray, 1840	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15, 19, 21, 27	VZ, YC, QR, GM, BC, NO	X
	<i>Linckia nodosa</i>	Perrier, 1875	1, 3	5, 6, 7, 9, 15, 19, 21,	VZ, YC, QR, BC, NO	

				27			
		<i>Narcissia gracilis gracilis</i>	A. H. Clark, 1916	3	5	GM	
		<i>Narcissia trigonaria</i>	Sladen, 1889	1, 3	5, 6, 7, 9, 15, 19, 27	YC, QR, NO, NE	
		<i>Tamaria floridae</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	7, 27	YC, NO	
		<i>Tamaria halperni</i>	Downey, 1971	1, 3	5, 6, 9, 19	QR	
	Oreasteridae	<i>Oreaster reticulatus</i>	(Linnaeus, 1758)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 19, 21, 27, 28	VZ, CM, YC, QR, BC, GM, NE, SE	X
	Poraniidae	<i>Maginaster pectinatus</i>	Perrier, 1881	3	5, 6, 7, 19, 21, 27	YC, QR, SE	
	Korethrasteridae	<i>Remaster palmatus</i>	Perrier, 1881	3	5, 6, 7, 27	YC, QR, BC, SE	
	Pterasteridae	<i>Pteraster caribbaeus</i>	Perrier, 1881	3	5, 6, 7, 27	YC, BC, SE	
		<i>Pteraster militaris</i>	(Müller, 1776)	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, GM, SO	
		<i>Pteraster personatus</i>	Sladen, 1891	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, VZ, GM, NO, SO	
		<i>Pteraster rugosus</i>	H. L. Clark, 1941	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, YC, BC, GM, SE	
	Echinasteridae	<i>Echinaster (Echinaster) modestus</i>	Perrier, 1881	3	7, 19, 27	CM, YC	
		<i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3	1, 4, 5, 27	QR, SE, NO	X
		<i>Echinaster (Othilia) paucispinus</i>	A. M. Clark, 1987	1, 3	5, 6, 7, 27	CM, YC, BC, NO, SE	
		<i>Echinaster (Othilia) sentus</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 7, 9, 21, 27	CM, YC, QR, SE, SO	X
		<i>Echinaster (Othilia) serpentarius</i>	Müller & Troschel, 1842	1, 3, 5	5, 6, 7, 9, 15, 17, 19, 21, 24, 27	VZ, CM, YC, QR, BC, GM, CC, SO, NO	
		<i>Echinaster (Othilia) spinulosus</i>	Verrill, 1869	1	7, 21, 27	YC, GM, SE, NE, NO	
		<i>Echinaster (Othilia) brasiliensis</i>	Müller & Troschel, 1842	1, 3	5, 6, 7, 21	CM, YC	
		<i>Henricia antillarum</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	5, 6, 7, 9, 15, 19, 27	YC, QR, NE, SE	
	Asteriidae	<i>Coscinasterias tenuispina</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, SE	
		<i>Coscinasterias linearis</i>	(Perrier, 1881)	1, 3	7	YC	
		<i>Leptasterias mexicana</i>	(Lütken, 1860)	1	20, 21	VZ	
	Labidiasteridae	<i>Coronaster briareus</i>	(Verrill, 1882)	1, 3	5, 6, 9, 19, 27	YC, QR, NE	
	Zoroasteridae	<i>Doraster constellatus</i>	Downey, 1970	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, CM, SO, NO	
		<i>Zoroaster fulgens</i>	Thomson, 1873	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, CM, QR, SO, NE	
	Brisingidae	<i>Brisinga costata</i>	Verrill, 1884	3	5, 6, 7, 27	TM, NE, SO	
		<i>Midgardia xandaros</i>	Downey, 1972	1, 3	7, 19, 27	VZ, NO, SE	
		<i>Novodinia antillensis</i>	(A. H. Clark, 1934)	3	5, 6, 7, 27	BC, GM, NE, SO	
Ophiuroidea Gray, 1840	Asteronychidae	<i>Asteronyx loveni</i>	Müller & Troschel, 1842	1, 3	5, 6, 9, 22, 26, 24	TB, CM, YC, QR	
	Asteroschematidae	<i>Asteroschema brachiatum</i>	Lyman, 1879	1	5, 24, 26	YC, QR, BC	
		<i>Asteroschema elongatum</i>	Koehler, 1914	1, 3	5, 6, 22, 24, 26, 27	CM, YC, SE	

	<i>Asteroschema intectum</i>	Lyman, 1878	1, 3	5, 6, 9, 24, 26, 27	QR, SE	
	<i>Asteroschema laeve</i>	(Lyman, 1875)	1, 3	24, 26, 27	CM, YC, cerca de Arrecife Alacranes, SO, SE	
Gorgonocephalidae	<i>Asteroporpa annulata</i>	Lütken, 1856	1, 3	1, 5, 6, 9, 24, 26, 27	QR, SO, NE, NO	
	<i>Astracme mucronata</i>	(Lyman, 1869)	1, 3	24, 26, 27	CM, YC, SO, NE	
	<i>Astrocaneum herrerae</i>	(A. H. Clark, 1918)	1, 3	7, 9, 10, 22, 26, 27	VZ, YC, SO	
	<i>Astrochele lymani</i>	Verrill, 1878	1, 3	5, 6, 26, 24	YC	
	<i>Astrocyclus caecilia</i>	(Lütken, 1856)	1, 3	5, 6, 7, 22, 24, 26, 27	YC, QR, BC, SO, NE, NO	
	<i>Astrogomphus vallatus</i>	Lyman, 1869	3	5, 6, 7, 22, 24, 26, 27	YC, QR, NE	
	<i>Astrophyton muricatum</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3, 5	1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 24, 26, 27	VZ, YC, QR, GM, SO, NO, SE	
Ophiomyxidae	<i>Ophioblenna antillensis*</i>	Lütken, 1859	3	1	Belice, MC, República Dominicana, Panamá, Puerto Rico cerca de Arrecife Alacranes, Yucatán, SE	X
	<i>Ophiobyrsa serpens</i>	Lyman, 1883	1, 3	24, 26, 27		
	<i>Ophiomyxa flaccida</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	CM, YC, QR, SE	X
	<i>Ophiomyxa tumida</i>	Lyman, 1883	1, 3	5, 6, 26, 27	QR, SE	
Amphiuridae	<i>Amphilimna olivacea</i>	(Lyman, 1869)	1, 3, 5	5, 6, 9, 24, 26	YC, QR, CC	
	<i>Amphiodia atra</i>	(Stimpson, 1852)	3, 5	24, 27	CC, NO	
	<i>Amphiodia guillermosoberoni</i>	Caso, 1979	1, 3	5, 6, 7, 10, 17, 22, 26, 27	CM, SO	
	<i>Amphiodia pulchella</i>	(Lyman, 1869)	1, 3	1, 5, 6, 7, 9, 22, 26, 27	TM, VZ, QR, GM	X
	<i>Amphiodia trychna</i>	H. L. Clark, 1918	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	TM, VZ, QR, GM, NE, SE, NO	X
	<i>Amphioplus (Amphioplus) abditus</i>	(Verrill, 1871)	1, 3	5, 22, 26, 27	TB, CM, GM, NE	
	<i>Amphioplus (Amphioplus) coniertodes</i>	H. L. Clark, 1918	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, GM, NE, SE	
	<i>Amphioplus (Amphioplus) sepultus</i>	Hendler, 1995	1, 3	1, 6, 7, 22, 26, 27	TM, VZ, GM, NE	X
	<i>Amphipholis gracillima</i>	(Stimpson, 1852)	1	1, 22, 26, 27	VZ, NE, NO, SE	
	<i>Amphipholis januarii</i>	Ljungman, 1867	1, 3	1, 5, 6, 7,	VZ, CM, YC, QR, NO,	

				10, 22, 26, 27	NE, SE	
	<i>Amphipholis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, QR, NE, NO	X
	<i>Amphiura fibulata</i>	Koehler, 1914	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 20, 22, 26, 27	YC, QR, BC, SE	X
	<i>Amphiura palmeri</i>	Lyman, 1882	1, 3	1, 5, 6, 9, 22, 26, 27	YC, QR, SE	X
	<i>Amphiura stimpsoni</i>	Lütken, 1859	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, NE, SE, NO	X
	<i>Ophiocnida scabriuscula</i>	(Lütken, 1859)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, QR, GM, SE, NO	
	<i>Ophiophragmus moorei</i>	Thomas, 1965	1, 3	5, 6, 7, 22, 26, 27	VZ, NO, NE	
	<i>Ophiophragmus pulcher</i>	H. L. Clark, 1918	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, QR, GM, SE	
	<i>Ophiophragmus riisei</i>	(Lütken, 1859)	1	1, 5, 6, 26, 27	QR, SE	
	<i>Ophiophragmus septus</i>	(Lütken, 1859)	1, 3	1, 5, 6, 7, 22, 26, 27	TM, NE	
	<i>Ophiophragmus wurdemanii</i>	(Lyman, 1860)	1	3, 5, 6, 7, 17, 22, 26, 27	CM, NE	
	<i>Ophiostigma isocanthum</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, SO, NO	X
	<i>Ophiostigma siva*</i>	Hendler, 1995	3	1, 27	SE, E.U., B�elice, Panam�a	X
Hemieuryalidae	<i>Sigsbeia conifera</i>	Koehler, 1914	1, 3	1, 5, 6, 26, 27	QR, SE	
Ophiacanthidae	<i>Ophiacantha rosea</i>	Lyman, 1878	1, 3	5, 6, 26	QR	
	<i>Ophiacantha sertata</i>	(Lyman, 1869)	1, 3	5, 6, 9, 26	QR	X
	<i>Ophiacanthella troscheli</i>	(Lyman, 1878)	3	5, 6, 9, 26, 27	QR, NE	X
	<i>Ophiomyces mirabilis</i>	Lyman, 1869	1, 3	5, 6, 7, 22, 26, 27	TM, YC, QR, GM, NE	
	<i>Ophiotholia supplicans</i>	Lyman, 1880	1	5, 6, 7, 22, 26, 27	TM, YC, GM, SE	
	<i>Ophiotoma coriacea</i>	Lyman, 1883	1	5, 6	YC	
	<i>Ophiotrema tertium</i>	Koehler, 1922	1, 3	5, 6	YC	
Ophiactidae	<i>Hemipholis elongata</i>	(Say, 1825)	1, 3	1, 5, 6, 7, 22, 26, 27	TM, GM, SE, NE, NO	
	<i>Ophiactis algicola</i>	H. L. Clark, 1933	1, 3, 6	1, 3, 9, 26, 27	QR, SE	X
	<i>Ophiactis muelleri*</i>	Lütken, 1856	3, 6	27	SE	X
	<i>Ophiactis quinqueradia</i>	Ljungman, 1871	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, GM, SE, NO	X

	<i>Ophiactis rubropoda</i>	Singletery, 1973	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 9, 20, 26	QR, GM, BC	X
	<i>Ophiactis savignyi</i>	(Müller & Troschel, 1842)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 17, 20, 22, 26, 27	VZ, TB, CM, YC, QR	X
Ophiochitonidae	<i>Ophiochiton ternispinus</i>	Lyman, 1883	1	5, 6, 7, 9, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, GM, NO, SO, NE	
Ophiocomidae	<i>Ophiocoma echinata</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, SE	X
	<i>Ophiocoma paucigranulata</i>	Devaney, 1974	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, SO, SE	
	<i>Ophiocoma pumila</i>	Lütken, 1859	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, SO, SE	X
	<i>Ophiocoma wendtii</i>	Müller & Troschel, 1842	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, QR, NO, SE	X
	<i>Ophiocomella ophiactoides</i>	(H. L. Clark, 1901)	1, 3	1, 5, 6, 9, 22, 26, 27	VZ, QR, SE	X
	<i>Ophiopsila hartmeyerii</i>	Koehler, 1913	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 9, 20, 26, 27	QR, SE	X
	<i>Ophiopsila riisei</i>	Lütken, 1859	1, 2, 3	3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	CM, QR, SO, SE	X
	<i>Ophiopsila vittata</i>	H. L. Clark, 1918	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	CM, YC, QR, SE	X
Ophiodermatidae	<i>Bathypectinura heros</i>	(Lyman, 1879)	1, 3	5, 6, 9, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR	
	<i>Ophioderma appressum</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, GM, SO, NO	X
	<i>Ophioderma brevicaudum</i>	Lütken, 1856	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 9, 20, 26, 27	VZ, YC, QR, GM, NE, NO	X
	<i>Ophioderma brevispinum</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	TM, CM, YC, QR, BC, GM	X
	<i>Ophioderma cinereum</i>	Müller & Troschel, 1842	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 17, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, SE	X
	<i>Ophioderma ensiferum*</i>	Hendler & Miller, 1984	3	29	Belice	X
	<i>Ophioderma guttatum</i>	Lütken, 1859	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, QR, SO, SE	
	<i>Ophioderma januarii</i>	Lütken, 1856	3	5	QR	
	<i>Ophioderma phoenium</i>	H. L. Clark, 1918	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 9, 20, 26,	QR, NO, SE	X

				27		
	<i>Ophioderma rubicundum</i>	Lütken, 1856	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	CM, QR, NO, SO	X
Ophioleucidae	<i>Ophiernus adpersus adpersus</i>	Lyman, 1883	1, 3	5, 6, 7, 9, 22, 26	CM, QR, GM	
Ophionereididae	<i>Ophionereis olivacea</i>	H. L. Clark, 1901	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 20, 26, 27	QR, SO, SE	X
	<i>Ophionereis reticulata</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, NO, SO, SE	X
	<i>Ophionereis squamulosa</i>	Koehler, 1913	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 9, 20, 26, 27	QR, SE	X
	<i>Ophionereis vittata</i>	Hendler, 1995	1, 3	1, 5, 26, 27	CM, GM, SE	
Ophiothrichidae	<i>Ophiothrix aristulata</i>	Lyman, 1879	1, 3	5, 6, 22	CM, YC	
	<i>Ophiothrix angulata</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 17, 20, 22, 26, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, BC, SO, NO, NE	X
	<i>Ophiothrix brachyactis</i>	H. L. Clark, 1915	1, 2	1, 3, 4, 5, 9, 20, 26, 27	QR, SE, NE	X
	<i>Ophiothrix lineata</i>	Lyman, 1860	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, TB, CM, QR, GM, SE	X
	<i>Ophiothrix oerstedii</i>	Lütken, 1856	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, SE, NO	X
	<i>Ophiothrix platyactis</i>	H. L. Clark, 1939	1, 3	5, 6, 7, 22, 26, 27	CM, GM, SO	
	<i>Ophiothrix suensonii</i>	Lütken, 1856	1, 2	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 17, 20, 22, 26, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, BC, GM, NO, SO, SE	X
	<i>Ophiolepis ailsae</i>	Hendler & Turner, 1987	1, 3	26	QR	
Ophiuridae	<i>Ophiolepis elegans</i>	Lütken, 1859	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 17, 20, 22, 26, 27	TM, CM, YC, QR, BC, GM	X
	<i>Ophiolepis gemma</i>	Hendler & Turner, 1987	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 9, 20, 26, 27	QR, NE	
	<i>Ophiolepis impressa</i>	Lütken, 1859	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 20, 22, 26, 27	VZ, CM, YC, QR, BC, GM, SE, NO	X
	<i>Ophiolepis paucispina</i>	(Say, 1825)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20, 22, 26, 27	VZ, YC, QR, NO, SE	X
	<i>Ophiolepis kieri</i>	Hendler, 1979	1, 3	3	QR	

		<i>Ophiomusium acuferum</i>	Lyman, 1875	1, 3, 5	5, 6, 9, 22, 24, 26, 27	CM, YC, QR, CC, SE, NE	
		<i>Ophiomusium africanum</i>	Koehler, 1909	1	5, 6	QR	
		<i>Ophiomusium eburneum</i>	Lyman, 1869	1, 3, 5	5, 6, 7, 22, 24, 26, 27	VZ, TB, GM, CC, NE	
		<i>Ophiomusium lymani</i>	Wyville-Thomson, 1873	1, 3	5, 6, 9, 22, 26, 27	YC, QR, SE	
		<i>Ophiomusium luetkeni</i>	Lyman, 1878	1	5, 6, 22, 26	YC, GM	
		<i>Ophiomusium planum</i>	Lyman, 1878	1, 3	5, 6, 7, 22, 27, 26	TM, SE	
		<i>Ophiomusium serratum</i>	Lyman, 1878	1, 3	5, 6, 22, 26, 27	CM, YC (Cayo Arenas), SE	
		<i>Ophiomusium testudo</i>	Lyman, 1875	3	5, 6, 26, 27	QR, NE	
		<i>Ophiomusium validum</i>	Ljungman, 1872	3	5, 6, 27	QR, SE	
		<i>Ophiosphalma armigerum</i>	(Lyman, 1878)	1, 3	5, 6, 22, 26, 27	YC, QR	
		<i>Ophiosphalma planum</i>	(Lyman, 1878)	1	5, 6, 9	QR	
		<i>Ophiozonella granulifera</i>	H. L. Clark, 1941	1	5, 6, 7, 22, 26, 27	GM, SO	
		<i>Ophiozonella molesta</i>	Koehler, 1904	1, 3	5, 6	YC, QR, BC	
		<i>Ophiozonella nivea</i>	(Lyman, 1875)	1, 3	5, 6, 9, 26, 27	QR, SE	
		<i>Ophioplocus januarii</i>	Lütken, 1856	1, 3	5, 6, 9	QR	
		<i>Ophiura fallax</i>	Cherbonnier, 1959	1	5, 6, 7, 9, 22, 26, 27	VZ, TB, YC, QR, BC, GM, SE, SO	
		<i>Ophiura acervata</i>	(Lyman, 1869)	1, 3	5, 6, 26, 22	TM, GM	
		<i>Ophiura irrorata irrorata</i>	(Lyman, 1860)	1, 3	5, 6	YC, QR, BC	
		<i>Ophiura ljungmani</i>	(Lyman, 1878)	1, 3	5, 6, 22, 26, 27	YC, SE	
		<i>Ophiura sarsii</i>	Lütken, 1855	1	26	YC	
		<i>Ophiura scomba</i>	Paterson, 1985	1	5, 6, 26	YC	
		<i>Ophiolipus agassizii</i>	Lyman, 1878	1	5, 6, 7, 22, 26	YC, BC	
		<i>Amphiophiura scutata</i>	(Lyman, 1883)	3	5, 6, 9	QR	
		<i>Amphiophiura metabula</i>	H. L. Clark, 1915	1, 3	5, 6, 26	YC	
		<i>Amphiophiura oligopora</i>	(H. L. Clark, 1913)	1	9	QR	
		<i>Anthophiura ingolfi</i>	Fasmer, 1930	1, 3	5, 6, 9, 26	QR	
		<i>Astrophiura permira</i>	Sladen, 1879	3	5, 6, 9	QR	
		<i>Ophiomisidium pulchellum</i>	(Wyville- Thomson, 1878)	1, 3	5, 6, 7, 22, 26	YC, QR, BC	
		<i>Ophiocten hastatum</i>	Lyman, 1878	1, 3	6	VZ	
Echinoidea Leske, 1778	Cidaridae	<i>Calocidaris micans</i>	(Mortensen, 1903)	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	YC, QR, NE, SE	
		<i>Cidaris abyssicola</i>	(A. Agassiz, 1869)	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	VZ, TB, YC, QR, NE, SE	
		<i>Cidaris rugosa</i>	(H. L. Clark, 1907)	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	TB, CM, YC, QR, SE	
		<i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12,	TM, VZ, YC, QR, BC, GM	x

				21, 27, 30		
	<i>Histocidaris nuttingi</i>	Mortensen, 1926	3	5, 6, 7, 27	YC, QR, SE	
	<i>Histocidaris purpurata</i>	(Wyville-Thomson, 1872)	1, 3	5, 6	QR	
	<i>Histocidaris sharreri</i>	(A. Agassiz, 1880)	3	5, 6, 7, 27	YC, QR, SE	
	<i>Stereocidaris ingolfiana</i>	Mortensen, 1903	1, 3	5, 6, 7, 27	YC, QR, SE	
	<i>Stylocidaris affinis</i>	(Philippi, 1845)	1, 3, 5	5, 6, 8, 9, 25, 27	CM, QR, canal de Yucatán, CC, SE, NO	
	<i>Stylocidaris lineata</i>	Mortensen, 1910	1, 3, 5	5, 6, 7, 11, 25, 27	VZ, TB, YC, QR, BC, GM, CC, SE	
	<i>Tretocidaris bartletti</i>	(A. Agassiz, 1880)	3	5, 6, 27	QR, SE	
Echinothuriidae	<i>Araeosoma belli</i>	Mortensen, 1903	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	YC, QR, SE	
	<i>Araeosoma fenestratum</i>	(Wyville-Thomson, 1872)	3, 5	5, 6, 7, 24, 26, 25, 27	YC, QR, CC, SE	
	<i>Hygrosoma petersii</i>	(A. Agassiz, 1880)	1	5, 6, 7, 9, 27	YC, SE	
	<i>Calveriosoma hystrix</i>	(Wyville-Thomson, 1872)	1, 3	9	QR	
	<i>Phormosoma placenta placenta</i>	Wyville-Thomson, 1872	1, 3, 5	5, 6, 7, 11, 25, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, GM, CC, NE, NO, SO	
	<i>Phormosoma placenta sigsbei</i>	A. Agassiz, 1880	1, 3	7, 27	CM, NE, SE	
Aspidodiadematidae	<i>Aspidodiadema jacobyi</i>	A. Agassiz, 1880	1, 3, 5	5, 6, 7, 9, 25, 27	YC, QR, SO, SE	
	<i>Plesiodiadema antillarum</i>	(A. Agassiz, 1880)	1, 3	5, 6, 7, 21, 27	TM, VZ, TB, YC, GM, NE, NO, SO	
Diadematidae	<i>Astropyga magnifica</i>	A. H. Clark, 1934	1, 3, 4	1, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 21, 27	VZ, YC, QR, GM, SE	
	<i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i>	H. L. Clark, 1921	1	5, 6, 7, 9, 11, 27	VZ, CM, QR, GM, SE, NO	
	<i>Diadema antillarum antillarum</i>	(Philippi, 1845)	1, 2, 3	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27, 28, 30	VZ, TB, YC, QR, GM	X
Pedinidae	<i>Caenopedina cubensis</i>	A. Agassiz, 1869	3	5, 6, 7	YC, QR	
Arbaciidae	<i>Arbacia punctulata</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3, 4	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 21, 27, 30	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM, NO, NE, SE	X
	<i>Coelopleurus floridanus</i>	A. Agassiz, 1871	3, 5	5, 6, 7, 9, 21, 25, 27	YC, QR, BC, CC, SE	
	<i>Podocidaris sculpta</i>	A. Agassiz, 1869	1, 3, 4	5, 6, 8, 27	YC, QR, SE	
Temnopleuridae	<i>Genocidaris maculata</i>	A. Agassiz, 1869	1, 3	5, 6, 7, 9, 21, 27	YC, QR, SE, SO, NO	
	<i>Trigonocidaris albida</i>	A. Agassiz, 1869	1, 3, 5	5, 6, 25, 27	QR, CC, SO, SE	
Toxopneustidae	<i>Lytechinus callipeplus</i>	H. L. Clark, 1912	3	5, 6, 7	YC, QR	
	<i>Lytechinus euerces</i>	H. L. Clark, 1912	1, 3	5, 6, 7, 9, 21, 27	YC, QR, SE	X
	<i>Lytechinus variegatus variegatus</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM, SO, NE, NO	X

	<i>Lytechinus variegatus carolinus</i>	A. Agassiz, 1863	3, 4	2, 8, 11, 27	TM, VZ, CM, YC, QR, GM, SE	X
	<i>Lytechinus williamsi</i>	Chescher, 1968	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 27, 30	VZ, QR, Belice, SE, SO	
	<i>Tripneustes ventricosus</i>	(Lamarck, 1816)	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27	VZ, QR, Cuba, SE	X
	<i>Toxopneustes pileolus</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3	7	GM	
Echinidae	<i>Echinus esculentus</i>	Linnaeus, 1758	1, 3	5, 27	VZ	
	<i>Echinus gracilis</i>	A. Agassiz, 1869	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	YC, QR, BC, SE	
Echinometridae	<i>Echinometra lucunter lucunter</i>	(Linnaeus, 1758)	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 21, 27, 30	TM, VZ, TB, CM, YC, QR	
	<i>Echinometra viridis</i>	A. Agassiz, 1863	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27, 30	VZ, YC, QR, GM, SO, SE, NO	X
Echinoneidae	<i>Echinus tylodes</i>	H. L. Clark, 1912	1, 3	5	YC	
	<i>Echinoneus cyclostomus</i>	Leske, 1778	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 27	YC, QR, SE	
Clypeasteridae	<i>Clypeaster chesheri</i>	Serafy, 1970	1, 3	5, 6, 9, 21, 27	YC, QR, SE	X
	<i>Clypeaster prostratus</i>	Ravenel, 1848	3	21, 27	YC	
	<i>Clypeaster ravenelii</i>	(A. Agassiz, 1869)	1, 3	2, 5, 6, 7, 9, 11, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM	
	<i>Clypeaster rosaceus</i>	(Linnaeus, 1758)	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 27	YC, QR, Belice, NO, SE	X
	<i>Clypeaster subdepressus</i>	(Gray, 1825)	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27	VZ, CM, YC, QR, GM, Cuba, SE, SO, NO	
Fibulariidae	<i>Echinocyamus grandiporus</i>	Mortensen, 1907	3, 5	5, 6, 7, 9, 21, 25, 27	CM, YC, QR, BC, GM, CC, SE	
	<i>Echinocyamus macrostomus</i>	Mortensen, 1907	3	5, 6, 27	QR, NO, SE, SO	
Mellitidae	<i>Encope aberrans</i>	Martens, 1867	1, 3	1, 2, 5, 6, 7, 9, 21, 27	CM, YC, QR, GM	
	<i>Encope emarginata</i>	(Leske, 1778)	3	21	GM	
	<i>Encope michelini</i>	L. Agassiz, 1841	1, 3	1, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM	
	<i>Leodia sexesperforata</i>	(Leske, 1778)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 21, 27	YC, QR, GM	
	<i>Mellita quinquesperforata</i>	(Leske, 1778)	1, 3	5, 6, 7, 8, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, GM, NO, SO	
	<i>Mellita quinquesperforata lata</i>	H. L. Clark, 1940	1	21	VZ	

	Echinolampadidae	<i>Conolampas sigsbei</i>	(A. Agassiz, 1878)	1, 3	5, 6, 7, 21, 27	CM, YC, QR, SE
		<i>Echinolampas depressa</i>	Gray, 1851	1, 3	2, 5, 6, 7, 9, 11, 21, 27	CM, YC, QR, BC, GM, NE, SE, SO
	Cassidulidae	<i>Cassidulus caribaeorum</i>	Lamarck, 1801	1, 3	3, 5, 6, 9, 11, 12	QR
	Aeropsidae	<i>Aceste bellidifera</i>	Thomson, 1877	1, 3	5, 21, 27	YC, SE
	Brissidae	<i>Brissopsis alta</i>	Mortensen, 1907	1, 3	5, 6, 7, 11, 21, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, GM
		<i>Brissopsis atlantica</i>	Mortensen, 1907	1, 3, 5	5, 6, 7, 11, 21, 24, 25, 27	TM, VZ, TB, CM, YC, QR, GM, CC, SE
		<i>Brissopsis elongata elongata</i>	Mortensen, 1907	1, 3, 5	1, 5, 6, 21, 24, 27	VZ, TB, CM, YC, CC, SO, NE
		<i>Brissus obesus</i>	Verrill, 1867	3	5, 6	VZ
		<i>Brissus unicolor</i>	(Leske, 1778)	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27	VZ, CM, YC, QR, SE
		<i>Meoma ventricosa ventricosa</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 21, 27	VZ, YC, QR, GM
		<i>Plagiobrissus grandis</i>	(Gmelin, 1791)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 21, 27	CM, YC, QR
		<i>Plethotaenia spatangoides</i>	(A. Agassiz, 1883)	1, 3	2, 5, 6, 7, 27	TB, YC, QR, NE, SE
	Loveniidae	<i>Homolampas fragilis</i>	(A. Agassiz, 1869)	3, 5	5, 6, 7, 25, 27	YC, QR, CC, SE, NE
	Schizasteridae	<i>Agassizia excentrica</i>	A. Agassiz, 1869	3	5, 6, 7, 21, 27	YC, QR, SE
		<i>Hypselaster limicolus</i>	(A. Agassiz, 1878)	1, 3, 5	5, 6, 7, 21, 25, 27	VZ, TB, CM, YC, GM, CC, NO, SO, NE
		<i>Moira atropos</i>	(Lamarck, 1816)	1, 3, 4	1, 5, 7, 8, 11, 21, 27	VZ, TB, CM, GM, NO, SE
		<i>Moira clotho</i>	Michelin, 1855	1, 3	5	GM
	Saleniidae	<i>Salenocidaris varispina</i>	A. Agassiz, 1869	1, 3	5, 6	QR
Holothuroidea Blainville, 1834	Cucumariidae	<i>Duasmodyctyla seguroensis</i>	(Deichmann, 1930)	1, 3	1, 5, 6, 9, 27	QR, SE
		<i>Euthyonacta solida</i>	(Deichmann, 1930)	1, 3	5, 6, 7, 9, 13, 27	VZ, TB, QR, NE
		<i>Ocnus pygmaeus</i>	(Théel, 1886)	1, 3	5, 6, 7, 9, 27	CM, QR, NE, SE
		<i>Ocnus suspectus</i>	(Ludwig, 1874)	1, 3	1, 3, 5, 8, 9, 18	VZ, QR, Florida, Cuba
		<i>Thyonella gemmata</i>	(Pourtalès, 1851)	1, 3	1, 5, 6, 7, 8, 9, 27	CM, YC, QR, GM, NO, NE, SE
		<i>Thyonella pervicax</i>	(Théel, 1886)	1, 3	1, 5, 6, 7, 9, 27	VZ, CM, QR, SE, NE, SO
	Phyllophoridae	<i>Phyllophorus (Urodemella) occidentalis</i>	(Ludwig, 1875)	1, 2, 3, 4	1, 4, 5, 6, 8, 9, 27	QR, Florida, Cuba, SE
		<i>Stolus cognatus</i>	(Lampert, 1885)	1, 3	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 27	CM, YC, QR, Florida, Cuba, SE

	<i>Thyone fusus</i>	(Müller, 1776)	1, 3	5	CM	
	<i>Thyone pseudofusus</i>	Deichmann, 1930	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 9, 27	QR, NE, NO	
	<i>Euthyonidiella trita</i>	(Sluiter, 1910)	1, 3	1, 5, 6, 9, 27	QR, SE	X
	<i>Neothyone gibbosa</i>	Deichmann, 1941	1, 3	5, 6	VZ	
	<i>Pseudothyone belli</i>	(Ludwig, 1886)	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 18, 23, 27	VZ, QR, NE, SE	
Holothuriidae	<i>Actinopyga agassizii</i>	(Selenka, 1867)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 8, 9, 18, 27	Florida, VZ, QR, Belice, Cuba, SE	X
	<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i>	Ludwig, 1875	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 27	VZ, QR, Florida, Cuba, SE	X
	<i>Holothuria (Cystipus) occidentalis</i>	Ludwig, 1875	1, 3	5, 6, 7, 27	CM, YC, BC, GM, SE	
	<i>Holothuria (Cystipus) pseudofossor</i>	Deichmann, 1930	1, 3, 5	3, 5, 8, 9, 10, 18, 23, 24, 27	CM, QR, Florida, Cuba, CC, SE	
	<i>Holothuria (Cystipus) rigida</i>	Selenka, 1867	1, 3	5	VZ	
	<i>Holothuria (Halodeima) floridana</i>	Portalès, 1851	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 18, 27	CM, YC, QR, Florida, Cuba, SE	X
	<i>Holothuria (Halodeima) grisea</i>	Selenka, 1867	1, 3	1, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 27	VZ, CM, Florida, Cuba, NO	
	<i>Holothuria (Halodeima) mexicana</i>	Ludwig, 1875	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 18, 27, 28	YC, QR, Florida, Cuba, SE	X
	<i>Holothuria (Platyperona) parvula</i>	(Selenka, 1867)	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 7, 27	VZ, CM, YC, SE	
	<i>Holothuria (Selenkothuria) glaberrima</i>	Selenka, 1867	1, 2, 3, 4	1, 4, 5, 6, 7, 8, 27	CM, VZ, Panamá a Mex, Cuba, SE, SO, NO	
	<i>Holothuria (Semperothuria) surinamensis</i>	Ludwig, 1875	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 27	VZ, QR, GM, Cuba, NE, NO	
	<i>Holothuria imperator</i>	Deichmann, 1930	1, 3	5, 9	YC	
	<i>Holothuria (Theelothuria) princeps</i>	Selenka, 1867	1	1, 3, 5, 6, 7, 9, 13, 27	VZ, TB, CM, YC, QR, SO	
	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	Semper, 1868	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 18, 27	VZ, YC, QR, GM, Florida, Cuba, SE	
	<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	(Forsk., 1775)	1, 4	1, 3, 5, 6, 8, 9, 18, 27	VZ, QR, Florida, Cuba, Belice, SE, SO	
	<i>Holothuria (Thymiosycia) thomasi</i>	(Pawson & Caycedo, 1980)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 8, 9, 16, 18, 27	YC, QR, Florida, Cuba, Belice, SE	X
	<i>Holothuria (Vaneyothuria) lentiginosa</i>	Marenzeller von, 1892	3	5, 6, 7	YC, GM	
Stichopodidae	<i>Astichopus multifidus</i>	(Sluiter, 1910)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 8, 9, 18, 27	CM, YC, QR, Florida, Cuba, SE, NE	
	<i>Isostichopus badionotus</i>	(Selenka, 1867)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6,	VZ, TB, CM, YC, QR,	X

				7, 8, 9, 10, 18, 27	GM, Florida, Cuba	
	<i>Isostichopus macroparentheses</i>	(H. L. Clark, 1922)	1, 3	3, 5, 6, 9, 18, 23	VZ, QR	X
Synallactidae	<i>Amphigympas bahamensis</i>	Deichmann, 1930	1, 3	5, 6, 27	QR, NE, NO	
	<i>Bathyploetes natans</i>	(Sars, 1868)	1, 3	5, 6, 7, 27	VZ, CM, NE, NO	
	<i>Hansenothuria benti</i>	Miller & Pawson, 1989	1, 3	5, 6	CM	
	<i>Mesothuria intestinalis</i>	(Ascanius, 1805)	1, 3	5, 6, 7, 27	TB, GM, NE, SE	
	<i>Mesothuria lactea</i>	(Théel, 1886)	1, 3	5, 6, 7, 27	TM, VZ, GM, SO, NO	
Psychropotidae	<i>Benthodytes sanguinolenta</i>	Théel, 1882	1	5, 6, 7, 27	TM, NE, NO, SO	
	<i>Benthodytes typica</i>	Théel, 1882	1, 3	6, 27	GM	
	<i>Psychropotes depressa</i>	(Théel, 1882)	1, 3	6, 27	GM, NE, NO, SO	
	<i>Psychropotes semperiana</i>	Théel, 1882	1, 3	6, 27	GM	
Caudinidae	<i>Acaudina molpadioides</i>	(Semper, 1867)	1, 3	5, 6, 7	TM	
Molpadiidae	<i>Molpadia musculus</i>	(Risso, 1826)	1, 3	7, 27	TM, VZ	
	<i>Molpadia parva</i>	(Théel, 1886)	1, 3, 5	5, 6, 7, 24, 27	VZ, CC, SE	
Chiridotidae	<i>Chiridota heheva</i>	Pawson & Vance, 2004	1, 3	5, 6, 27	CM, SE	
	<i>Chiridota rotifera</i>	(Pourtalès, 1851)	1, 3, 4	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 27	VZ, CM, QR, Florida, Belice, Cuba, SE	X
Synaptidae	<i>Epitomapta roseola</i>	(Verrill, 1874)	1, 3	1, 3, 5, 6, 9, 18, 23, 27	VZ, QR, SE	
	<i>Euapta lappa</i>	(Müller, 1850)	1, 2, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 27	VZ, CM, QR, Florida, Cuba, SO, SE, NO	
	<i>Leptosynapta multigranula</i>	H. L. Clark, 1924	1, 3	1, 3, 5, 9, 27	SE	
	<i>Leptosynapta tenuis</i>	(Ayres, 1851)	1, 3	1, 3, 5, 9, 27	QR, NE	
	<i>Protankyra ramiurna</i>	Heding, 1928	1, 3	1, 5, 6	CM	
	<i>Synaptula hydriformis</i>	(Lesueur, 1824)	1, 2, 3, 4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 23, 27	VZ, CM, QR, GM, Florida, Belice, Cuba, SE	X

Tabla 7. Citas consultadas para elaborar la Revisión Bibliográfica.

1	Hendler, G., Miller, J.E., Pawson, D.L. & Kier, P.M. (1995) <i>Sea stars, sea urchins, and allies</i> . Smithsonian Institution Press. Washington and London, pp. 390.
2	Laguarda-Figueras, A., Gutiérrez-Castro, A.I., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A. y Torres-Vega, J. (2005a) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. <i>Revista de Biología Tropical</i> , 53,3, 69-108.
3	Laguarda-Figueras, A. (2001) Informe final del proyecto S091. <i>Equinodermos del caribe de México: Pto Morelos, Quintana Roo</i> .
4	Trujillo-Luna, B.R. y González-Vallejo, N.E. (2006) Equinodermos (Echinodermata) de la colección de referencia de bentos costero de ECOSUR. <i>Publicaciones Uciencia</i> , 22,1, 83-88.
5	Registros de la Collection of Invertebrates no Insecta del National Museum of Natural History (2009) Smithsonian Institution.
6	Registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (2010) Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
7	Durán-González, A., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Buitrón Sánchez, B.E., Gust Ahearn, C y Torres-Vega, J. (2005) Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. <i>Revista de Biología Tropical</i> , 53,3, 53-68.
	Valle García, R., Solís-Marín, F.A., Abreu-Pérez, M., Laguarda-Figueras, A. y Durán-González, A. (2005) Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. <i>Revista de Biología Tropical</i> , 53,3, 9-28.
9	Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A., Gust Ahearn, C., Buitrón Sánchez, B.E. y Torres-Vega, J. (2005b) Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. <i>Revista de Biología Tropical</i> , 53,3, 109-122.
10	Garcés-Solchaga, P.J. (2008) <i>Identificación taxonómica de equinodermos del Golfo de México, Caribe y Pacífico Mexicano (Clases: Ophiuroidea y Holothuroidea)</i> . Tercer Coloquio Estatal de Jóvenes Talentos en la Investigación. Acapulco, Guerrero, México.
11	Pacheco-Vázquez, J.J. (2008) <i>Identificación taxonómica de Echinodermos del Golfo de México, Caribe y Pacífico Mexicano (Clases: Asteroidea y Echinoidea)</i> . Tercer Coloquio Estatal de Jóvenes Talentos en la Investigación. Acapulco, Guerrero, México.
12	Bravo-Tzompantzi, D., Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A., Abreu-Pérez, A. y Durán-González, A. (1999) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. <i>Avicennia</i> 10, 11, 43-72.
13	Caso, M.E. (1955) <i>Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México</i> . 2. Algunas especies de holoturoideos litorales de la costa Atlántica mexicana. <i>Anales del Instituto de Biología</i> , UNAM, 26,2, 501-525.
14	Caso, M.E. (1996a) III. Asteroideos del Caribe mexicano colectados en las campañas oceanográficas PROIBE II-III-IV-V* a bordo del B/O “Justo Sierra”. <i>Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología</i> , UNAM, Publicaciones Especiales, 22,1, 27-57.
15	Caso, M.E. (1996b) IV. Asteroideos del Caribe mexicano colectados en las campañas oceanográficas PROIBE I-II-III-IV-V* a bordo del B/O “Justo Sierra”. <i>Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología</i> . Publicaciones especiales, 22,1, 59-82.
16	De la Fuente-Betancourt, M. G., De Jesús, A., Sosa-Cordero, E. y M. D. Herrero-Pérezrul. (2001) Assesment of the sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) as potential fishery resource in Banco Chinchorro, Quintana Roo, México. <i>Bulletin of Marine Science</i> , 68,1, 59-67.
17	Caso, M.E., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Ortega-Salas, A., Durán-González, A. (1994) Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. <i>Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología</i> , UNAM,

21,1-2, 67-85.

- 18 Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A. Durán-González, A., Hernández-Pliego, P. y Valle-García, R. (2001) Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 14, 7-46.
 - 19 Laguarda-Figueras, A., Torres-Vega, J., Solís-Marín, F.A., Mata-Pérez, E., Durán-González, A. y Abreu-Pérez, M. (2002) Los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) del Caribe mexicano: incluyendo comentarios sobre su zoogeografía. *Avicennia*, 15, 1-8.
 - 20 Laguarda-Figueras, A., Abreu-Pérez, M., Torres-Vega, J., Solís-Marín, F.A. y Durán-González, A. (2004) Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 17, 13-34.
 - 21 Solís-Marín, F.A., Herrero-Pérezrul, M.D., Laguarda-Figueras, A. y Torres-Vega, J. (1993) Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). En: González, N.E. (Ed) *Biodiversidad Marina y Costera*. CONABIO y CIQRO, pp. 865.
 - 22 Hernández-Herrejón, L.A., Solís-Marín, F.A. y Laguarda-Figueras, A. (2008) Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 56,3, 83-167.
 - 23 Solís-Marín, F.A., Herrero-Pérezrul, M.D. & Laguarda-Figueras, A. (1998) New records of the lagoon reef holothurians of Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. In: Mooi, R. & Telford, M. (Eds.) *Proceedings of the 9th International Echinoderm Conference*. California Academy of Sciences. San Francisco, Calif. U.S.A, pp. 524.
 - 24 González G., D.N., Solano P., O.D., Nava S., G.R. (2002) Equinodermos colectados por la expedición CIOH-INVERMAR-SMITHSONIAN desde Cartagena hasta el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 31, 85-132.
 - 25 Borrero-Pérez, G.H., Benavides-Serrano, M., Solano, O.D., Navas, G.R. (2002) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) colectados en la franja superior del talud continental del Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 31, 133-166.
 - 26 Laguarda-Figueras, A., Hernández-Herrejón, L.A., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A. (2009) *Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México*. CONABIO. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp 249.
 - 27 Felder, D.L. & Camp, D.K. (2009) *Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota: Volume I, Biodiversity*. Harte research Institute for Gulf of Mexico studies Series, Hardcover. Texas A&M University Press, pp. 1393.
 - 28 Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes (2006) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, pp. 168.
 - 29 Hendler, G. & Miller, J. (1984) *Ophioderma devaneyi* and *Ophioderma ensiferum*, new brittlestar species from the Western Atlantic (Echinodermata: Ophiuroidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 97,2, 442-461.
 - 30 González-Azcárraga, A. (2009) *Estructura de las asociaciones y diversidad morfológica de erizos de mar (Echinoidea) en los Parques Nacionales Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecifes de Cozumel, México*. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 82.
-

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Descriptores comunitarios

La riqueza, abundancia y densidad de los organismos que habitan los arrecifes son susceptibles a variaciones climáticas y estacionales. De la misma forma el tipo de sustrato puede variar en tamaño dependiendo de la profundidad y de las fuerzas ambientales temporales. A pesar de lo anterior, es útil realizar el análisis de tales parámetros que ayuden a comprender la distribución de cada una de las especies que habitan los arrecifes, particularmente en el caso de los equinodermos. El hecho de encontrar especies restringidas (raras) a un solo arrecife puede deberse a distintas causas, como hábitats específicos, algunos aspectos de su distribución y los relacionados con su ciclo de vida.

El número de trabajos publicados sobre la estructura comunitaria de los equinodermos de la costa Atlántica Mexicana es limitado (Caso *et al.*, 1994; Lara *et al.*, 1995; González-Azcárraga, 2009). En los trabajos realizados el siglo pasado, las áreas geográficas seleccionadas fueron pequeños hábitats y no se efectuaron comparaciones con ninguna otra localidad o región. El estudio elaborado por González-Azcárraga (2009), muestra un análisis cualitativo y cuantitativo de erizos de mar comparando los resultados en una escala local y una regional.

Actualmente, el número de especies de equinodermos registradas en la costa Atlántica Mexicana es de 345 (Tabla 6). En la subprovincia biogeográfica del Golfo de México se encuentran distribuidas 116 especies, de las cuales sólo 25 se han encontrado en profundidades de entre 0 a 30 metros, que es el rango batimétrico del presente estudio. Para la subprovincia biogeográfica del Caribe Mexicano se registran 52 especies, de las cuales, únicamente 24 se han observado en aguas someras, mientras que se registran 173 especies que presentan una distribución amplia, encontrándose en ambas subprovincias biogeográficas, de las que sólo 100 se han encontrado entre los 0 y 30 metros de profundidad (debe considerarse que el 20% de las especies registradas en la Revisión Bibliográfica carecen del dato “profundidad de recolecta”; citas de la Tabla 7).

Considerando las clases de equinodermos, del total de especies registradas en la Revisión Bibliográfica para la costa Atlántica Mexicana (Tabla 6), sólo 3 especies de la Clase Crinoidea (de la que no se encontró ningún organismo en el estudio actual), 24 de la Clase Asteroidea, 61 de la clase Ophiuroidea, 29 de la Clase Equinoidea y 32 de la Clase Holothuroidea se distribuyen dentro del ámbito batimétrico revisado en este trabajo (citas de la Tabla 7). Se consideró el área de búsqueda de organismos dentro de los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente), el cual ocupó un área total de 67.5 m² y la realización de 53 muestreos de búsqueda libre en Arrecife Alacranes (en el cual no se realizaron muestreos cuantitativos), para obtener el porcentaje de especies encontradas en el presente estudio respecto al número total de especies potenciales a ser observadas. De tal forma, se registraron 5 especies de estrellas de mar (5 de 24; 21%), 43 especies y un taxón de ofiuros (43 de 61; 70.5%), 10 especies de erizos de mar (10 de 29; 34.5%) y, 10 especies más un taxón de pepinos de mar (10 de 32; 31.5%). Se observa que los muestreos realizados fueron eficientes únicamente para las especies de la Clase Ophiuroidea, dada su representatividad, ya que se logró un inventario de ~70% de la riqueza estimada de ofiuros para la zona (Tabla 6).

La mayor riqueza de especies encontrada en este trabajo sobre ambientes arrecifales en comparación con un ambiente lagunar-estuarino como el del trabajo realizado por Caso *et al.* (1994) sobre ecología de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, muestra la diferencia entre ambos estudios. En el ambiente lagunar-estuarino existió una menor riqueza de equinodermos, contando 12 especies (repartidos entre las Clases Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea) y siendo el erizo *Lytechinus variegatus* la especie con mayor abundancia. Esta diferencia de riqueza podría deberse tanto a las discrepancias en los métodos de recolecta (*e.g.* la profundidad de recolecta de equinodermos en el estudio lagunar-estuarino varió de 0.1 a 5 m) como a la diversidad intrínseca de biotopos de un ambiente de tal tipo. No obstante, en dicho trabajo los valores máximos de diversidad fueron aquellos que tenían altos valores de salinidad y tipos de fondo arenoso o bien, praderas del pasto marino *Thalassia testudinum* ubicados en las zonas de influencia marina de la laguna. En el presente estudio el Arrecife Alacranes, en donde se presenta un elevado número de biotopos, ocupa el valor más alto de riqueza (61 taxa).

En las últimas tres décadas, los ecosistemas del Caribe han tenido una serie de grandes cambios en su ecología, siendo el más importante la ocurrencia de una transición a escala regional de la dominancia de corales escleractinios a la dominancia por macroalgas (carnosas y filamentosas) (Aronson & Precht, 2001; Gardner *et al.*, 2003; Aronson & Ellner, 2007). Las causas son complejas, pero se considera que la muerte masiva de organismos de la especie *Diadema antillarum* durante la década de 1980, así como la sobrepesca de peces ramoneadores, provocó la reducción de la herbivoría, apoyando a la disminución de cobertura coralina (Aronson & Precht, 2001). La disminución de *D. antillarum* provocó un incremento en las abundancias de las especies del género *Echinometra*, que en la actualidad dominan la región (McClanahan, 1999). Tal dominancia fue observada por González-Azcárraga (2009) tanto en el área arrecifal de Veracruz, como en hábitats coralinos de la Isla de Cozumel, Quintana Roo (debe considerarse que la cresta arrecifal no fue estudiada en dicho trabajo). Mientras que Lara *et al.* (1995) encontró que *Echinometra lucunter lucunter* fue la especie dominante en áreas arrecifales Veracruzanas, principalmente en la cresta arrecifal. Las especies de *Echinometra* frecuentan aguas someras, ocupando grietas y concavidades que desocupan durante la noche para alimentarse (McClanahan & Kurtis, 1991). El índice de asentamiento de la especie *E. viridis* es alto comparado con el de otras especies por lo que puede alcanzar un alto número de organismos en áreas arrecifales (McClanahan & Shafir, 1990). No obstante lo anterior, *E. viridis* sólo fue registrado en Arrecife Madagascar (0.1 ind/0.25m²) y en Arrecife Alacranes, y no presentó la mayor abundancia de erizos de mar en este trabajo.

8.1.1 Comparación entre arrecifes

Al comparar los diferentes índices obtenidos entre los tres arrecifes de Sisal se encontraron diferencias en la riqueza de especies, y diferencias significativas en los valores de diversidad y equitatividad (Figuras 9, 17 y 19). Por otra parte, aunque no se realizó un muestreo cuantitativo en Arrecife Alacranes se considera que su desarrollo arrecifal es más extenso y el de mayor importancia dentro de los arrecifes encontrados en el Banco de Campeche (Tunnell *et al.*, 2007), por lo que se esperaba que el mayor índice de riqueza se observara en dicho arrecife.

A escala local, un arrecife es afectado por diversas variables ambientales (área, profundidad, iluminación que depende de la transparencia de la columna de agua, temperatura del agua, energía de oleaje y corrientes, etc.), que determinan la presencia de algunos invertebrados marinos arrecifales. De tal forma, un arrecife con una elevada riqueza y diversidad de corales, mantendrá valores elevados de la fauna de invertebrados que lo habiten. Tales variables pueden ser consecuencia de la diversidad de comunidades individuales (diversidad por arrecife), y de la distribución de interacciones ecológicas entre organismos, como la depredación y la competencia (Rodríguez-Zaragoza & Arias-González, 2008). En una escala local, los resultados obtenidos pueden explicarse de dos maneras: a través de las interacciones biológicas entre organismos o a través de las características de su hábitat.

En el presente estudio la riqueza de especies por arrecife está relacionada con la superficie que ocupa; sin embargo, también tiene que ver la variedad de biotopos presentes y el esfuerzo de recolecta. La distribución de especies de equinodermos por arrecife indica que la mayor riqueza se concentra en el Arrecife Alacranes (61 taxa), disminuyendo en los arrecifes de Sisal. El patrón de riqueza observado puede ser resultado de cuatro principios propuestos para explicar el número de autapomorfías del Arrecife Alacranes respecto a los demás arrecifes (ver discusión del Análisis Biogeográfico). Sin embargo, también debe tomarse en cuenta la explosión masiva e intensa de diatomeas de la especie *Nitzschia longissima* que ocurrió durante los meses de mayo, junio y julio del 2008 que atacó la zona costera de Yucatán [Puerto del Cuyo, Puerto de Sisal, Puerto de Chelem, Chixchulub, Chuburná y Puerto Progreso (Enriquez *et al.*, 2010; www.cofepris.gob.mx)], en un evento conocido como “marea roja”, que afectó la actividad pesquera de la entidad, así como su economía local, y que particularmente generó la mortandad de peces e invertebrados de los arrecifes de Sisal (Fernando Mex y Alfredo Laguarda-Figuera com. pers.) y en el cual no se vio afectado el Arrecife Alacranes.

El Arrecife Serpiente es el arrecife con el área más pequeña y el único fragmentado de los arrecifes estudiados; sin embargo es el arrecife que presenta el valor más alto de riqueza de los arrecifes de Sisal (24 especies), después de Arrecife Alacranes. Una razón que podría explicar la riqueza encontrada en Arrecife Serpiente se relaciona al modo intensivo del muestreo realizado, pues el área arrecifal se vuelve inaccesible para embarcaciones pequeñas en climas desfavorables para la navegación, motivo por el cual solo se realizaron 5 muestreos, en los que se procedió a recolectar la cama algal y esponjas que se encontraron dentro de la unidad de muestreo, con el objetivo de identificar el material en el laboratorio y no *in situ*. Las circunstancias anteriores dieron como resultado una revisión minuciosa (no realizada en los Arrecifes Bajo de 10 y Madagascar) que ayudó a registrar organismos pequeños hasta entonces no observados.

Además, Serpiente obtuvo el valor más alto de abundancia de los arrecifes de Sisal a pesar de no existir diferencias significativas en las abundancias entre arrecifes, pero valores intermedios de diversidad y equitatividad (Figuras 15, 17 y 19). El valor de abundancia en Serpiente bien puede ser un resultado del muestreo intensivo, de tal modo, al compartir características hidrodinámicas y físicas entre los arrecifes de Sisal se esperaría encontrar abundancias análogas e incluso mayores (por efecto del aumento en el área geográfica) al efectuar muestreos similares, debido a la existencia de un mismo patrón general de hábitats. Las características hidrodinámicas generales a los tres arrecifes son: la influencia por la misma corriente local (impulsada por la Corriente de Yucatán) y, por las mismas direcciones de viento (en la zona costera de Yucatán proviene de un número limitado de direcciones: noroeste a sureste), que son los factores que modulan e influyen las corrientes en la plataforma de Yucatán (Enriquez *et al.*, 2010). Una prueba de tal influencia se observa en algunas características físicas compartidas entre los arrecifes, pues todos presentan la misma orientación relativa del frente arrecifal (hacia el noreste), que es la dirección de donde provienen las corrientes marinas predominantes de la zona, además de presentar rangos de profundidad semejantes [de los 2-3 metros (Bajo de 10 y Madagascar) a los 18 metros (Serpiente)] (Zarco-Perelló, 2009). Por otra parte, la diversidad y equitatividad presentaron diferencias significativas, siendo Serpiente quien muestra valores intermedios respecto a los restantes arrecifes sisaleños. El valor de diversidad (H') se encuentra influenciado por la baja equitatividad (J'), que probablemente se deba a la dominancia de tan sólo seis especies de equinodermos (*Ophiactis algicola*, *Ophiactis muelleri*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiocomella ophiactoides*, *Ophiothrix angulata* y *Synaptula hydriformis*). No obstante lo anterior, puede considerarse que la relativa riqueza de equinodermos del arrecife implica una adecuada disponibilidad de alimento en el microhábitat epifito, donde se encontraron las especies mencionadas.

La lejanía de la costa respecto al Arrecife Serpiente, probablemente le brinda una situación favorable de conservación, suponiendo que existiera un impacto antropogénico negativo (no medido). Serpiente presenta áreas con coral, algas y pocas esponjas; dentro de un ambiente sublitoral. De acuerdo con Bernardino-Cúcio (2007) y Ortigosa-Gutiérrez (2009), tal arrecife registró 27 especies de coral (11 especies de coral suave y 16 especies de coral escleractíneo) contra 5 de moluscos opistobranquios. En cuanto a las interacciones ecológicas, se analizaron los datos de abundancia y se observaron los elevados valores presentados por los ofiuros *O. savignyi* (19.2 ind/0.25m²), *O. algicola* (18.05 ind/0.25m²) y el pepino de mar *Synaptula hydriformis* (23.7 ind/0.25m²). Las especies pertenecientes al género *Ophiactis* son especies fisíparas (asexuales) que presentan una distribución tropical y subtropical, presentan principalmente una simetría hexámera, los adultos tienen una talla pequeña (<7 mm de diámetro del disco) y presentan altas densidades debido a la asociación del hábitat que tienen con algunas esponjas (epibionte) y algas epibénticas (epizoicos), y a su reducido tamaño (Emson & Wilkie, 1980; Mladenov *et al.*, 1983; Mladenov & Emson, 1988; McGovern, 2002). Las poblaciones de *O. savignyi* y *O. algicola* en Arrecife Serpiente fueron dominadas por pequeños individuos de un microhábitat totalmente epifito.

Bell (1982) sugiere que existe un aumento en la distribución de plantas que utilizan la reproducción asexual en hábitats transitorios o perturbados en donde las interacciones bióticas son menos intensas, en contraste con las especies sexuales. Sin embargo, Hughes & Cancino (1985) explican que los taxa

que se clonan produciendo modelos móviles y solitarios pueden ser muy adecuados para la explotación de entornos físicamente segmentados (menos estables) a diferencia de los taxa clonados coloniales (como *Ophiactis*) que tienden a predominar en ambientes físicamente estables. Si bien, existen diferentes teorías que podrían adecuarse a los valores comunitarios de invertebrados arrecifales como el de éste trabajo, es notable la falta de investigación que ayude a definir de una forma certera, la “salud” del ecosistema.

El pepino de mar *S. hydriformis* en Arrecife Serpiente, se registró epibionte asociado a las mismas algas que *O. savignyi* y *O. algicola*, mostrando una densidad relativa elevada. El pequeño pepino de mar presenta una distribución tropical, asociado a aguas submareales someras, habitando arrecifes coralinos, marismas asociadas a manglares y ambientes salobres como las camas algales presentes en los estuarios, demostrando así su capacidad de adaptarse a fluctuaciones de salinidad; típicamente se le encuentra como epibionte sobre plantas marinas (camas algales), en las raíces de manglares, y en macroalgas calcáreas y carnosas. Aunque se han reportado organismos de *S. hydriformis* con una longitud del cuerpo máxima de 10 cm, la mayoría de los adultos son menores a la mitad del máximo alcanzado, y los juveniles pueden llegar a medir menos de un centímetro. Se alimentan principalmente de diatomeas bénticas con alguna preferencia por pequeñas cantidades de macroalgas carnosas. Se han encontrado habitando profundidades de 1 a 7 metros (Pawson, 1986; Martinez, 1989; Hendler *et al.*, 1995). En la actualidad, no existe información acerca del tiempo de vida de esta especie, así como de su abundancia, posiblemente debido a su naturaleza críptica (Kerr *et al.*, 2006), por lo que la contribución actual sugiere estar presentando los primeros datos de abundancia de *S. hydriformis* en un ambiente arrecifal somero (profundidades de recolecta entre 7 y 8 metros).

El Arrecife Bajo de 10 se caracteriza por ser el arrecife más cercano a la costa y por consiguiente el que pudiera encontrarse sometido a una importante presión de perturbación antropogénica, ya que al igual que las demás áreas arrecifales de Sisal ha sido fuente de diversos recursos pesqueros para los pobladores de Sisal durante un periodo de tiempo prolongado. Sin embargo, no es posible determinar con la investigación realizada si la situación actual del arrecife es una alteración natural o el producto de perturbaciones antropogénicas. En un intento por entender la situación del arrecife, y considerando que algunas características importantes entre los arrecifes de Sisal son semejantes (hidrodinámicas, fisiográficas y geológicas), se aventura suponer que Bajo de 10 llegó a presentar en el pasado un ambiente menos dominado por macroalgas. Muestra de la alteración podría apreciarse en el trabajo de Bernardino-Cúcio (2007), quien demuestra que la riqueza específica de corales en tal arrecife es menor que para Madagascar y Serpiente. La distribución de los biotopos del arrecife se encuentran regidos por amplias extensiones de macroalgas que llegan a alcanzar 2 metros de altura en algunas áreas, cubriendo los escasos cabezos de coral que aún persisten. Tal escenario semeja la situación de algunos hábitats arrecifales en el Caribe, que redujeron su cobertura coralina de 60 a menos del 5% en un periodo de 15 años, mostrando un crecimiento de la cobertura macroalgal en las mismas áreas de cero a más del 60% (datos considerados hasta 1992 por Aronson & Prentch, 2001). Al realizar conexiones causales que expliquen la alteración del ambiente arrecifal de Bajo de 10 nos encontramos con un escenario especulativo; sin embargo, podemos considerar que el arrecife puede encontrarse sometido a una o más de las causas que afectan los sistemas coralinos del Caribe: (1) mortalidad

natural de los corales, (2) reducción de la herbivoría, consecuencia de la ausencia de herbívoros debido a enfermedades y sobrepesca, (3) aumento del área disponible a ramonear, en relación con el potencial de herbivoría, (4) disminución del reclutamiento de coral y recuperación de las poblaciones del mismo, debido a las limitaciones dadas por el aumento de las macroalgas, (5) altos índices de sedimentación y eutrofización, (6) disminución de la temperatura superficial del mar, consecuencia de periodos prolongados de aire frío (“frentes fríos o nortes”), (7) aumento de la temperatura superficial del mar, relacionado con la aparición del efecto de El Niño (como el evento ocurrido en 1997-1998) y al calentamiento global, y (8) olas de tormenta asociadas a huracanes (Hughes, 1994; Babcock & Smith, 2000; Aronson *et al.*, 2000; Aronson & Prencht, 2001; Tunnell *et al.*, 2007).

El Arrecife Bajo de 10 tuvo los menores valores de diversidad (H') y equitatividad (J') de todos los arrecifes de Sisal (Figuras 17 y 19). Los resultados pueden explicarse a partir de la manera poco equitativa en la que se encontraron distribuidas las abundancias de las especies en la comunidad de equinodermos y a la nula presencia de especies asociadas a corales. En la composición de organismos predominan las especies con hábitos epizoicos que se hallaron establecidos en esponjas (ofiueros), los detritívoros obligados que pueden habitar ambientes rocosos, como los pepinos de mar *Isostichopus badionotus* e *Isostichopus macroparentheses* (Roberts *et al.*, 2000), y los que se alimentan de esponjas, arena rica en detritos, algas, ascidias o caracoles, como las estrellas de mar *Oreaster reticulatus*, *Echinaster (Othilia) echinophorus* y *E. (Othilia) sentus* (Carruthers Ferguson, 1969; Waddell & Pawlik, 2000). Bajo de 10 presenta condiciones de hábito y alimento adecuadas para la presencia de tales especies.

Respecto a las interacciones ecológicas, el análisis de las especies de equinodermos que registraron valores considerables de abundancia en Bajo de 10 fueron, el ofiuero *Ophiactis muelleri* (59.1 ind/0.25m²) y el erizo *Lytechinus variegatus carolinus* (14.2 ind/0.25m²), las cuales pueden indicar una gran capacidad de adaptación debido a su elevada representatividad numérica. No obstante, todos los organismos de *O. muelleri* en Bajo de 10 fueron recolectados de un par de esponjas, mismas que pueden representar un hábitat más estable que las camas algales de aguas someras (Mladenov *et al.*, 1983; 1988). Las esponjas, además de actuar como sustrato pueden representar “refugios” contra la depredación (Hendler & Littman, 1986), por lo que se estima mayor depredación en los ofiueros presentes en algas en comparación con los ocultos en esponjas. De acuerdo con Mladenov & Emson (1988), cuando *O. savignyi* se encuentra en esponjas, probablemente tiene oportunidad de crear altas densidades poblacionales por fisión, lo que podría explicar la elevada abundancia de *O. muelleri* en el arrecife en cuestión.

Otro biotopo característico de Bajo de 10 son los sustratos arenosos que presentan pocas esponjas, las cuales se encuentran acompañadas de macroalgas de aproximadamente diez centímetros de altura, siendo en lugares como éste donde prevaleció la presencia del erizo *L. variegatus carolinus*, el cual es una especie de distribución tropical que se encuentra relacionada típicamente a aguas poco profundas o a sustratos arenosos (Hill & Lawrence, 2003). Esta especie puede adornarse con pedazos de roca, conchas, algas o plantas marinas en lo que se conoce como “comportamiento de revestimiento”, que se especula puede servir como protección contra depredadores (algunos gastrópodos y aves) o para protegerse de factores físicos como la luz, evitando la desecación del

cuerpo; sin embargo, es así como ayuda en la dispersión de plantas marinas e incluso angiospermas terrestres. El erizo suele alimentarse de hojas de *Thalassia* y/o macroalgas (Moore *et al.*, 1963; Verling *et al.*, 2004; Tainá & Medeiros, 2007). Los individuos de *L. variegatus carolinus* en Bajo de 10 se encontraban en un sustrato arenoso, escondidos (en ocasiones aglutinados) entre las algas flotantes asentadas al sustrato de las cuales probablemente se alimentaban.

De acuerdo con Zarco-Perelló (2009), el Arrecife Madagascar es un área arrecifal sublitoral que presenta un diagnóstico de estado de “salud” desfavorable, presentando una cobertura macroalgal del 55.7% contra una cobertura de corales pétreos del 1.88%. La presencia de las especies coralinas promueven la existencia de poblaciones de otros invertebrados marinos como un ecosistema mejor conservado que Bajo de 10. El Arrecife Madagascar se divide en dos hábitats arrecifales (Zarco-Perelló, 2009). El primero, nombrado “hábitat somero”, se mantiene a 8.7 metros de profundidad promedio, con un sustrato sólido rocoso bien consolidado, que se encuentra distribuido a lo largo de la plataforma arrecifal. En tal hábitat se encuentran las condiciones idóneas para que se establezca una comunidad competitiva entre los octocorales y las macroalgas, contando en segundo plano organismos zoantideos, corales pétreos y esponjas. Fue en la plataforma arrecifal de Madagascar donde se realizó la recolecta del 90% de equinodermos en el actual aporte. El segundo es el “hábitat profundo”, que tiene una profundidad media entre los 15 y 16 metros, presentando un sustrato arenoso (dominado por macroalgas, con pequeño desarrollo de colonias de esponjas y corales pétreos), que abarca los frentes de sotavento (protegida) y barlovento (expuesta). Es el hábitat profundo en donde la corriente probablemente juegue un papel regulador que remueva regularmente las masas algales con una fijación débil al sustrato, liberando espacio para ser colonizado nuevamente.

En el presente estudio, Madagascar presentó la mayor diversidad de los arrecifes de Sisal, predominantemente por la elevada equitatividad de las especies de los equinodermos registrados en la plataforma arrecifal (Figura 19). Se considera que estos organismos pertenecen al área somera del arrecife, donde existe una mayor disponibilidad de alimento (Levitan, 1988), ya que en las zonas someras existe una mayor incidencia de luz y por ende un mayor reclutamiento (Irving & Connell, 2002), así como mayor alimento para las especies suspensívoras brindado por las corrientes superficiales (Zarco-Perelló, 2009), lo que ayudaría a explicar su presencia en dicha zona.

De acuerdo con Bernardino-Cúcio (2007) y Ortigosa-Gutiérrez (2009), Arrecife Madagascar presentó la mayor riqueza tanto de especies de coral (28), como de moluscos opistobranquios (26) de los arrecifes de Sisal. Las especies de equinodermos que presentaron un elevado valor de abundancia en Madagascar fueron los ofiuros *Ophiactis savignyi* (39.1 ind/0.25m²), *Ophiothrix angulata* (19.3 ind/0.25m²) y la estrella de mar *Linckia guildingii* (9.35 ind/0.25m²). Se considera que las razones por las cuales *O. savignyi* presentó altos valores de abundancia son las mismas que las propuestas para *O. muelleri* en el Arrecife Bajo de 10; tales valores concuerdan con el trabajo de Mladenov & Emson (1988) realizados en Jamaica, Belice y las Bermudas, donde también organismos de *O. savignyi* fueron recolectados de esponjas y entre las algas del sustrato.

El ofiuero *O. angulata* puede encontrarse entre profundidades de 1 a 200 metros, lo que sugiere una alta tolerancia relativa por los cambios de temperatura (Stancyk & Shaffer, 1977). Los adultos viven en restos de coral, hábitats incrustantes (esponjas) y algas (Donachy & Watabe, 1986). Los organismos juveniles y adultos de *O. angulata* (diámetro del disco de 1.7 a 2.5 mm) han sido hallados principalmente en el alga calcárea *Halimeda*, mientras los adultos se encuentran entre restos biogénicos o coralinos (Hendler & Littman, 1986). Esta especie se alimenta por filtración extendiendo sus brazos en la columna de agua para atrapar fitoplancton y detritos (Donachy & Watabe, 1986). Al igual que *O. savignyi*, el ofiuero *O. angulata* en Arrecife Madagascar, se encontró asociado a esponjas (epizoico) que probablemente utiliza como un sustrato que le provee refugio.

La estrella de mar *L. guildingii* es una especie que se mueve por el sustrato para alimentarse. *L. guildingii* habita con frecuencia las aguas poco profundas, aunque su distribución batimétrica varía entre 1 y 100 metros de profundidad. Esta estrella de mar suele habitar los sustratos duros y planos en los arrecifes de coral, pero también puede encontrarse en las laderas y zonas arenosas. Los organismos de ésta especie generalmente se ocultan para evitar ser depredados por peces, pero también pueden encontrarse expuestos alimentándose de los protozoarios, algas y bacterias que cubren las superficies de la roca coralina, arena y camas algales, aunque pueden llegar a alimentarse de peces muertos (Jangoux, 1982; Hendler *et al.*, 1995). En el Arrecife Madagascar *L. guildingii* fue registrada sobre la cama algal principalmente y en superficies coralinas, se considera que esta especie es capaz de influir en la composición y estructura de las comunidades coralinas debido a sus hábitos alimenticios.

Por último, es importante señalar que las gráficas de acumulación de especies para todos los arrecifes de estudio (a excepción de Madagascar) muestran que existe la posibilidad de continuar encontrando nuevos registros de equinodermos para dicha área arrecifal de Yucatán. En la gráfica de acumulación de especies de Arrecife Madagascar, se aprecia el alcance de una asíntota (Figura 10); sin embargo, se considera que existe un sesgo debido a un menor esfuerzo de muestreo, por lo que es muy probable que la gráfica no demuestre el escenario real de riqueza. Otros posibles sesgos identificados y debidos a aspectos puramente metodológicos se enumeran a continuación: (1) diferentes técnicas de muestreo empleadas entre arrecifes (debido a factores climáticos adversos), lo que provocó que ciertas especies fueran más propicias a ser capturadas que otras, (2) no se realizaron muestreos nocturnos para buscar organismos que tienen su máxima actividad durante la noche, de ésta forma la hora del día del muestreo afectó la probabilidad de captura de especies y (3) en una escala temporal la época del año probablemente influyó según las diferentes fenologías de las especies presentes en cada arrecife, de esta forma la estacionalidad provocó que las probabilidades relativas de captura de las especies fluctuaran según la fecha del muestreo. El tamaño y la composición de especies en un lugar determinado varía en función del tiempo debido a una característica fundamental de la distribución espacial de las especies: sus rangos de distribución no son estables a lo largo del tiempo, considerando que una especie puede ampliar o reducir su distribución en función de cambios en el ambiente (Adler & Lauenroth, 2003). Freeman *et al.* (2001) dieron un ejemplo de lo anterior, al estudiar el comportamiento de la estrella de mar *Astropecten irregularis*, descubriendo que las poblaciones de la estrella tienen marcadas tendencias estacionales en su abundancia, distribución espacial, desove y reclutamiento.

8.1.2 Comparación entre clases de equinodermos

En el reporte actual se analizaron los resultados de abundancia, diversidad y equitatividad de las cuatro clases de equinodermos registrados (Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea), sin encontrar diferencias significativas en ninguna de las pruebas efectuadas (Figuras 16, 18 y 20). No obstante, fue la Clase Ophiuroidea la que presentó los valores más altos de los índices de descripción comunitaria.

Los ofiuros de los arrecifes tienen hábitos crípticos, por lo que se refugian en grietas, hendiduras, bajo los escombros o se encuentran asociados a esponjas; además, son predominantes componentes de la criptofauna de los arrecifes de coral en todo el mundo (Hendler & Littman, 1986; Birkeland, 1988; Aronson, 1992; Aronson, 1993). De acuerdo con Warner (1982), los ofiuros se dividen en dos grupos: micrófagos y grupos depredadores. Los resultados de la recolecta del estudio actual indican que la comunidad de ofiuros de los arrecifes de Sisal se encuentran compuestos por ambos grupos de organismos, que suman factores a las intrincadas redes tróficas de las comunidades arrecifales sisaleñas. En los micrófagos encontramos a especies pertenecientes de las Familias Ophiocomidae, Amphiuridae, Ophiactidae y Ophiotrichidae, los cuales tienen espinas largas en los brazos y grandes pies ambulacrales. Tales organismos micrófagos pueden alimentarse por suspensión o ser detritívoros. Por otra parte, las especies de las Familias Ophiodermatidae y del Género *Ophiolepis* son depredadores bentónicos que tienen espinas cortas en los brazos, pequeños pies ambulacrales, y son generalmente más flexibles con capacidad de enrollar sus brazos (Birkeland, 1988; Aronson, 1991).

Los datos de Aronson (1991) sugieren que las tormentas y huracanes no causan cambios significativos en la abundancia de la criptofauna, ni aumentan la frecuencia de daños letales en las poblaciones de ofiuros (específicamente organismos del Género *Ophioderma*), por lo que la mayoría de lesiones en los brazos de estos organismos son probablemente debido a la depredación por peces (principalmente organismos de las Familias Labridae, Haemulidae, Tetraodontidae y Diodontidae en el Caribe), cangrejos (Portunidae y braquiúros), poliquetos, asteroideos e inclusive otros ofiuros. Sin embargo, el estilo de vida críptico y nocturno de los ofiuros, así como la importancia de encontrar hendiduras del tamaño apropiado donde ocultarse, puede ayudarlos a prevenir encuentros con depredadores y evitar una depredación potencial (Sides, 1981; Hendler, 1984; Aronson & Harms, 1985; Aronson, 1987; Aronson, 1988; Birkeland, 1988; Aronson, 1992). Los ofiuros tienen una gran actividad nocturna de alimentación, mientras que, sus depredadores potenciales son de hábitos diurnos. Lo anterior resulta en que el potencial de depredación de los ofiuros durante el día, sea superior al de la noche (Aronson & Harms, 1985; Aronson, 1992). Aronson (1992), comprobó que las relaciones depredador-presa de dos comunidades arrecifales del ofiuro *Ophiotrix oerstedii* no fueron alteradas por el efecto de huracanes. Así que, considerando que un huracán no aumentó la proporción de lesiones en organismos de *Ophioderma*, ni afectó la relación con sus depredadores potenciales, es poco probable que los ofiuros de los arrecifes de Sisal sean dañados por los niveles de turbulencia normales de fondo que inducen movimiento de escombros en los ambientes a sotavento (a barlovento y sotavento para Madagascar, ya que no existió tal regionalización del arrecife; Zarco-Perelló, 2009), ni que eventos estructuradores de gran magnitud interfieran con algunas de sus relaciones tróficas interespecíficas.

En la actualidad se desconoce si la actividad pesquera del Puerto de Sisal, tiene algún tipo de influencia indirecta sobre las poblaciones de ofiuros o sobre alguna otra especie de equinodermo, como la influencia directa a la que están sometidas algunas poblaciones de pepinos de mar (*e.g. Isostichopus badionotus*) debido a su captura (ilegal y regulada) que comenzó en el año 2006 en las áreas costeras y arrecifales de Sisal, y que ha logrado menguar las abundancias de tales organismos en las áreas arrecifales (obs. pers.). De tal forma, se considera fundamental comenzar con la investigación que ayude a determinar si los invertebrados de los sistemas arrecifales de Sisal están siendo influenciados indirectamente, debido a presión por sobrepesca. De existir dicha influencia, podrían estar alteradas las importantes relaciones arrecifales entre algas-herbívoros y las de depredadores potenciales con sus presas.

8.2 Análisis Biogeográfico

De acuerdo con el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE), todos los arrecifes del estudio forman una gran región que se distingue por 9 especies compartidas (sinapomorfías) cuya distribución geográfica es amplia: Grupo I (Tabla 5). La mayoría de estas especies se registran en casi todos los arrecifes de éste estudio, debido probablemente a que las condiciones físicas y biológicas (interacciones intrínsecas y extrínsecas con el medio) favorecen su presencia. De acuerdo a los reportes de la Revisión Bibliográfica (Tabla 6), cinco de las nueve especies se encuentran en al menos 4 estados de la República [Veracruz, Campeche (a excepción del erizo *Eucidaris tribuloides tribuloides*), Yucatán y Quintana Roo], incluyendo áreas del Golfo de México y del Caribe Mexicano, mostrando con esto una adaptación a diferentes factores biológicos y ambientales (ver Revisión Bibliográfica para los ofiuroides: *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiothrix angulata*; y los erizos *E. tribuloides tribuloides* y *Arbacia punctulata*). Por otra parte, el ofiuero *Ophiocomella ophiactoides* se registra en los estados de Veracruz, Yucatán y Quintana Roo; mientras que, la estrella de mar *Echinaster (Othilia) echinophorus* y el ofiuero *Ophiactis algicola* se han registrado exclusivamente en los estados de Yucatán y Quintana Roo, presentando con esto una afinidad a aguas más cálidas, al igual que el ofiuero *Ophiactis muelleri*, el cual se aporta como nuevo registro para México por el presente trabajo, por lo que ha sido registrado tan sólo en el estado de Yucatán.

La exclusión del Arrecife Madagascar del grupo II puede ser el resultado de la escasez de especies observada en dicho arrecife, que difiere a la registrada en Bajo de 10, Serpiente y Arrecife Alacranes. Esta escasez como se ha mencionado, puede deberse a la diferencia en el método de muestreo y esfuerzo de recolecta, más que a condiciones propias del número real de especies presentes en el arrecife, debido a que algunas de las características hidrodinámicas, físicas y biológicas que regulan la posible cantidad y adquisición de alimento, el rango de profundidades que influyen en la cantidad de luz que recibe el sistema y al sustrato al que se encuentran asociados los organismos en general, son semejantes entre los arrecifes de Sisal (discutidas en la sección Descriptores comunitarios) y análogos con algunos biotopos presentes en Arrecife Alacranes. Por las razones anteriores, se esperaría encontrar un número similar de especies en los microhábitats semejantes. Sin embargo, las diferencias

existentes entre dichos arrecifes también podrían estar determinando la diferencia en número y tipo de especies entre ellos: Bajo de 10 es mucho más extenso y tiene la mayor área arrecifal del rango batimétrico de los 8 a 12 m de los arrecifes sisaleños, se encuentra más cercano a la costa y mantiene una orientación del frente arrecifal ligeramente distinta que la orientación de Arrecife Madagascar. La mayoría de las especies que unen al grupo II son pequeños ofiuros (diámetro del disco < 1cm) asociados a esponjas y/o a la cama algal que se encuentra adherida al sustrato rocoso, presentando estrategias alimentarias del tipo detritívora y suspensívora (Tabla 5). Considerando los registros de la Revisión Bibliográfica (Tabla 6) de tales especies, encontramos que *Oreaster reticulatus*, *Ophioderma brevispinum*, *Amphiodia trychna*, *Ophiostigma isocanthum* e *Isostichopus badionotus* presentan una distribución amplia, registrándose en áreas del Golfo de México y del Caribe Mexicano, mientras que, *Ophionereis squamulosa* se registra únicamente para el Caribe Mexicano.

El grupo III separa los Arrecifes Serpiente y Arrecife Alacranes de Bajo de 10. De la misma manera la exclusión de Bajo de 10 de este grupo se explica debido al menor número de especies registradas en comparación con los Arrecifes Serpiente y Alacranes. Esta pobreza de registros puede deberse a una o varias de las ocho consecuencias de pérdida de la cobertura coralina vs aumento de cobertura algal mencionadas en la sección “Comparación entre arrecifes”, que resultan en un aparente cambio en la constitución biológica de Bajo de 10, derivada por alteraciones aún no definidas. Tal grupo se caracteriza por compartir 10 sinapomorfias que se dividen en 8 especies de pequeños ofiuroideos (diámetro del disco < 1 cm) y 2 pequeñas especies de pepinos de mar ápodos (longitud < 2 cm) (Tabla 5). Al igual que para las especies unificadoras del grupo anterior, las especies del grupo III se encuentran asociadas a esponjas y/o a la cama algal adherida al sustrato rocoso del arrecife o entre los pastos marinos presentes en las lagunas arrecifales; siendo principalmente detritívoros y suspensívoros. De acuerdo a los registros de la Tabla 7, se considera que *Ophiolepis impressa*, *Amphiodia pulchella*, *Amphipholis squamata*, *Amphiura stimpsoni*, *Synaptula hydriformis* y *Chiridota rotifera* presentan una distribución amplia dentro de la costa Atlántica Mexicana; sin embargo, *Ophiopsila riisei*, *Ophionereis olivacea*, *Amphiura palmeri* y *Ophiostigma siva* solo se han registrado para el área del Caribe Mexicano.

La idea de que el Arrecife Alacranes se encuentre emparentado con Arrecife Serpiente se debe a la presencia de las 10 especies mencionadas. El Arrecife Alacranes presenta 34 autapomorfías que podrían ser explicadas desde cuatro principios: en primer lugar, mayor “esfuerzo de muestreo”, y periodos de muestreo intensivos (el primer y segundo muestreo fueron de 7 y 15 días seguidos, respectivamente); en segundo lugar, debe considerarse que el Arrecife Alacranes es un Área Natural Protegida, por lo que las diversas artes de pesca y de entrada al Parque se encuentran reguladas, lo que disminuye las perturbaciones originadas por influencia humana (situación contraria a los arrecifes de Sisal), de acuerdo al diagnóstico ambiental de Jordán-Dahlgren (2004), acerca de la condición de los arrecifes del Golfo de México, en general, los arrecifes del Banco de Campeche no se encuentran tan afectados como los del sur del Golfo de México (estado de Veracruz), por lo que la “salud” del ecosistema seguramente tiene una influencia positiva en la diversidad de biotopos del sistema arrecifal y de los organismos asociados a ellos; en tercer lugar, el Arrecife Alacranes se encuentra

aproximadamente a 140 km del puerto más cercano, lo que ayuda a regular de forma natural la presencia de embarcaciones; y por último, tenemos la diferencia de superficie entre los arrecifes estudiados, siendo el área del Arrecife Alacranes poco más de 3 millones de veces mayor que los arrecifes de Sisal. El Arrecife Alacranes incluye un complejo sistema arrecifal con áreas de pasto marino y algas, de coral, rocosas y arenales, dentro de zonas costeras, lagunas costeras y zonas sublitorales. La complejidad del sistema podría explicarse a través del “Efecto del área geográfica” (Ruggiero, 2003) el cual sugiere que “a medida que el área incrementa, aumenta el número de hábitats, y esto a su vez promueve un incremento en la riqueza de especies”.

IX. CONCLUSIONES

Los arrecifes Bajo de 10, Madagascar, Serpiente y Alacranes localizados en el estado de Yucatán, presentan un elenco taxonómico representado por 70 taxa de equinodermos: 5 especies de estrellas de mar, 43 especies y 1 taxón de ofiuroides, 10 especies de erizos de mar, y 10 especies, más 1 taxón de pepinos de mar. De las especies encontradas, se establecen 32 nuevos registros de equinodermos para el estado de Yucatán, 52 nuevos registros para el Arrecife Alacranes y 4 nuevos registros para el Atlántico Mexicano.

Se concluye que, aunque existen características ambientales relativamente homogéneas entre los arrecifes de Sisal (Bajo de 10, Madagascar y Serpiente), tales como la temperatura del agua, la influencia de la misma corriente, impulsada por las mismas direcciones de viento y rangos de profundidad semejantes; también existen características que los diferencian entre sí, como el área arrecifal, mayores áreas con rangos batimétricos específicos, cercanía a la costa y orientación de los frentes arrecifales. Tales características podrían influenciar las diferencias encontradas entre los valores de descripción comunitaria derivados del presente estudio. No obstante, la diferencia entre tales valores también se encuentra influenciada por el esfuerzo de muestreo realizado en cada arrecife y por la complejidad de los biotopos asociados a ellos. El Arrecife Alacranes presentó el valor más alto de riqueza específica.

Los resultados obtenidos del Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) indican que los equinodermos de los 4 arrecifes estudiados del estado de Yucatán, presentan un patrón de distribución anidado, por lo que son parte de una misma región zoogeográfica. Mientras que, los tres grupos mostrados en el cladograma resultado del PAE no son unidades bióticas independientes y la distribución de la riqueza puede explicarse mejor por el gradiente de área y por las alteraciones de los sistemas coralinos.

El presente estudio demuestra que la fauna de equinodermos de cuatro arrecifes de la Plataforma Continental del estado de Yucatán es diversa y que además contiene elementos característicos de dos diferentes subprovincias biogeográficas (Golfo de México y Mar Caribe), incluyendo especies comerciales como el pepino de mar *Isostichopus badionotus*, lo que permite reconocer al área como una zona de interés biogeográfico.

Se propone realizar estudios futuros que ayuden a completar el listado de especies de equinodermos que habitan los arrecifes de la Plataforma Continental del estado de Yucatán, algunos de los cuales tienen una alta diversidad biológica. Además, se reconoce la necesidad de profundizar en el conocimiento de la riqueza y distribución de equinodermos del Atlántico Mexicano, así como la necesidad de validar la naturaleza de las evidentes alteraciones que afectan la "salud" de los arrecifes Bajo de 10, Madagascar y Serpiente.

X. LITERATURA CITADA

- Abascal A.J., Sheinbaum J., Candela J., Ochoa J. & Badan A. (2003) Analysis of flow variability in the Yucatan Channel. *Journal of Geophysical Research*, 108, 11, 1-18.
- Acosta-González, G. (2005) *Caracterización del hábitat arrecifal: hacia el desarrollo de SIGs en sistemas coralinos*. Tesis de Maestría. CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional, México, pp. 100.
- Adler, P.B. & Lauenroth, W.K. (2003) The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecology Letters*, 6, 749-756.
- Allaby, M. (1999) *A dictionary of zoology*. Oxford University Press, U.S.A., pp. 704.
- Aldana-Aranda, D. (2001) Reproductive patterns of *Strombus gigas* from two different reef systems: Banco Chinchorro and Alacranes of Mexico. In: *Proceedings of the 54th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Providenciales, Turks and Caicos Islands*.
- Ardisson, P.L., Duran, J.J., Canela, J. y Aguirre, L.A. (1996) Programa de manejo del Parque Marino Arrecife Alacranes. Instituto Nacional de Ecología (INE)/Coordinación Nacional del Programa Nacional de Apoyo para las Empresas de Solidaridad/CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, pp. 96.
- Arias-González, J.E., González-Salas, J.C., Membrillo-Venegas, N. & Nuñez-Lara, E. (1999) The relationship between fish and reefs in the Alacranes reef, Yucatan, Mexico: a study case for the management of coral reef resources. *First Biennial IASI Science Meeting*.
- Arita, H.T. y Rodríguez, P. (2003) Ecología geográfica y macroecología. En: Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J.J., Eds. *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 277.
- Aronson, R.B. (1987) Predation on fossil and recent ophiuroids. *Paleobiology*, 13, 187-192.
- Aronson, R.B. (1988) Palatability of five Caribbean ophiuroids. *Bulletin of Marine Science*, 43, 93-97.
- Aronson, R.B. (1991) Predation, physical disturbance, and sublethal arm damage in ophiuroids: A Jurassic-Recent comparison. *Marine Ecology Progress Series*, 74, 91-97.
- Aronson, R.B. (1992) The effects of geography and hurricane disturbance on a tropical predator-prey interaction. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 162, 15-33.
- Aronson, R.B. (1993) Hurricane effects on backreef echinoderms of the Caribbean. *Coral Reefs*, 12, 139-142.
- Aronson, R.B., & Ellner, S.P. (2007) Species turnover on coral reefs: A probabilistic approach. In: Aronson, R.B. (Ed). *Geological Approaches to Coral Reef Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Aronson, R.B. & Harms, C.A. (1985) Ophiuroids in a Bahamian saltwater lake: the ecology of a Paleozoic-like community. *Ecology*, 66, 1472-1483.
- Aronson, R.B. & Precht, W.S. (2001) Applied paleoecology and the crisis on Caribbean coral reefs. *Palaios*, 16, 195-196.
- Aronson, R.B., Precht, W.F., Macintyre, I.G. & Murdoch, T.J.T. (2000) Coral bleach-out in Belize. *Nature*, 405, 36.
- Babcock, R. & Smith, L. (2000) Effects of sedimentation on coral settlement and survivorship. *Proceedings of the Ninth International Coral Reef Symposium*, 1, 245-248.
- Bell, G. (1982) *The masterpiece of nature. The evolution and genetics of sexuality*. Croom Helm Ltd. London.
- Bernardino-Cúcio, A.C. (2007) *Descrição das comunidades de corais dos recifes de Sisal, Banco de Campeche, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidade Lusófona. UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Portugal-México, pp. 94.
- Birkeland, C. (1988) The influence of echinoderms on coral-reef communities. In: Jangoux, M. & Lawrence, J.M., Eds. 1989. *Echinoderm Studies 3*. A.A. Balkema. Rotterdam. Brookfield, pp. 383.
- Bonet, F. (1967) Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán. *Boletín del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 80, 1-191.
- Borrero-Pérez, G.H., Benavides-Serrato, M., Solano, O.D., Navas, G.R. (2002) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) colectados en la franja superior del talud continental del Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 31, 133-166.

- Bravo-Tzompantzi, D., Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A., Abreu-Pérez, A. y Durán-González, A. (1999) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 10, 11, 43-72.
- Brulé, T., Renán, X., Colás-Marrufo, T., Hauyon, Y., Tuz-Sulub, A.N. & Déniel, C. (2003) Reproduction in the protogynous black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey) from the Southern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 101, 463-475.
- Bunge, L., Ochoa, J., Badan, J., Candela, J. & Sheinbaum, J. (2002) Deep flows in the Yucatan Channel and their relation to changes in the Loop Current extensión. *Journal of Geophysical Research*, 107, 26, 1-7.
- Candela, J., Sheinbaum, J., Ochoa, J. & Badan, A. (2002) The potential vorticity flux through the Yucatan Channel and the Loop Current in the Gulf of Mexico. *Geophysical Research Letters*, 29, 16, 1-4.
- Capurro, L. (1969) La circulación oceánica del Golfo de México. *En: Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía*, México, 3-12.
- Carranza-Edwards, A. (2004) Consideraciones ambientales del litoral en el Golfo de México. *Apuntes del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. México.
- Carruthers Fegurson, J. (1969) Feeding activity in *Echinaster* and its induction with dissolved nutrients. *The Biological Bulletin*, 136, 374-384.
- Caso, M.E. (1955) Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. 2. Algunas especies de holoturoideos litorales de la costa Atlántica mexicana. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 26, 2, 501-525.
- Caso, M.E. (1976) El estado actual del estudio de los equinodermos de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 3, 1, 1-56.
- Caso, M.E., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Ortega-Salas, A., Durán-González, A. (1994) Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 21, 1-2, 67-85.
- Caso, M.E. (1996a) Las especies del género *Luidia* Forbes y *Astropecten* Gray del Caribe Mexicano, colectadas en las campañas oceanográficas PROIBE II-III-IV-V a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 22, 1, 1-25.
- Caso, M.E. (1996b) III Asteroideos del Caribe mexicano colectados en las campañas oceanográficas PROIBE II-III-IV-V a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Publicaciones Especiales*, 22, 1, 27-57.
- CINVESTAV (Centro De Investigación y De Estudios Avanzados del IPN) (1988) Propuesta preliminar de manejo del Arrecife Alacranes como área estatal protegida. Documento interno CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, pp. 24.
- Chávez, E.A., Hidalgo, E. & Izaguirre, M.A. (1985) A comparative analysis of Yucatan coral reefs. *In: Proc. of the Fifth International Coral Reef Congress*. Tahiti, 1985, 6, 355-361.
- Clark, A.H. (1948) Some interesting starfishes and brittle-stars dredged in the mid-Atlantic. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 38, 2, 75-78.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. Primer-E: Plymouth. pp. 171.
- Contreras-Medina, R. (2006) Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*, 31, 3, 176-182.
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios): www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/antecedentes_en_mexico
- Crisci, J.V., Katinas, L. y Posadas, P. (2000) Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica. *Sociedad Argentina de Botánica*. Buenos Aires, Argentina, pp. 169.
- Dahlgren, E.J. (1993) El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, México, D.F., 44, 157-175.
- Deichmann, E. (1930) The Holothurians of the western part of the Atlantic Ocean. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*. Harvard College, 71, 3.
- De La Cruz-Agüero, Martínez-Osegueda, G. y Muñoz-Chagúin, R.F. (1993) Propuesta de zonación del

- Arrecife Alacranes. CINVESTAV-Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, pp. 73.
- De la Fuente-Betancourt, M.G., De Jesús, A., Sosa-Cordero, E. & Herrero-Pérezrul, M.D. (2001) Assesment of the sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) as potential fishery resource in Banco Chinchorro, Quintana Roo, México. *Bulletin of Marine Science*, 68, 1, 59-67.
 - De la Lanza-Espino, G. (comp.) (1991) *Oceanografía de los Mares Mexicanos*. México, pp. 569.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 7 junio 2000.
 - Donachy, J.E. & Watabe, N. (1986) Effects of salinity and calcium concentration on arm regeneration by *Ophiothrix angulata* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Marine Biology*, 91, 253-257.
 - Downey, M.E. (1973) *Starfishes from the Caribbean and Gulf of Mexico*. Smithsonian Institution Press, 126. Washington, pp. 158.
 - Durán-González, A., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Buitrón Sánchez, B.E., Gust Ahearn, C y Torres-Vega, J. (2005) Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 53, 3, 53-68.
 - Emson, R.H. & Wilkie, I.C. (1980) Fission and autotomy in echinoderms. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review*, 18, 155-250.
 - Enriquez, C., Mariño-Tapia, I.J. & Herrera-Silveira, J.A. (2010) Dispersion in the Yucatan coastal zone: Implications for red tide events. *Continental Shelf Research*, 30, 127-137.
 - Escalante Espinosa, T. y Morrone J.J. (2003) ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos?. *En: Morrone, J.J. y Llorente Bousquets, J. 167-172 pp.*, Eds. *Una perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM, México, D. F, pp. 307.
 - Farris, J.S. (1989) The retention index and homoplasy excess. *Systematic Zoology*, 38, 406-407.
 - Felder, D.L. & Camp, D.K. (2009) *Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota: Volume I, Biodiversity*. Harte research Institute for Gulf of Mexico studies Series, Hardcover. Texas A&M University Press, pp. 1393.
 - Ferrere-D'Amare, A.R. (1985) Corals Reefs of the Mexican Atlantic: A review. *In: Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*, Tahiti, 6, 349-354.
 - Fosberg, F.R. (1962) A brief study of the cays of arrecife Alacranes, Mexican atoll. *Atoll Research Bulletin*, 93, 1-25.
 - Franco-López, J., De la Cruz, G., Cruz, A., Rocha, A., Navarrete, N., Glores, G., Kato, E., Sánchez, S., Abarca, L.G. y Bedia, C.M. (2001) *Manual de ecología*. 2° ed. Editorial Trillas, México, pp. 266.
 - Freeman, S.M., Richardson, C.A., & Seed, R. (2001) Seasonal abundance, spatial distribution, spawning and growth of *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53, 1, 39-49.
 - Garcés-Solchaga, P.J. (2008) *Identificación taxonómica de echinodermos del Golfo de México, Caribe y Pacífico Mexicano (Clases: Ophiuroidea y Holothuroidea)*. Tercer Coloquio Estatal de Jóvenes Talentos en la Investigación. Acapulco, Guerrero, México.
 - García, E. (1987) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Talleres de Offset Larios, 4a. Ed, pp. 217.
 - Gardner, T.A., Côte, I.M., Gill, J.A., Grant, A. & Watkinson, A.R. (2003) Long-term region-wide declines in Caribbean coral. *Science*, 301, 958-960.
 - Glynn, P.W. (1973) Ecology of a Caribbean coral reef. The Porites reef-flat biotope: Part I. Meteorology and hydrography. *Marine Biology*, 20, 297-318.
 - Goboloff, P. 1999. NONA, versión 2.0. Publicado por el autor. San Miguel de Tucumán.
 - Google Earth (2010) Microsoft Windows (5. 1. 2600.3). DirectX 9.
 - González-Azcárraga, A. (2009) *Estructura de las asociaciones y diversidad morfológica de erizos de mar (Echinoidea) en los Parques Nacionales Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecifes de Cozumel, México*. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Uiversidad Nacional Autónoma de México, pp. 82.
 - González G, D.N., Solano P, O.D., Navas S, G.R. (2002) Equinodermos colectados por la expedición CIOH-INVEMAR-SMITHSONIAN desde Cartagena hasta el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. *Boletín de*

- Investigaciones Marinas y Costeras*, 31, 85-132.
- González-Gándara, C. y Arias-González, J.E. (2001) Nuevos registros de peces en el Arrecife Alacrán, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 49, 1-2.
 - González-Gándara, C. y Arias-González, J.E. (2004) Los pomacéntridos del arrecife Alacranes, Yucatán, México: composición, distribución y abundancia. *Revista de Investigación Marina*, 25, 3, 321-239.
 - González G, D.N., Solano P, O.D., Nava S, G.R. (2002) Equinodermos colectados por la expedición CIOH-INVERMAR-SMITHSONIAN desde Cartagena hasta el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 31, 85-132.
 - González-Salas, C.F. (1998) *Distribución y abundancia de las asociaciones de peces arrecifales en el sistema lagunar del Arrecife Alacranes, Yucatán México*. Tesis de Maestría. CINVESTAV-Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, pp 53.
 - Haeckel, E. (1898) *Kunst-Formen der Natur*. Verlag des Bibliographisches Initutits, pp. 400.
 - Hasbun, C.R. & Lawrence, A.J. (2002) An Annotated description of shallow water Holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) from Cayos Cochinos, Honduras. *Revista Biología Tropical*, 50, 2, 669-678.
 - Hendler, G.L. (1973) *Northwest Atlantic amphiuroid brittle stars, Amphioplus abditus (Verrill), Amphioplus macilentus (Verrill), and Amphioplus sepultus n. sp. (Ophiuroidea: Echinodermata): systematics, zoogeography, annual periodicities, and larval adaptations*. PhD Dissert., Univ. of Connecticut. Pp. 255. In: Jangoux, M. y J. M Lawrence, Eds. 1982. Echinoderm Nutrition. A. A. Balkema Publishers. Rotterdam, pp. 654.
 - Hendler, G. (1982) The feeding biology of *Ophioderma brevispinum* (Ophiuroidea: Echinodermata). International Echinoderms Conference, Tampa Bay: 21-27. In: Lawrence, J.M., Ed. 1982. *Echinoderms: Proceedings of the International Conference, Tampa Bay, 14-17 september 1981*. A. A. Balkema. Rotterdam, pp. 529.
 - Hendler, G. (1984) The association of *Ophiothrix lineata* and *Callyspongia vaginalis*: a brittlestar-sponge cleaning symbiosis? P.S.Z.N. I, *Marine Ecology*, 5, 9-27.
 - Hendler, G. & Littman, B.S. (1986) The ploys of sex: relationships among the mode of reproduction, body size and habitats of coral-reef brittlestars. *Coral Reefs*, 5, 31-42.
 - Hendler, G. & Miller, J. (1984) *Ophioderma devaneyi* and *Ophioderma ensiferum*, new brittlestar species from the Western Atlantic (Echinodermata: Ophiuroidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 97, 2, 442-461.
 - Hendler, G., Miller, J.E., Pawson, D.L. & Kier, P.M. (1995) *Sea stars, sea urchins, and allies*. Smithsonian Institution Press. Washington and London, pp. 390.
 - Hernández-Herrejón, L.A., Solís-Marín, F.A. y Laguarda-Figueras, A. (2008) Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 83-167.
 - Hildebrand, H.H., Chávez, H., y Compton, H. (1964) Aporte al conocimiento de los peces del arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Ciencia*, 23, 3, 107-134.
 - Hill, S.K. & Lawrence, J.M. (2003) Habitats and characteristics of the sea urchins *Lytechinus variegatus* and *Arbacia punctulata* (Echinodermata) on the Florida Gulf-Coast shelf. *Marine Ecology*, 24, 1, 15-30.
 - Hughes, T.P. (1994) Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265, 1547-1551.
 - Hughes, R.N. & Cancino, J.M. (1985) An ecological overview of cloning in metazoa. In: Jackson, J.B.C., Buss, L.W. & Cook, R.E., Eds. *Population biology and evolution of clonal organisms*. Yale University Press, New Haven, 153-186.
 - Irving, A.D. & Connell, D. (2002) Sedimentation and light penetration interact to maintain heterogeneity of subtidal habitats: algal versus invertebrate dominated assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 245, 83-91.
 - Jangoux, M. (1982) Food and feeding mechanisms: Asteroidea. In: Jangoux, M. & Lawrence, J.M, Eds. *Echinoderm Nutrition*. A. A. Balkema, Rotterdam. 15, 654 pp.
 - Jaquemet, S. & Conand, C. (1999) The Bêche-De-Mer trade in 1995/1996 and an assessment of exchanges between main world markets. *Bêche-De-Mer Information Bulletin, SPC*, 12, 11-14.

- Jordán-Dahlgren, E. (2004) Los arrecifes coralinos del Golfo de México: Caracterización y diagnóstico. *En*, Caso, M., Pisanty y Ezcurra, Eds. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*, 555-71, México. D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Kampfer, S. & Ott, J.A. (1995) Nutrition and feeding preferences in the Caribbean echinoid *Clypeaster rosaceus* (Echinodermata: Echinoidea), 309-313. *In*: Eleftheriou, Ed. *Biology and Ecology of Shallow Waters*. Olsen & Olsen, Copenhagen.
- Kerr, A.M., Netchy, K. & Gawel, A.M. (2006) *Survey of the shallow-water sea cucumbers of the central Philippines*. University of Guam marine Laboratory Technical Report 119. pp. 56.
- Knudsen, J.W. (1966) *Biological techniques: collecting, preserving and illustrating plants and animals*. Harper & Row Publishers Inc., New York, pp. 525.
- Kornicker, L.S., Bonet, F., Cann, R. & Hoskin, C.M. (1959) Alacran reef complex. Campeche Bank, Mexico. University of Texas (Austin). *Institute of Marine Science Publications*, 6, 1-22.
- Krebs, C.J. (1989) *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York, pp. 654.
- Kritzer, J.P. & Sale, P.F. (2004) Metapopulation ecology in the sea: From Levin's model to marine ecology and Fisheries Science. *Fish and Fisheries*, 5, 2, 131-140.
- Krohne, D.T. (2001) *General Ecology*. 2° Ed. Brooks/Cole, pp. 512.
- Laguarda-Figueras, A. (2001) Informe final del proyecto S091 Equinodermos del Caribe de México: Puerto Morelos, Quintana Roo. CONABIO. En Línea : <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/infS091.pdf>
- Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A., Hernández-Pliego, P. y Valle-García, R. (2001) Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 14, 7-46.
- Laguarda-Figueras, A., Torres-Vega, J., Solís-Marín, F.A., Mata-Pérez, E., Durán-González, A. y Abreu-Pérez, M. (2002) Los asteroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 15, 1-8.
- Laguarda-Figueras, A., Abreu-Pérez, M., Torres-Vega, J., Solís-Marín, F.A. y Durán-González, A. (2004) Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 17, 13-34.
- Laguarda-Figueras, A., Gutiérrez-Castro, A.I., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A. y Torres-Vega, J. (2005a) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 53, 3, 69-108.
- Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Durán González, A., Gust Ahearn, C., Buitrón Sánchez, B.E. y Torres-Vega, J. (2005b) Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 53, 3, 109-122.
- Laguarda-Figueras, A., Hernández-Herrejón, L.A., Solís-Marín, F.A., y Durán-González, A. (2009) *Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México*. CONABIO. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp 249.
- Lara, M., Jacome, L. y Padilla, C. (1995) Caracterización de la comunidad de los equinodermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano. *Resumen XIII Congreso Nacional de Zoología*, Morelia, Michoacán, México, pp. 65.
- Levitan, D.R. (1988) Algal-urchin biomass responses following mass mortality of *Diadema antillarum* Philippi at Saint John, U.S. Virgin Islands. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 119, 167-178.
- Logan, B.W. (1961) Coral reefs and Bank: Yucatan Shelf, Mexico. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 2, 129-198.
- Logan, B.W. (1969) Part 2: Coral reefs and banks, Yucatan Shelf, Mexico (Yucatan Reef Unit). In Logan, B.W., Harding, J.L., Ahr, W.M., Williams, J.D. & Snead, R.S., Eds. *Carbonate Sediments and Reefs, Yucatan Shelf, Mexico*. Snead, 129-98. AAPG Memoir 11. Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologists.
- Logan, B.W., Harding, J.L., Alin, W.M., Williams, J. D. & Snead, R.S. (1969) Carbonate sediments and reefs, Yucatan Shelf Mexico. Part 1 and 2. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 11, 189.

- Martínez, M.A. (1989) Holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) de la región nororiental de Venezuela y algunas dependencias federales. *Boletín Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná*, 28, 105-112.
- Martínez, O.E. (1989) *Estudio comparativo de los escleractíneos de sotavento y barlovento del arrecife Alacranes*. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. Estación de Investigación Oceanográfica de Campeche, pp. 18.
- Martínez-Guzmán, L.A. y Hernández-Aguilera, J.L. (1993) Crustáceos estomatópodos y decápodos del Arrecife Alacrán, Yucatán. *En: Salazar-Vallejo, S.I. y González, N.E., Eds. Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México, 609-629.
- Masselink, G. & Hughes, M. (2003) Coral Reefs and Islands. *In: Masselink, G. & Hughes, M., Eds. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Oxford University Press: London, pp. 282-306.
- McClanahan, T.R. (1999) Predation and the control of the sea urchin *Echinometra viridis* and fleshy algae in the patch reefs of Glovers Reef, Belize. *Ecosystems*, 2, 511-523.
- McClanahan, T.R. & Kurtis, J.D. (1991) Population regulation of the rock-boring sea urchin *Echinometra mathaei* (de Bainville). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 147, 121-146.
- McClanahan, T.R. & Shafir, S.H. (1990) Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia*, 83, 362-370.
- McGovern, T.M. (2002) Sex-ratio bias and clonal reproduction in the brittle star *Ophiactis savignyi*. *Evolution*, 56, 3, 511-517.
- Membrillo-Venegas, N. (1999) *Descripción de los paisajes arrecifales en la laguna del Arrecife Alacranes, Yucatán, México*. Tesis de Maestría. CINVESTAV, IPN. México, pp. 100.
- Mindell, E. (1998) *The supplement bible*. New York, New York: Simon and Schuster, pp. 284.
- Mladenov, P.V. & Emson, R.H. (1988) Density, size structure and reproductive characteristics of fissiparous brittle stars in algae and sponges: evidence for interpopulational variation in levels of sexual and asexual reproduction. *Marine Ecology*, 42, 181-194.
- Mladenov, P.V., Emson, R.H., Colpitts, L.V. & Wilkie, I.C. (1983) Asexual reproduction in the West Indian brittle star *Ophiocomella ophiactoides* (H. L. Clark) (Echinodermata: Ophiuroidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 72, 1-23.
- Moore, H.B., Jutare, T., Bauer, J.C. & Jones, J.A. (1963) The biology of *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science of Gulf and Caribbean*, 13, 1, 23-53.
- Mora-Olivo, A., Villaseñor, J.L., Luna-Vega, I. y Morrone, J.J. (2008) Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el Estado de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 435-448.
- Morrone, J.J. & Crisci, J.V. (1995) Historical biogeography: Introduction to methods. *Annual Review Ecology and Systematics*, 26, 373-401.
- Morrone, J.J. y Escalante, T. (2009) *Diccionario de biogeografía*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 230.
- Mortensen, T.H. (1928) *A monograph of the Echinoidea. I. Cidaroida*. Copenhagen, C. A. Reitzel. London, Humphrey Milford, pp 551.
- Mortensen, T.H. (1940) *A monograph of the Echinoidea. III. 1 Aulodonta with additions to vol. II (Lepidocentroida and Stirodonta)*. Copenhagen, C. A. Reitzel, pp. 366.
- Mortensen, T.H. (1935) *A monograph of the Echinoidea. II. Bothriocidaroida, Melonechinoida, Lepidocentroida, and Stirodonta*. Copenhagen, C. A. Reitzel. London, Humphrey Milford, pp 647.
- Mortensen, T.H. (1943) *A monograph of the Echinoidea. III. 2 Camarodonta I. Orthopsidae, Glyphocyphidae, Temnopleuridae and Toxopneustidae*. Copenhagen, C. A. Reitzel, pp. 553.
- Mortensen, T.H. (1943) *A monograph of the Echinoidea. III. 3 Camarodonta II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Parasalenidae, Echinometridae*. Copenhagen, C. A. Reitzel, pp. 446.
- Mortensen, T.H. (1948) *A monograph of the Echinoidea. IV. 2 Clypeastroidea. Clypeastridae, Arachnoididae, Fibulariidae, Laganidae and Scutellidae*. Copenhagen, C. A. Reitzel, pp. 471.
- Murguía, M. y Rojas, F. (2003) Biogeografía cuantitativa. *En: Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J.J., Eds. Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las

- Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 277.
- Nixon, K.C. (2002) WinClada, ver. 1.00.08. Ithaca. www.cladistics.com/about_winc.htm
 - Ortigosa-Gutiérrez, J.D. (2009) *Biogeografía de moluscos opisthobranchios de Yucatán, México*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, pp. 97.
 - Ortiz, M.A., Valverde, C. & Psuty, N.P. (1996) The impacts of sea-level rise and economic development on the low-lands of the Mexican Gulf Coast. In: Botello, A.V., Rojas-Galaviz, J.L., Benítez, J. & Zárate-Lomelí, D., Eds. *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias, EPOMEX, Serie científica 5*. Universidad Autónoma de Campeche, pp. 459-470.
 - Ortiz, M. y De la Lanza-Espino, G. (2006) *Descripción regional de la zona costera: diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
 - Pacheco-Vázquez, J.J. (2008) *Identificación taxonómica de Echinodermos del Golfo de México, Caribe y Pacífico Mexicano (Clases: Asteroidea y Echinoidea)*. Tercer Coloquio Estatal de Jóvenes Talentos en la Investigación. Acapulco, Guerrero, México.
 - Paul, C.R.C & Smith, A.B. (1988) *Echinoderm phylogeny and evolutionary biology*. Oxford Science Publications. Liverpool Geological Society, pp. 373.
 - Pawson, D.L. (1986) Phylum Echinodermata, pp. 522-541 In: Sterrer, W., Ed. *Marine Fauna and Flora of Bermuda: A Systematic Guide to the Identification of Marine Organisms*. John Wiley and Sons, New York, NY.
 - Pawson, D. (2007) Phylum Echinodermata. *Zootaxa*, 1668, 749-764.
 - Pawson, D.L & Pawson, D.J. (2008) An illustrated key to the sea cucumbers of the South Atlantic bight. Southeastern Regional Taxonomic Center, South Carolina Department of Natural Resources, Charleston, South Carolina. Smithsonian Institution, pp. 37.
 - Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes (2006) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), México, pp. 168.
 - Reimer R.D. & Reimer, A.A. (1975) Chemical control of feeding in four species of tropical ophiurids of the genus *Ophioderma*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 51A, 915-927.
 - Rice, W.H. & Kornicker, L.S. (1962) Mollusks of Alacranes reef Campeche Bank, Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci.* University of Texas, 8, 366-405.
 - Ríos, V. (2001) Estimación de densidades y distribución de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el arrecife Alacranes en los Años 1997-1999 con Aplicación de Sistemas de Información Geográfica. In: *Proceedings of the 54th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Providenciales, Turks and Caicos Islands*.
 - Ríos-Jara, E., Galván-Villa C.M. y Solís-Marín, F.A. (2008) Equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 131-141.
 - Rivas-Solís, W.R.S. (1990) *Estructura de la comunidad bentónica de la parte sur del arrecife Alacranes, Yucatán, México*. Tesis de Maestría. CINVESTAV, Unidad Mérida-IPN, pp. 88.
 - Roberts, D., Gebruk, A., Levin, V. & Manship, B.A.D. (2000) Feeding and digestive strategies in deposit-feeding Holothurians. In: Gibson, R.N. & Barnes, M., Eds. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. Taylor & Francis, 38, 257-310.
 - Rodríguez-Gil, L.A. (2001) Puestas de masas de huevos del caracol marino *Strombus gigas* usando encierros en el Parque Nacional de Arrecife de Alacranes, Península de Yucatán, México. En: *Proceedings of the 54th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Providenciales, Turks and Caicos Islands*.
 - Rodríguez-Zaragoza, F.A. & Arias-González, J.E. (2008) Additive diversity partitioning on reef fishes across multiple spatial scales. *Caribbean Journal of Science*, 44,1, 90-101.
 - Romanou, A., Chassignet, E.P. & Sturges, W. (2004) Gulf of Mexico circulation within a high-resolution numerical simulation of the North Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 19, 1-25.
 - Rosen, B.R. (1988) From fossils to earth history: applied historical biogeography. In: Myers, A.A. & Giller, P.S., Eds. *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman and Hall, Londres, 437-481.
 - Ruggiero, A. (2003) Interacciones entre la biogeografía ecológica y la macroecológica: aportes para comprender los patrones espaciales en la diversidad biológica. En: Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J.J., Eds. *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*.

- Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 277.
- Salas de León D.A. y Monreal-Gómez, M.A. (1997) Mareas y circulación residual en el Golfo de México. Contribución a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. *Unión Geofísica Mexicana*, 10, 201-223.
 - Salazar-Vallejo, S.I. (1993) Zonas arrecifales. Estudio de caso. En: Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R., Eds. *Proyecto de Evaluación de Áreas Naturales Protegidas de México*. SEDESOL, México.
 - Salazar-Vallejo, S.I. (2000) Biogeografía Marina del Gran Caribe. *Interciencia*, 25, 1, 7-12.
 - Samyn, Y. & Tallon, I. (2005) Zoogeography of the shallow-water holothuroids of the western Indian Ocean. *Journal of Biogeography*, 32, 1523-1538.
 - Secretaría de Marina (2008) <http://www.semar.gob.mx/digaohm/oceanografia/oceanografia.htm>
 - SEMAR. Carta náutica general de Tampico a Progreso. [S. M. 800] (2006) Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, Secretaría de Marina de México.
 - Serafy, D.K. (1970) A new species of *Clypeaster* from the Gulf and Caribbean and a key to the species in the Tropical Northwestern Atlantic (Echinodermata: Echinoidea). Biological Results of the University of Miami Deep-Sea Expedition 58. *Bulletin of Marine Science*, 20, 1, 662-677.
 - Sides, E.M. (1981) Aspects of space utilization in shallow-water brittle-stars (Echinodermata, Ophiuroidea) of Discovery Bay, Jamaica. Ph D. dissertation. University of the West Indies, Mona, Jamaica. In: Aronson, R.B. (1991) Predation, physical disturbance, and sublethal arm damage in ophiuroids: A Jurassic-Recent comparison. *Marine Ecology Progress Series*, 74, 91-97.
 - Solís-Marín, F.A., Herrero-Pérezrul, M.D., Laguarda-Figueras, A. y Torres-Vega, J. (1993) Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata) En: González, N.E., Ed. *Biodiversidad Marina y Costera*, CONABIO y CIQRO, D. F. México, pp. 865.
 - Solís-Marín, F.A. y Laguarda-Figueras, A. (1997) Historia de la sistemática de los equinodermos: de Ostrakoderma a Echinodermata. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología. *Revista Quetzal*, 7, 13-15.
 - Solís-Marín, F.A. y Laguarda-Figueras, A. (1998) Los equinodermos de México. *Biodiversitas*, CONABIO 18, 2-7.
 - Solís-Marín, F.A., Herrero-Pérezrul, M.D. & Laguarda-Figueras, A. (1998) New records of the lagoon reef holothurians of Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. In: Mooi, R. & Telford, M., Eds. *Proceedings of the 9th International Echinoderm Conference*. California Academy of Sciences. San Francisco, Calif. U.S.A, pp. 524.
 - Solís-Marín, F.A. y Mata-Pérez, E. (1999) Curso-Taller, Taxonomía de Equinodermos. Manual inédito, pp. 88.
 - Solís-Marín, F.A., Reyes-Bonilla, H., Herrero-Pérezrul, M.D., Arizpe-Covarrubias, O. y Laguarda-Figueras, A. (1997) Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz. *Ciencias Marinas*, 23, 2, 249-263.
 - Sousa, W.P. (1979) Disturbance in marine boulder fields: the nonequilibrium maintenance of species diversity. *Ecology*, 60, 1225-1239.
 - Southwood, T.R.E. (1991) *Ecological Methods*. Chapman & Hall. 3d Edition, pp. 524.
 - Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. (2000) *Ecological Methods*. 3th Ed. Blackwell Publishing. USA, pp. 575.
 - Stancyk, S.E. & Shaffer, P.L. (1977) The salinity of *Ophiothrix angulata* (Say) (Echinodermata: Ophiuroidea) in latitudinally separate populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 29, 35-43.
 - StatSoft, Inc. (2001) STATISTICA (data analysis software system). version 6.0 www.statsoft.com.
 - Tainá de Souza, A. & Medeiros, P.R. (2007) *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata, Toxopneustidae), covering behavior. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2, 3, 1.
 - Telford, M., Mooi, R. & Harold, A.S. (1987) Feeding activities of two species of *Clypeaster* (Echinoidea, Clypeasteroidea): further evidence of Clypeasteroid resource partitioning. *Biological Bulletin*, 172, 324-336.
 - Tertschnig, W.P. (1989) Diel activity patterns and foraging dynamics of the sea urchin *Tripneustes*

- ventricosus* in a Tropical seagrass community and a reef environment (Virgin Islands). *Marine Ecology*, 10, 1, 3-21.
- Toledo, V. (1994) La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. *Ciencias*, 34, 43-57.
 - Trujillo-Luna, B.R. y González-Vallejo, N.E. (2006) Equinodermos (Echinodermata) de la colección de referencia de bentos costero de ECOSUR. *Publicaciones Uciencia*, 22, 1, 83-88.
 - Tunnell, J.W. Jr. (1992) Natural versus human impacts to Southern Gulf of Mexico coral reef resources. In Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium (22-26 June 1992, Mangilao, Guam), Ed Richmond, R.H., Mangilao: University of Guam Press, 1,200-306. In: Tunnell, J.W. Jr., Chávez, E.A & Withers, K., Eds. (2007) *Corals Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. Texas University Press, pp. 360.
 - Tunnell, J.W., Rodríguez, A., Lehman, R.L. & Beaver, C.R. (1993) *An ecological characterization of the southern Quintana Roo coral reef system*. Center for Coastal Studies Texas A&M University Corpus Christi Texas, pp. 161.
 - Tunnell, J.W. Jr., Chávez, E.A & Withers, K. (2007) *Corals Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. Texas University Press, pp. 360.
 - Tupper, M., Tan, M.K., Tan, S.L., Radius, M.J., Abdullah, S. ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs [Online]. Available from: <http://www.reefbase.org>. Noviembre, 2010.
 - Valle García del, R., Solís-Marín, F.A., Abreu-Pérez, M., Laguarda-Figueras, A. y Durán-González, A. (2005). Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Revista de Biología Tropical*, 53, 3, 9-28.
 - Vázquez-Bader, A.R., Laguarda-Figueras, A., Gracia, A. & Solís-Marín, F.A. (2008) Seasonal changes in the diversity and species composition of the epifaunal echinoderms recorded from the southwestern Gulf of Mexico. *Revista Biología Tropical*, 56, 3, 297-310.
 - Verling, E, Crook, A.C. & Barnes, D.K.A. (2004) The dynamics of covering behavior in dominant Echinoid populations from American and European West coast. *Marine Ecology*, 25, 3, 191-206.
 - Waddell, B. & Pawlik, J.R. (2000). Defenses of Caribbean sponges against invertebrate predators. II. Assays with sea stars. *Marine Ecology Progress Series*, 195, 133-144.
 - Warner, G. (1982) Food and feeding mechanisms: Ophiuroidea. In: Jangoux, M. & Lawrence, J.M., Eds. *Echinoderm Nutrition*. A. A. Balkema Publishers. Rotterdam, pp. 654.
 - Whittaker, R.H. (1960) Vegetation of the Sikiyo Mountains, Oregon and California. *Ecology of Minnesota*, 30, 279-338.
 - Wilkinson, C. (2004) *Status of Coral Reefs of the World: 2004*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
 - Zarco-Perelló, S. (2009) *Descripción fisiográfica de los arrecifes de Sisal; y hábitats del arrecife Madagascar; Yucatán, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias. UNAM, pp. 104.

Apéndice 1. Relación de muestreos

Registro de los muestreos realizados en las zonas de pecios, pasto marino no arrecifal y en los arrecifes de estudio.

(B) Bajo de 10: se realizaron 11 buceos SCUBA diurnos. (M) Madagascar: se realizaron 11 buceos SCUBA diurnos. (S) Serpiente: se realizaron 5 buceos SCUBA diurnos. (P) Pecios y pasto marino no arrecifal: se realizaron 4 buceos SCUBA diurnos. (A) Arrecife Alacranes: se realizaron 18 buceos libre diurnos, 1 buceo libre nocturno, 27 buceos SCUBA diurnos, 5 buceos SCUBA nocturnos y 3 arrastres de trampas langostas.

Muestreo	Localidad	Ubicación	Tipo de muestreo	Profundidad	Fecha
B₁	Bajo de 10	N 21° 20' 53.7" O 90° 08' 53.0"	Buceo SCUBA	12 m	11/05/2009
B₂	Bajo de 10	N 21° 20' 34.8" O 90° 08' 34.5"	Buceo SCUBA	12 m	11/05/2009
B₃	Bajo de 10	N 21° 20' 46.1" O 90° 08' 23.0"	Buceo SCUBA	12.1 m	13/05/2009
B₄	Bajo de 10	N 21° 20' 48.6" O 90° 08' 31.3"	Buceo SCUBA	8.5 m	13/05/2009
B₅	Bajo de 10	N 21° 20' 49.7" O 90° 08' 52.1"	Buceo SCUBA	8 m	15/05/2009
B₆	Bajo de 10	N 21° 20' 52.8" O 90° 08' 58.1"	Buceo SCUBA	9 m	25/05/2009
B₇	Bajo de 10	N 21° 20' 27.5" O 90° 08' 26.0"	Buceo SCUBA	11 m	25/05/2009
B₈	Bajo de 10	N 21° 21' 06.6" O 90° 08' 55.8"	Buceo SCUBA	10 m	27/05/2009
B₉	Bajo de 10	N 21° 21' 07.9" O 90° 09' 08.3"	Buceo SCUBA	9 m	27/05/2009
B₁₀	Bajo de 10	N 21° 20' 37.1" O 90° 07' 54.7"	Buceo SCUBA	14.6 m	29/05/2009
B₁₁	Bajo de 10	N 21° 20' 51.2" O 90° 08' 07.1"	Buceo SCUBA	14.3 m	29/05/2009
M₁	Madagascar	N 21° 26' 27.9" O 90° 17' 35.1"	Buceo SCUBA	9.7 m	01/06/2009
M₂	Madagascar	N 21° 26' 27.9" O 90° 17' 33.9"	Buceo SCUBA	8.2 m	01/06/2009

M₃	Madagascar	N 21° 26' 27.2" O 90° 17' 32.0"	Buceo SCUBA	7.7 m	03/06/2009
M₄	Madagascar	N 21° 26' 25.4" O 90° 17' 28.6"	Buceo SCUBA	9.2 m	03/06/2009
M₅	Madagascar	N 21° 26' 24.9" O 90° 17' 19.8"	Buceo SCUBA	10 m	08/06/2009
M₆	Madagascar	N 21° 26' 23.2" O 90° 17' 11.9"	Buceo SCUBA	9.6 m	08/06/2009
M₇	Madagascar	N 21° 26' 21.2" O 90° 17' 03.3"	Buceo SCUBA	8.8 m	08/06/2009
M₈	Madagascar	N 21° 26' 18.9" O 90° 16' 50.5"	Buceo SCUBA	9.6 m	12/06/2009
M₉	Madagascar	N 21° 26' 03.3" O 90° 16' 56.8"	Buceo SCUBA	8.5 m	12/06/2009
M₁₀	Madagascar	N 21° 26' 17.2" O 90° 16' 39.8"	Buceo SCUBA	7.2 m	17/06/2009
M₁₁	Madagascar	N 21° 26' 31.2" O 90° 17' 43.4"	Buceo SCUBA	8.1 m	17/06/2009
<hr/>					
S₁	Serpiente	N 21° 26' 05.9" O 90° 26' 49.3"	Buceo SCUBA	11 m	08/09/2009
S₂	Serpiente	N 21° 26' 05.2" O 90° 27' 03.1"	Buceo SCUBA	12 m	08/09/2009
S₃	Serpiente	N 21° 26' 04.8" O 90° 27' 00.5"	Buceo SCUBA	12 m	08/09/2009
S₄	Serpiente	N 21° 26' 21.7" O 90° 28' 22.5"	Buceo SCUBA	11.5 m	22/09/2009
S₅	Serpiente	N 21° 26' 22.3" O 90° 28' 27.3"	Buceo SCUBA	9.5 m	22/09/2009
<hr/>					
P₁	Pecio 1	N 21° 11' 12.4" O 90° 01' 38.2"	Buceo SCUBA	6.1 m	10/06/2009
P₂	Pecio 2	N 21° 12' 01.4" O 90° 00' 17.2"	Buceo SCUBA	8 m	10/06/2009
P₃	Pecio 3	N 21° 14' 09.3" O 90° 12' 23.1"	Buceo SCUBA	11 m	10/06/2009

P₄	Pasto marino	N 21° 14' 29.3" O 90° 04' 16.0"	Buceo SCUBA	9 m	10/06/2009
A₁	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 18.7" O 89° 40' 46.3"	Buceo SCUBA	6.1 m	08/06/2008
A₂	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 13.9" O 89° 41' 03.5"	Buceo SCUBA	1.5 m	08/06/2008
A₃	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 06.2" O 89° 40' 23.2"	Buceo SCUBA	4.5 m	09/06/2008
A₄	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 45.0" O 89° 39' 50.0"	Buceo SCUBA	2.5 m	10/06/2008
A₅	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 57.4" O 89° 40' 54.9"	Buceo libre	1 m	11/06/2008
A₆	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 44.8" O 89° 42' 21.9"	Buceo SCUBA	15 m	12/06/2008
A₇	Arrecife Alacranes	N 22° 31' 32.7" O 89° 46' 24.6"	Buceo SCUBA	30 m	13/06/2008
A₈	Arrecife Alacranes	N 22° 29' 28.9" O 89° 46' 48.4"	Buceo SCUBA	5 m	13/06/2008
A₉	Arrecife Alacranes	N 22° 27' 36.7" O 89° 36' 42.4"	Buceo SCUBA	6 m	14/06/2008
A₁₀	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 01.9" O 89° 37' 51.3"	Buceo SCUBA	8 m	14/06/2008
A₁₁	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 42.7" O 89° 42' 20.0"	Buceo SCUBA	15 m	01/08/2009
A₁₂	Arrecife Alacranes	N 22° 24' 42.3" O 89° 43' 28.3"	Buceo SCUBA	12 m	01/08/2009
A₁₃	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 19.3" O 89° 40' 47.8"	Buceo SCUBA	11 m	01/08/2009
A₁₄	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 13.7" O 89° 41' 03.7"	Buceo libre	3 m	01/08/2009
A₁₅	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 59.1" O 89° 41' 02.9"	Buceo libre	0.5 m	02/08/2009
A₁₆	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 32.4" O 89° 39' 57.5"	Buceo SCUBA	10 m	02/08/2009

A₁₇	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 01.4" O 89° 40' 30.4"	Buceo SCUBA	9 m	03/08/2009
A₁₈	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 01.5" O 89° 40' 21.4"	Buceo SCUBA	10 m	03/08/2009
A₁₉	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 43.6" O 89° 39' 03.9"	Buceo SCUBA	12 m	04/08/2009
A₂₀	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 41.6" O 89° 39' 56.4"	Buceo libre	0.5 m	04/08/2009
A₂₁	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 07.8" O 89° 40' 02.4"	Buceo SCUBA nocturno	12 m	04/08/2009
A₂₂	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 17.9" O 89° 42' 08.8"	Buceo SCUBA	12 m	05/08/2009
A₂₃	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 50.0" O 89° 40' 59.1"	Buceo libre	~ 1 m	05/08/2009
A₂₄	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 06.0" O 89° 41' 08.3"	Buceo libre nocturno	2 m	05/08/2009
A₂₅	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 56.8" O 89° 40' 55.1"	Buceo libre	1.5 m	06/08/2009
A₂₆	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 45.0" O 89° 41' 05.0"	Buceo libre	0.5 m	07/08/2009
A₂₇	Arrecife Alacranes	N 22° 33' 17.2" O 89° 47' 18.6"	Buceo SCUBA	19 m	07/08/2009
A₂₈	Arrecife Alacranes	N 22° 31' 34.8" O 89° 46' 04.9"	Buceo libre	1 m	07/08/2009
A₂₉	Arrecife Alacranes	N 22° 32' 25.4" O 89° 44' 51.5"	Buceo libre	1 m	07/08/2009
A₃₀	Arrecife Alacranes	N 22° 33' 25.8" O 89° 44' 51.0"	Buceo SCUBA	2 m	07/08/2009
A₃₁	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 01.4" O 89° 40' 20.5"	Buceo SCUBA nocturno	5 m	07/08/2009
A₃₂	Arrecife Alacranes	N 22° 31' 41.4" O 89° 45' 20.8"	Buceo SCUBA	12 m	08/08/2009
A₃₃	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 05.6" O 89° 38' 22.7"	Buceo SCUBA	2 m	09/08/2009

A₃₄	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 02.2" O 89° 37' 55.6"	Buceo libre	2 m	09/08/2009
A₃₅	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 00.7" O 89° 38' 13.2"	Buceo libre	2 m	09/08/2009
A₃₆	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 04.7" O 89° 40' 51.8"	Buceo libre	0.5 m	09/08/2009
A₃₇	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 05.6" O 89° 38' 22.7"	Buceo SCUBA nocturno	11.5 m	09/08/2009
A₃₈	Arrecife Alacranes	-	Trampa langostera		09/08/2009
A₃₉	Arrecife Alacranes	N 22° 27' 30.2" O 89° 36' 40.4"	Buceo SCUBA	6 m	10/08/2009
A₄₀	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 09.0" O 89° 42' 01.7"	Buceo SCUBA nocturno	12 m	10/08/2009
A₄₁	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 4.58" O 89° 41' 2.21"	Buceo libre	1.5 m	11/08/2009
A₄₂	Arrecife Alacranes	-	Trampa langostera	~ 45 m	11/08/2009
A₄₃	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 44.7" O 89° 41' 45.6"	Buceo SCUBA nocturno	12 m	11/08/2009
A₄₄	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 7.52" O 89° 41' 1.64"	Buceo libre	2 m	12/08/2009
A₄₅	Arrecife Alacranes	N 22° 34' 56.7" O 89° 44' 10.4"	Buceo SCUBA	14 m	12/08/2009
A₄₆	Arrecife Alacranes	-	Trampa langostera	~ 50 m	13/08/2009
A₄₇	Arrecife Alacranes	N 22° 22' 56.0" O 89° 40' 56.4"	Buceo libre	1 m	13/08/2009
A₄₈	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 04.7" O 89° 40' 51.8"	Buceo libre	0.5 m	13/08/2009
A₄₉	Arrecife Alacranes	N 22° 27' 09.8" O 89° 45' 44.9"	Buceo SCUBA	2 m	13/08/2009
A₅₀	Arrecife Alacranes	N 22° 29' 16.1" O 89° 41' 05.9"	Buceo SCUBA	4.5 m	13/08/2009
A₅₁	Arrecife Alacranes	N 22° 24' 14.2" O 89° 42' 48.8"	Buceo SCUBA	10 m	14/08/2009

A₅₂	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 00.3" O 89° 40' 53.5"	Buceo libre	1.5 m	14/08/2009
A₅₃	Arrecife Alacranes	N 22° 23' 9.78" O 89° 40' 48.6"	Buceo libre + SCUBA	1.4-14 m	19/09/2009

Apéndice 2. Matriz de especies

Matriz de datos de presencia-ausencia de especies de equinodermos registrados para cada uno de los arrecifes muestreados.

	Bajo de 10	Madagascar	Serpiente	Alacranes
Clase Asteroidea				
<i>Astropecten nitidus</i> Verrill, 1915	0	0	0	1
<i>Linckia guildingii</i> Gray, 1840	0	1	0	1
<i>Oreaster reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	1
<i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (Lamarck, 1816)	1	1	0	0
<i>Echinaster (Othilia) sentus</i> (Say, 1825)	1	0	0	0
Clase Ophiuroidea				
<i>Ophioblenna antillensis</i> Lütken, 1859	0	0	0	1
<i>Ophiomyxa flaccida</i> (Say, 1825)	0	0	0	1
<i>Amphiodia pulchella</i> (Lyman, 1869)	0	0	1	1
<i>Amphiodia trychna</i> H. L. Clark, 1918	1	0	1	1
<i>Amphioplus (Amphioplus) sepultus</i> Hendler, 1995	0	0	1	0
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	0	0	1	1
<i>Amphiura fibulata</i> Koehler, 1914	0	0	1	0
<i>Amphiura palmeri</i> Lyman, 1882	0	0	1	1
<i>Amphiura stimpsoni</i> Lütken, 1859	0	0	1	1
<i>Ophiocnida</i> sp.	0	0	0	1
<i>Ophiostigma isocanthum</i> (Say, 1825)	1	0	1	1
<i>Ophiostigma siva</i> Hendler, 1995	0	0	1	1
<i>Ophiacantha sertata</i> (Lyman, 1869)	0	0	0	1
<i>Ophiacanthella troscheli</i> (Lyman, 1878)	0	0	0	1
<i>Ophiactis algicola</i> H. L. Clark, 1933	1	1	1	1
<i>Ophiactis muelleri</i> Lütken, 1856	1	1	1	0
<i>Ophiactis quinqueradia</i> Ljungman, 1871	1	1	0	1
<i>Ophiactis rubropoda</i> Syngletary, 1973	0	0	0	1
<i>Ophiactis savignyi</i> (Müller & Troschel, 1842)	1	1	1	1
<i>Ophiocoma echinata</i> (Lamarck, 1816)	0	0	0	1

<i>Ophiocoma pumila</i> Lütken, 1859	0	0	0	1
<i>Ophiocoma wendtii</i> Müller & Troschel, 1842	0	1	0	1
<i>Ophiocomella ophiactoides</i> (H. L. Clark, 1901)	0	1	1	1
<i>Ophiopsila hartmeyerii</i> Koehler, 1913	0	0	0	1
<i>Ophiopsila riisei</i> Lütken, 1859	0	0	1	1
<i>Ophiopsila vittata</i> H. L. Clark, 1918	0	0	0	1
<i>Ophioderma appressum</i> (Say, 1825)	0	0	0	1
<i>Ophioderma brevicaudum</i> Lütken, 1856	0	1	0	1
<i>Ophioderma brevispinum</i> (Say, 1825)	1	0	1	1
<i>Ophioderma cinereum</i> Müller & Troschel, 1842	0	0	0	1
<i>Ophioderma phoenium</i> H. L. Clark, 1918	0	0	0	1
<i>Ophioderma rubicundum</i> Lütken, 1856	0	0	0	1
<i>Ophioderma ensiferum</i> Hendler & Miller, 1984	0	0	0	1
<i>Ophionereis olivacea</i> H. L. Clark, 1901	0	0	1	1
<i>Ophionereis reticulata</i> (Say, 1825)	0	0	0	1
<i>Ophionereis squamulosa</i> Koehler, 1913	1	0	1	1
<i>Ophiothrix angulata</i> (Say, 1825)	1	1	1	1
<i>Ophiothrix brachyactis</i> H. L. Clark, 1915	0	1	0	0
<i>Ophiothrix lineata</i> Lyman, 1860	0	0	0	1
<i>Ophiothrix oerstedii</i> Lütken, 1856	0	0	0	1
<i>Ophiothrix suensonii</i> Lütken, 1856	0	0	0	1
<i>Ophiolepis elegans</i> Lütken, 1859	0	0	0	1
<i>Ophiolepis impressa</i> Lütken, 1859	0	0	1	1
<i>Ophiolepis paucispina</i> (Say, 1825)	0	0	0	1
Clase Echinoidea				
<i>Eucladaris tribuloides tribuloides</i> (Lamarck, 1816)	0	1	1	1
<i>Diadema antillarum antillarum</i> (Philippi, 1845)	0	0	0	1
<i>Arbacia punctulata</i> (Lamarck, 1816)	1	1	1	1
<i>Lytechinus euerces</i> H. L. Clark, 1912	0	0	0	1
<i>Lytechinus variegatus variegatus</i> (Lamarck, 1816)	0	0	0	1
<i>Lytechinus variegatus carolinus</i> A. Agassiz, 1863	1	0	0	0
<i>Tripneustes ventricosus</i> (Lamarck, 1816)	0	0	0	1
<i>Echinometra viridis</i> A. Agassiz, 1863	0	1	0	1
<i>Clypeaster chescheri</i> Serafy, 1970	0	0	0	1
<i>Clypeaster rosaceus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	1
Clase Holothuroidea				
<i>Euthyonidiella trita</i> (Sluiter, 1910)	0	0	0	1
<i>Thyone</i> sp.	0	0	1	0
<i>Actinopyga agassizii</i> (Selenka, 1867)	0	0	0	1
<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i> Ludwig, 1875	0	0	0	1
<i>Holothuria (Halodeima) floridana</i> Pourtalès, 1851	0	0	0	1

Holothuria (Halodeima) mexicana Ludwig, 1875
Holothuria (Thymiosycia) thomasi (Pawson & Caycedo, 1980)
Isostichopus badionotus (Selenka, 1867)
Isostichopus macroparentheses (H. L. Clark, 1922)
Chiridota rotifera (Pourtalès, 1851)
Synaptula hydriformis (Lesueur, 1824)

0	0	0	1
0	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	0
0	0	1	1
0	0	1	1

Apéndice 3.
 Resultados específicos de especie por cuadrante

Relación de especies y número de individuos encontrados en los Arrecifes Madagascar (M), Bajo de 10 (B), Serpiente (S) y Arrecife Alacranes (A) respecto a su unidad de muestreo, sitio de muestreo y sustrato dominante. El número de organismos avistados o recolectados se encuentra entre paréntesis.

*especies únicamente avistadas, no recolectadas.

Muestreo	Prof.	Temp.	Sustrato	Especies encontradas (# de individuos)
M₁	7.1 m	26° C	Roca - coral - sustrato algal	Cuadrante 1. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (4) Cuadrante 2. <i>Ophiactis savignyi</i> (28) <i>Ophiocoma</i> sp. (1)* Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) <i>Linckia guildingii</i> (1) Cuadrante 5. <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1) Cuadrante 8. <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 10. <i>Linckia guildingii</i> (1)*
M₂	8.2 m	27° C	Roca - coral - sustrato algal	Cuadrante 2. <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Ophiactis muelleri</i> (2) <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (2) <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)* Cuadrante 3. <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 4. <i>Ophiactis algicola</i> (2) Cuadrante 6. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (13) <i>Ophiactis savignyi</i> (3) Cuadrante 7. <i>Ophiactis algicola</i> (2) <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 8. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) Cuadrante 9. <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 10. <i>Ophiactis savignyi</i> (6)
M₃	7.7 m	27° C	Roca - coral - sustrato algal	Cuadrante 1. <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 2. <i>Linckia guildingii</i> (1)* Cuadrante 4. <i>Ophiocoma</i> sp. (1)* <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)* Cuadrante 5. <i>Ophiocoma wendtii</i> (1)

				<p>Cuadrante 6. <i>Ophiocoma</i> sp. (1)*</p> <p>Cuadrante 7. <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)*</p>
M₄	9.2 m	27° C	Roca - coral - sustrato algal	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) <i>Ophiocoma</i> sp. (1)*</p> <p>Cuadrante 2. <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 3. <i>Linckia guildingii</i> (1) <i>Ophiactis algicola</i> (1) <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 4. <i>Ophiactis quinqueradial</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (3) <i>Ophiothrix angulata</i> (3)</p> <p>Cuadrante 5. <i>Arbacia punctulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiothrix angulata</i> (6) <i>Ophiactis savignyi</i> (10) <i>Ophiactis algicola</i> (1)</p> <p>Cuadrante 7. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Ophiactis muelleri</i> (1)</p> <p>Cuadrante 8. <i>Ophiocoma wendtii</i> (1)</p> <p>Cuadrante 9. <i>Ophioderma brevicaudum</i> (1) <i>Ophiothrix angulata</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Linckia guildingii</i> (2)</p> <p>Cuadrante 10. <i>Ophiothrix angulata</i> (2)</p>
M₅	6.2 m	26° C	Roca - coral - sustrato algal	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (1) <i>Ophiocoma</i> sp. (1)* <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) <i>Ophiactis algicola</i> (1)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiothrix brachyactis</i> (2) <i>Ophiactis savignyi</i> (1)</p> <p>Cuadrante 7. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (1)</p> <p>Cuadrante 8. <i>Ophiactis quinqueradial</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (2) <i>Ophiocoma</i> sp. (1)*</p> <p>Cuadrante 9. <i>Ophiactis savignyi</i> (1)</p> <p>Cuadrante 10. <i>Linckia guildingii</i> (1)</p>
M₆	7.5 m	26° C	Roca - coral - sustrato algal	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 2. <i>Ophiactis algicola</i> (1)</p> <p>Cuadrante 4. <i>Ophiactis savignyi</i> (1)</p> <p>Cuadrante 5. <i>Arbacia punctulata</i> (2)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 8. <i>Linckia guildingii</i> (1)*</p> <p>Cuadrante 9. <i>Ophiocoma</i> sp. (1)*</p> <p>Cuadrante 10. <i>Ophioderma brevicaudum</i> (1)</p>
M₇	11.6 m	26° C	Roca - coral - sustrato algal	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiactis savignyi</i> (6)</p> <p>Cuadrante 4. <i>Linckia guildingii</i> (1)*</p> <p>Cuadrante 5. <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)*</p> <p>Cuadrante 6. <i>Linckia guildingii</i> (1)*</p> <p>Cuadrante 7. <i>Ophiactis quinqueradial</i> (1)</p>

				Cuadrante 9. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) Cuadrante 10. <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)* <i>Echinometra viridis</i> (1)*
M₈	~ 8 m	24° C	Roca - coral - sustrato algal	Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) Cuadrante 7. <i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (1) Cuadrante 8. <i>Arbacia punctulata</i> (1)
M₉	~ 9 m	24° C	Roca - coral - sustrato algal	Cuadrante 5. <i>Ophiactis savignyi</i> (2) Cuadrante 9. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) Cuadrante 10. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (1)
M₁₀	~ 6 m	23° C	Roca - coral - sustrato algal	Sin organismos.
M₁₁	~ 8 m	24° C	Roca - coral - sustrato algal	Sin organismos.
B₁	12.2 m	26° C	Arenoso - sustrato algal	Cuadrante 2. <i>Ophioderma brevispinum</i> (1) Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) Cuadrante 7. <i>Arbacia punctulata</i> (1)
B₂	10.6 m	26° C	Roca - arena algas	Cuadrante 1. <i>Isostichopus badionotus</i> (1) Cuadrante 2. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (2) Cuadrante 4. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (4) Cuadrante 5. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (3) Cuadrante 7. <i>Arbacia punctulata</i> (1) Cuadrante 8. <i>Ophiothrix angulata</i> (1)
B₃	12.1 m	26° C	Arenoso – sustrato algal – coral blando	Cuadrante 6. <i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (2)
B₄	9.2 m	26° C	Arenoso	Sin organismos.
B₅	10.7 m	26° C	Roca - arena	Cuadrante 1. <i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (1) Cuadrante 2. <i>Ophiactis muelleri</i> (123) Cuadrante 3. <i>Ophiostigma isocanthum</i> (1) Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (4) Cuadrante 5. <i>Ophiactis algicola</i> (2) Cuadrante 6. <i>Ophiothrix angulata</i> (12) Cuadrante 7. <i>Ophioderma brevispinum</i> (4) Cuadrante 8. <i>Ophiactis muelleri</i> (6) Cuadrante 9. <i>Ophiactis savignyi</i> (1) Cuadrante 10. <i>Arbacia punctulata</i> (2) <i>Oreaster reticulatus</i> (1)
B₆	~ 9 m	26° C	-	Cuadrante 2. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (1) Cuadrante 4. <i>Ophiothrix angulata</i> (3) Cuadrante 7. <i>Ophioderma brevispinum</i> (1)
B₇	~ 10 m	26° C	-	Sin organismos.
B₈	~ 7 m	26° C	-	Cuadrante 1. <i>Ophiothrix angulata</i> (7) Cuadrante 3. <i>Amphiodia cf. trychna</i> (1) Cuadrante 4. <i>Ophionereis squamulosa</i> (1)
B₉	~ 6 m	26° C	-	Sin organismos.

B₁₀	14.6 m	27° C	Fango - sustrato algal	<p>Cuadrante 1. <i>Echinaster (Othilia) echinophorus</i> (1)</p> <p>Cuadrante 2. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (3)*</p> <p>Cuadrante 3. <i>Arbacia punctulata</i> (3)</p> <p><i>Ophiocoma</i> sp. (1)*</p> <p>Cuadrante 4. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (2)*</p> <p>Cuadrante 5. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (3)*</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiocoma</i> sp. (2)*</p> <p>Cuadrante 7. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (3)*</p> <p>Cuadrante 8. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (3)*</p> <p>Cuadrante 9. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (2)*</p> <p>Cuadrante 10. <i>Lytechinus variegatus carolinus</i> (4)*</p>
B₁₁	14.3 m	26° C	Arena fina - sustrato algal	<p>Cuadrante 6. <i>Isostichopus macroparentheses</i> (1)</p> <p>Cuadrante 7. <i>Echinaster (Othilia) sentus</i> (2)*</p>
S₁	9.7 m	~ 21° C	Coral duro - coral blando - capa de algas	<p>Cuadrante 5. <i>Ophiothrix angulata</i> (3)</p> <p><i>Ophiocomella ophiactoides</i> (4)</p> <p><i>Ophiactis savignyi</i> (3)</p> <p><i>Amphipholis squamata</i> (2)</p> <p><i>Ophiopsila riisei</i> (1)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Arbacia punctulata</i> (3)</p> <p><i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> (1)*</p> <p><i>Ophiactis algicola</i> (2)</p>
S₂	9.4 m	~ 21° C	Coral duro - coral blando - capa de algas	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiactis savignyi</i> (11)</p> <p><i>Ophiocomella ophiactoides</i> (4)</p> <p><i>Ophiactis algicola</i> (8)</p> <p><i>Ophiactis muelleri</i> (1)</p> <p><i>Ophiostigma siva</i> (1)</p> <p><i>Amphiodia pulchella</i> (1)</p> <p><i>Ophiothrix angulata</i> (2)</p> <p><i>Amphipholis squamata</i> (1)</p> <p><i>Synaptula hydriformis</i> (20)</p> <p><i>Thyone</i> sp. (1)</p> <p><i>Chiridota rotifera</i> (1)</p> <p>Cuadrante 3. <i>Ophiothrix angulata</i> (16)</p> <p><i>Amphiodia trychna</i> (3)</p> <p><i>Ophiactis savignyi</i> (14)</p> <p><i>Ophiactis muelleri</i> (20)</p> <p><i>Ophiactis algicola</i> (31)</p> <p><i>Ophiostigma siva</i> (2)</p> <p><i>Ophiocomella ophiactoides</i> (15)</p> <p><i>Amphiura stimpsoni</i> (1)</p> <p><i>Ophiostigma isocanthum</i> (2)</p> <p><i>Synaptula hydriformis</i> (32)</p> <p>Cuadrante 4. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (7)</p> <p><i>Ophiopsis impressa</i> (1)</p> <p><i>Ophiactis savignyi</i> (9)</p> <p><i>Ophiactis muelleri</i> (3)</p> <p><i>Ophiactis algicola</i> (1)</p> <p><i>Amphipholis sepultus</i> (1)</p> <p><i>Ophionereis squamulosa</i> (2)</p> <p><i>Ophiostigma isocanthum</i> (1)</p> <p><i>Synaptula hydriformis</i> (26)</p> <p><i>Chiridota rotifera</i> (2)</p>

				<p>Cuadrante 5. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (6) <i>Ophiothrix angulata</i> (5) <i>Ophiactis savignyi</i> (3) <i>Ophiactis algicola</i> (4) <i>Ophionereis squamulosa</i> (1) <i>Synaptula hydriformis</i> (4)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (16) <i>Ophiactis algicola</i> (8) <i>Ophiactis savignyi</i> (8) <i>Ophiostigma siva</i> (1) <i>Ophionereis squamulosa</i> (1) <i>Synaptula hydriformis</i> (13) <i>Chiridota rotifera</i> (1)</p>
S₃	10 m	~ 21° C	Coral duro - coral blando - sustrato arenoso - capa de algas	<p>Cuadrante 1. <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Amphiura palmeri</i> (1) <i>Amphipholis squamata</i> (1) <i>Ophiactis algicola</i> (5) <i>Ophionereis squamulosa</i> (1)</p> <p>Cuadrante 2. <i>Amphiura fibulata</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (3) <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (1)</p> <p>Cuadrante 3. <i>Ophiothrix angulata</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (1) <i>Ophiactis algicola</i> (15) <i>Amphipholis squamata</i> (3) <i>Synaptula hydriformis</i> (8)</p>
S₄	11.5 m	27° C	Coral duro - coral blando - sustrato arenoso - capa de algas	<p>Cuadrante 1. <i>Amphipholis squamata</i> (3) <i>Amphiura stimpsoni</i> (4)</p> <p>Cuadrante 2. <i>Ophiactis algicola</i> (2) <i>Ophionereis olivacea</i> (5)</p> <p>Cuadrante 3. <i>Ophionereis squamulosa</i> (1) <i>Synaptula hydriformis</i> (1)</p> <p>Cuadrante 5. <i>Amphiodia pulchella</i> (1)</p> <p>Cuadrante 7. <i>Ophionereis squamulosa</i> (1) <i>Amphipholis squamata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 8. <i>Ophiocomella ophiactoides</i> (1) <i>Amphiodia pulchella</i> (1) <i>Synaptula hydriformis</i> (1)</p> <p>Cuadrante 9. <i>Ophiactis savignyi</i> (1)</p> <p>Cuadrante 10. <i>Ophiactis algicola</i> (4) <i>Ophioderma brevispinum</i> (1) <i>Ophiactis savignyi</i> (12) <i>Amphiura stimpsoni</i> (1)</p>
S₅	9.5 m	28° C	Coral duro - coral blando - sustrato arenoso - capa de algas	<p>Cuadrante 5. <i>Ophiothrix angulata</i> (2) <i>Ophiactis savignyi</i> (2)</p> <p>Cuadrante 6. <i>Ophiothrix angulata</i> (4) <i>Ophiactis savignyi</i> (6)</p> <p>Cuadrante 8. <i>Ophiothrix angulata</i> (1)</p> <p>Cuadrante 9. <i>Ophiothrix angulata</i> (4) <i>Ophiactis savignyi</i> (11)</p>

Apéndice 4. Clave dicotómica para las especies de la Familia OPHIACTIDAE Matsumoto, 1915 (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiactidae: *Hemipholis* y *Ophiactis*).

Material: National Museum of Natural History, Washington, USA

Museum of Comparative Zoology of Harvard, USA.

La presente clave es el resultado de la estancia académica realizada del 4 de abril al 4 de mayo del 2010 en el Smithsonian National Museum of Natural History (NMNH), Washington, D.C., E.U.A. Se realizó la revisión taxonómica de 271 ejemplares pertenecientes a las colecciones de Harvard y del NMNH. El total de ejemplares revisados correspondieron a una especie del género *Hemipholis* y 15 especies del género *Ophiactis*, de las cuales, 6 correspondían a material Tipo.

Se identificaron dos grupos de especies del género *Ophiactis*: el primer grupo lo conforman especies registradas para la costa Atlántica Mexicana (*Hemipholis elongata*, *Ophiactis quinqueradia*, *Ophiactis rubropoda*, *Ophiactis savignyi* y *Ophiactis algicola*); el segundo grupo toma en cuenta a las especies que aún no han sido registradas para México (*Ophiactis muelleri**, *Ophiactis loricata*, *Ophiactis notabilis* y *Ophiactis plana*). Sin embargo, se consideró que la carencia de tales registros pueden deberse a la escasez de muestreos dirigidos, más que a una ausencia natural. La clave se anticipa a su encuentro.

**Ophiactis muelleri* fue registrada para el estado de Yucatán por el presente estudio.

FAMILIA OPHIACTIDAE

Disco y brazos cubiertos con escamas o placas claramente distinguibles, no cubiertos por piel lisa; placas superiores de los brazos siempre presentes y bien desarrolladas. Espinas de los brazos conspicuas, más o menos en ángulo recto a lo largo del eje del brazo, nunca diminutas o muy cerradas. Ápice de la mandíbula con 1 ó 2 papilas orales y jamás con papila dental. Sin placas suplementarias dorsales en las placas de los brazos. Una papila oral en el ápice de la mandíbula (carecen de papilas dentales). Papilas infradentales pareadas en el ápice de cada mandíbula. Presentan un solo par de hendiduras genitales en la parte interradianal del disco. Los poros tentaculares de los brazos no se extienden dentro de las mandíbulas. Presentan escamas y espinas en la parte oral y/o aboral del disco. Solo presenta una hilera de papilas orales por cada mandíbula. No presenta placas accesorias en la parte dorsal de los brazos. Márgenes libres de las mandíbulas sin una serie continua y uniforme de papilas; presencia de espacios entre las papilas orales y las papilas infradentales en el ápice de la mandíbula. Presentan una escama ambulacral.

CLAVE PARA LOS GÉNEROS DE LA FAMILIA OPHIACTIDAE MATSUMOTO, 1915

1. Presenta 5 brazos y 3 espinas en cada segmento de los brazos a lo largo de toda su longitud; sólo un par de papilas orales en forma de remo por cada mandíbula; parte oral del disco está desnuda (sin escamas, gránulos o espinas).....*Hemipholis* Lyman, 1865
*Hemipholis elongata* (Say, 1825) (Figura 23)
2. Presenta escamas en el disco que se encuentran confinadas en la zona aboral al centro y a las áreas interradiales, y en la zona oral a las zonas interbraquiales; presenta más de 3 espinas en los segmentos de los brazos.....*Ophiactis* Lütken, 1856



Figura 23. *Hemipholis elongata*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

CLAVE PARA LAS ESPECIES DEL GÉNERO *OPHIACTIS* LÜTKEN, 1856 REGISTRADAS EN LA COSTA ATLÁNTICA MEXICANA (*O. quinqueradía*, *O. savignyi*, *O. muelleri* y *O. algicola*) Y POSIBLES ESPECIES DISTRIBUIDAS EN LA ZONA (*O. loricata*, *O. notabilis* y *O. plana*).

1. Presentan 5 brazos. Las escamas en el lado aboral del disco están confinadas a las delgadas áreas interradiales y a la zona central del mismo; las espinas del disco generalmente son pequeñas (pudiendo ser más grandes, afiladas y conspicuas), están presentes en el borde y en la parte oral del disco, algunas veces se encuentran en el centro del disco, a menudo existe una espina relativamente grande detrás del borde externo de cada escudo radial. Presenta de 5 a 6 espinas en cada segmento de los brazos (algunos organismos ~ 5 mm pueden presentar de 6 a 8 espinas); la espina media es más larga y plana que el resto, las 3 ó 4 espinas más ventrales son pequeñas, amplias en su base y ovaladas en su punta..... *Ophiactis quinqueradía* Ljungman, 1872 (Figura 24)
- 1'. Presentan 6 brazos..... 2



Figura 24. *Ophiactis quinqueradia*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

2. Presenta series de 4-5 ó 5-6 espinas en cada segmento de los brazos; presentan dos pares de papilas orales..... 3
- 2'. Presentan series de 3-4 espinas en cada segmento de los brazos; presentan un par de papilas orales; la longitud de los escudos radiales es menor que el radio del disco..... 4
3. Presenta series de 4-5 espinas en cada segmento de los brazos; un par de papilas orales; espinas presentes sólo en la superficie interbraquial y oral del disco. Los organismos vivos presentan una coloración roja de sus pies ambulacrales.. *Ophiactis rubropoda* Singletary, 1973
- 3'. Presenta series de 5-6 espinas en cada segmento de los brazos; dos pares de papilas orales (puede presentar hasta 3 en un lado de la mandíbula); espinas dispersas sobre ambas caras del disco; las puntas de las espinas de los brazos presentan diminutos dientes hialinos; discos radiales son mayores al radio del disco y presentan una textura granulosa hialina.....*Ophiactis savignyi* (Müller & Troschel, 1842) (Figura 25)



Figura 25. *Ophiactis savignyi*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

4. Placas ventrales de los brazos casi hexagonales (con tendencia a la concavidad); las espinas del disco pueden tener puntas hialinas; las espinas de lo brazos son robustas; la coloración del disco aboral es verde intenso en adultos y verde agua en juveniles, mismos que presentan bandas en los brazos color rosa.....*Ophiactis muelleri* Lütken, 1856 (Figura 26)



Figura 26. *Ophiactis muelleri*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

- 4'. Placas de los brazos de forma cóncava, con bordes no angulosos..... 5

5. Puede presentar una escama centro-aboral; escamas grandes y pequeñas alternadas en el área aboral del disco; presenta espinas puntiagudas en el borde del mismo; de 2 a 3 papilas orales en cada mandíbula..... *Ophiactis loricata* Lyman, 1869 (Figura 27)



Figura 27. *Ophiactis loricata*. (a) Vista dorsal del disco, (b) Vista oral del disco, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

- 5'. No presenta escama centro-aboral; el área aboral del disco presenta escamas del mismo tamaño..... 6

6. Presenta pequeñas escamas redondas, conspicuas y no imbricadas en ambas superficies del disco; no presenta espinas en el disco; las espinas de los brazos son cónicas y lisas..... *Ophiactis notabilis* Clark, H. L. 1939 (Figura 28)



Figura 28. *Ophiactis notabilis*. (a) Vista dorsal del disco, (b) Vista oral del disco, (c) Vista lateral del brazo y forma de espinas.

- 6'. Las escamas del disco están imbricadas y las placas dorsales de los brazos están separadas o a penas se tocan..... 7
7. Presenta textura granular en las escamas del disco y en las placas laterales y dorsales de los brazos (textura hialina); diminutas y escasas espinas en el borde del disco, algunas veces en las zonas orales y aborales del mismo; las espinas de los brazos generalmente presentan una mancha oscura a la mitad de su longitud; los brazos pueden estar bandedados y presentar una banda longitudinal..... *Ophiactis algicola* H. L. Clark, 1933 (Figura 29)



Figura 29. *Ophiactis algicola*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

- 7'. Puede o no presentar espinas en el disco; espinas del disco son periféricas y ventrales con punta hialina; coloración del disco rojo-café, verde o jaspeado con blanco; especie recolectada entre 24 y 183 m; las espinas de los brazos son delgadas, alargadas y lisas..... *Ophiactis plana* Lyman, 1869 (Figura 30)



Figura 30. *Ophiactis plana*. (a) Vista dorsal del disco y brazos, (b) Vista oral del disco y brazos, (c) Vista lateral del brazo, número y forma de espinas.

- Cartel de divulgación presentado durante la Feria de Ciencia y Tecnología 2010. Mérida, 12-15 octubre 2010.

