



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.

FACULTAD DE CIENCIAS

“DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LAS ESPECIES DE LA
FAMILIA BENTHOPECTINIDAE (ECHINODERMATA:
ASTEROIDEA) DEL GOLFO DE MÉXICO RESGUARDADAS
EN LA COLECCIÓN NACIONAL DE EQUINODERMOS DRA.
MA. E. CASO M., ICML, UNAM.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

MAGDALENA DE LOS PALOS PEÑA



DIRECTOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



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.



1. Datos del alumno

De los Palos

Peña

Magdalena

56 70 35 37

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

310014863

2. Datos del tutor

Dr.

Francisco Alonso

Solís

Marín

3. Datos Sinodal 1

Dra.

Rosaura

Mayén

Estrada

4. Datos Sinodal 2

Dra.

Magali Blanca Isabel

Honey

Escandón

5. Datos Sinodal 3

Dr.

José Luis

Villalobos

Hiriart

6. Datos Sinodal 4

M. en C.

José Luis

Bortolini

Rosales

7. Datos del trabajo escrito

Descripción taxonómica de las especies de la familia Benthoplectinidae (Echinodermata: Asteroidea) del Golfo de México resguardadas en la Colección Nacional de Equinodermos

Dra. Ma. E. Caso M., ICML, UNAM.

93 pág.

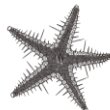
2017



A mis padres.

A mis hermanos.

Al amor de mi vida.



AGRADECIMIENTOS

A mi familia. A mis padres y mis hermanos, quienes siempre han visto por mí y han hecho posible que cumpla todas mis metas y objetivos, han hecho todo lo posible por darme lo mejor y que nunca me hiciera falta nada. Por toda su paciencia, cariño y comprensión, por darme la mejor educación y hacerme lo que soy. Los amo.

Al Dr. Francisco Alonso Solís Marín, por abrirme las puertas de su laboratorio y al mundo de los equinodermos. Por recibirme siempre con una sonrisa y toda la disposición para que aprendiera. Por brindarme su apoyo y ser un ejemplo para todos, por ser el mejor tutor.

A la M. en C. Alicia Durán González, por su trabajo incansable que hace de la Colección un lugar invaluable e imprescindible para el estudio de los equinodermos, por su constancia y dedicación, por los consejos recibidos y por la disposición para resolver mis dudas y proporcionarme siempre justo el libro que necesitaba.

A la M. en C. Gema Armendáriz Ortega, por sus innumerables consejos, ideas y aportaciones, por incitarme a trabajar arduamente a lo largo de la realización de este trabajo. Por todas las clases y conocimientos compartidos que reafirmaron mi gusto por los invertebrados marinos. Por los regaños y la resolución de todas mis dudas, por ser una guía y ejemplo para muchos.

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera y el Dr. José Luis Villalobos Hiriart, quienes me abrieron las puertas de su laboratorio donde aprendí todas las bases para desarrollar un proyecto científico, también al M. en C. Eduardo Torres por la cantidad infinita de consejos y aportaciones a mi tesis, a los tres por estar siempre dispuestos a ayudarme y enseñarme algo nuevo.

A la M. en C. Carolina Martín Cao-Romero por ser la mejor maestra de estrellas que puede existir. Por resolver mis inagotables dudas en todo momento, por proporcionarme bibliografía, consejos, ayuda y tu amistad.



A mis sinodales, la Dra. Rosaura Mayén Estrada, la Dra. Magali Honey Escandón, el Dr. José Luis Villalobos Hiriart y el M. en C. José Luis Bortolini Rosales por los comentarios y correcciones a esta tesis.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, por brindarme su amistad y apoyo incondicional, por estar siempre disponibles para aportar consejos, conocimiento y ayuda. Por las risas, los buenos ratos y las enseñanzas. Por hacer del laboratorio el mejor lugar para trabajar. Gracias a todos.

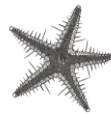
Al M. en C. Sergio Benítez León por las fotografías en vista actinal y abactinal de los organismos. Por ser un gran compañero, por tener siempre la disposición de resolver mis dudas y brindarme la más divertida amistad.

A la Bióloga Susana Guzmán Gómez, por la paciencia y asesoría brindadas para la toma de fotografías multifocales de los organismos en el Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad, del Instituto de Biología, UNAM.

A todos mis compañeros y amigos de la facultad y del Taller de Invertebrados de la zona costera y arrecifal del golfo de México, que hicieron de la carrera la mejor época de mi vida y me ayudaron en mi formación como bióloga. En especial a Alma Cabrales Fuentes, por ser la mejor amiga que pude encontrar.

A Bárbara González García, gracias por estar siempre para mí, por tu invaluable amistad que me has proporcionado estos años, por tu apoyo, por tu cariño y por escucharme siempre.

A mi mejor amigo y compañero David Sánchez Montijo. Por brindarme todo tu amor y apoyo, por estar siempre para mí, para escucharme y ayudarme en todo lo que pudieras. Por siempre enseñarme cosas nuevas y entender mis pasiones. Por estar conmigo desde antes de saber que quería ser bióloga. Por todos estos años, gracias. Te amo.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Generalidades de los equinodermos	1
1.2	Generalidades de la clase Asteroidea	3
1.2.1	Morfología	3
1.2.2	Sistemática	6
1.3	Familia Benthopectinidae	7
2.	JUSTIFICACIÓN.....	9
3.	ANTECEDENTES	10
4.	OBJETIVOS	13
4.1	Objetivo general	13
4.2	Objetivos particulares	13
5.	ÁREA DE ESTUDIO	14
6.	MATERIAL Y MÉTODO	17
6.1	Trabajo de campo.....	17
6.2	Trabajo de laboratorio	17
7.	RESULTADOS	21
	CLAVE TAXONÓMICA.....	60
8.	DISCUSIÓN.....	70
9.	CONCLUSIONES	75
10.	RECOMENDACIONES	76
	LITERATURA CITADA.....	77
	ANEXO I: GLOSARIO.....	87
	ANEXO II. MATERIAL EXAMINADO	90



ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Sistema vascular acuífero de un asteroideo.....	2
Figura 2. Morfología de la clase Asteroidea.....	4
Figura 3. Hipótesis sobre las relaciones de la clase Asteroidea.....	6
Figura 4. Fotografías <i>in situ</i> de organismos de la familia Benthopectinidae.....	8
Figura 5. Regionalización del Golfo de México.....	14
Figura 6. Medidas de radio mayor (R) y radio menor (r) de un asteroideo.....	20
Figura 7. Porcentaje de localidades que presentan una, dos y tres especies.....	23
Figura 8. Distribución de número de ejemplares disponibles por especie.....	23
Figura 9. Mapa de distribución de ejemplares de las cinco especies.....	24
Figura 10. Mapa de distribución de <i>Benthopecten simplex simplex</i>	30
Figura 11. Mapa de distribución de <i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	38
Figura 12. Mapa de distribución de <i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	45
Figura 13. Mapa de distribución de <i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	52
Figura 14. Mapa de distribución de <i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>	58
Figura 15. Placas marginales del género <i>Cheiraster</i> y <i>Benthopecten</i>	59
Figura 16. Distribución de poros papulares en los tres subgéneros.....	60
Figura 17. Diferenciación entre las especies del subgénero <i>Christopheraster</i>	61
Figura 18. Diferenciación entre los subgéneros <i>Barbadosaster</i> y <i>Cheiraster</i>	62
Figura 19. Esquema vista actinal/abactinal de <i>Benthopecten simplex simplex</i>	64
Figura 20. Esquema vista actinal/abactinal de <i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	65
Figura 21. Esquema vista actinal/abactinal de <i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	66
Figura 22. Esquema vista actinal/abactinal de <i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	67
Figura 23. Esquema vista actinal/abactinal de <i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>	68

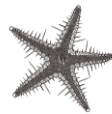


LÁMINAS

Lámina 1. Fotografías a detalle de <i>Benthopecten simplex simplex</i>	29
Lámina 2. Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	36
Lámina 2.1 Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	37
Lámina 3. Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	43
Lámina 3.1 Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	44
Lámina 4. Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	50
Lámina 4.1 Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	51
Lámina 5. Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>	56
Lámina 5.1 Fotografías a detalle de <i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>	57

CUADROS

Cuadro 1. Localidades y coordenadas de muestreo de las campañas oceanográficas.....	19
Cuadro 2. Especies presentes por localidad de muestreo.....	22



RESUMEN

Hasta el momento se han reportado 227 especies de la clase Asteroidea para las aguas territoriales mexicanas, de las cuales 90 están distribuidas en el Golfo de México. De esas 90 especies, cinco pertenecen a la familia Benthoplectinidae, una familia de estrellas de mar de profundidad con nueve géneros y 75 especies aproximadamente.

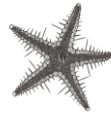
Para realizar este trabajo se revisaron los organismos de la familia Benthoplectinidae depositados en la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. María Elena Caso Muñoz” ICML, UNAM recolectados en las aguas mexicanas del Golfo de México. El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos (LSEE), del ICML, UNAM. Se revisaron 531 ejemplares pertenecientes a dos géneros, tres subgéneros y cinco especies, que fueron recolectados desde 1985 hasta 2015, durante 15 campañas oceanográficas a bordo del Buque Oceanográfico “Justo Sierra” de la UNAM. A partir de una revisión bibliográfica, se integró un catálogo taxonómico, en el que se incluye la descripción morfológica de los ejemplares de cada especie, los nombres válidos usados en la actualidad, sinonimias, diagnosis, referencias para la identificación, material examinado con coordenadas geográficas de las localidades, localización del material tipo, localidad tipo, distribución geográfica, distribución batimétrica, generalidades y comentarios sobre las especies. Adicionalmente, se elaboraron mapas con la distribución de los ejemplares depositados en la CNE (uno general y uno para cada especie). Se construyó una clave dicotómica ilustrada para la identificación de ejemplares provenientes del Golfo de México y se realizaron láminas de fotografías de las especies en vista actinal y abactinal y con detalle de microscopía con focal. Se revisó la posición taxonómica que tienen las cinco especies y en tres de ellas se amplió el intervalo batimétrico que se tenía reportado hasta el momento.



ABSTRACT

To date, 227 species of the class Asteroidea have been reported for Mexican territorial waters, of which 90 belong to the Gulf of Mexico. Of these 90 species, five belong to the family Benthoplectinidae, a family of deep sea stars that is distributed in nine genera and 75 species approximately.

To carry on this project, there were taken as basis the organisms belonging to said family deposited in the National Collection of Echinoderms "Dra. María Elena Caso Muñoz" ICML, UNAM collected in the Mexican waters of the Gulf of Mexico. The study was carried out with the facilities of the Laboratory of Systematics and Ecology of Echinoderms (LSEE), of the ICML, UNAM. A total of 531 specimens belonging to two genera, three subgenera and five species which were collected from 1985 to 2015 during 15 oceanographic campaigns by the Oceanographic Ship "Justo Sierra" of the UNAM, were examined. Based on a bibliographical revision, descriptions of the specimens of each species and a taxonomic catalog were made which include current valid names, synonymies, diagnosis, identification references, examined material with geographical coordinates of the localities, location of the type material, type locality, geographical distribution, bathymetric distribution, generalities and comments of the species. Distribution maps of the specimens deposited in the CNE (one general and one for each species) were made. An illustrated dichotomic key was constructed for the identification of specimens from the Gulf of Mexico, and photographs of the species were taken in actinal and abactinal views and focal microscopy detail. The taxonomic position of the five species was reviewed and in three of them the bathymetric interval that had been reported so far was expanded.



1. INTRODUCCIÓN

El Golfo de México es una cuenca oceánica que se encuentra delimitada por los litorales de México, Estados Unidos y Cuba. México es el doceavo país más grande del mundo en términos de extensión de línea de costa y superficie marina. Es por ello que se encuentra dentro de la lista de principales países mega diversos del mundo. En particular, alberga 776 especies de equinodermos, siendo aproximadamente el 11% del total mundial, de éstas, 227 pertenecen a la clase Asteroidea Blainville, 1830, lo que la coloca en el segundo lugar de diversidad en México, y 90 de ellas se encuentran en el Golfo de México (Alvarado y Solís-Marín, 2013; Solís-Marín *et al.*, 2017).

1.1 Generalidades de los equinodermos

Los equinodermos (Echinodermata Bruguière, 1791: del griego *echino*, espina y *dermatos*, piel), son organismos invertebrados, deuterostomados. Forman un grupo muy diversificado, que se distribuye en prácticamente todo el mundo. Se le ha considerado de gran interés debido a su registro fósil extenso y su importancia ecológica en el medio marino (Pawson, 2007).

Actualmente, se reconocen alrededor de 7 300 especies vivas de equinodermos agrupadas en cinco clases: Crinoidea Miller, 1821 (lirios de mar, 625 spp.), Asteroidea (estrellas de mar, 1 900 spp.), Ophiuroidea Gray, 1840 (estrellas quebradizas, 2 000 spp.), Echinoidea Leske, 1778 (erizos y galletas de mar, 1000 spp.) y Holothuroidea Selenka, 1867 (pepinos de mar, 1 700 spp.). Se han documentado además alrededor de 15 000 especies a partir de un rico registro fósil que se remonta al menos a principios del Cámbrico (Brusca *et al.*, 2016).

Los equinodermos son de hábitos bentónicos principalmente, excepto por algunos casos peculiares de holoturoideos nadadores (Miller y Pawson, 1990). Por otro lado, la mayoría de las estrellas son epibentónicas, pero numerosas especies se entierran en sustratos suaves gran parte del tiempo. Además, algunas son capaces de abrir bivalvos con sus pies ambulacrales (Pawson *et al.*, 2009).



Los equinodermos presentan tres características diagnósticas principales: 1) presencia de un endoesqueleto de origen mesodérmico compuesto de placas, espinas y espículas de carbonato de calcio en su forma mineral llamada calcita, 2) simetría bilateral primaria en las etapas larvales, radial pentámera en los adultos y bilateral terciaria únicamente en los adultos de la clase Holothuroidea, y 3) presencia de un sistema vascular acuífero derivado del axohidroceloma izquierdo que inicia en la madreporita, continúa por el canal pétreo y con el conducto radial que tiene a los lados los pies ambulacrales, que le dan soporte y movilidad al organismo, además de funciones diversas como alimenticia, sensorial y respiratoria (Solís-Marín, 1998) (Fig. 1).

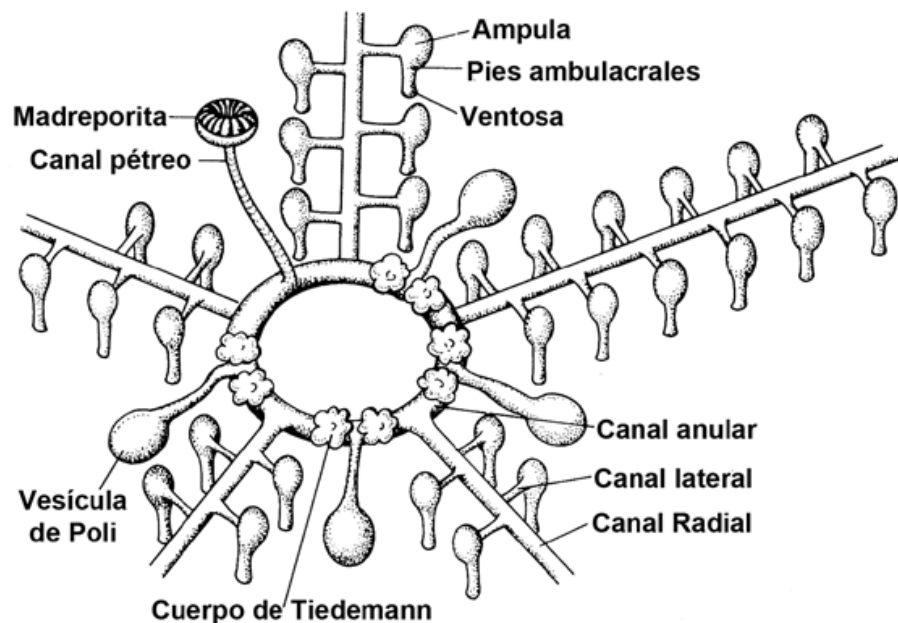
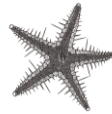


Figura 1. Sistema vascular acuífero de un asteroideo (Barnes, 1995).

La mayoría de los equinodermos son estenohalinos, es decir, se desarrollan en un estrecho intervalo de concentración de sales que en promedio es de 30-36 ppm, sin embargo, existen casos de adaptación a concentraciones entre 20-40 ppm. Se encuentran altamente diversificados en aguas someras de las regiones tropical y subtropical, y están distribuidos en todos los océanos desde la zona litoral, hasta la hadal. En mares profundos constituyen más del 90% de la biomasa bentónica (Zenkevich, 1963).



1.2 Generalidades de la clase Asteroidea

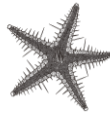
La clase Asteroidea (del griego *aster*: estrella; *eidos*: en forma de...), es una de las de mayor riqueza dentro del phylum Echinodermata incluyendo actualmente 1 900 especies (Brusca *et al.*, 2016). Fue descrita por Blainville en 1830 (Clark y Downey, 1992) y está conformada por organismos principalmente bentónicos, incluyendo algunos que viven enterrados en el sustrato. Se encuentran en todos los mares del mundo desde la zona intermareal hasta las zonas abisales. En general, tienen el cuerpo en forma estelada, un disco y brazos que pueden variar de cinco hasta más de 50, contienen extensiones celómicas encerradas por la pared del cuerpo tanto axial como extraxial (Hendler *et al.*, 1995; Knott, 2004).

Al igual que otros equinodermos, los asteroideos son miembros importantes de muchas comunidades bentónicas marinas. Pueden ser depredadores voraces, que tienen impactos significativos en la estructura de la comunidad. Paine (1966), utilizó a *Pisaster ochraceus* para ilustrar el papel que desempeñan las especies clave en la ecología comunitaria (Knott, 2004).

1.2.1 Morfología

Debido a que los asteroideos son un grupo distribuido ampliamente, tienen notables variaciones a nivel anatómico y en su composición externa, por ejemplo, en tamaño, forma, número de radios, color, etc.; incluso de manera intraespecífica. La longitud de los brazos puede ser de varias veces el diámetro del disco, aunque también existen especies con brazos muy gruesos y cortos, de forma que el cuerpo es pentagonal. Asimismo, algunas especies pueden ser casi esféricas (Hendler *et al.*, 1995).

Las características externas son de suma importancia para la identificación de los ejemplares; su cuerpo se divide en dos regiones: la superficie abactinal o aboral y la superficie actinal u oral (Fig. 2A) (Hickman, 1998).



En la superficie actinal presentan los surcos ambulacrales abiertos, y pies ambulacrales en los radios dispuestos simétricamente que parten del disco. En el centro de la región oral se encuentra la boca; mientras que en la superficie abactinal, se pueden encontrar una o varias madreporitas y el ano, que puede o no estar presente (Hickman, 1998) (Fig. 2B).

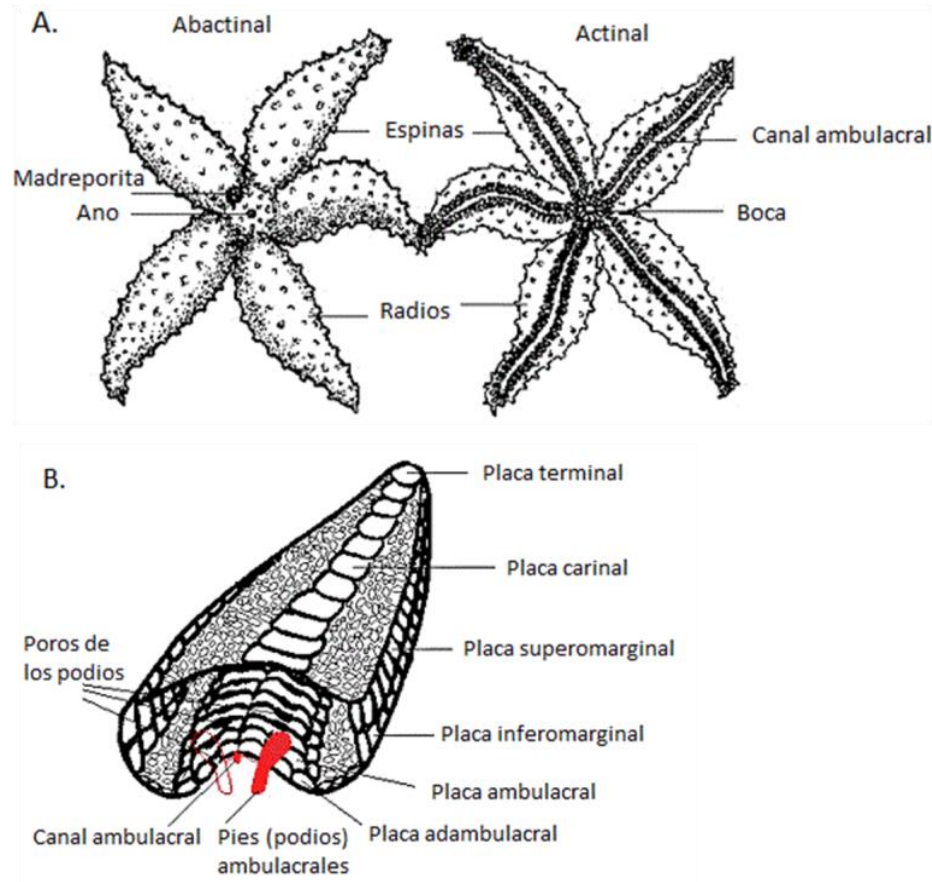
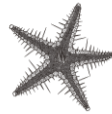


Figura 2. Morfología de Asteroidea A, Superficie actinal/abactinal; B, Sección transversal de un brazo. Tomado y modificado de © BIODIDAC en *Tree of life Project* <http://tolweb.org/>.

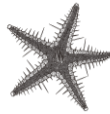
Los caracteres morfológicos de importancia taxonómica en la clase Asteroidea incluyen a nivel de orden, familia, género y especie la forma del disco, forma y disposición de los pies ambulacrales, organización de las áreas papulares, forma de las placas abactinales (Fig 2:B), presencia y ornamentación de las placas marginales, forma de los pedicelarios y las placas orales, la disposición de las placas actinales, el número de brazos, coloración, forma y número de las espinas subambulacrales y adambulacrales (Benavides *et al.*, 2011).



Específicamente, las placas del cuerpo pueden estar presentes o ausentes, fusionadas, teseladas o reducidas y pueden variar en su número, disposición y arreglo y, por lo general, las ornamentaciones distribuidas sobre ellas, reciben el nombre de dicha placa (por ejemplo, placa adambulacral: espinas adambulacrales). Estas mismas ornamentaciones pueden ser de distintas formas, tamaños, tipos, arreglo y disposición, y pueden estar presentes o no (Hendler *et al.*, 1995).

En algunos grupos, la epidermis de la superficie abactinal se encuentra cubierta por pequeñas placas con disposición teselada y en otros presenta gránulos o espinas de diferentes formas y tamaños. También existen grupos que presentan paxilas, por lo general, éstas se encuentran dispuestas en toda la superficie abactinal y están restringidas por la periferia del organismo entre las placas superomarginales. Las paxilas pueden ser de diferente tamaño y tener diferente número de espineletas tanto centrales como periféricas, así como presentar diferentes longitudes de tallo y diferente disposición respecto a su tamaño, ya sea en el centro sobre las placas carinales o en el margen de los radios (Verrill, 1914).

Los asteroideos presentan áreas papulares, que están formadas por pequeñas perforaciones mezcladas con las placas abactinales o en el caso de estar presentes, entre las paxilas. Estas áreas presentan gran variación específica; dependiendo de su forma, tamaño, número de poros o disposición, se pueden diferenciar organismos a diferentes niveles taxonómicos. Los pedicelarios son pequeños apéndices modificados en forma de pinzas o mandíbulas que tienen diferentes funciones como la alimentación, defensa (algunos organismos tienen pedicelarios asociados a glándulas venenosas) y limpieza. La forma, tamaño y disposición de los pedicelarios son de importancia taxonómica y podemos ubicar a un organismo dentro de un taxón (Oguro *et al.*, 1990).



1.2.2 Sistemática

El registro fósil del phylum es abundante y muy extenso, pero a la vez algo incompleto, según como ha sido descrito por diferentes autores; algunos enfatizan en los tipos morfológicos y asignan niveles categóricos a cada taxón fósil descubierto, por esta razón, se tienen descritas 21 clases más de equinodermos extintas (Solís-Marín, 1998).

Existe un registro fósil muy antiguo de un organismo también con forma estelada, con una antigüedad de hace más de 300 millones de años, esto es, aproximadamente dentro del periodo Carbonífero de la era Paleozoica. Este organismo tan antiguo sugiere una ancestría común con el grupo de los ofiuroides, lo que convierte a las clases Asterozoa y Ophiurozoa, en un grupo monofilético, el subphylum Asterozoa (Brusca *et al.*, 2016). Desde el punto de vista paleobiológico, debido a la naturaleza de su esqueleto, resultan ser excelentes fósiles indicadores y, como ya se ha mencionado, poseen una distribución geográfica amplia pues se les ha encontrado en todos los mares a muy distintas profundidades (Caso, 1977).

Actualmente, se reconoce como un grupo de organismos sumamente diverso clasificado en siete órdenes (Brisingida Fisher, 1928; Forcipulatida Perrier, 1884; Notomyotida Ludwig, 1910; Paxillosida Perrier, 1984; Spinulosida Perrier, 1884; Valvatida Perrier, 1884 y Velatida Perrier, 1884) con un número estimado de 1 900 especies vivientes (Brusca *et al.*, 2016) (Fig. 3).

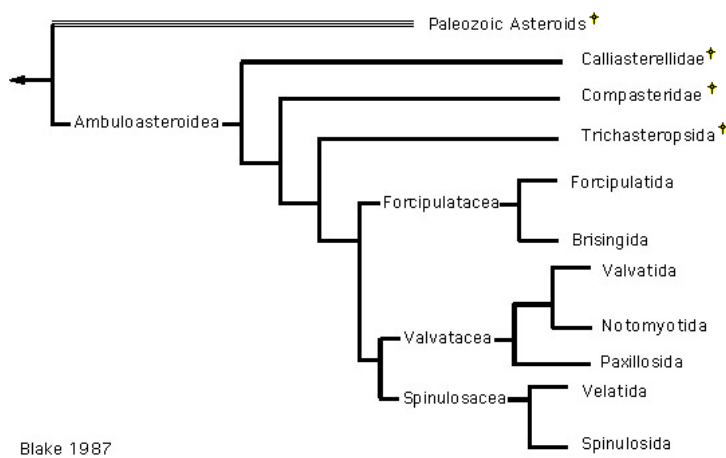
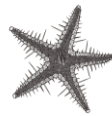


Figura 3. Hipótesis sobre las relaciones de la clase Asterozoa según Blake, 1987.



1.3 Familia Benthoplectinidae

Se trata de una familia de estrellas de mar casi estrictamente de profundidad (únicamente los géneros *Pontaster* y *Cheiraster* se extienden a profundidades menores). Se consideran especies de profundidad cuando su distribución batimétrica está por debajo de los 200 m de profundidad (Escobar-Briones, 2000), lo que claramente coincide con el límite de la plataforma continental. Es la única familia que pertenece al orden Notomyotida, descrito en 1910. Antes se consideraba a algunas de las especies de este grupo dentro del orden Paxillosida, debido a que presentan algunas características morfológicas similares, siendo la principal una epidermis paxiliforme; sin embargo, a pesar de diversos cambios taxonómicos, actualmente se han reconocido como un orden independiente. Incluye aproximadamente 75 especies en nueve géneros y una familia (Lambert, 2000).

Tienen cinco brazos normalmente, muy largos y atenuados, flexibles dorso-ventralmente; placas abactinales esencialmente paxiliformes, pero en ocasiones más o menos reducidas; pápulas restringidas a áreas proximales limitadas en la superficie abactinal, frecuentemente en un parche bilobulado u oval de placas abactinales especializadas o *papularium* en la base de cada brazo (Clark y Downey, 1992).

Los arcos interradales pueden ser angulares o redondeados. Las placas marginales están alternadas e imbricadas, con espinas largas. La placa terminal tiene forma de "U" y está bien desarrollada. El área actinal es relativamente pequeña e irregular en tamaño, y raramente se extiende más allá del disco. Las espinas adambulacrales están sobre placas angulares o convexas, y tienen una o más espinas subambulacrales (Downey, 1973). Tienen pedicelarios pectinados, y los pies ambulacrales se acomodan en dos filas y presentan ventosas (Lambert, 2000).

Poco se sabe acerca de la biología de la familia Benthoplectinidae. En los escasos estudios fisiológicos que se han realizado, se ha revisado el contenido estomacal de ejemplares de algunos géneros que sugiere que son depredadores o detritívoros. Blake (1987) y Clark y Downey (1992), especularon que los benthoplectinidos utilizan sus bandas musculares para



sostener los brazos en la columna de agua para la alimentación de forma suspensívora e interpretaron sus bien desarrolladas espinas como adaptaciones defensivas hacia los depredadores que las han limitado a aguas profundas. Sin embargo, las fotografías disponibles de la familia hasta ahora no sugieren ser de hábitos enterradores ni muestran los brazos extendidos en la columna de agua (Mah y Blake, 2012) (Fig. 4).

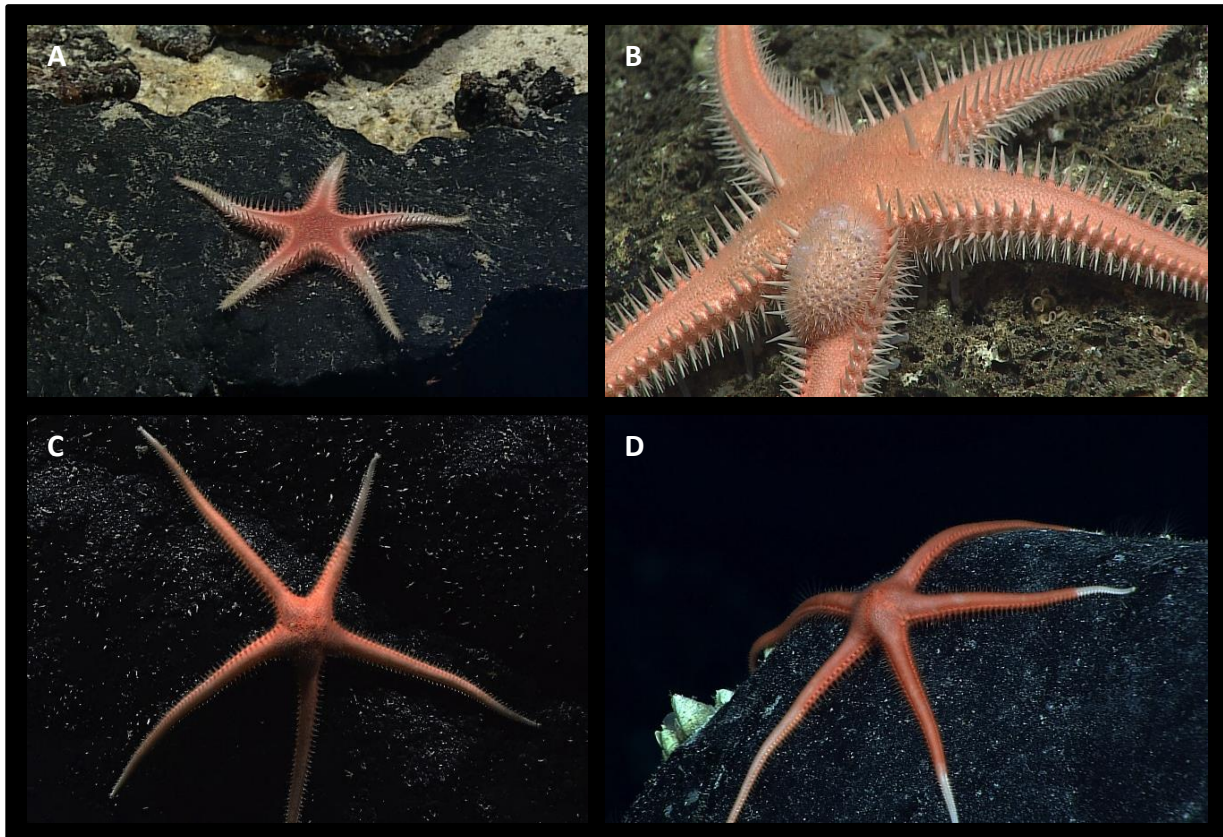
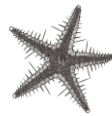


Figura 4. Fotografías *in situ* de organismos pertenecientes a la familia Benthopectinidae. (Disponibles en: NOAA Office of Ocean Exploration and Research Benthic Deepwater Animal Identification Guide www.oceanexplorer.noaa.gov). **A**, Tokelau, Indo-pacífico; **B**, Islas Marianas, Pacífico; **C** y **D**, Hawaii, Pacífico.

Se ha citado que especies de los géneros *Benthopecten* y *Pectinaster* poseen bioluminiscencia con distintas manifestaciones de dicha actividad. Las especies del género *Benthopecten* brillan intensamente de color azul (máximo 480 nm) en toda la superficie aboral de los brazos y las gónadas, mientras que las del género *Pectinaster* brillan sólo en las gónadas y se percibe a través de la dermis, lo que originalmente se pensaba estaba relacionado a las áreas papulares (Herring, 1995).



2. JUSTIFICACIÓN

Las estrellas de mar de profundidad corresponden a un grupo artificial compuesto por muchas especies de diferentes familias y órdenes, cuya distribución batimétrica alcanza más de 200 m de profundidad. Debido a la dificultad fisiológica que representa para el ser humano alcanzar dichas profundidades, tanto los hábitats como las especies que ahí habitan han permanecido sin estudio durante mucho tiempo. Poco se conoce realmente de la diversidad que existe en el mar profundo, en particular, las comunidades de mega bentos, que son comúnmente dominadas por equinodermos tanto en términos de abundancia como de biomasa, por lo que efectuar una revisión taxonómica de los equinodermos de profundidad aportará información básica sobre la composición y clasificación de las especies que habitan bajo las condiciones de ese medio. Con ello se integrará una plataforma de sustentación para cualquier otro estudio biológico, ecológico, biogeográfico o de conservación.

Las expediciones a bordo de buques oceanográficos realizadas en el Golfo de México han sido escasas en comparación con otros países, y es la única forma de obtener muestras y ejemplares de grandes profundidades. Los ejemplares pertenecientes a la familia Benthoplectinidae depositados en la Colección Nacional de Equinodermos (CNE), corresponden a muestreos realizados desde 1985 por los Buques Oceanográficos de la UNAM “Justo Sierra” y “El Puma” en las primeras campañas oceanográficas realizadas por investigadores mexicanos. Antes de ese año, los únicos registros de dicha familia en aguas mexicanas se encontraban depositados en colecciones internacionales y el material era examinado exclusivamente por investigadores extranjeros.

Hasta la fecha, en México no se ha realizado ningún estudio taxonómico detallado con los ejemplares de esta familia recolectados desde esos años. Realizar la descripción de los ejemplares de la familia Benthoplectinidae del Golfo de México que se encuentran depositados en la CNE es de suma importancia, ya que contribuye al estudio de los equinodermos de profundidad y a efectuar una recopilación actualizada de las estructuras de valor taxonómico de especies que pueden vivir en estos hábitats tan peculiares y extremos.



3. ANTECEDENTES

Las especies de la familia Benthopectinidae originalmente fueron ubicadas en géneros, familias y órdenes distintos. Sladen (1899), colocó varios géneros de la actual familia dentro de la familia Archasteridae Viguiet, 1879 *incertae sedis* y un par de géneros más dentro de la subfamilia Pararchasterinae Sladen, 1889, que posteriormente fue nombrada sinónimo de la familia Benthopectinidae.

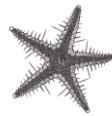
Ese mismo año, Verrill (1899) colocó a la familia Benthopectinidae en el suborden Valvata (posteriormente elevado a nivel de orden: Valvatida Perrier, 1884), en ella incluyó únicamente al género *Benthopecten* Verrill, 1884.

Ludwig, (1910) realizó una revisión taxonómica en la cual agrupó ocho géneros y describió un nuevo orden al que llamó Notomyota. Dividió el orden en dos familias; Cheirasteridae Ludwig, 1910 y Benthopectinidae, ésta última diferenciada de la primera únicamente por la presencia de placas interradales impares.

Fisher (1911a), describió los géneros *Myonotus* y *Nearchaster* mencionando que se trataba de géneros de características intermedias entre las dos familias que había descrito Ludwig (1910), por este motivo, propuso mantener a la familia en un sentido amplio, sin subfamilias. En otro trabajo del mismo año Fisher (1911b), pone en duda la posición sistemática del orden con la intención de manejarlo como suborden.

Por otro lado, Verrill (1914), mantuvo la división de dos subfamilias, pero no la posición de un orden aparte, pues lo redujo a suborden. Finalmente, Verrill (1915) estableció que mantener dos subfamilias era inconsistente por la existencia de formas intermedias y propuso reducir las subfamilias a géneros para mantener una sola familia en sentido amplio.

Döderlein (1917), publicó una monografía de ejemplares de las familias Porcellanasteridae Sladen, 1883, Astropectinidae Gray, 1840 y Benthopectinidae del océano Índico de 1899-1900 en la expedición a bordo del H. M. Siboga y describió cinco especies nuevas y un género nuevo para la familia Benthopectinidae.



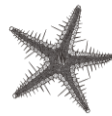
Mortensen (1927), realizó un manual de equinodermos de las Islas británicas. En éste, mencionó a *Notomyota* como suborden e incluyó a la familia Benthoplectinidae con una clave dicotómica para los géneros *Benthoplecten*, *Pectinaster* y *Pontaster*.

Downey (1973), publicó un trabajo sobre asteroideos del Caribe y Golfo de México. En dicho trabajo incluyó la descripción de 95 especies distribuidas en 56 géneros registrados para esas áreas hasta ese año. Para la familia Benthoplectinidae, incluyó claves de identificación para los géneros *Cheiraster*, *Pectinaster*, *Benthoplecten* y *Luidiaster*, y la descripción de seis especies nuevas.

Clark (1981), publicó una revisión taxonómica de la familia principalmente para géneros y especies presentes en el océano Atlántico. En esta revisión redefinió a los géneros *Cheiraster* y *Pectinaster*, redujo el género *Luidiaster* a subgénero de *Cheiraster*, describió dos subgéneros más para el género *Cheiraster* y tres especies nuevas. Además, actualizó la distribución tanto geográfica como batimétrica de las especies.

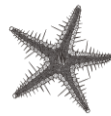
Pain *et al.* (1982), hicieron un estudio pionero sobre la biología reproductiva de tres especies de la familia Benthoplectinidae en una estación artificial a 2 200 m de profundidad al norte de Rockall Trough en el Atlántico Norte. Realizaron la disección de gónadas de 180 ejemplares de *Benthoplecten simplex simplex* Perrier, 1881, 129 ejemplares de *Pectinaster filholi* Perrier, 1885 y 34 de *Pontaster tenuispinus* Düben y Koren, 1846. Encontraron que las tres especies son gonocóricas y que la proporción de sexos es generalmente de 1:1.

Clark y Downey (1992), realizaron una investigación profunda sobre todas las especies de la clase Asteroidea reportadas para el océano Atlántico. Es una recopilación de suma importancia que sigue siendo el consenso sobre la situación taxonómica de muchos grupos. Incluyeron claves de identificación, descripción de 374 especies y 113 láminas. De las 374 especies, 16 corresponden a la familia Benthoplectinidae divididas en cinco géneros y cuatro subgéneros.



Mah y Blake (2012), describieron la filogenia y diversidad global de la clase Asterozoa. Discutieron la posición taxonómica del orden Notomyotida con respecto a los otros seis órdenes de la clase y se compararon filogenéticamente las familias Benthoplectinidae y Pseudarchasteridae Sladen, 1889 con familias del orden Paxillosida, ubicándolas como grupo hermano de un clado que contiene a las familias Gonioplectinidae Verrill, 1889 y Ctenodiscidae Sladen, 1889.

También ese año, Thuy *et al.* (2012), realizaron un estudio sobre el origen de la fauna moderna del mar profundo y compararon placas del cuerpo de diferentes especies actuales con placas fósiles de géneros y especies cercanas, encontrando diferencias mínimas y planteando una posible recolonización del mar profundo posterior a las extinciones del Jurásico y Cretácico. Para la clase Asterozoa, incluyeron especies de la familia Benthoplectinidae del género *Pectinaster*.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Realizar una descripción taxonómica y el catálogo fotográfico que ilustre las estructuras morfológicas de cada una de las especies de la familia Benthopectinidae registradas para las aguas mexicanas del Golfo de México, de los ejemplares depositados en la Colección Nacional de Equinodermos (CNE) “Dra. María Elena Caso Muñoz” del Instituto de Ciencias del mar y limnología (ICML), de la UNAM.

4.2 Objetivos particulares

- Describir las especies de la familia Benthopectinidae presentes en las aguas mexicanas del Golfo de México con base en los ejemplares de dicho grupo depositados en la CNE, ICML, UNAM.
- Realizar un catálogo taxonómico que incluya: nombre válido, sinonimias, diagnosis, descripción, material tipo, localidad tipo, material examinado, distribución geográfica y distribución batimétrica de cada especie.
- Elaborar una clave taxonómica ilustrada para la identificación de especies de la familia Benthopectinidae presentes en las aguas mexicanas del Golfo de México.
- Realizar mapas de distribución para los ejemplares de cada especie en las aguas mexicanas del Golfo de México.



5. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México es una cuenca semi-cerrada que se comunica con el Caribe y el Atlántico por medio del canal de Yucatán y el estrecho de Florida; sus aguas tienen una condición oligotrófica (Signoret-Poillon *et al.*, 2006). Está situado en la zona tropical y subtropical entre las latitudes 18° y 30° N, y las longitudes 82° y 92 °W (Monreal-Gómez y Salas de León, 1997). Tiene un área total de 1 600 000 km² (representa alrededor del 30% del litoral mexicano), y una profundidad promedio de 1 500 m, alcanza una profundidad máxima de 3 900 m en la Planicie abisal de Sigsbee (Zavala-Hidalgo y Fernández-Eguiarte, 2006) (Fig. 5).

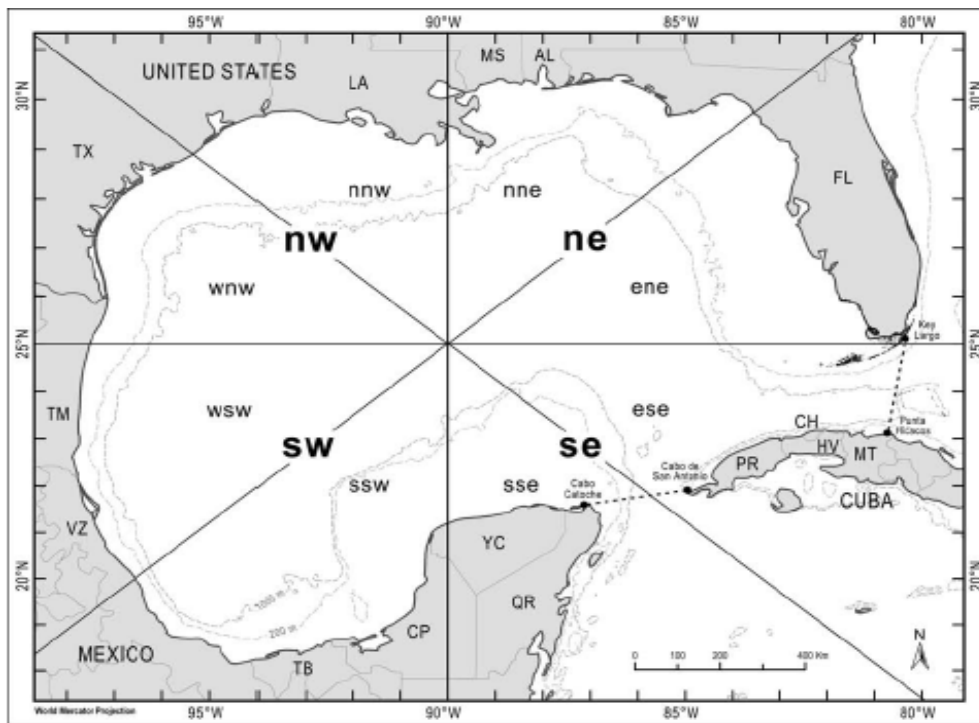
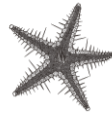


Figura 5. Regionalización del Golfo de México (Tomado de Felder, 2009).

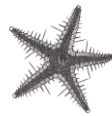
En esta área ocurren muchos procesos hidrodinámicos como consecuencia de la interacción que existe entre los ambientes costeros, la región oceánica y los procesos físicos como huracanes, mareas, frentes, corrientes, surgencias y viento (Vidal-Lorandi y Vidal-Lorandi, 1997).



Está compuesto por la mezcla de las siguientes masas de agua principalmente: Agua superficial tropical del Caribe, Agua subtropical subsuperficial del Caribe (estas dos ubicadas en la parte superior de la capa de mezcla), Agua subtropical subsuperficial del Golfo de México, Agua común del Golfo de México (originadas por la mezcla convectiva del Agua subtropical subsuperficial del Caribe y la que está de la superficie hasta 200 m de profundidad), Agua intermedia Antártica (700-750 m) y Agua profunda Noratlántica (1 600-1 900 m). Todas estas masas de agua son producto de la interacción que existe entre el medio y los giros anticiclónicos que se desprenden de la corriente de Lazo y que son parte de un mecanismo natural de bombeo e intercambio entre las masas de agua (Vidal-Lorandi y Vidal-Lorandi, 1997; Aldeco-Ramírez *et al.*, 2009) y constituyen los principales fenómenos que influyen en la distribución de factores bióticos, así como en las propiedades características tanto físicas como químicas que tiene el Golfo de México.

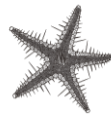
Con una profundidad promedio de 1 500 m, el Golfo de México representa un área importante para el estudio del mar profundo. Se considera mar profundo a la región por debajo de los 200 m, y representa la transición de la plataforma continental al talud continental. Las propiedades físicas del agua en el mar profundo tienden a ser homogéneas por debajo de la termoclina permanente, exceptuando la presión hidrostática y corrientes. Por cuestión de profundidad, la luz solar no tiene efectos ecológicos directos, aunque existen efectos indirectos ya que la luz, que es la fuente de energía del fitoplancton en la superficie, llega a través de las redes tróficas (Gage y Tyler, 1991).

La temperatura del mar profundo oscila entre los 4° y -1° C, y la salinidad es relativamente constante siendo cercana a 34.96 ppm debajo de los 2 km de profundidad, y descendiendo a 34.6 ppm en niveles más profundos (Schiller, 1999). Los valores que corresponden al oxígeno disuelto están cerca de la saturación, es decir, 5-6 mg/L², exceptuando capas donde el oxígeno es mínimo. La presión hidrostática es la variable más obvia o predecible en este contexto, ya que se incrementa una atmósfera cada 10 m de profundidad. El incremento de la presión, sumado al descenso de temperatura, afecta las actividades de catálisis enzimática en organismos de profundidades (Gage y Tyler, 1991).



Además, otros factores del área que afectan a los organismos del mar profundo son las corrientes de fondo, caracterizadas por ser de movimiento lento (menores a 10 cm s^{-1}), en comparación con las superficiales (Thistle y Eckman, 1990). Como resultado de estos movimientos de masas de agua se remueve el sedimento y materia orgánica y así, los organismos pueden obtener alimento.

Para este estudio, se consideraron diversas localidades del Golfo de México en la parte del territorio nacional, es decir, principalmente sureste y suroeste con base en la regionalización de Felder y colaboradores (2009).



6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1 Trabajo de campo

Los ejemplares de la familia Benthoplectinidae que se encuentran depositados en la CNE, del ICML de la UNAM, han sido recolectados desde el año 1985 a la fecha mediante el B/O “Justo Sierra” de la UNAM. Los ejemplares revisados para este estudio corresponden a las campañas PROIBE IV (1985), BATO1 (1999), PROB-MEX II (1999), SIGSBEE6 (2003), SIGSBEE7 (2004), BIOREPES1 (2005), BIOREPES2 (2007), BIOREPES3 (2008), COBERPES (2009), COBERPES2B (2011), COBERPES3 (2011), COBERPES4 (2012), COBERPES5 (2013), COBERPES6 (2014) y SOGOM (2015), realizadas en el Golfo de México, cubriendo las zonas de distribución de las especies.

6.2 Trabajo de laboratorio

Se revisaron ejemplares de las cinco especies registradas para el Golfo de México depositados en la CNE “Dra. M. E. Caso M.” del Instituto de Ciencias del mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) utilizando un microscopio estereoscópico Olympus® SZX7.

Se examinaron 73 ejemplares de *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus*, 133 ejemplares de *Cheiraster (Cheiraster) planus*, 159 ejemplares de *Cheiraster (Christopheraster) blakei*, y 166 ejemplares de *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis*.

Para la elaboración de la clave dicotómica de la familia, los principales caracteres morfológicos empleados fueron: forma de las placas abactinales, ubicación, forma y número de espinas inferomarginales y superomarginales; forma y disposición de pedicelarios, forma y disposición de áreas papulares y presencia y número de espínulas y espineletas. Se utilizó Adobe Illustrator CC para la elaboración de los esquemas que ilustran la clave.

Para establecer la distribución de cada especie en las colectas realizadas en el Golfo de México, se reunieron los datos disponibles en las etiquetas del total de ejemplares



revisados de la CNE “Dra. M. E. Caso M.” para realizar un listado de localidades con las especies presentes en cada una, de tal forma que fuera posible identificar la especie presente en el mayor número de localidades y la localidad con el mayor número de especies. Cabe señalar que en las campañas oceanográficas realizadas en el B/O “Justo Sierra” se visitan las mismas localidades, pero las coordenadas geográficas no se repiten, ya que se realizan varios puntos de muestreo. Esto permite ubicar espacialmente a las especies presentes en el Golfo de México. El B/O “Justo Sierra” abarca durante sus muestreos las aguas mexicanas tanto del Golfo de México como el Caribe mexicano.

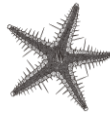
Se revisaron las bases de datos de las siguientes colecciones para verificar la ubicación de los materiales tipo para cada especie: *Museum of Comparative Zoology, Harvard University* (MCZ), *United States National Museum of natural History Smithsonian* (USNM), *Muséum National d'Histoire naturelle, Paris* (MNHN).

Se realizaron mapas de los registros de cada especie en las aguas mexicanas del Golfo de México y un mapa general con todos los registros de la familia utilizando Diva-Gis software 7.5.0. En el siguiente cuadro se enlistan las coordenadas muestreadas en cada localidad durante las campañas oceanográficas antes mencionadas, a las cuales pertenecen los organismos depositados en la Colección.



Cuadro 1. Listado de localidades y coordenadas de muestreo de las campañas oceanográficas en los que se han recolectado ejemplares pertenecientes a la familia Benthopectinidae del Golfo de México.

Localidades	Coordenadas
1 Frente a Laguna madre Nte. Tamaulipas, México	24°55'58" N, 96°30'50" O; 24°56'0.5" N, 96°29'18" O; 24°56'48" N, 96°24'59" O; 24°55'05" N, 96°29'73" O; 24°54'80" O, 96°31'40" O; 24°55'00" N, 96°29'73" O
2 Frente a Coatzacoalcos, Veracruz, México	18°57'10" N, 94°20'02" O; 18°59'46" N, 94°19'94" O; 18°53'90" N, 94°08'37" O
3 Veracruz, México	18°46'37" N, 94°24'6" O; 18°46'37" N, 94°25'96" O; 18°47'04" N, 94°32'85" O
4 Frente a barra Tonalá, Veracruz, México	19° 06'33" N, 94°06'38 O; 18°57'68" N, 94°06'61" O
5 Frente a Río Tonalá, Tabasco, México	19°04'61" N, 94°04'49" O; 19°02'96" N, 94°05'33" O; 18°58'05" N, 94°07'57" O
6 Frente a Laguna Mecoacan, Tabasco, México	19°33'82" N, 93°01'46" O
7 Frente a Puerto Ceibe, Tabasco, México	19°08'81" N, 93°27'48" O; 19°08'99" N, 93°27'91" O
8 Frente a Sánchez-Magallanes, Tabasco, México	19°13'57" N, 93°54'88" O; 18°54'99" N, 93°51'69" O
9 Frente a Frontera, Tabasco, México	19°40'7" N, 92°45'13" O
10 Frente a Laguna de Términos, Campeche, México	22°20'18" N, 91°41'46" O; 22°20'18" N, 91°41'46" O; 22°26'00" N, 91°26'86" O
11 Cercano a Cayo Arenas, Campeche, México	22°24'34" N, 91°34'86" O; 22°15'87" N, 91°44'89" O; 22°33'63" N, 90°48'50" O; 22°24'42" N, 91°30'35" O; 22°24'15" N, 91°35'00" O; 22°24'12" N, 91°35'75" O; 22°46'23" N, 90°45'79" O; 22°33'72" N, 90°48'34" O; 22°29'3" N, 90°43'66" O
12 Frente a Río Lagartos, Banco de Campeche, Yucatán, México	24°16'60" N, 88°12'57" O
13 Cercano a Cayo Arenas, Yucatán, México	22°24'7" N, 91°30'7" O; 22°46'16" N, 90°46'88" O; 22°28'8" N, 91°12'95" O
14 Frente a Progreso, Banco de Campeche, Yucatán, México	23°10'83" N, 89°59'71" O; 23°14'95" N, 89°59'53" O; 23°17'28" N, 89°56'73" O
15 Norte de Arrecife Alacrán, Yucatán, México	23°30'98" N, 89°49'42" O; 24°14'89" N, 88°12'59" O; 23°36'02" N, 89°34'51" O
16 Quintana Roo, México	23°22'09" N, 88°06'09" O; 23°22'9" N, 88°06'9" O; 22°23'2" N, 87°15'4" O
17 Frente a Cabo Catoche, Banco de Campeche, Quintana Roo, México	23°46'20" N, 87°06'64" O; 23°48'38" N, 87°08'16" O
18 Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo, México	24°21'45" N, 87°37'92" O; 24°24'57" N, 87°38'22" O; 23°26'70" N, 86°53'07" O; 23°35'46" N, 86°50'08" O; 23°38'49" N, 87°4'84" O; 23°40'58" N, 87°04'4" O; 23°26'70" N, 86°53'7" O
19 Cerca de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México	18°45'00" N, 87° 33' 00" O



Para obtener las tallas de los ejemplares, se midieron todos los disponibles de cada una de las especies. Se midió el radio mayor (R) y el radio menor (r), siendo estas las medidas desde el centro del disco hasta la punta del brazo, y del centro del disco al margen del interrradio, respectivamente, según lo especificado por Clark y Downey (1992) (Fig. 6).

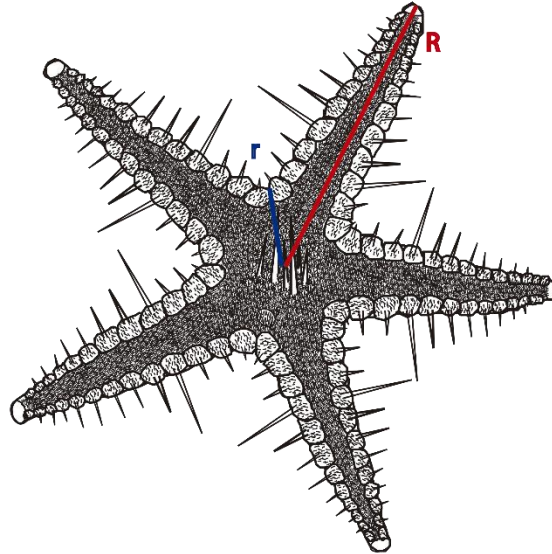


Figura 6. Medidas de radio mayor (R) y radio menor (r) de un asteroideo.

Para la identificación de los ejemplares se utilizaron guías y claves taxonómicas de la clase Asteroidea para el océano Atlántico (Verrill, 1915; Mortensen, 1927; Clark, 1981; Clark y Downey, 1992). Posteriormente, se revisó la información de los siguientes autores para recopilar los datos del catálogo taxonómico para cada especie: Perrier, 1881,1894; Sladen, 1889; Ludwig, 1910; Fisher, 1911a, 1911b; Verrill, 1899, 1915; H. L. Clark, 1941; Downey, 1973; A. M. Clark, 1981; Clark y Downey, 1992. Finalmente, se tomaron fotografías mediante el uso de un microscopio multifocal Leica DFC490, en el Laboratorio de Microscopía Electrónica y fotografía de la Biodiversidad en el Instituto de Biología (IB), UNAM. Una vez obtenidas las fotografías, éstas se editaron usando Adobe Photoshop CC para la realización de las láminas del catálogo fotográfico con la descripción y diagnosis. A cada una de las especies revisadas se les anexó: sinonimias, diagnosis, descripción, material tipo, localidad tipo, material examinado, distribución geográfica y distribución batimétrica.



7. RESULTADOS

Se examinó un total de 531 ejemplares pertenecientes a dos géneros, tres subgéneros y cinco especies y se realizó el catálogo taxonómico con los nombres válidos para cada especie, sinonimias, diagnosis, descripción, referencias de identificación, material examinado con coordenadas geográficas de las localidades, material tipo, localidad tipo, distribución geográfica, registros previos para el Golfo de México, distribución batimétrica, generalidades y comentarios acerca de las especies.

Sinopsis taxonómica de las especies registradas de la familia Benthoplectinidae para el
Golfo de México

Phylum Echinodermata Bruguiere, 1791
Clase Asteroidea Blainville, 1830

Orden Notomyotida Ludwig, 1910

Familia Benthoplectinidae Verrill, 1899

Género *Benthopecten* Verrill, 1884

Benthopecten simplex simplex (Perrier, 1881)

Género *Cheiraster* Studer, 1883

Subgénero *Barbadosaster* Clark, 1981

Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus (Perrier, 1875)

Subgénero *Cheiraster* Studer, 1883

Cheiraster (Cheiraster) planus Verrill, 1915

Subgénero *Christopheraster* Clark, 1981

Cheiraster (Christopheraster) blakei Clark, 1981

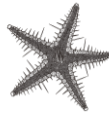
Cheiraster (Christopheraster) mirabilis (Perrier, 1881)



Cuadro 2. Listado de localidades de muestreo del B/O “Justo Sierra” en los que se han recolectado ejemplares pertenecientes a las cinco especies de la familia Benthopectinidae registradas para el Golfo de México.

	Localidades	<i>Benthopecten simplex simplex</i>	<i>Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus</i>	<i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	<i>Cheiraster (Christopheraster) blakei</i>	<i>Cheiraster (Christopheraster) mirabilis</i>
1	Frente a Laguna madre Nte. Tamaulipas, México			X		
2	Frente a Coatzacoalcos, Veracruz, México			X		
3	Veracruz, México			X		X
4	Frente a barra Tonalá, Veracruz, México			X		
5	Frente a Río Tonalá, Tabasco, México			X		X
6	Frente a Laguna Mecoacan, Tabasco, México			X		
7	Frente a Puerto Ceibe, Tabasco, México			X		
8	Frente a Sánchez-Magallanes, Tabasco, México			X		
9	Frente a Frontera, Tabasco, México			X		
10	Frente a Laguna de Términos, Campeche, México					X
11	Cercano a Cayo Arenas, Campeche, México		X	X		X
12	Frente a Río Lagartos, Banco de Campeche, Yucatán, México		X			
13	Cercano a Cayo Arenas, Yucatán, México				X	X
14	Frente a Progreso, Banco de Campeche, Yucatán, México		X			X
15	Norte de Progreso, Yucatán, México			X	X	X
16	Norte de Arrecife Alacrán, Yucatán, México			X		X
17	Quintana Roo, México		X	X		
18	Frente a Cabo Catoche, Banco de Campeche, Quintana Roo, México		X			
19	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo, México			X		X

En el Cuadro 2 se puede apreciar que la especie presente en más localidades es *Cheiraster (Cheiraster) planus*, la cual se observa en 14 de las 19 localidades, lo que representa el 74%. Las localidades que presentan mayor número de especies son “Cercano a Cayo Arenas, Campeche (Núm. 11)” y “Norte de Progreso, Yucatán (Núm. 15)”, en las cuales se encuentran tres especies: *Cheiraster (Cheiraster) planus*, *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* y *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* para la primera y *Cheiraster (Cheiraster) planus*, *Cheiraster (Christopheraster) blakei* y *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* para la segunda.



Siete de las 19 localidades, es decir el 37%, tienen presencia de dos especies (Fig. 7A). Por otro lado, el 53% de las localidades presenta únicamente una de las cinco especies, siendo el 70% de dicho porcentaje correspondiente a *Cheiraster (Cheiraster) planus*. El resto de las especies tienen solo el 26% de aparición, una de ellas sólo aparece dos veces, es decir, el 11% (Fig. 7B). Por último, una de las especies (*B. simplex simplex*) no se ha encontrado en ninguno de los muestreos realizados por el B/O “Justo Sierra”.

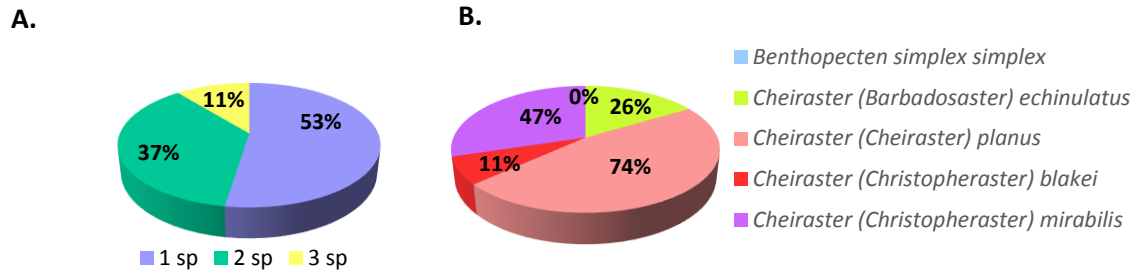


Figura 7. A, Porcentaje de localidades que presentan una, dos y tres especies; B, Porcentaje de aparición de las especies en las localidades.

La especie *Cheiraster (Cheiraster) planus* es la especie más común con distribución más amplia en las áreas mexicanas del Golfo de México presente en el 74% de las localidades. En la Fig 8. se puede apreciar que la especie con mayor número de ejemplares desde 1985 y hasta el 2015 es *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis*, misma especie presente en el 47% de las localidades. Por otro lado, la especie que podría considerarse como “rara” es *Cheiraster (Christopheraster) blakei*, que en el mismo periodo se ha encontrado únicamente en dos localidades, de la misma forma, *Benthopecten simplex simplex* se ha recolectado en otras ocasiones en campañas oceanográficas internacionales, sin embargo, el buque “Justo Sierra” no la ha recolectado en su ruta por el Golfo de México y Caribe.

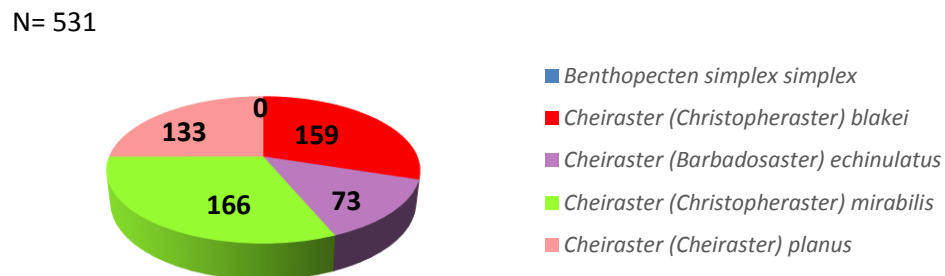


Figura 8. Distribución de número de ejemplares disponibles en la CNE por especie.

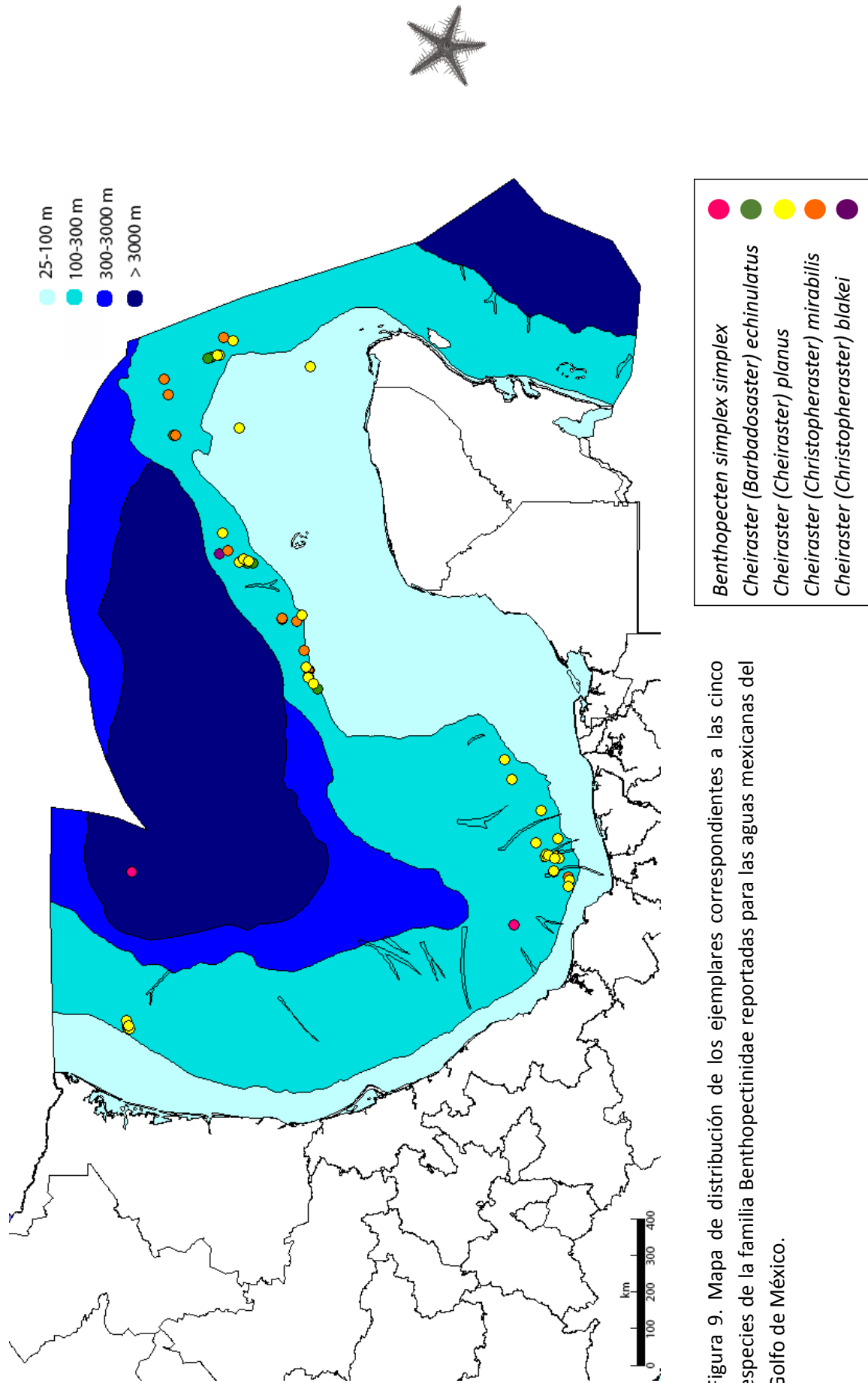
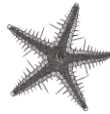


Figura 9. Mapa de distribución de los ejemplares correspondientes a las cinco especies de la familia Benthopectinidae reportadas para las aguas mexicanas del Golfo de México.



GUÍA ILUSTRADA DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA BENTHOPECTINIDAE DE LAS AGUAS MEXICANAS DEL GOLFO DE MÉXICO.

Familia Benthopectinidae Verrill, 1899

Archasteridae: Pararchasterinae Sladen, 1889: 28, 4; Perrier, 1893: 851; 1894: 251, 252; Ludwig, 1903: 9; Sussbach y Breckner, 1911: 197.

Archasteridae: Benthopectininae Verrill, 1894: 245-246, 268.

Archasteridae: Pontasterinae Verrill, 1894: 246-247, 268.

Plutonasteridae: Pontasterinae Verrill, 1899: 200.

Cheirasteridae Ludwig, 1910: 442, 444-447.

Benthopectinidae: Benthopectininae: Verrill, 1914a: 311.

Benthopectinidae: Pontasterinae: Verrill, 1914a: 311.

Benthopectinidae Verrill, 1899: 200, 217; Ludwig, 1910: 442, 458-461; Fisher, 1911a: 120-122; Farran, 1913: 2; Verrill, 1914a: 310-311; 1915: 122; Döderlein, 1917:32; Koehler, 1924: 184-185; Mortensen, 1927: 71; Fisher, 1940: 94; H. L. Clark, 1941: 26; Djakonov, 1950a: 34-35 (1968:28-29); A. M. Clark, 1962a: 13; Bernasconi, 1964b: 250, 1973a: 293; Spencer y Wright, 1966: U48; Downey, 1973: 39-40; Sibuet, 1975:289; Clark y Courtman-Stock, 1976: 56; A. M. Clark, 1981: 91-135; Clark y Downey, 1992: 113; H. G. Hansson, 2001: 339; Pawson *et al.*, 2009: 1188; Benavides-Serrato *et al.*, 2011: 139.

Diagnosis (Modificada de Verrill, 1914a): Forma estelada; disco pequeño; cinco brazos alargados con dos hileras de placas marginales gruesas, espinosas y alternadas. Pedicelarios pectinados o fasciculados. La superficie abactinal está cubierta por protopaxilas, parapaxilas, paxilas, o simples placas espinosas. Las pápulas están limitadas a áreas especializadas cerca de la base de los brazos. El área interr radial actinal es muy pequeña; a veces está ocupada por uno o más pedicelarios. Pueden presentar pedicelarios entre las placas, sobre los márgenes, o en la superficie abactinal. Las placas adambulacrales son angulares y tienen espinas alargadas y una o más espinas subambulacrales. Un par de bandas musculares se extiende a lo largo de la región medio-dorsal y una parte de la longitud de los brazos.



Género *Benthopecten* Verrill, 1884

Benthopecten Verrill, 1884a: 218; 1895: 130; Ludwig, 1910: 464; Fisher, 1911a: 142; Downey, 1973: 40; A. M. Clark, 1981: 122; Clark y Downey, 1992: 117; Solís-Marín *et al.*, 2005: 125; Alvarado *et al.*, 2010: 548.

Pararchaster Sladen, 1885: 610; 1889: 4; Ludwig, 1910: 462.

Diagnosis (Tomada de Fisher, 1911b): Placas abactinales planas o convexas, no tabuladas, frecuentemente lobuladas en las áreas papulares, con una espina central solamente, o una o varias espineletas pequeñas adicionales; placas superomarginales generalmente con solamente una espina grande, y las inferomarginales con una o dos espinas primarias; placa marginal interradianal impar prominente y generalmente presente en todos los interradios.

Especie tipo: *Benthopecten spinosus* Verrill, 1884



Benthopecten simplex simplex (Perrier, 1881)
(Lám. 1, Fig. 19)

Archaster simplex Perrier, 1881: 28; 1884: 264, lám. 1, fig. 8.

Pararchaster armatus Sladen, 1889: 19, lám. 1, figs. 5-6, lám. 4., figs. 5-6.

Pararchaster simplex Perrier, 1894: 253-256.

Benthopecten simplex: Ludwig, 1910: 451, 464; Fisher, 1911a: 143; Verrill, 1915: 122; Downey, 1973: 40, lám. 12, figs. C-D; Pain *et al.*, 1982: 195; Gage *et al.*, 1983: 276; Harvey *et al.*, 1988: 160.

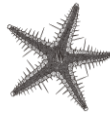
Benthopecten armatus Farran, 1913: 2; Mortensen, 1927: 74, fig. 41.

Benthopecten spinosus Grieg, 1932: 12 lám. 4, fig.1; H. L. Clark, 1941: 26 (*Non B. spinosus* Verrill, 1884).

Benthopecten chardyi Sibuet, 1975: 238, 289, fig. 3, lám. 1, figs. B, D.

Benthopecten simplex simplex: A. M. Clark, 1981: 130; Clark y Downey, 1992: 121, fig. 231, lám. 30A; H. G. Hansson, 2001: 339; Pawson *et al.*, 2009: 1188.

Diagnosis (Modificada de Clark, 1981): R hasta de 150 mm, pero rara vez mayor a 80 mm; R/r 7.7-7.9. Presenta múltiples espínulas en la mayoría de las placas abactinales proximales, a menudo dos o tres, pero a veces hasta 10 cuando están acompañadas por una espineleta o espina más grande, especialmente en ejemplares con R>50 mm en promedio; las espinas de las placas radiales primarias tienden a estar mejor desarrolladas que las de las placas interradales primarias; áreas papulares generalmente distalmente bifurcadas, los poros más distales se nivelan con la segunda o tercer superomarginal pero se extienden hasta la cuarta o incluso la quinta superomarginal en ejemplares con R> 100 mm; placas superomarginales interradales impares con una sola espina muy grande, el resto de las superomarginales también con espinas simples y unas pocas espinas o espineletas, las inferomarginales con una espina accesoria debajo de la principal de la mitad de largo; 16-23, por lo general 18-21 placas proximales adambulacrales correspondientes a las diez primeras inferomarginales pareadas; pocas placas actinales, una segunda serie desarrollada solamente en ejemplares con R> 100 mm; placas adambulacrales con seis o siete espinas del surco (a veces cinco u ocho) y una o dos espinas subambulacrales, usualmente dos en ejemplares con R> 50 mm más allá de las primeras diez placas, donde con más frecuencia sólo hay una sola espina; placas orales con cinco o seis (a veces cuatro o siete) espinas del surco y tres o cuatro espinas suborales;



pedicelarios pectinados en placas actinales e inferomarginales usualmente presentes en ejemplares con $R > 50$ mm y a veces también algunas abactinales.

Referencias de identificación: Ludwig, 1910: 464, 465; Clark 1981: 130-134; Clark y Downey, 1992: 121-123, fig. 231, lám. 30 A.

Material tipo: Holotipo, MCZ AST9 (Clark y Downey, 1992).

Localidad tipo: Noroeste de Cuba (Perrier, 1881).

Distribución geográfica: Este y sureste de Cabo Cod; Golfo de México (Fig. 10); Colombia y Guyana hasta el sur y suroeste de Islandia y Rockall Trough; Kattegat, Dinamarca; Golfo de Guinea (Clark y Downey, 1992; Hansson, H.G. 2001).

Registros previos para el Golfo de México: Golfo de México, Clark y Downey, (1992) y Pawson *et al.*, (2009); Tamaulipas, Durán-González *et al.*, (2005).

Distribución batimétrica: De 1 175 a 3 713 m (Clark y Downey, 1992; Pawson *et al.*, 2009).

Comentarios: En la CNE “Dra. Ma. E. Caso M.” no se encuentra depositado ningún ejemplar de esta especie. Sin embargo, el registro en las aguas mexicanas del Golfo de México está basado en los ejemplares del USNM con números de catálogo USNM-E13210 (Tamaulipas) y USNM-E13219 (Veracruz). Las fotografías utilizadas en la lámina fueron proporcionadas por Brenda Esteban Vázquez y corresponden al ejemplar con número de catálogo USNM-E13210. Se amplía el intervalo de profundidad reportado hacia su límite más profundo a 3 713 m.

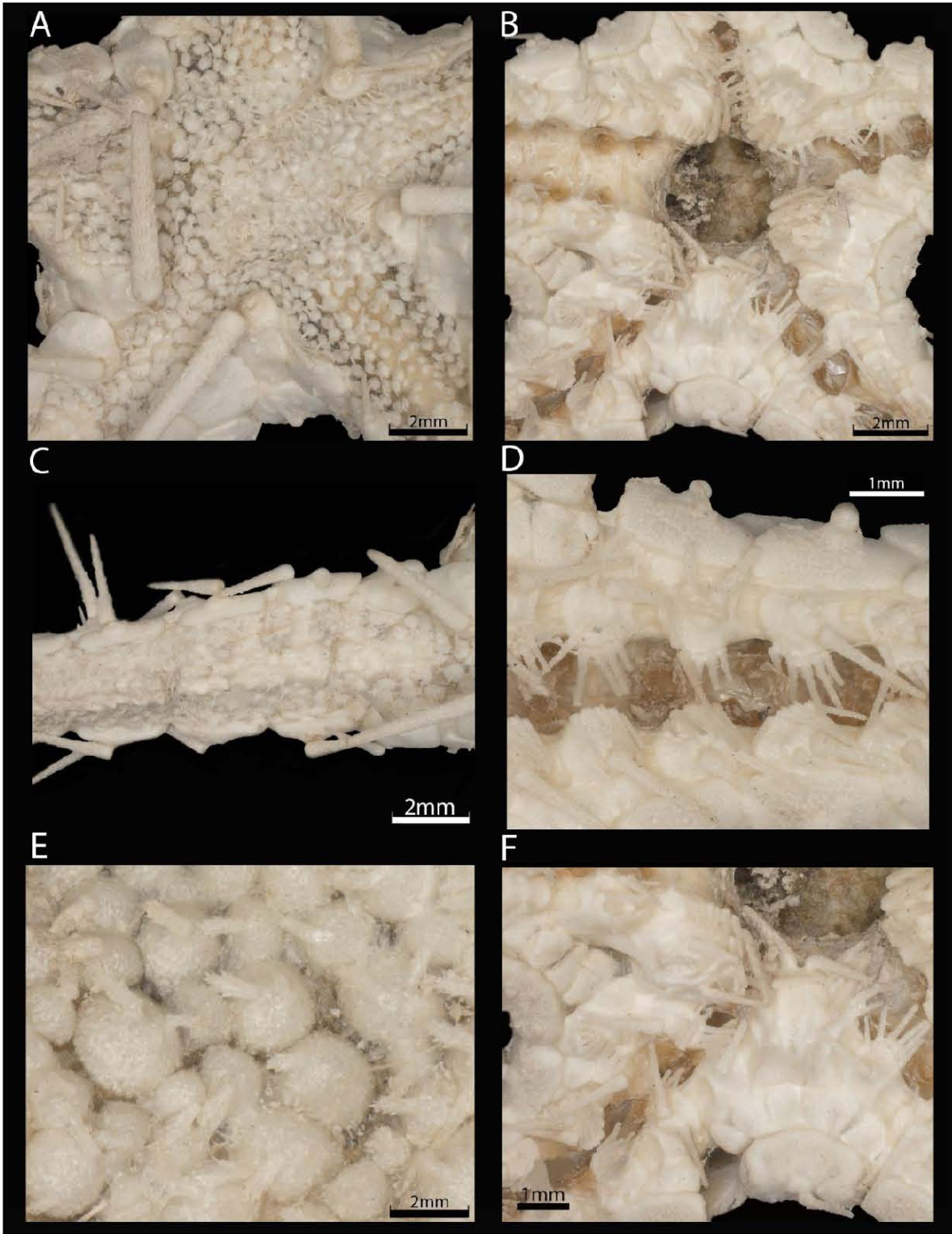


Lámina 1. *Benthopecten simplex simplex* (Perrier, 1881). Ejemplar USNM-E13210. A, Vista abactinal del organismo, detalle de las placas interradales impares y espinas; B, Vista actinal del organismo; C, Detalle del brazo, placas y espinas superomarginales; D, Detalle de las placas adambulacrales y espinas subambulacrales; E, Detalle de las placas abactinales del disco; F, Detalle de la forma y ubicación de los pedicelarios pectinados.

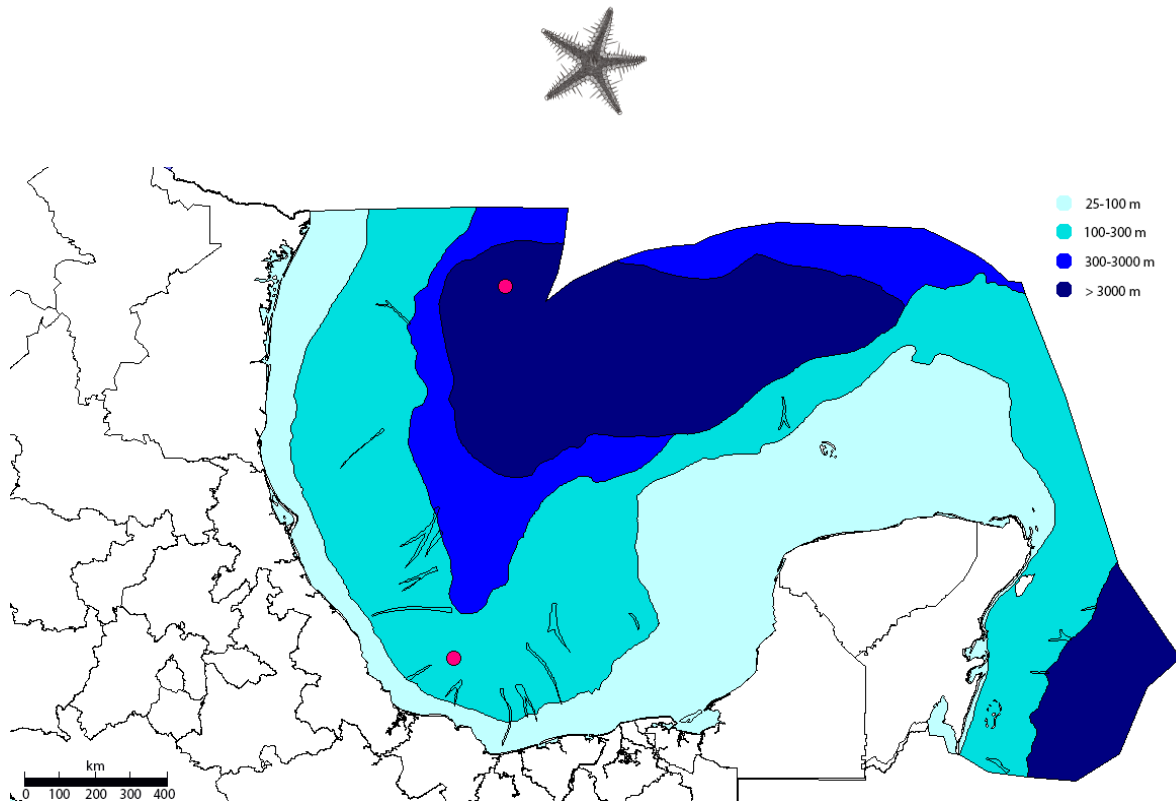
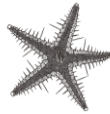


Figura 10. Mapa de distribución en las aguas mexicanas del Golfo de México de *Benthopecten simplex simplex* con base en los ejemplares revisados en el USNM.



Género *Cheiraster* Studer, 1883

Archaster Perrier, 1875:348; 1876:268 (*A. echinulatus*); 1884: 256; Verrill, 1885a: 151.

Luidiaster Studer, 1883: 131 (*nomem nudum*); 1884: 46; Ludwig, 1910: 440; Fisher, 1911a: 127; Verrill, 1915: 149; Fisher, 1940: 96; H. L. Clark, 1941: 28.

Pontaster Sladen, 1885: 610; 1889: 23; Verrill, 1894: 247; 1895: 131.

Pectinaster: Verrill, 1915: 137; Downey, 1973: 43; Walenkamp, 1979: 26 (*Non Pectinaster* Perrier, 1885).

Acantharchaster Verrill, 1894: 268.

Cheiraster Studer, 1883: 129; 1884: 49; Perrier, 1885c: 70; 1894: 275; Fisher, 1906a: 1040; Ludwig, 1910: 440, 454; Fisher, 1911a: 120, 123; Verrill, 1915: 123; Fisher, 1919a: 190; H. L. Clark, 1941: 26; Downey, 1973: 40; Jangoux, 1978: 95; Walenkamp, 1979: 23; A. M. Clark, 1981: 107; Clark y Downey, 1992: 126.

Diagnosis (Modificada de Verrill, 1915; Clark y Downey, 1992): Género sin placas interradales impares. Las pápulas, situadas en la base de los brazos forman un grupo bilobulado, frecuentemente con forma de "U", el cual en los adultos puede contener muchas pápulas, cubrir gran parte de la base del brazo y extenderse al disco, pero en los juveniles puede sólo contener tres o cuatro poros. La parte central del disco puede tener un grupo de más o menos numerosas espinas largas y puntiagudas, pueden ser pocas o estar ausentes en los juveniles y algunos adultos. Superficie abactinal cubierta por parapaxilas bajas, redondeadas o angulares. Una espineleta central se encuentra en las placas, rodeada por una serie de espínulas. Distalmente las placas radiales pueden volverse protopaxilas planas. Las dos hileras de placas marginales están bien desarrolladas y normalmente alternadas, más o menos angulares, con suturas oblicuas. Cada placa tiene una larga espina marginal larga, la inferomarginal puede tener una o varias espinas secundarias, alrededor de su base. Las placas inferomarginales pueden tener también una o dos hileras transversales de espinas por debajo, en algunas especies. Las placas adambulacrales proximales tienen una serie marginal de numerosas espinas graduadas en los bordes internos, que es continua con otra serie de espinas más pequeñas alrededor del margen externo. En el centro de su superficie actinal, cada placa tiene una o dos espinas subambulacrales largas. Pedicelarios pectinados pueden estar presentes en las placas interactinales, entre ellas o en el borde interno de las inferomarginales y a veces en las adambulacrales. Pueden estar ausentes, especialmente en los juveniles.

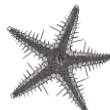
Especie tipo: *Cheiraster gazellae* Studer, 1883



Subgénero *Barbadosaster* A. M. Clark, 1981

Diagnosis (Tomada de Clark, 1981): La mayoría de las placas abactinales proximales poligonales en contorno, ajustándose estrechamente y no marcadamente convexas, a veces casi planas, ornamentadas con espínulas cortas relativamente numerosas, en las placas más grandes frecuentemente forman dos anillos alrededor de una espineleta central; pápulas incluyen una media proximal primaria, normalmente distinta del resto por su tamaño y posición, los poros desarrollados posteriormente forman al principio un parche medio, luego se extienden distalmente en un lóbulo a cada lado, aunque los dos lóbulos pueden ser desiguales o indefinidos, apenas separados medialmente; placas superomarginales forman un amplio borde al área paxilar en vista dorsal; las espinas marginales son esbeltas, no muy robustas basalmente, únicas, aunque algunas espineletas alargadas se pueden desarrollar debajo de la espina inferomarginal; la mayoría de las placas adambulacrales con más de una espina subambulacral, excepto en ejemplares muy pequeños, $R < 20$ mm, el ángulo de surco de las placas proximales marcadamente agudo.

Especie tipo: *Archaster echinulatus* Perrier, 1875.



Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus (Perrier, 1875)

(Lám. 2, Fig. 20)

Archaster echinulatus Perrier, 1875: 348; 1876: 269; 1884: 263, lám. 10, fig. 4.

Archaster mirabilis Perrier, 1884: 258.

Cheiraster mirabilis: Perrier, 1894: 276, lám. 20, fig. 4.

Cheiraster vincenti: Perrier, 1894: 275.

Cheiraster echinulatus: Perrier, 1894: 278; Verrill, 1915: 129, 130 (*Non C. echinulatus* pp. 131-133, lám. 14, fig. 3, lám. 19, fig. 2, lám. 25, fig. 1 = *C. blakei*); Downey, 1973: 42, lám. 13, figs. C, D.

Pontaster oligoporus: Perrier, 1894: 293.

Luidiaster vincenti: Ludwig, 1910: 425.

Pectinaster echinulatus: Ludwig, 1910: 449.

Pectinaster mixtus Verrill, 1915: 140, lám. 6, fig. 2, lám. 15, fig. 2, lám. 17, fig. 1; Downey, 1973: 43, lám. 14, figs. C, D.

Pectinaster vincenti: Verrill, 1915: 139.

Pectinaster oligoporus: Verrill, 1915: 147.

Luidiaster mixtus: H. L. Clark, 1941: 29; A. H. Clark, 1954: 375.

Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus: A. M. Clark, 1981: 112, figs. 3a-f, 4a-h; Clark y Downey, 1992: 131, figs. 21e, g-i, 22f, g, 23c-e, lám. 32B-E; Pawson *et al.*, 2009: 1188; Benavides-Serrato *et al.*, 2011: 143.

Diagnosis (Modificada de Downey, 1973): R hasta de 70 mm; R/r de 4.5-5.7 en promedio cinco.

Forma estelada, brazos algo rígidos. Las placas abactinales son distintivamente paxiliformes y cada una lleva de ocho a 25 pequeños gránulos periféricos y una pequeña espina central afilada. Cada área papular tiene de tres a ocho poros en la base de los brazos, frecuentemente no tienen un arreglo particular, pero algunas veces especialmente en ejemplares grandes, están distintivamente bilobuladas. Las placas superomarginales (15-26) son grandes, rectangulares e invaden considerablemente el disco, de forma que las áreas paxilares en los brazos son bastante estrechas. Excepto por las primeras dos placas interradales, llevan una sola espina erecta y afilada, puede haber otras espinas pequeñas alrededor, especialmente en las superomarginales proximales. El resto de la placa está cubierta con pequeños gránulos espiniformes. Las placas inferomarginales tienen una espina larga y alrededor de ocho espinas pequeñas en la mitad lateral de cada placa, y la mitad ventral está cubierta con pequeñas espínulas. Las marginales pueden estar opuestas o alternadas. Las áreas actinales interradales tienen una sola hilera de seis a siete placas redondeadas no extendiéndose más allá de la



segunda inferomarginal, están cubiertas con pequeñas espinas afiladas. Las placas adambulacrales se proyectan fuertemente hacia el surco y llevan una serie de alrededor de 10 espinas largas. En la cara actinal de la placa hay normalmente dos espinas largas subiguales y unas cuantas espínulas. En cada mitad de la placa oral hay dos espinas gruesas pre-orales y alrededor de ocho espinas pequeñas laterales; la cara actinal tiene una o dos espinas largas epi-orales y una hilera de dos a cinco pequeñas espinas. La madreporita es de tamaño pequeño, y profundamente canalizada.

Descripción: Ejemplar más grande revisado es de $R=64$ mm y $r=11$ mm, el más pequeño de $R=11$ y $r=3$, $R/r=2.7-6.5$. Disco pequeño, brazos poco alargados en comparación con ejemplares de otras especies del mismo género. Placas abactinales paxiliformes, poligonales en la parte central del disco y un poco redondeadas en los extremos distales, están ornamentadas con numerosas espínulas (siete a 15) que pueden formar dos anillos alrededor de una espineleta central, pero en la mayoría de los ejemplares solo uno (Lám. 2, Fig. C). Áreas papulares poco definidas, poros escasos (tres a ocho) y poco visibles en la mayoría de los ejemplares, se juntan en la parte basal de cada brazo y se elevan junto con las placas, dándole una apariencia abultada. Madreporita pequeña, separada de las superomarginales por una hilera de placas abactinales y rodeada de paxilas similares al resto (Lám. 2, Fig. C). Placas superomarginales grandes y anchas, ocupan gran parte de la vista abactinal y forman un borde grueso, son en promedio 20 en $R \geq 20$ mm y hasta 30 en $R \geq 60$ mm. Cada placa lleva una espina marginal no muy larga, las inferomarginales, en la parte proximal de los brazos, son similares, ligeramente más largas, de forma casi imperceptible (Lám. 2, Fig. E). Las placas inferomarginales presentan numerosas espínulas, pero sólo dos a tres espineletas además de la espina principal y sólo se observó una espina accesoria en la mayoría de los ejemplares (Lám. 2, Fig. F), los más pequeños no presentan espinas accesorias, sólo espineletas. Las áreas interactinales únicamente con un par de placas de tamaños variables en una sola hilera (Lám. 2, Fig. D). Las placas adambulacrales se proyectan hacia el surco en un ángulo obtuso mucho más marcado hacia los extremos de los brazos. Presentan siete espinas del surco en las placas más distales y hasta nueve en las más proximales. Dos espinas subambulacrales y sólo una en



algunas placas de algunos ejemplares (Lám. 2, Fig. G). Placas orales prominentes, divididas por un surco medio y con dos espinas grandes del surco y cinco laterales, su superficie está cubierta por varias espineletas. Únicamente 14% de los ejemplares revisados presenta pedicelarios pectinados en dos placas, éstos solamente en las áreas actinales (Lám. 2, Fig. H).

Referencias de identificación: Verrill, 1915: 129 y 130; Downey, 1973: 42, lám. 13, figs C-D; Clark y Downey: 1992: 131-132, figs. 21-23.

Material examinado: 73 ejemplares, ANEXO II.

Material tipo: Holotipo, MNHN 3481 (Clark y Downey, 1992).

Localidad tipo: Barbados (Perrier, 1875).

Distribución geográfica: Golfo de México (Fig. 11), estrecho de Florida, sur de Nicaragua y Venezuela, este de islas de Barlovento, Cuba, Curaçao, este de las islas Leeward (Montserrat y el banco de Saba), San Vicente, Colombia (Clark y Downey, 1992; Benavides-Serrato *et al.*, 2011).

Registros previos para el Golfo de México: Golfo de México, Pawson *et al.*, (2009) y Benavides-Serrato *et al.*, (2011); Campeche, Durán-González *et al.*, (2005).

Distribución batimétrica: De 150 a 570 m (Clark y Downey, 1992).

Comentarios: Con base en la información disponible de los ejemplares examinados, se amplía el intervalo de distribución batimétrica en su límite más profundo a 618 m de profundidad.

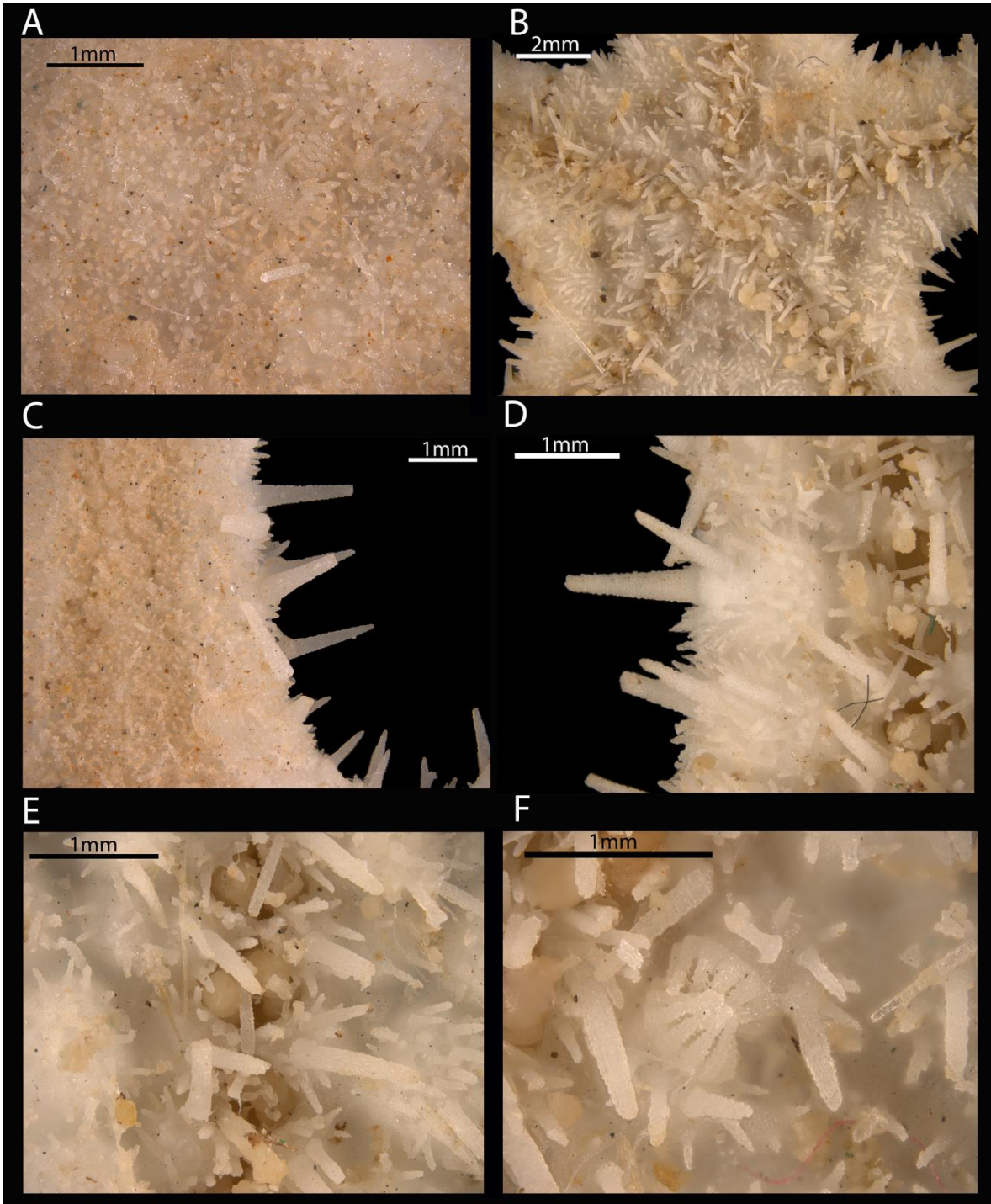


Lámina 2. *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* (Perrier, 1875). Ejemplar ICML-UNAM 8458. A, Vista abactinal del organismo, detalle de las placas del disco; B, Vista actinal del centro del cuerpo; C, Detalle de las placas y espinas superomarginales; D, Detalle de las placas y espinas inferomarginales; E, Detalle de las placas adambulacrales y espinas subambulacrales (generalmente dos); F, Detalle de los pedicelarios pectinados.

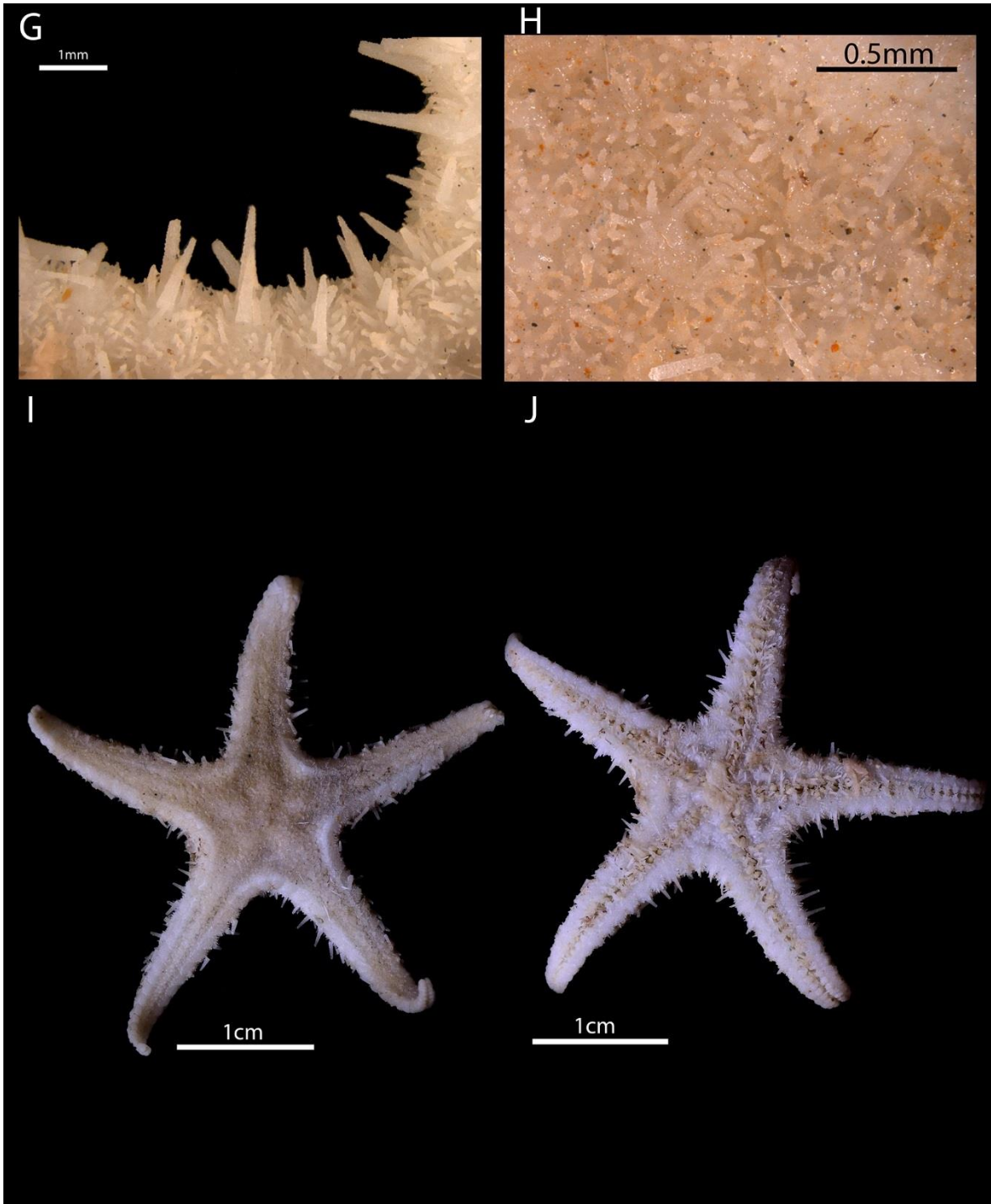


Lámina 2.1. *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* (Perrier, 1875). Ejemplar ICML-UNAM 8458. G, Detalle de las espinas marginales del brazo en vista actinal; H, Detalle de las paxilas y madreporita; I, Vista abactinal del organismo; J, Vista actinal del organismo.

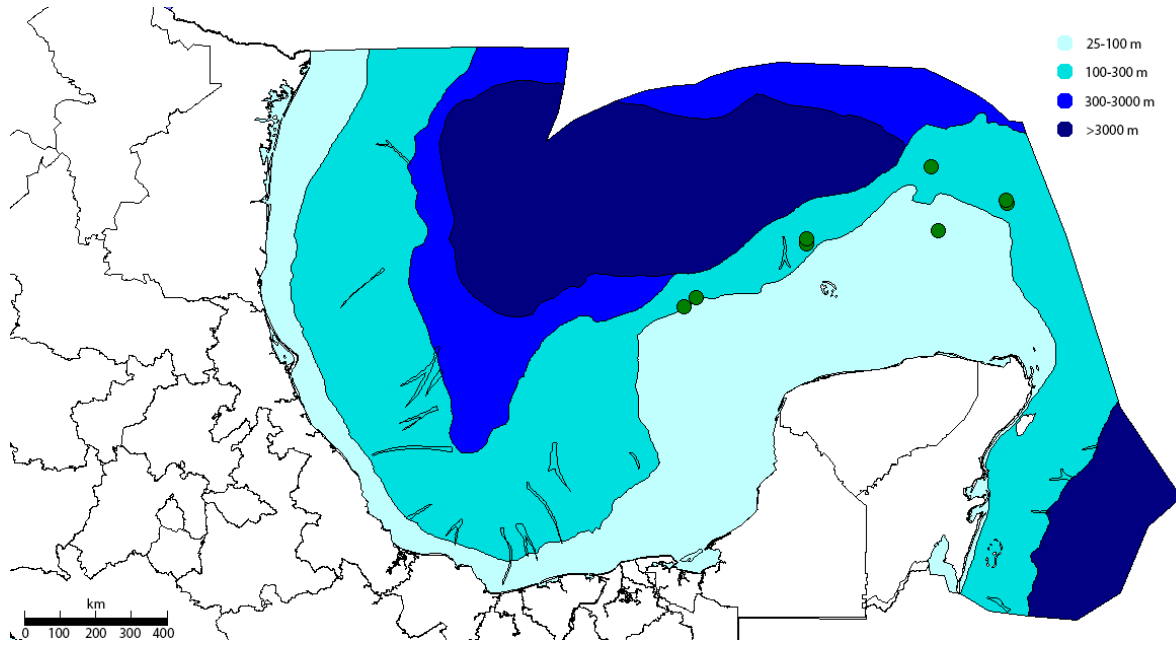
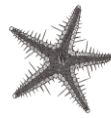


Figura 11. Mapa de distribución en las aguas mexicanas del Golfo de México de *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* con base en los ejemplares revisados.



Subgénero *Cheiraster* Studer, 1883

Diagnosis (Tomada de Clark, 1981): Subgénero con placas abactinales parapaxiliformes convexas y redondeadas, incluso las del disco sólo se encuentran ligeramente juntas, la mayoría de las proximales y radiales medias ornamentadas con una espineleta central entre las espínulas más pequeñas; pápulas incluyen una media proximal primaria, distinta del resto (excepto en algunos ejemplares más grandes, $R > 50$ mm) por su mayor tamaño y que es al principio distal a la placa radial primaria aunque puede dissociarse a medida que se desarrollan otras placas, los poros desarrollados posteriormente forman primero un parche medio y luego se extienden en un lóbulo distal a cada lado; las placas superomarginales forman un borde amplio en el área paxilar en vista dorsal; espinas marginales conspicuas, cónicas o con forma de espiga, algunas especies con una segunda espina inferomarginal, pero más pequeña; placas adambulacrales predominantemente con una sola espina subambulacral, similares en forma a las marginales, aunque la primera placa y algunas placas distales pueden desarrollar una segunda espina grande.

Especie tipo: *Cheiraster gazellae* Studer, 1883.



Cheiraster (Cheiraster) planus Verrill, 1915
(Lám. 3, Fig. 21)

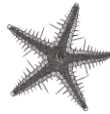
Cheiraster planus Verrill, 1915: 133, lám. 18, fig. 2; Jangoux, 1978: 95, fig. 2A, B.

Pectinaster gracilis Verrill, 1915: 145, lám. 6, fig. 1, lám. 14, fig. 4, lám. 15, fig. 1; Walenkamp, 1979: 26, figs. 9-10, lám. 5, figs. 1-4, lám. 6, figs. 1-4.

Cheiraster mirabilis Downey, 1973: 41, lám. 13, figs. A-B; Walenkamp 1979: 23, figs. 8, 10, lám. 4, figs. 1-4. (Non *C. mirabilis* Perrier, 1881).

Cheiraster (Cheiraster) planus: A. M. Clark 1981: 116, fig. 5a, b; Clark y Downey, 1992: 128, figs. 21c, f, 22a-c, 23a, lám. 31A-C; Pawson *et al.*, 2009: 1188; Benavides-Serrato *et al.*, 2011: 140.

Diagnosis (Modificada de Verrill, 1915; Clark y Downey, 1992): R de hasta 120 mm aproximadamente, R/r 6.1-8.9. El disco es bastante ancho para el género y los brazos son largos, llegando a ser muy delgados distalmente en ejemplares grandes de $R > 80$ mm; placas abactinales uniformes en tamaño, redondeadas, distintivamente convexas con un grupo de espínulas, en las placas proximales el número promedio de espínulas es 10, normalmente forman un anillo alrededor de una espineleta central alrededor de cinco veces más larga. Las áreas paxilares ocupan el 60-85% del ancho de los brazos en ejemplares grandes, las áreas papulares inician en un poro medio primario grande y se desarrollan en series dobles en forma de "U" siendo irregular sólo en ejemplares muy grandes. Las placas de las áreas papulares, alrededor de la madreporita y en la parte central del disco son parcialmente más largas y tienen numerosas espínulas. Espinas marginales bien desarrolladas, cónicas, anchas en la base, pero más o menos alargadas en ejemplares grandes. Las espinas superomarginales en la mitad proximal del brazo son distintivamente más largas que las inferomarginales correspondientes. El resto de la placa está uniformemente cubierto por pequeñas espineletas espaciadas, delgadas y afiladas; las suturas son fascioladas con más espínulas delgadas. Las espínulas en las placas inferomarginales son de tamaño uniforme, generalmente solo una espina inferomarginal accesoria. Las placas adambulacrales con una serie de seis a nueve espinas redondeadas o con ángulo no menor a 90° y con una única espina cónica subambulacral montada en una protuberancia convexa. Pedicelarios pectinados usualmente



presentes en algunas placas actinales y frecuentemente también adradialmente en las inferomarginales.

Descripción: Ejemplar más grande revisado con $R=150$ mm y $r=18$ mm, el más pequeño con $R=12$ mm y $r=3$ mm, $R/r=5.2-9.1$. Disco pequeño, pero ancho en comparación con ejemplares de otras especies del mismo género. Placas abactinales paxiliformes y redondeadas, de tamaños similares, amontonadas entre sí en la parte proximal del disco y ligeramente separadas hacia las puntas de los brazos (Lám. 3, Fig. C), cada una presenta numerosas espínulas alrededor de una espineleta central, en promedio ocho en los ejemplares revisados, pero algunas placas presentan hasta 12. Áreas papulares definidas en forma de “U”, normalmente sobre placas ligeramente más elevadas que el resto, los poros papulares son poco visibles o completamente imperceptibles en la mayoría de los ejemplares. La madreporita es pequeña (0.2 mm), sólo un poco más grande que el resto de las placas abactinales y está rodeada de ocho a 10 placas ligeramente más grandes que el resto (0.1 mm) con varias espineletas que la cubren parcialmente y tiene surcos profundos. Placas superomarginales casi cuadrangulares, ligeramente anchas (0.3 mm), pero inconspicuas dorsalmente, están cubiertas con varias espínulas y una espina (Lám. 3, Fig. E). Las espinas de las placas superomarginales son más largas (0.3 mm) que las de las placas inferomarginales (0.2 mm), lo cual se percibe mejor en la vista actinal del ejemplar. Placas inferomarginales con una sola espina accesoria, ausente en algunas placas de algunos ejemplares y varias espínulas pequeñas (Lám. 3, Fig. F). Placas actinales de tamaño uniforme (0.15 mm), cubiertas con numerosas espineletas (15-20), en promedio ocho a 10 dispuestas únicamente en dos hileras que no llegan más allá de la segunda placa inferomarginal (Lám. 3, Fig. D). Placas adambulacrales con el borde del surco redondeado, con seis a nueve, en promedio siete, delgadas espinas del surco, presenta únicamente una espina subambulacral larga (2 mm) (Lám. 3, Fig. G). Placas orales grandes (0.3 mm en $R=45$ mm), redondeadas y cubiertas con espineletas (alrededor de 20), presentan tres o cuatro espinas grandes y gruesas en el centro (0.22 mm de largo) y en promedio 10 espinas más delgadas alrededor (Lám. 3, Fig. D). Pedicelarios pectinados entre dos placas presentes en las placas actinales principalmente, tres



o cuatro por área interactinal, en algunos ejemplares se encuentran también entre las inferomarginales y sólo 10% de los ejemplares presentan en las placas abactinales.

Son angulares y su tamaño y número de espinas varía mucho incluso en un mismo ejemplar (Lám. 3, Fig. H).

Referencias de identificación: Clark y Downey, 1992:128-129, figs. 21-23, lám. 31.

Material examinado: 133 ejemplares, ANEXO II.

Material tipo: Holotipo, USNM-E18469 (Clark y Downey, 1992).

Localidad tipo: Golfo de México, entre delta Mississippi y Cedar Key, Florida, EUA (Clark y Downey, 1992).

Distribución geográfica: Golfo de México (Fig. 12), oeste y sur del Caribe (Sur de Jamaica), Cuba, Honduras, Trinidad y Tobago, Nicaragua, Colombia, este hacia Las Antillas y Guyana Francesa (Clark y Downey, 1992; Miloslavich *et al.*, 2010).

Registros previos para el Golfo de México: Golfo de México, Clark y Downey, (1992), Pawson *et al.*, (2009) y Benavides-Serrato *et al.*, (2011); Veracruz, Campeche y Yucatán, Durán-González *et al.*, (2005).

Distribución batimétrica: De 550 a 715 m (Clark y Downey, 1992).

Comentarios: Se hace ampliación de los intervalos de distribución batimétrica en sus límites más somero a 86.6 m de profundidad y más profundo a 867 m.

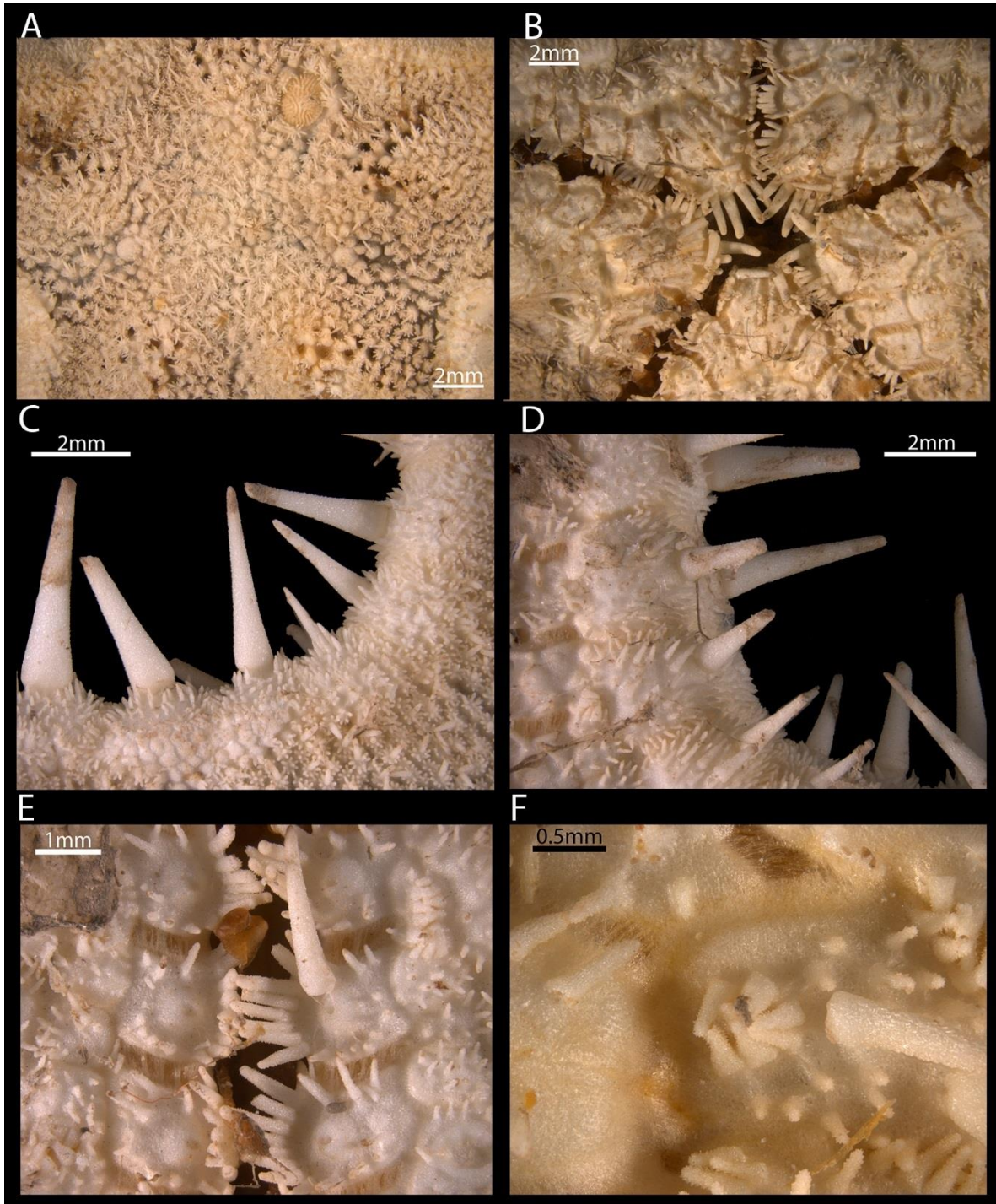


Lámina 3. *Cheiraster (Cheiraster) planus* Verrill, 1915. Ejemplar ICML-UNAM 11708. A, Vista abactinal del organismo, detalle de las placas del disco; B, Vista actinal del organismo; C, Detalle de las placas y espinas superomarginales; D, Detalle de las placas y espinas inferomarginales; E, Detalle de las placas y espinas adambulacrales y espina subambulacral; F, Detalle de los pedicelarios pectinados.

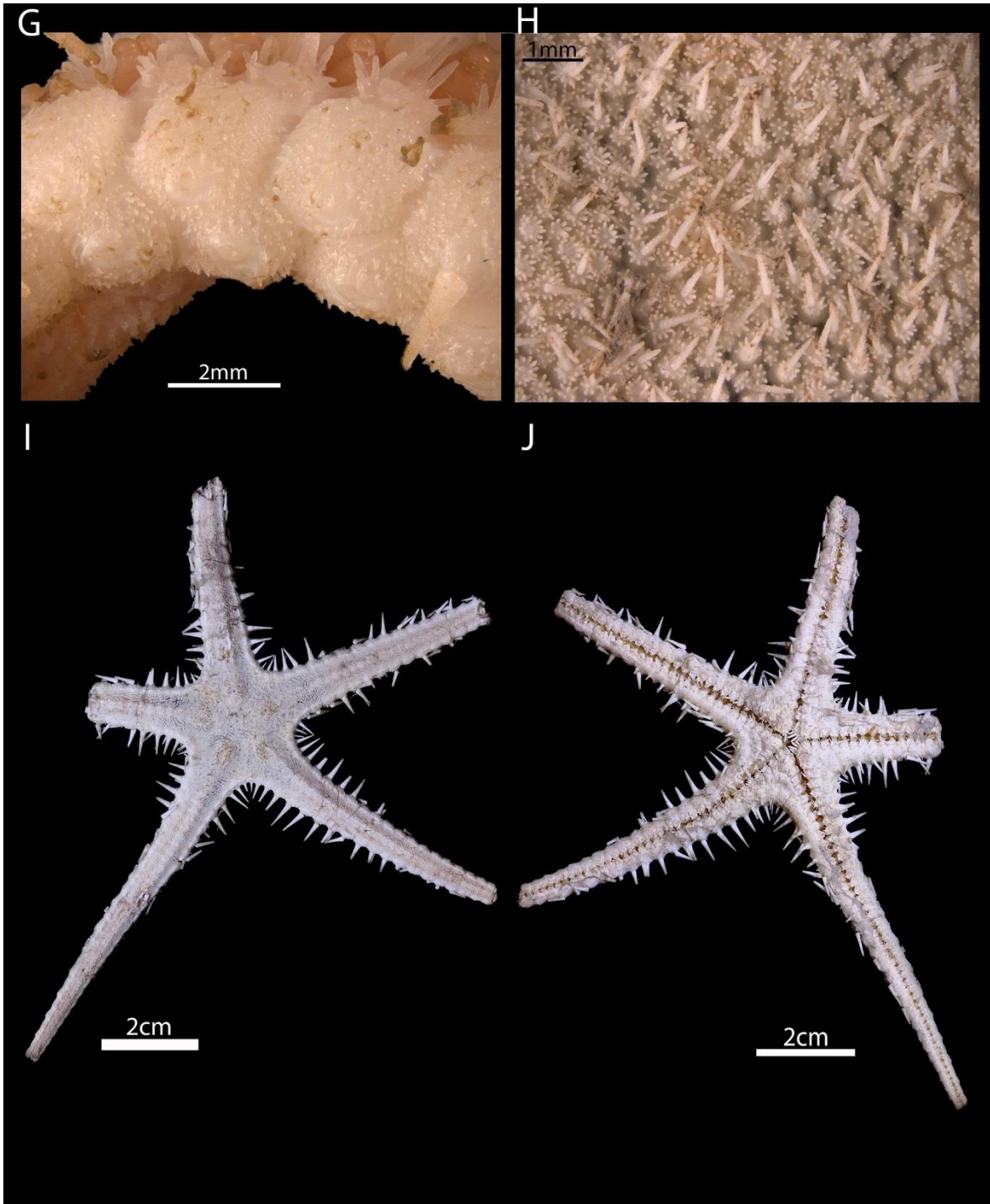
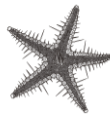


Lámina 3.1. *Cheiraster (Cheiraster) planus* Verrill, 1915. Ejemplar ICML-UNAM 11708. G, Detalle de las placas marginales en vista lateral (placas alternadas, carácter diagnóstico de la familia); H, Detalle de las paxilas en la superficie abactinal; I, Vista abactinal del organismo; J, Vista actinal del organismo.

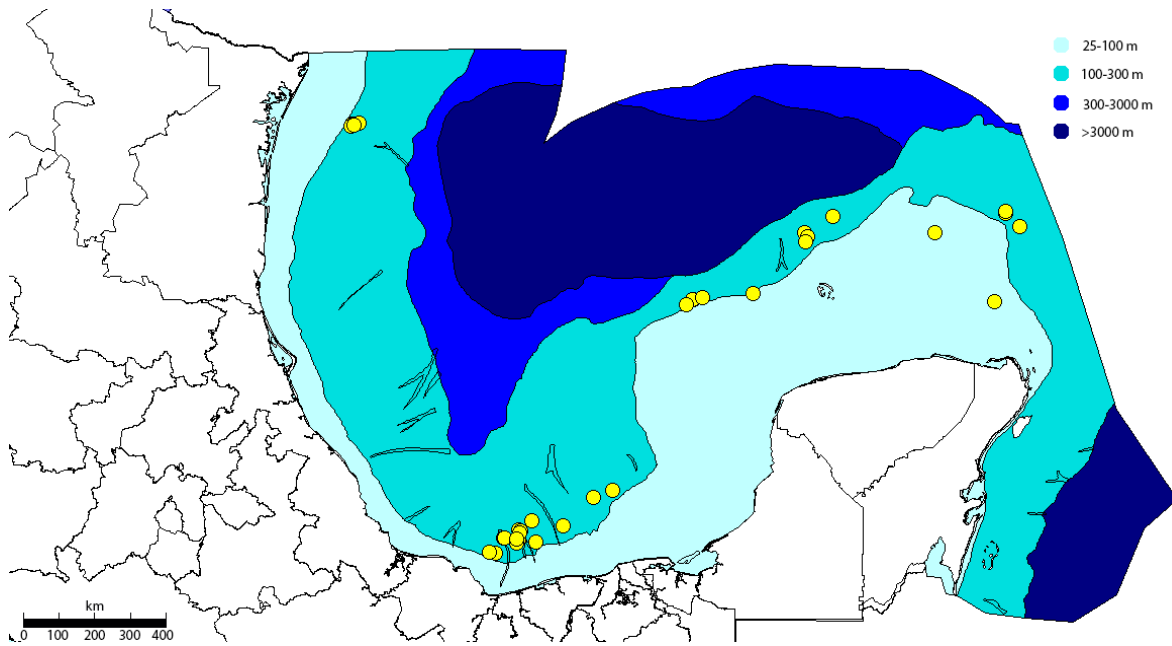
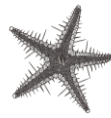
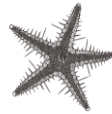


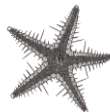
Figura 12. Mapa de distribución en las aguas mexicanas del Golfo de México de *Cheiraster (Cheiraster) planus* con base en los ejemplares revisados.



Subgénero *Christopheraster* Clark, 1981

Diagnosis (Tomada de Clark, 1981): Subgénero con las placas abactinales parapaxiliformes (pero en *C. (Ch.) mirabilis* sólo ligeramente convexas), placas distales más o menos espaciadas, placas proximales estrechamente agrupadas, de tamaño muy variable, las placas primarias centrales, radiales e interradales, particularmente alargadas, algunas o la mayoría de las placas más grandes, ornamentadas con una espina central >2 mm de largo, a menudo conspicua y rodeada de espínulas pequeñas, algunas otras placas pueden tener una espineleta central pero no en *C. (Ch) mirabilis*; no hay poro papular radial medio, las pápulas formadas primero son un par, cada una de ellas latero-distales a la placa radial primaria, los poros formados posteriormente se desarrollan lateralmente y distalmente; en ejemplares grandes las dos áreas de poros en cada brazo se encuentran ligeramente cercanas proximalmente para formar una única área difusa bilobulada con pocos poros radiales medios, los poros son relativamente pequeños y apenas visibles a simple vista, relativamente numerosos (100 en promedio en R=100 mm sobre cada brazo); placas superomarginales parcialmente alineadas dorsalmente, formando un borde estrecho en el área abactinal, pero que se hace inconspicuo en los ejemplares más grandes (R> 120 mm); espinas marginales grandes y con forma de espiga; placas adambulacrales con una o dos espinas subambulacrales grandes, a veces dos sólo en los ejemplares más grandes, ángulos del surco variables en prominencia.

Especie tipo: *Archaster mirabilis* Perrier, 1881



Cheiraster (Christopheraster) blakei Clark, 1981

(Lám. 4, Fig. 22)

Archaster coronatus Perrier, 1884: 262.

Archaster mirabilis Perrier, 1884: lám. 10, fig. 2. (Non *A. mirabilis* Perrier, 1881).

Cheiraster mirabilis Verrill, 1915: 124, lám. 14, figs. 5, 5a.

Cheiraster echinulatus Verrill, 1915: 131, lám. 14, fig. 3, lám. 19, fig. 2.

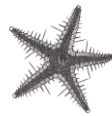
Cheiraster coronatus: H. L. Clark, 1941: 26; A. H. Clark, 1954: 375. (Non *C. coronatus* Perrier, 1894; Ludwig, 1910= *C. mirabilis*).

Luidiaster enoplus: H. L. Clark, 1941: 28.

Cheiraster enoplus: Downey, 1973: 42, lám. 14, figs. A-B. (Non *C. enoplus* Verrill, 1915= *C. mirabilis*).

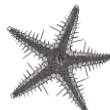
Cheiraster (Christopheraster) blakei A. M. Clark, 1981: 113, figs. 1b, 2c-f; Clark y Downey, 1992: 132, figs. 21a, 22j, k, 23f-I, láms. 32A, 33D, E; Benavides-Serrato *et al.*, 2011: 145.

Diagnosis (Modificada de Clark, 1981): R de hasta 130 mm; R/r 6.0-9.8/1 en ejemplares grandes, R>70 mm, 4.5-6.5/1 en ejemplares de R de 30-60 mm. Los brazos decrecen a lo largo del primer tercio de su longitud. Las placas abactinales son más o menos convexas, poligonales y muy variables en tamaño, las primarias radiales e interradales conspicuamente alargadas, ornamentadas con 10 espínulas en promedio y hasta 25. Las placas más grandes desarrollan una larga espina de más de 2 mm, puede haber un número máximo de 75 en R>100 sin formar un grupo aislado. En el área papular de la base de cada brazo hay otras 10-12 espineletas más pequeñas. Sólo unas pocas placas abactinales tienen una espineleta central alargada entre las pequeñas espínulas delgadas y esbeltas. El número de pápulas en cada brazo es en promedio 75; sólo una o dos proximales (si las hay) son radiales medias, el resto está dispuesto en dos bandas distalmente divergentes que se extienden al nivel de los extremos distales de las terceras placas superomarginales. Las placas superomarginales están ornamentadas con una sola espina de tamaño moderado, la más larga en la quinta y sexta placa de hasta 4 mm de largo. Las espinas inferomarginales correspondientes son similares o ligeramente más largas, con una espina accesoria debajo, a menudo también una tercera espina aún más pequeña en las placas proximales además de varias espinas esbeltas en la cara ventral de la placa. Las áreas actinales son pequeñas y triangulares con cuatro o cinco placas a lo largo de la línea media interradales en cada lado, de las cuales la serie adradial irregular sólo cuenta con unas siete placas, las que llevan pedicelarios son más grandes. En cada placa adambulacral de siete



a nueve espinas se proyectan hacia el surco, sus bases forman generalmente un ángulo de 90°, pero puede ser obtuso. Una sola espina subambulacral mucho más grande y acompañada por solamente algunas pequeñas espínulas en la cara actinal de la placa. Los pedicelarios pectinados se desarrollan en las placas actinales adradiales, en los lados ventrales de los márgenes inferiores adyacentes a las adambulacrales y abactinalmente.

Descripción: Ejemplar más grande revisado de $R=62$ mm, $r=10$ cm; el más pequeño de $R=27$ mm y $r=5$ mm, $R/r=4.5-6.2$. Los brazos son alargados y el disco es pequeño. Las placas abactinales proximales que cubren el disco son variables en tamaño y forma, de redondeadas a poligonales, cada una tiene de 10-12 espínulas, en el centro del disco las placas más grandes tienen espinas largas (0.5mm), de 15-19, las más grandes en el centro del disco y van disminuyendo en tamaño hacia la base de los brazos (Lám. 4, Fig. C). Las placas abactinales también disminuyen en tamaño y se separan entre sí hacia la punta de los brazos. Áreas papulares poco definidas, poros numerosos (hasta 50 en los ejemplares revisados, varía con el tamaño del ejemplar). Madreporita pequeña, rodeada por cuatro placas más grandes con espineletas largas y separada de las superomarginales solo por una hilera de placas abactinales. Las placas superomarginales son laterales principalmente e inconspicuas dorsalmente, de 23-25 en $R=27$ mm y 27-30 en $R \geq 55$ mm (Lám. 4, Fig. E). Espinas marginales delgadas, las de las superomarginales un poco más anchas en su base, pero las inferomarginales ligeramente más largas. Placas inferomarginales ornamentadas con muchas espineletas delgadas (alrededor de 25) que van disminuyendo a partir de una espina accesoria debajo de la principal (Lám. 4, Fig. F). Áreas actinales pequeñas y triangulares con siete placas, en promedio, de tamaño variable y cubiertas con espínulas (Lám. 4, Fig. D). Placas adambulacrales cercanas a las orales ligeramente redondeadas y con un ángulo obtuso en el resto hacia las puntas de los brazos, cada una con seis a ocho espinas del surco y una sola espina subambulacral larga (dos mm) (Lám. 4, Fig. G). Placas orales redondeadas, con dos espinas gruesas que se proyectan al surco y 14 espinas más delgadas alrededor, también cubiertas con espinas suborales. Pedicelarios pectinados en áreas actinales (de uno a cuatro por área interactinal) en dos placas, a veces entre dos inferomarginales y en ningún ejemplar



se observaron abactinales (Lám. 4, Fig. H). En uno de los ejemplares, los pedicelarios son prominentes y tienen el borde ligeramente ovalado (Lám. 4, Fig. F), en el resto son angulares, escasos y en un par de ejemplares están ausentes.

Referencias de identificación: Clark, 1981: 113-116, figs. 1b, 2c-f; Clark y Downey, 1992: 132-133, figs. 21, 22, 23, láms. 32, 33.

Material examinado: 205 ejemplares, ANEXO II.

Material tipo: Holotipo, USNM-E23426 (Clark y Downey, 1992).

Localidad tipo: Entre Florida y Bahamas (Clark, 1981).

Distribución geográfica: Golfo de México (Fig. 13), Bahamas, Sureste de Florida y las costas de Cuba hasta Belice y Colombia, Honduras, Jamaica, este de Las Antillas y norte de Brasil (Clark y Downey, 1992; Miloslavich *et al.*, 2010).

Registros previos para el Golfo de México: Golfo de México, Clark y Downey, (1992), Pawson *et al.*, (2009) y Benavides-Serrato *et al.*, (2011); Campeche y Yucatán, Durán-González *et al.*, (2005) y Solís- Marín *et al.*, (2014).

Distribución batimétrica: De 250-1030 m (siendo más abundante de los 500 a los 800 m) (Clark y Downey, 1992).

Comentarios: Con base en los registros de los ejemplares de *Cheiraster (Ch.) blakei* depositados en la CNE, parece que su presencia en el Golfo de México es restringida. Sin embargo, Clark (1981) describe que la confusión entre esta especie y *C. (Ch.) mirabilis* y la sinonimia con *C. (Ch.) coronatus*, hace que los registros sinonimizados complementen la distribución de *C. (Ch.) blakei*.

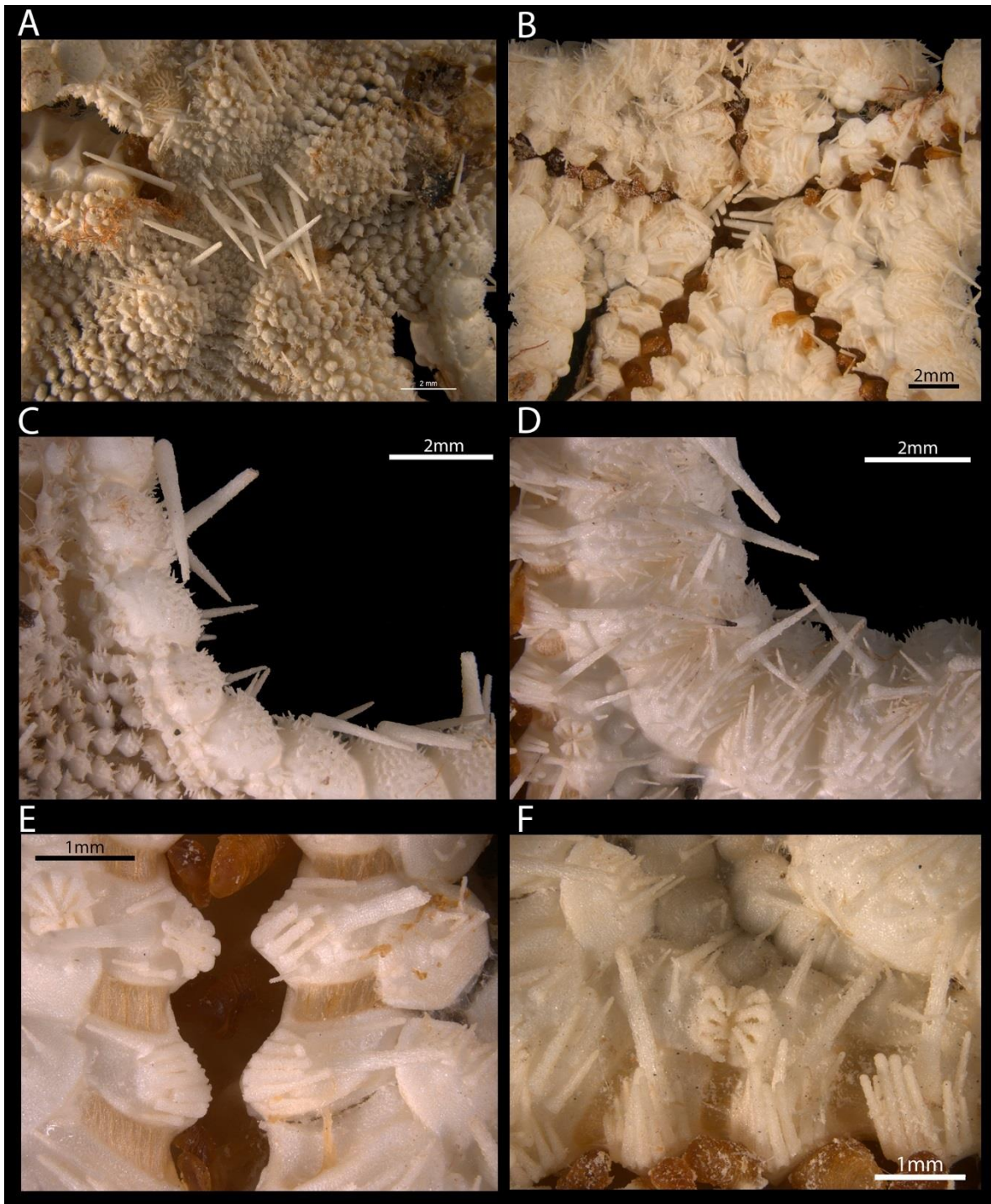


Lámina 4. *Cheiraster (Christopheraster) blakei* Clark, 1981. Ejemplar ICML-UNAM 8778. A, Vista abactinal del organismo, detalle de las placas del disco; B, Vista actinal del organismo; C, Detalle de las placas y espinas superomarginales; D, Detalle de las placas y espinas inferomarginales; E, Detalle de las placas y espinas adambulacrales y espinas subambulacrales; F, Detalle de los pedicelarios pectinados.

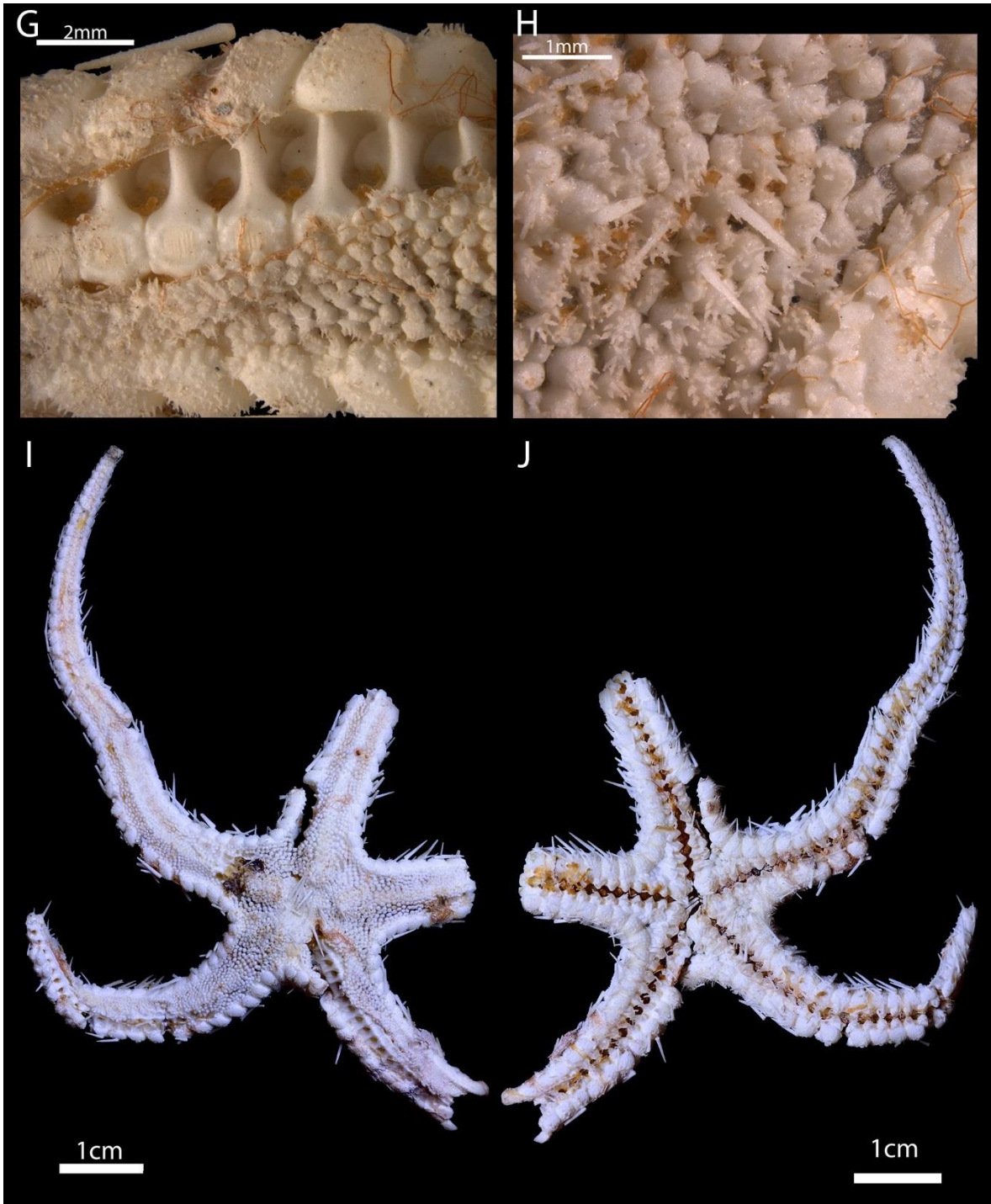


Lámina 4.1. *Cheiraster (Christopheraster) blakei* Clark, 1981. Ejemplar ICML-UNAM 8778. G, Detalle del brazo en vista abactinal, placas y espinas marginales, detalle de parte del esqueleto; H, Detalle de las paxilas con espineleta central; I, Vista abactinal del organismo; J, Vista actinal del organismo.

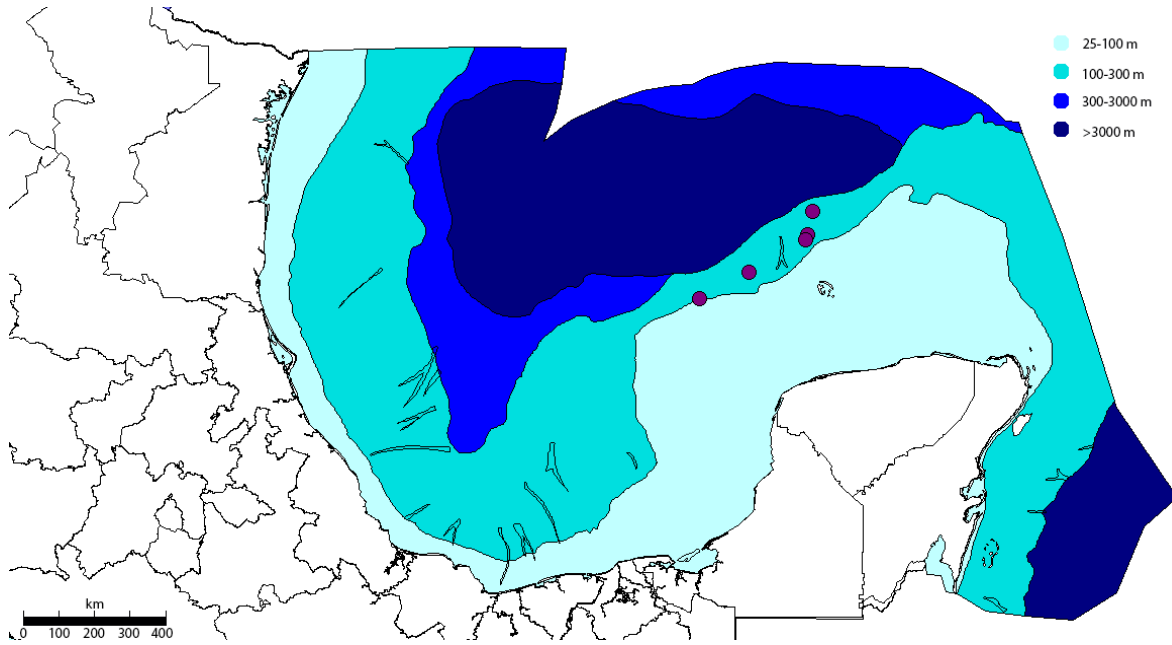
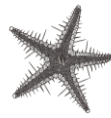


Figura 13. Mapa de distribución en las aguas mexicanas del Golfo de México de *Cheiraster (Christopheraster) blakei* con base en los ejemplares revisados.



Cheiraster (Christopheraster) mirabilis (Perrier, 1881)

(Lám. 5, Fig. 23)

Archaster mirabilis Perrier, 1881a: 27; 1884: 256-258, lám. 9, fig. 4 (Non pp. 258-259, lám. 10, fig. 3= *C. echinulatus*).

Archaster coronatus Perrier, 1884: 262.

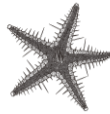
Cheiraster coronatus Perrier, 1894: 271; Ludwig, 1910: 455.

Cheiraster mirabilis Verrill, 1915: 124 (Non lám. 14, fig. 5= *C. blakei*); (Non *C. mirabilis*: Downey, 1973; Walenkamp, 1979= *C. planus*).

Cheiraster enoplus Verrill, 1915: 135, lám. 18, fig. 1; (Non *C. enoplus*: Downey, 1973 nec *Luidiaster enoplus*: H. L. Clark, 1941= *C. blakei*).

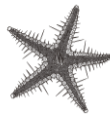
Cheiraster (Christopheraster) mirabilis: A. M. Clark, 1981: 112, fig. 2a, b; Clark y Downey, 1992: 133, l; Pawson *et al.*, 2009: 1188; Benavides-Serrato *et al.*, 2011: 147.

Diagnosis (Modificada de Verrill, 1915): R de hasta 185 mm; R/r 7.5-8.8/1 en ejemplares grandes, R > 70 mm, 6-7.5/1 cuando el R es de 30-60 mm. Los brazos son largos y delgados. El centro del disco tiene una docena de largas espinas. Las placas superomarginales son algo pequeñas, imbricadas, borde proximal convexo y visible. Su superficie está cubierta con numerosas espínulas finas. Aquellas más allá de la tercera superomarginal llevan una espina marginal larga y cónica; la de la cuarta placa está abruptamente alargada, las de la primera a la tercera placa están más o menos reducidas. Las placas inferomarginales están cubiertas con espínulas largas y delgadas; en las primeras tres placas hay de cuatro a cinco espinas que van incrementando en tamaño; en la cuarta placa la espina marginal está marcadamente reducida; el resto de las espinas son más largas que las superomarginales correspondientes; debajo de la espina grande hay normalmente al menos una espina secundaria. Algunas de estas placas tienen un pedicelario fasciculado rudimentario. Las placas abactinales son numerosas, pequeñas, redondeadas, aplanadas, cubiertas con espínulas extremadamente pequeñas, casi reducidas a gránulos. El centro del disco tiene alrededor de una docena de espinas largas y cónicas. Los poros papulares forman dos grupos laterales simétricos, que se prolongan al centro del disco. La madreporita es grande, redonda y cubierta de surcos radiales. Las placas adambulacrales se proyectan al surco; tienen de 10-12 espinas en el surco, la de en medio es la más grande; el resto del margen en la cara actinal lleva una docena de espineletas cónicas pequeñas. En el centro de la cara actinal hay una espina subambulacral, larga y cónica. En algunas placas hay de una a tres espineletas alrededor de su base. Dos o tres pedicelarios



pectinados, se encuentran en las suturas de las placas interactinales. Tienen cinco a seis papilas en cada mitad. Las placas orales son prominentes, cada mitad tiene forma de cuña y tiene alrededor de once espinas marginales, las dos internas mucho más grandes, las laterales delgadas y subiguales. Espinas epi-orales numerosas; las tres internas son más grandes.

Descripción: Ejemplar más grande revisado con $R=105$ mm y $r=14$ mm, el más pequeño con $R=15$ mm y $r=4$ mm. $R/r=3.6-8.5$. Disco pequeño y brazos alargados. Las placas abactinales son ligeramente convexas, con forma poligonal a circular y tamaño variable, muy cercanas entre sí. Entre las áreas papulares destacan unas placas más grandes que el resto, cubiertas con numerosas espínulas (en promedio 25) mientras que el resto de las placas tienen en promedio 10 espínulas sin espineleta central. En el centro del disco se encuentran de dos a 15 espinas de 0.3-8 mm (dependiendo del tamaño del ejemplar) (Lám. 5, Fig. A, H). Áreas papulares poco definidas en ejemplares grandes, pero en ejemplares pequeños, dispuestas en parches alargados; de cinco a 15 poros papulares en ejemplares con $R=20-30$ mm (la mayoría) y hasta 100 en el ejemplar más grande revisado (105 mm), poco visibles y en algunos ejemplares imperceptibles. Madreporita pequeña (0.12 mm) rodeada por cuatro o cinco placas agrandadas con más espínulas que el resto de las abactinales (20), en algunos ejemplares una o dos de dichas placas presentan una espina larga igual a las centrales en lugar de espínulas. Placas superomarginales pequeñas (21 en promedio), cuadrangulares, inconspicuas dorsalmente y cubiertas con espínulas casi granuliformes (Lám. 5, Fig. C); la espina de la cuarta placa superomarginal es mucho más alargada (hasta 0.3 mm en ejemplares pequeños y reportada hasta de 15 mm en ejemplares grandes (Clark y Downey, 1992), pero no observado, pues muchos ejemplares revisados tienen las espinas marginales rotas) y ensanchada en su base que el resto. Las espinas de las primeras tres placas están marcadamente reducidas. Placas inferomarginales cubiertas de espínulas y de una a cuatro espinas accesorias (Lám. 5, Fig. D). Espinas inferomarginales más largas que las superomarginales correspondientes pero la espina de la cuarta placa más corta y delgada que la correspondiente. Placas actinales de forma y tamaño irregular, poco numerosas (cinco a siete) en una sola hilera de placas cubiertas con espineletas.



Placas adambulacrales redondeadas, con ocho a 10 espinas del surco, en promedio siete, y una sola espina subambulacral (0.2 mm) (Lám. 5, Fig. E). Placas orales prominentes (0.2 mm en ejemplares pequeños, 0.4 mm en ejemplares grandes) con 15 espinas del surco (Lám. 5, Fig. B), las más grandes son las cuatro centrales y alrededor de 10 espineletas suborales. Pedicelarios pectinados, sobre una placa o entre dos placas, poco numerosos y completamente ausentes en la mayoría de los ejemplares, de tamaño y número de dientes muy variable (Lám. 5, Fig. F); normalmente están presentes en las áreas interactinales y a veces entre las inferomarginales. Solo se observaron pedicelarios actinales en el 5% de los ejemplares.

Referencias de identificación: Clark, 1981: 112-113, fig. 2 a y b; Clark y Downey, 1992: 133-134, figs. 22, 23, k, lám. 33.

Material examinado: 117 ejemplares, ANEXO II.

Material tipo: Holotipo y Paratipo, MCZ AST-10 (Clark y Downey, 1992).

Localidad tipo: St. Kitts, islas de Sotavento, Mar Caribe (Perrier, 1881).

Distribución geográfica: Golfo de México (Fig. 14), Sureste de Florida, EUA, este de Cuba, este de Jamaica hasta islas de Barlovento (Clark y Downey, 1992).

Registros previos para el Golfo de México: Golfo de México, Clark y Downey, (1992); Pawson *et al.*, (2009) y Benavides-Serrato *et al.*, (2011); Veracruz y Yucatán, Durán-González *et al.*, (2013) y Solís- Marín *et al.*, (2014).

Distribución batimétrica: De 380-1470 m de profundidad, siendo más frecuente de los 400 a los 700 m (Clark y Downey, 1992).



Comentarios: Clark y Downey, 1992 describieron la distribución batimétrica de la especie a partir de los 380 m. Se amplía el límite más somero de su distribución batimétrica a 342 m de profundidad.



Lámina 5. *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* (Perrier, 1881). Ejemplar ICML-UNAM 9691. A, Vista abactinal del organismo, detalle de las placas centrales del disco; B, Vista actinal del organismo; C, Detalle de las placas y espinas súpermarginales, mostrando la cuarta espina súpermarginal de mayor tamaño; D, Detalle de las placas y espinas ínferomarginales; E, Detalle de las placas y espinas adambulacrales y espinas subambulacrales; F, Detalle de los pedicelarios pectinados.

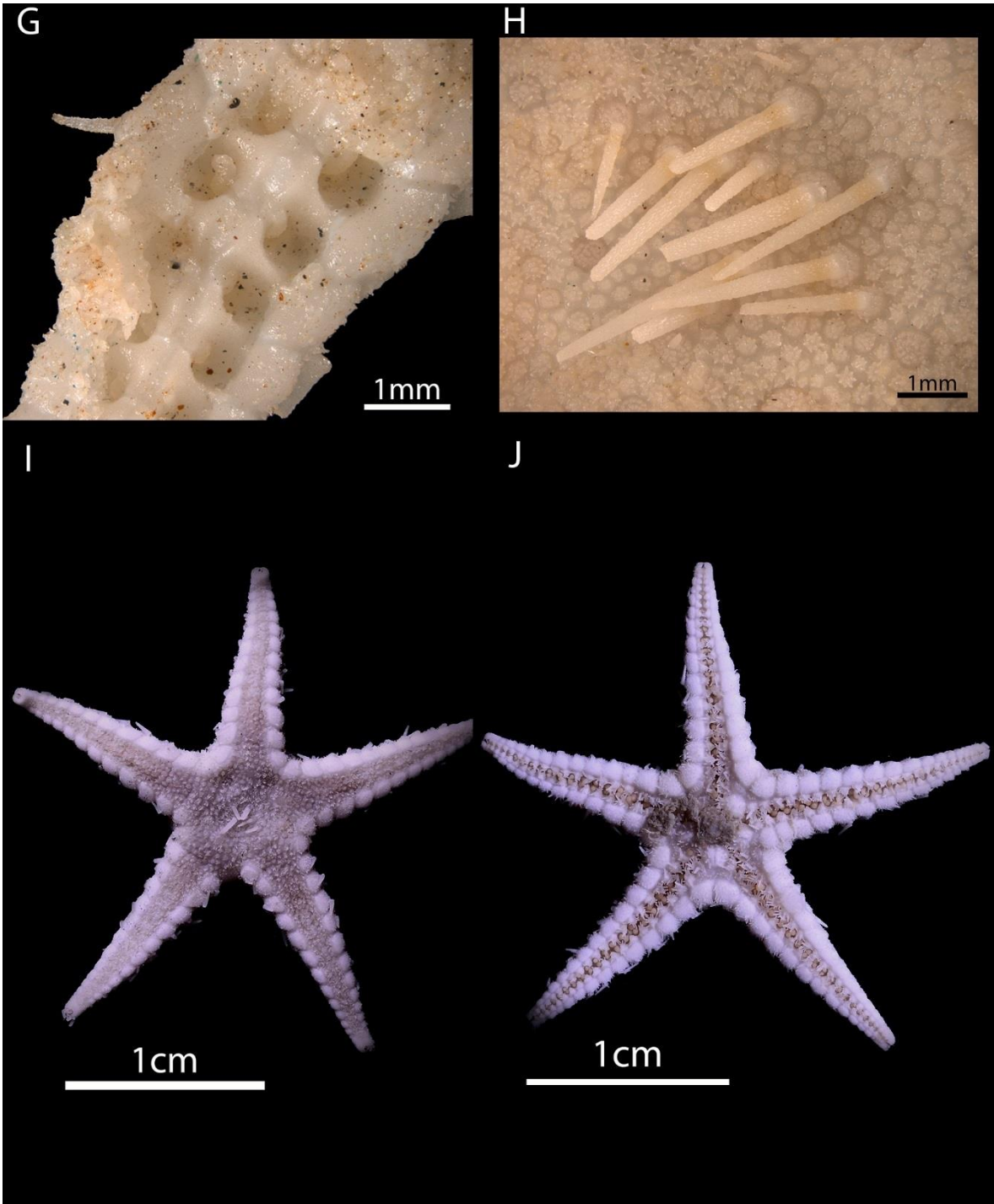


Lámina 5.1. *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* (Perrier, 1881). G-H Ejemplar ICML-UNAM 9691, I-J Ejemplar ICML-UNAM 8162. G, Detalle del brazo en vista abactinal, placas y espinas marginales, detalle de parte del esqueleto; H, Detalle de las espinas aisladas al centro del disco y algunas placas centrales visiblemente más grandes que el resto; I, Vista abactinal del organismo; J, Vista actinal del organismo.

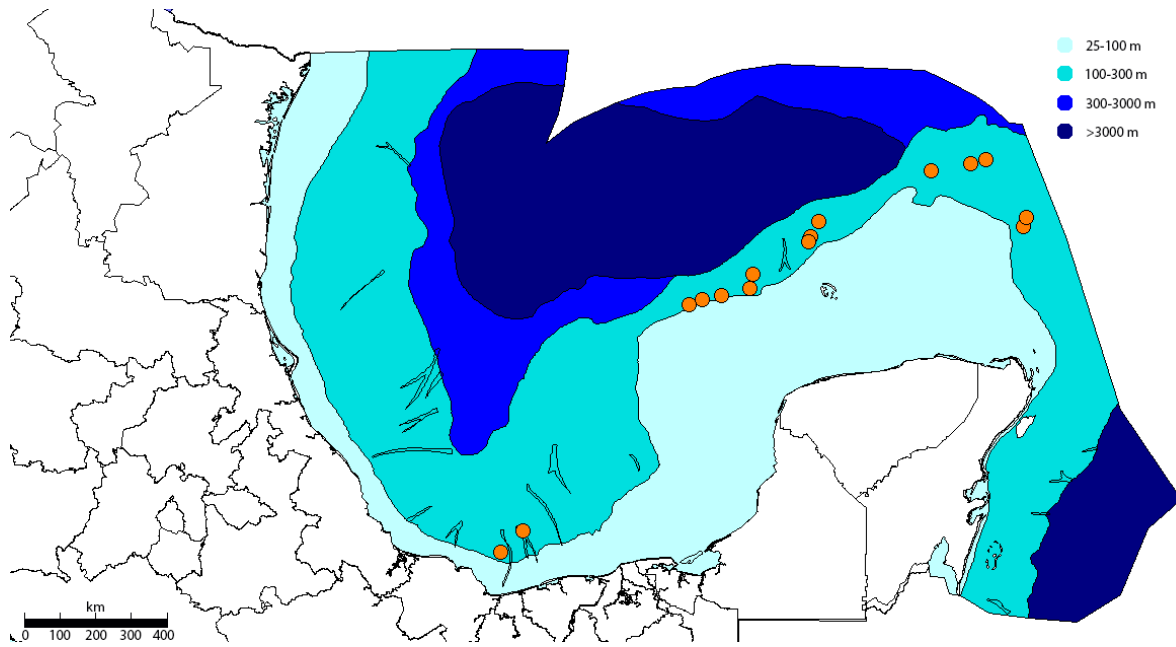
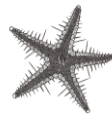
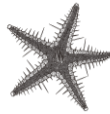


Figura 14. Mapa de distribución en las aguas mexicanas del Golfo de México de *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* con base en los ejemplares revisados.



CLAVE TAXONÓMICA PARA EL RECONOCIMIENTOS DE GÉNEROS, SUBGÉNEROS Y ESPECIES DE LOS EJEMPLARES DE LA FAMILIA BENTHOPECTINIDAE DEL GOLFO DE MÉXICO.

1. Sutura interr radial entre las placas marginales regular, sin placas interr radiales impares (Fig. 15A) (aunque las suturas pueden ser asimétricas en uno o dos interr radios)2
- 1'. Sutura interr radial entre las placas marginales ausente, una placa interr radial impar en cada serie, la superomarginal inserta en el disco (Fig. 15B) (**Género *Benthopecten* Verrill, 1884**). Una sola espina muy grande sobre la placa interr radial impar, las superomarginales pareadas, también con una sola espina y unas cuantas espineletas; áreas papulares distalmente bifurcadas y los poros más distales alineados con la segunda o tercera superomarginal; placas inferomarginales con una espina accesoria debajo de la principal de menos de la mitad de largo; placas adambulacrales con seis o siete espinas del surco y dos (en algunas placas una) espinas subambulacrales; placas orales con cinco o seis espinas del surco y tres o cuatro suborales; pedicelarios pectinados actinales prominentes y poco numerosos.....***Benthopecten simplex simplex* (Perrier, 1881)**

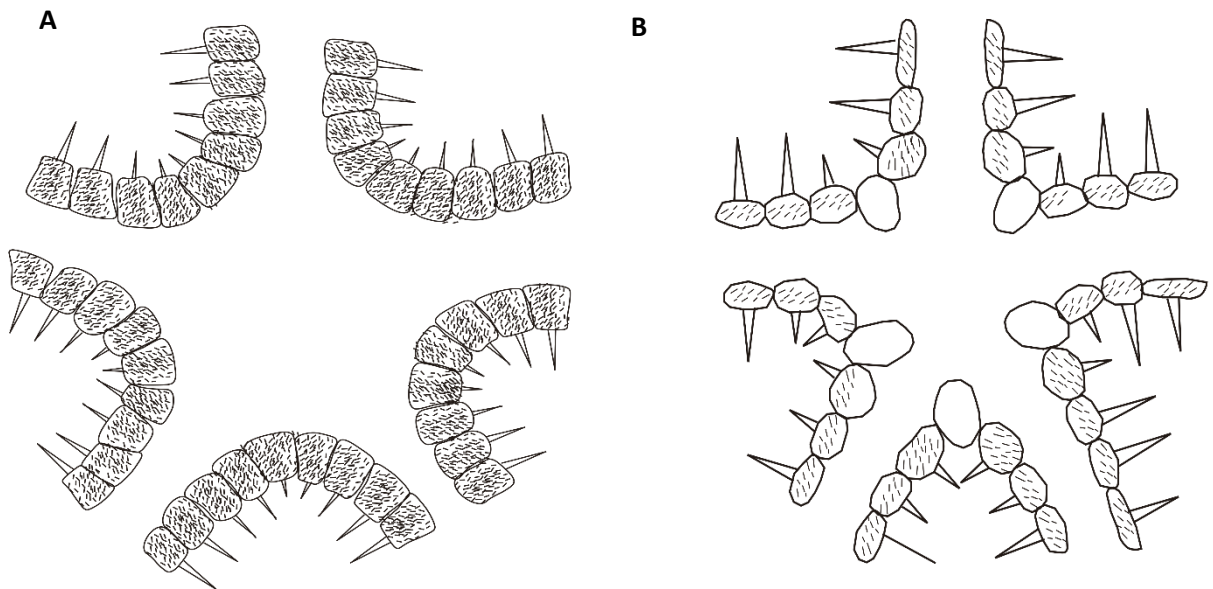
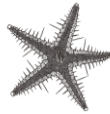


Figura 15. A, Placas marginales pareadas con sutura regular correspondientes al género *Cheiraster*; B, Placas marginales y placa interr radial impar inserta en el disco correspondientes al género *Benthopecten*.



2. Áreas papulares dobles, dos áreas laterales en cada base del brazo fusionadas proximalmente en ejemplares grandes formando un área bilobulada, poros pequeños e intersticiales (Fig. 16A). Acomodo de las placas superomarginales dorsal, enmarcando el área paxilar en vista abactinal. Ornamentación de las placas abactinales múltiple, con un grupo de espínulas, frecuentemente rodeando una espineleta central más grande (**Género *Cheiraster* Studer, 1883**).....3
- 2'. Áreas papulares irregulares, bilobuladas distalmente (excepto en ejemplares pequeños), restringidas a la base de los brazos iniciando en un solo poro medio primario grande (Fig. 16B).....4
- 2''. Áreas papulares inician en un poro medio primario y se desarrollan en una serie doble con forma de "U", puede ser irregular sólo en ejemplares muy grandes (Fig. 16C).....4'

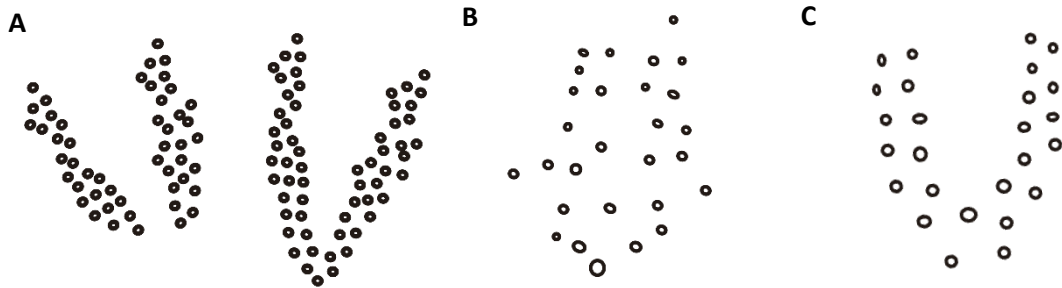
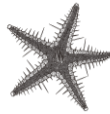


Figura 16. A, Distribución de poros papulares pequeños en parches bilobulados correspondientes al subgénero *Christopheraster*; B, Distribución irregular de poros papulares correspondiente al subgénero *Barbadosaster*, iniciando en forma de parche y terminando en una leve bifurcación; C, Distribución de poros papulares en forma de "U" correspondientes a la especie del subgénero *Cheiraster* aquí mencionada.

3. Placas abactinales parapaxiliformes, no marcadamente convexas, al menos las más distales separadas, las más proximales amontonadas y muy variables en tamaño, las primeras radiales e interradales particularmente grandes, algunas o la mayoría de las placas más grandes ornamentadas con una espina central de más de 2mm rodeada por pequeñas espínulas. Áreas papulares poco unidas y fusionadas proximalmente solo en ejemplares grandes, poros numerosos, muy pequeños y poco visibles (Figura 16A) (**Subgénero *Christopheraster* Clark, 1981**).



Espinas del disco moderadamente largas centralmente, pero no más de $\frac{1}{2}$ del r, espaciadas y frecuentemente extendiéndose a las áreas papulares, disminuyen gradualmente en tamaño hasta llegar al de una espineleta paxilar (Figura 17B). Espinas marginales similares en tamaño o la espina de la cuarta placa marginal ligeramente más grande pero de forma gradual.....***Cheiraster (Christopheraster) blakei* Clark, 1981**

- 3'. Pocas espinas relativamente muy grandes, rara vez más de 15, restringidas al centro del disco, sin disminuir gradualmente en tamaño hasta el de una espineleta paxilar; espina de la cuarta placa superomarginal conspicuamente agrandada (Figura 17A), principalmente ensanchada en la base y la cuarta placa inferomarginal reducida y en ocasiones sin espina.....***Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* (Perrier, 1881)**

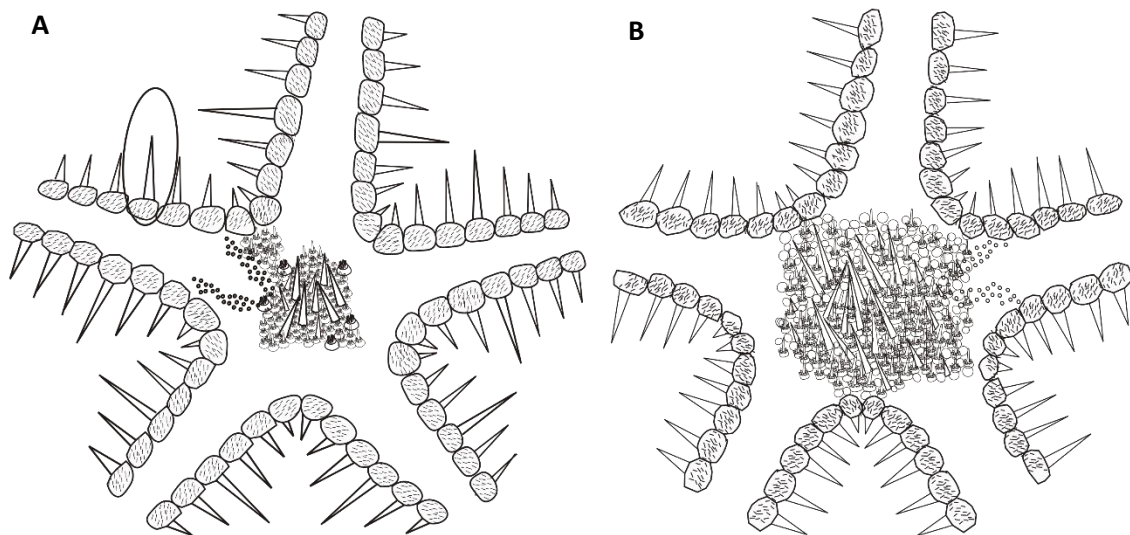
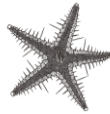


Figura 17. Diferenciación entre las dos especies del subgénero *Christopheraster*. A, *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis*, pocas espinas del disco que pueden ser muy grandes y cuarta espina superomarginal más robusta que el resto (señalada en la imagen); B, *Cheiraster (Christopheraster) blakei*, numerosas espinas del disco que van disminuyendo en tamaño hacia las espineletas centrales paxilares y espinas marginales graduales en tamaño o similares entre sí.

4. Placas abactinales proximales poligonales en contorno, amontonadas y no marcadamente convexas, en ocasiones algo aplanadas y ornamentadas con numerosas espínulas formando dos anillos concéntricos alrededor de una espineleta central en las



placas más grandes. Áreas papulares con un poro medio proximal primario distinto del resto por su posición y tamaño, el resto formando un parche medio inicialmente y luego extendiéndose en un lóbulo a cada lado que pueden ser desiguales entre sí (**Subgénero *Barbadosaster* Clark, 1981**), placas superomarginales relativamente anchas, incrementando en número de 20 en R 20 mm a 30 en R 50 mm, espinas marginales no muy gruesas basalmente, placas inferomarginales con espineletas alargadas y una o dos espinas accesorias. Placas adambulacrales con siete a nueve espinas del surco formando un ángulo prolongado menor a 90° (en las placas más distales se vuelve trunco), dos espinas subambulacrales, pedicelarios pectinados prominentes presentes solo en 50% de los ejemplares principalmente en las áreas actinales y rara vez entre las inferomarginales.....***Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* (Perrier, 1875)**

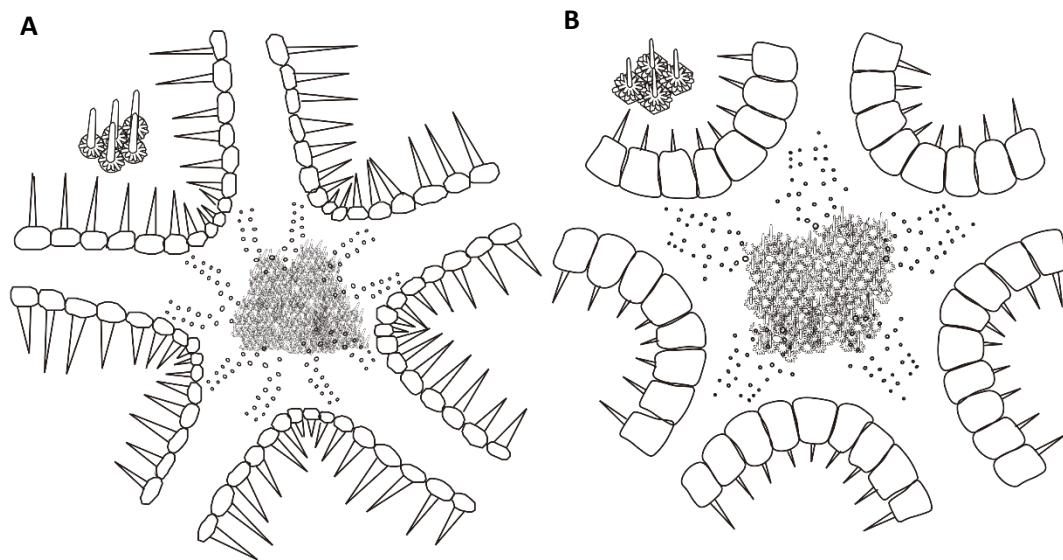


Figura 18. Diferenciación entre los subgéneros *Barbadosaster* y *Cheiraster*. A, *Cheiraster (Cheiraster) planus*, placas abactinales redondeadas y convexas, áreas papulares en forma de “U”; B, *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus*, placas abactinales poligonales, áreas papulares irregulares, con un poro medio proximal grande y no marcadamente bilobuladas distalmente.

- 4'. Placas abactinales parapaxiliformes, incluso las del disco marcadamente convexas y amontonadas entre sí, en el disco y en la base de los brazos ornamentadas con una



espineleta central entre pequeñas espínulas. Placas superomarginales forman un borde no tan grueso al área paxilar, espinas marginales conspicuas, cónicas y puntiagudas, placas adambulacrales predominantemente con una sola espina subambulacral (**Subgénero** *Cheiraster* Studer 1883), placas abactinales redondeadas con un grupo de espínulas (en promedio 10 y hasta 25 en ejemplares muy grandes) formando un solo anillo alrededor de una espineleta central, áreas papulares iniciando en un poro medio primario y se desarrollan en una serie doble en forma de “U”, espinas superomarginales más largas que las inferomarginales correspondientes al menos en la mitad proximal del disco. Placas adambulacrales redondeadas con una serie de seis a nueve espinas del surco, pedicelarios pectinados presentes en algunas placas actinales y frecuentemente en las inferomarginales, adradialmente.....***Cheiraster (Cheiraster) planus* Verrill, 1915**

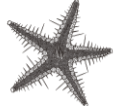
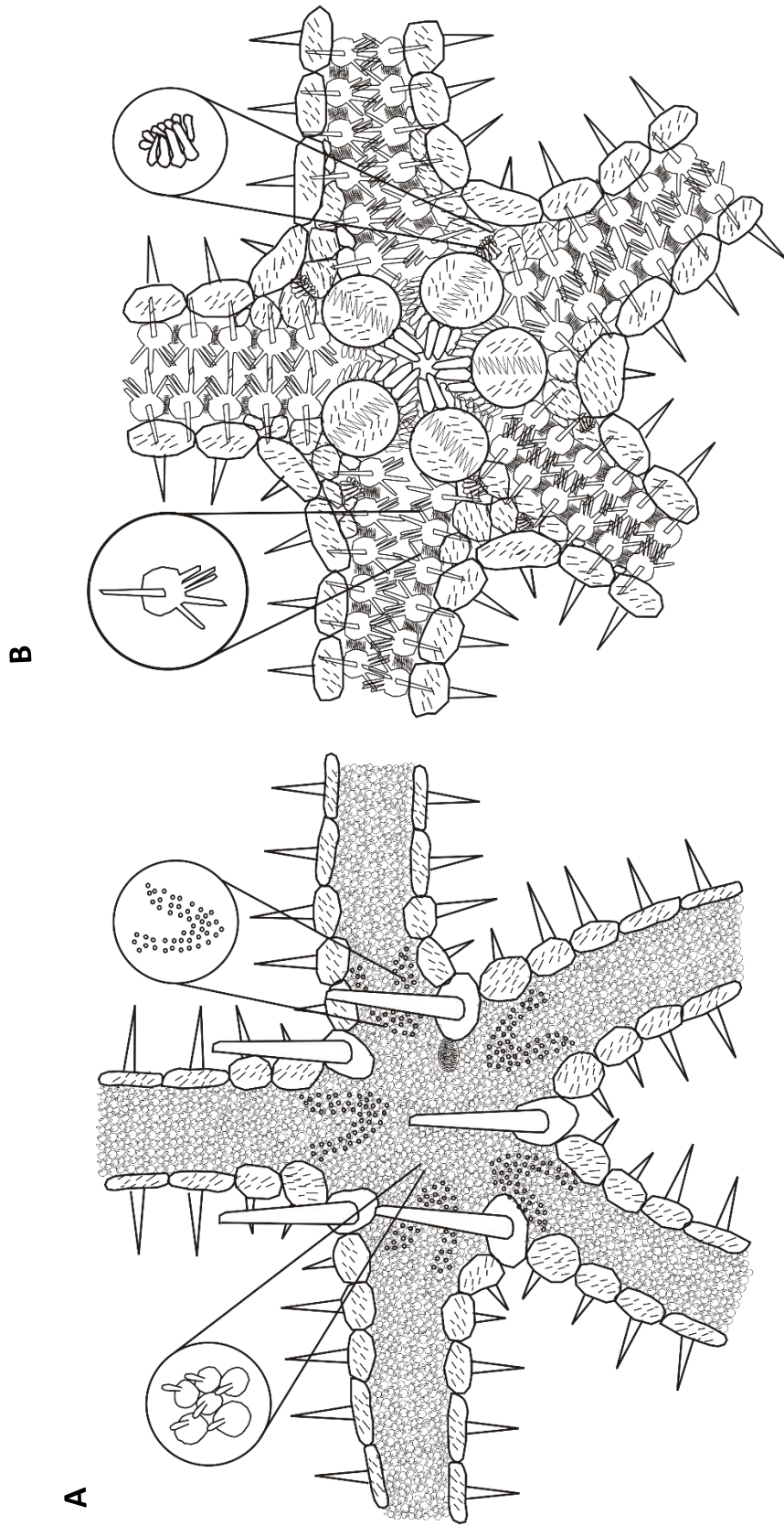


Figura 19. *Benthopecten simplex simplex* A. Vista abactinal: detalle deforma de las placas abactinales y poros papulares entre las placas, placas interradales impares invaden el disco y presentan espinas grandes. B. Vista actinal: detalle deforma y distribución de los pedicelarios, disposición y número de espinas de placas adambulacrales y espina subambulacral.

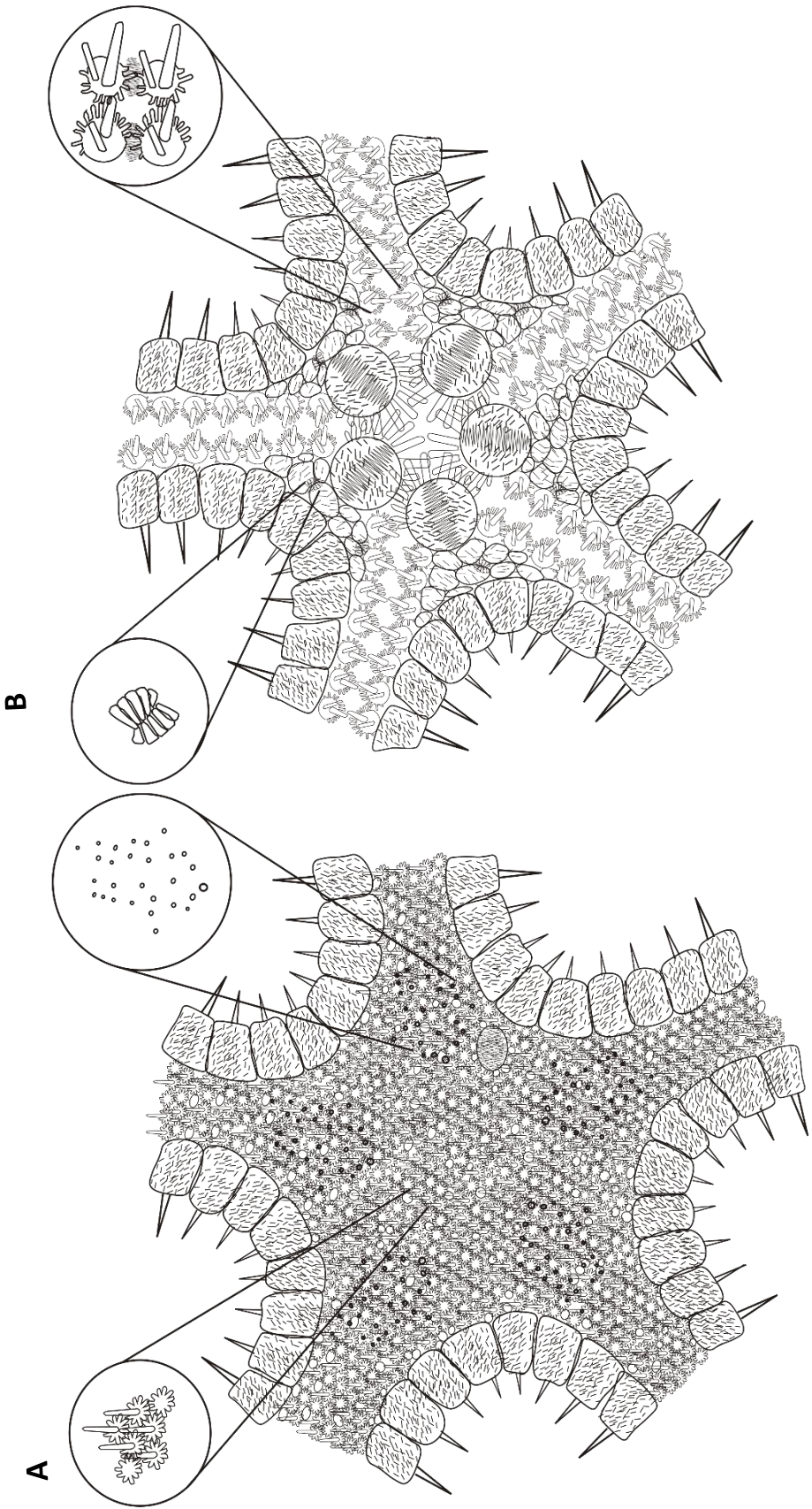


Figura 20. *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* A. Vista abactinal: detalle de forma de las placas abactinales y poros papulares entre las placas. Detalle de espineletas centrales en algunas de las placas. B. Vista actinal: detalle de forma y distribución de los pedicelarios, disposición y número de espinas de placas adambulacrales, frecuentemente dos espinas subambulacrales.

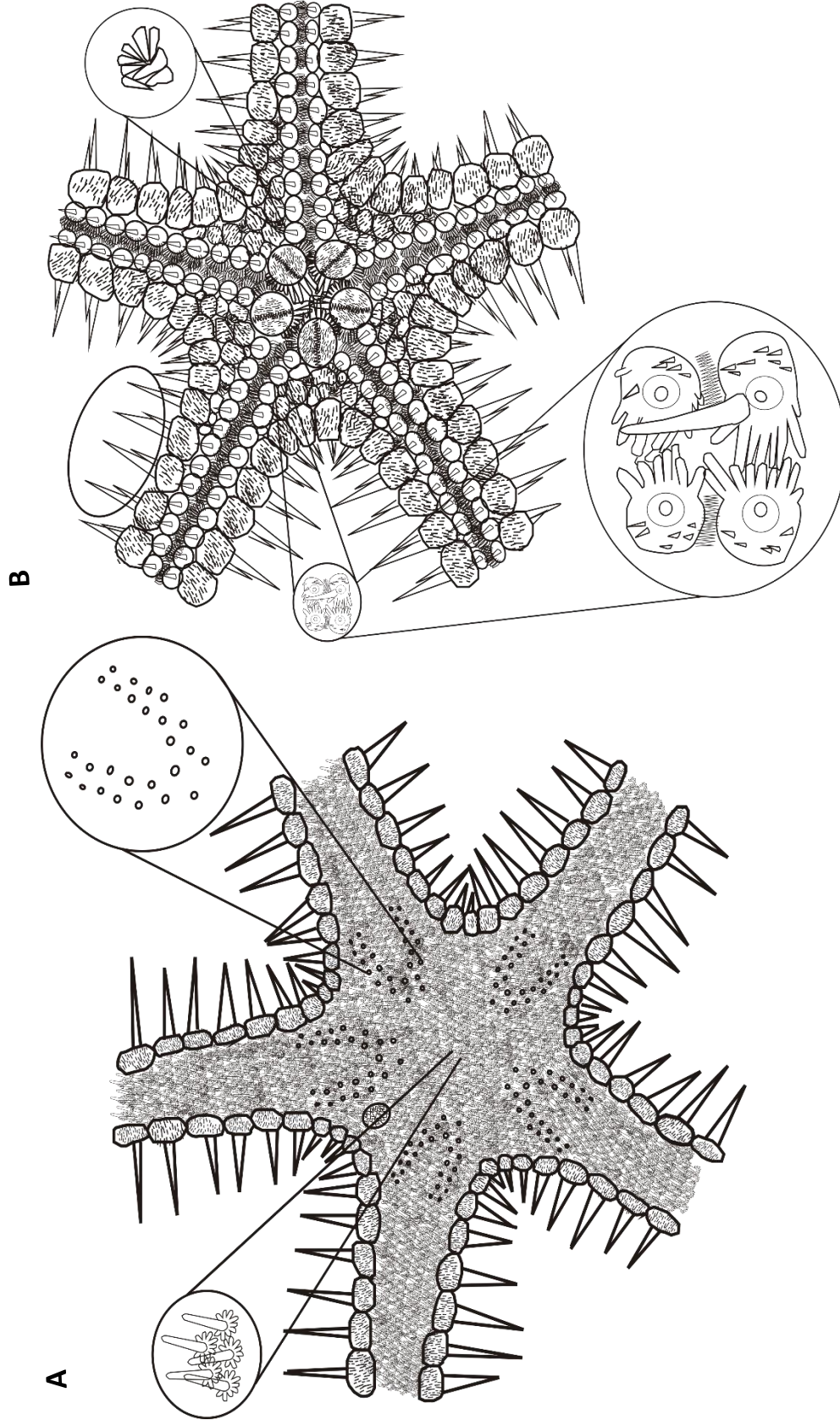


Figura 21. *Cheiraster (Cheiraster) planus* A. Vista abactinal: detalle de forma de poros papularios entre las placas. B. Vista actinal: detalle de forma y distribución de los pedicelarios, disposición y número de espinas de placas adambulacrales, una sola espina subambulacral. Representación de espinas supermarginales más largas que las correspondientes inferomarginales.

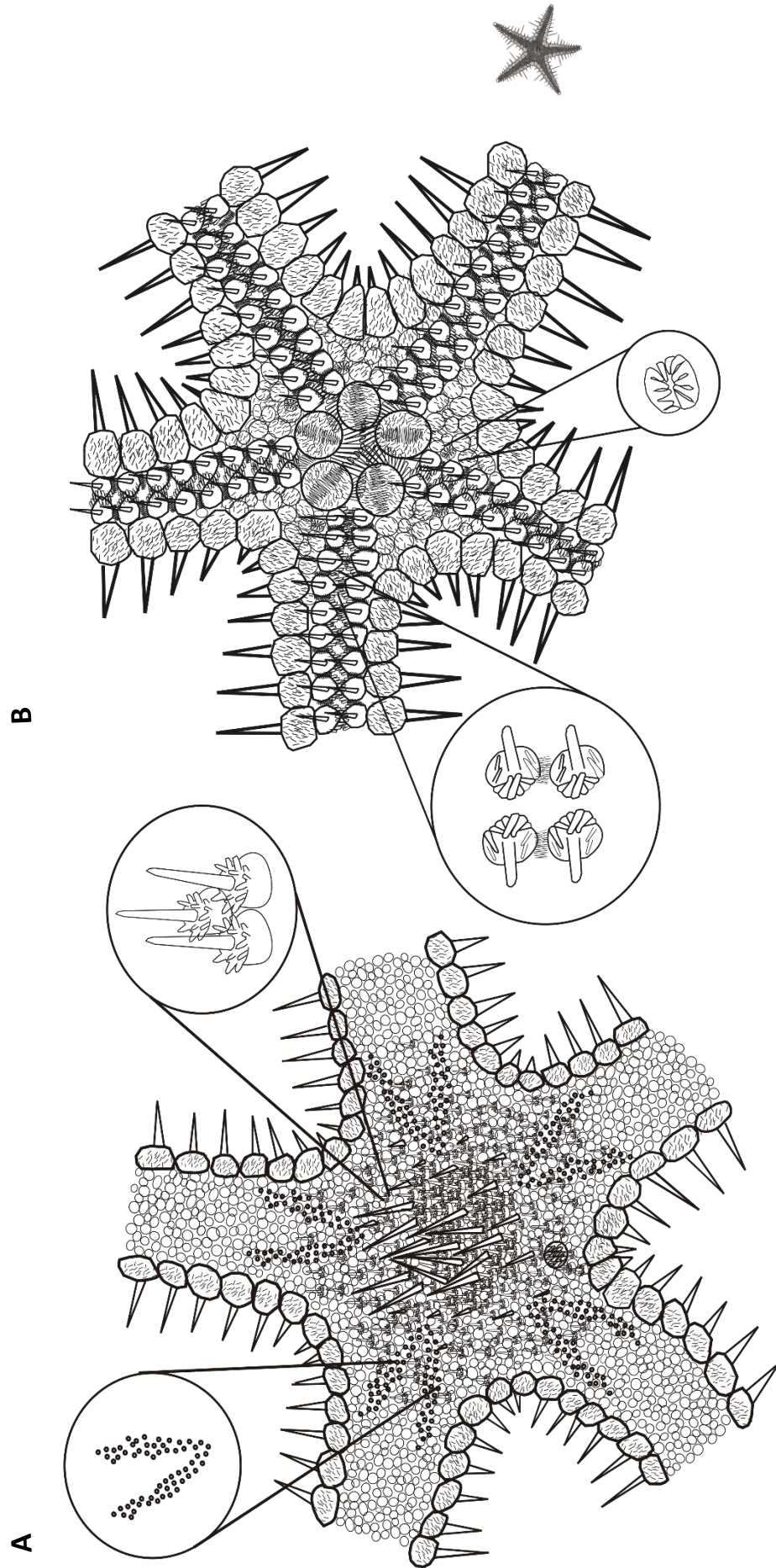


Figura 22. *Cheiraster (Christopheraster) blakei* A. Vista abactinal: detalle de forma de poros papulares entre las placas. Detalle de espineletas centrales en las placas y espinas del disco B. Vista actinal: detalle de forma y distribución de los pedicelarios, disposición y número de espinas de placas adambulacrales. Una sola espina subambulacral y 7-9 espinas del surco.

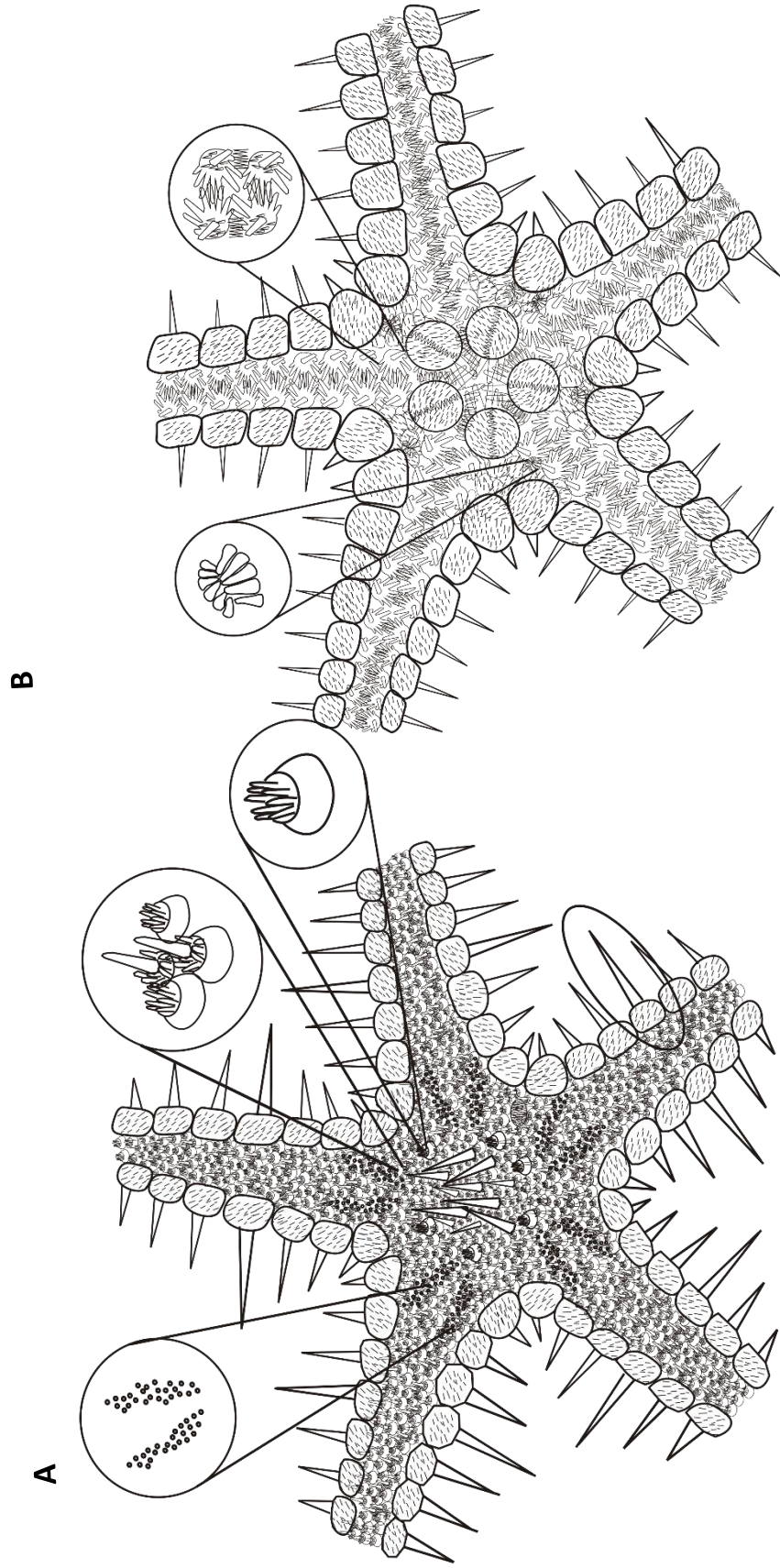
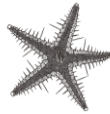


Figura 23. *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* A. Vista abactinal: detalle de forma de poros papulares entre las placas. Detalle de espineletas centrales en las placas y espinas del disco. Representación de la cuarta espina superomarginal más grande que el resto. B. Vista actinal: detalle de forma y distribución de los pedicelarios, disposición y número de espinas de placas ambulacrales. Una sola espina subambulacral y 9-10 espinas del surco.



8. DISCUSIÓN

En el mar profundo existen condiciones ambientales como sedimentos lodosos, en algunos casos abundante detritus disponible para la alimentación, y valores constantes de temperatura y salinidad que favorecen el asentamiento de comunidades de infauna y epifauna diversas (Tilot, 2006). Por las dificultades que se derivan de muestrear en aguas profundas, existe una falta general de información relacionada con la distribución, abundancia y composición de las comunidades de macro invertebrados (Hendrickx *et al.*, 2011) como es el caso de los equinodermos.

La familia Benthopectinidae, como se ha mencionado previamente, corresponde a un grupo de organismos principalmente de profundidad (distribución por debajo de los >200 m) cuya riqueza está conformada por nueve géneros y aproximadamente 75 especies. Por tanto, debido a que sus especies son principalmente batiales y abisales, estimar su diversidad real resulta impreciso y probablemente la información con la que se cuenta en la actualidad sea incompleta.

Se reportan cinco especies para las aguas mexicanas del Golfo de México, lo que representa el 7% de la diversidad mundial de dicha familia. Tomando en cuenta que las especies de esta familia están distribuidas en nueve géneros (Lambert, 2000), los dos que se encuentran en el Golfo de México representan el 22% del total de géneros de la familia. El género *Cheiraster* es el mejor representado con cuatro especies distribuidas en las 19 localidades, a comparación del género *Benthopecten* que sólo está representado por una especie registrada para dos localidades.

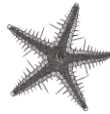
La historia taxonómica de la familia se resume en un listado de publicaciones realizadas principalmente de 1881 a 1992 en los que se realizaron cambios de especies, géneros, subgéneros y la descripción del orden Notomyotida en 1910. En 1894, Verrill describió dentro de la familia *Archasteridae* (perteneciente al orden Valvatida) a la subfamilia “Benthopectininae” y a la subfamilia “Pontasterinae”, conteniendo en ambas a las especies que habían sido descritas hasta ese momento, posteriormente Verrill (1899) elevó la primera



a nivel de familia e incluyó únicamente al género *Benthopecten*. Ludwig (1910), realizó la primera revisión de la familia al momento de describir el orden Notomyotida y consideró dos familias pertenecientes al mismo, *Cheirasteridae* y *Benthopectinidae*, diferenciándolas por la ausencia o presencia de una placa interr radial impar principalmente. Algunos autores mantuvieron esta división como familias o subfamilias (Fisher, 1911a; Verrill, 1914) que posteriormente fueron unificadas a una sola por Fisher (1911b) y Verrill (1915), esto debido a la descripción de géneros nuevos que, en esos años, se consideraron formas intermedias entre ambas subfamilias. La posición del orden Notomyotida fue puesta en duda por Fisher (1911) y algunos otros autores, sin embargo, fue restituida por McKnight (1975). A partir de ese momento, se ha mantenido una sola familia dentro del orden Notomyotida.

Posterior a las modificaciones de subfamilias a géneros, únicamente se ha realizado otra revisión de la familia por Clark, (1981). En dicho trabajo se hace la revisión de géneros con distribución en el Atlántico principalmente (por lo que la revisión completa de la familia aún queda por realizarse). Los géneros *Pectinaster* y *Cheiraster* fueron redefinidos, pues el género *Pectinaster* fue restituido al concepto original de Perrier (1881) y varias especies fueron transferidas al género *Cheiraster* por la ausencia de pápulas especializadas. Este último sufrió algunas modificaciones y reducciones de otros géneros a subgéneros, como es el caso de *Luidiaster*, y la descripción de nuevos subgéneros, que es el caso de *Christopheraster* y *Barbadosaster* como resultado de la comparación de las especies del Atlántico.

En comparación con el resto de las especies del género *Cheiraster*, *C. (Chr.) mirabilis* y *C. (Chr.) blakei* comparten la forma de las áreas papulares de distinto origen ontogénico, esta característica provocó que Clark (1981) considerara una subdivisión dentro del género. Otras características que complementaron su decisión fueron el tamaño relativamente pequeño de las pápulas, la marcada diferencia de tamaño de algunas de las placas en el disco y la base de los brazos y la presencia de espinas de varios milímetros de largo en dichas placas. El subgénero *Christopheraster* también está caracterizado por la presencia de placas abactinales parapaxiliformes y placas más o menos separadas al menos distalmente (Clark, 1981). Incluyó dos especies más dentro del género y subgénero, se trata de la especie *Pontaster oxyacanthus*



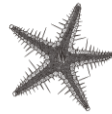
Sladen, 1889 de Japón, cuya ornamentación abactinal es similar a *C. (Chr.) blakei* y la especie *Cheiraster horridus* Fisher, 1906, de las Islas Hawaiianas, también con pápulas muy pequeñas y una marcada diferencia de algunas de las placas abactinales y espinas más o menos alargadas en las placas más grandes. En ambos casos se desarrolla una segunda espina subambulacral, por lo que puede considerarse otra característica para incluirse en el subgénero. Actualmente son estas las cuatro especies que se encuentran dentro de este subgénero.

Por otro lado, en la especie *Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus* existe una combinación morfológica de placas abactinales bajas, poligonales y amontonadas, ornamentadas en la mayor parte de su superficie con numerosas espínulas cortas y superomarginales dorsalmente anchas, a diferencia de *Cheiraster (Luidiaster)* que presenta espinas muy delgadas o *Cheiraster (Cheiraster)*, con espinas cónicas. Presenta espinas subambulacrales múltiples en todos los ejemplares mayores a R=20mm. El nombre *Barbadosaster* refleja la localidad tipo, y en este caso, estas diferencias lo convierten en un subgénero monotípico.

El resto de las especies dentro del género *Cheiraster* que no pertenecen al subgénero *Luidiaster* o a alguno de los antes mencionados, están representadas dentro del subgénero con el mismo nombre, es decir, *Cheiraster* en sentido estricto. Se caracteriza por la presencia de placas abactinales parapaxiliformes redondeadas y convexas, incluso las del disco, solo un poco amontonadas entre sí.

Actualmente son 13 especies las que se encuentran dentro del subgénero, y existen siete especies del género que no se incluyen en ninguno de los subgéneros, siendo estas principalmente del Indopacífico, de las cuales no se ha realizado una revisión taxonómica hasta la fecha.

En el caso particular de *Cheiraster (Cheiraster) planus*, las placas abactinales poseen espínulas que rodean a una espineleta central en la mayoría de las placas. Esta especie fue descrita por Verrill (1915) a partir de un solo ejemplar de las Antillas de una localidad desconocida. En el Golfo de México ha resultado ser la especie más común y con mayor distribución hasta el momento.



Benthopecten simplex simplex (Perrier, 1881), pertenece al género más representativo de la familia, mismo que no contiene ningún subgénero y cuenta con 23 especies aproximadamente con distribución en todos los mares. Una particularidad de esta especie es que la localidad tipo de la misma es el Golfo de México, pero se ha reportado una subespecie (*Benthopecten simplex chardyi* Sibuet, 1975) en el Golfo de Guinea y Gabón. Esta subespecie se considera válida hasta la fecha, pues difiere de *Benthopecten simplex simplex* (Perrier, 1881) por un desarrollo retardado de las espinas del disco y una aparición tardía de la segunda espina subambulacral, además de un mayor número de placas adambulacrales correspondientes a las primeras 10 inferomarginales. Éstos pueden considerarse una combinación de extremos en los caracteres sujetos a variación en *Benthopecten simplex simplex* (Perrier, 1881), es decir, que superan los intervalos que se han descrito en los ejemplares de dicha subespecie. No se ha refutado la validez de esta subespecie a pesar de la separación tan grande que existe entre las dos localidades tipo, pues en el resto del océano Atlántico no se tienen registros de ninguna forma intermedia o ejemplares que puedan sugerir que dichos caracteres simplemente están sujetos a gran variación, de hecho, existen pocos ejemplares para ambos casos. Ambas especies se encuentran en un intervalo de profundidad de 1175-3713 m, por lo que su recolección es particularmente complicada y su presencia en el océano Atlántico entre ambas localidades tipo, implica un hueco de información que ha mantenido esta separación de las subespecies. En el caso de los ejemplares que se han recolectado en el Golfo de México, entre los caracteres sujetos a variación se encuentran la forma distal de las áreas papulares, el tamaño relativo de la espina superomarginal interr radial impar que puede estar reducida, y la longitud relativa de la espina inferomarginal accesoria que puede no estar desarrollada o ser casi de igual tamaño que la principal.

En cuanto a la distribución batimétrica de las especies, Martín Cao-Romero (2012), previamente realizó una revisión biogeográfica de la clase Asteroidea en el Golfo de México y Mar Caribe que incluye a las especies de la familia Benthopectinidae de la zona. Para dicho estudio se amplió la distribución batimétrica de *Cheiraster (Cheiraster) planus* que había sido reportada hasta ese momento de 550-715 m de profundidad y que fue encontrada desde los 86.6 m hasta los 842 m de profundidad. También se amplió la distribución batimétrica de

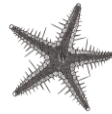


Cheiraster (Barbadosaster) echinulatus que estaba reportada de 485-3700 m de profundidad y que fue encontrada desde los 250 m de profundidad en el Golfo de México.

En este estudio, se amplía el intervalo de distribución de tres de las cinco especies presentes en las aguas mexicanas del Golfo de México. La especie *Benthopecten simplex simplex* amplía su intervalo de distribución batimétrica reportado, pues el ejemplar depositado en el Museo de Historia Natural Smithsonian (USNM E 13210) recolectado frente al estado de Tamaulipas corresponde a 3 713 m y había sido reportada sólo en profundidades de 1 175 a 2 470 m.

Para el caso de la especie *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis*, había sido reportada a partir de los 380 m y hasta los 1470 m por Clark y Downey (1992). Sin embargo, en este estudio se amplía el límite más somero de su distribución batimétrica ya que ha sido encontrada desde los 342 m de profundidad.

Finalmente, la especie *Cheiraster (Cheiraster) planus*, que previamente fue recolectada en una profundidad mayor a la que se tenía registrada, nuevamente aumenta el límite superior de su intervalo de profundidad, pues fue capturada desde los 86.6 m hasta los 867 m. Esta especie está presente en el 74% de las localidades muestreadas por el B/O "Justo Sierra". Esto puede explicarse debido a que el límite batimétrico inferior se encuentra dentro de la plataforma continental y el buque puede recolectarla con mayor facilidad, a diferencia de las especies que tienen su mayor abundancia a partir de los 2 000 m de profundidad como es el caso de *Benthopecten simplex simplex* y que consecuentemente no ha sido recolectada por el B/O "Justo Sierra".



9. CONCLUSIONES

Se reportan cinco especies pertenecientes a dos géneros y tres subgéneros de la familia Benthopectinidae habitantes de las aguas mexicanas del Golfo de México. Las cinco especies representan el 7% de la diversidad mundial de la familia y los dos géneros representan el 22% de la diversidad de géneros de la familia.

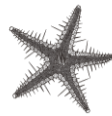
La especie mejor representada en las 19 localidades muestreadas fue *Cheiraster (Cheiraster) planus*, presente en el 74% de las 19 localidades. La especie menos representada con ausencia de ejemplares en la CNE fue *Benthopecten simplex simplex*, ausente en las localidades muestreadas por el Buque oceanográfico “Justo Sierra” y previamente solo reportada para dos localidades de las aguas mexicanas del Golfo de México.

Se han muestreado las aguas mexicanas del Golfo de México desde el año 1985, sin embargo, a lo largo de esos 30 años, únicamente en 19 localidades de las 15 campañas antes mencionadas, se encontraron ejemplares pertenecientes a la familia Benthopectinidae, probablemente debido a que el intervalo batimétrico en el que se distribuyen las especies sobrepasa la profundidad máxima a la que muestrea el buque.

Los ejemplares revisados de cada una de las especies presentan las características diagnósticas de los subgéneros a los que pertenecen, se reporta ligera variación en solo un par de ejemplares pertenecientes a *Cheiraster (Christopheraster) mirabilis* y se atribuye al tamaño de los ejemplares y en algunos casos, al estado de conservación de los mismos.

Se reporta ampliación del intervalo batimétrico para tres de las cinco especies, ya sea en el límite inferior, superior, o ambos, con base en la comparación de los reportes previos de la especie y los datos recolectados de los ejemplares depositados en la CNE.

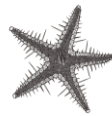
Este es el primer estudio realizado en México sobre la familia Benthopectinidae y la clave taxonómica ilustrada es la primera en realizarse en español, lo que facilitará el reconocimiento e identificación de las especies en investigaciones nacionales.



10. RECOMENDACIONES

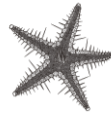
Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo en aguas profundas del territorio nacional y enfocar los estudios taxonómicos a grupos poco estudiados como el caso de la familia Benthopectinidae.

Se recomienda hacer una revisión de ejemplares reportados para las aguas de Estados Unidos de América y Cuba del Golfo de México, así como de otros países y localidades cercanas en el Mar Caribe para poder complementar la descripción de la familia en estos litorales. De la misma forma, es necesario realizar la revisión completa de la familia para resolver ciertos problemas taxonómicos que se encuentran tanto en los géneros como entre especies.

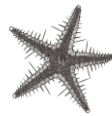


LITERATURA CITADA

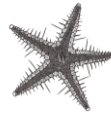
- Aldeco-Ramírez J., M. Monreal-Gómez, M. Signoret-Poillon, D. Salas de León y D. Hernández-Becerril. 2009. Occurrence of a subsurface anticyclonic Eddy, fronts, and Trichodesmiums over the Campeche Canyon region, Gulf of México. *Ciencias marinas* 35(4): 333-344.
- Alvarado J. J. y F. A. Solís-Marín. 2013. Echinoderm Research and diversity in Latin America. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 11-25.
- Benavides-Serrato, M., G. H. Borrero-Pérez y C. M. Díaz-Sánchez. 2011. Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta, 19-23.
- Bernasconi, I. 1964. Asteroideos argentinos. Claves para los Ordenes, Familias, Subfamilias y Géneros. *Physis* 26(68): 241-277.
- Bernasconi, I. 1973. Los Equinodermos colectados por el "Walther Herwig" en el Atlántico Sudoeste. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*: 3(3): 287-334.
- Blake D. B. 1987. Classification and phylogeny of post-Paleozoic sea stars (Asteroidea: Echinodermata). *Journal of Natural History* (21): 481-528.
- Brusca R. C., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Publ. Sinauer Assoc. Inc. Publish. Massachusetts, 967-1005.
- Caso M. E. 1977. Especies de la Familia Asterinidae en la costa Pacífica de México. Descripción de una nueva especie del género *Asterina*, *Asterina agustincasoi* sp. nov. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 4 (1): 209-232.



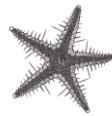
- Clark, A. H. 1954. Echinoderms (other than holothurians) of the Gulf of Mexico. Pp. 373-379, En P. S. Galtsoff, (Ed). Gulf of Mexico. Its origin, waters and marine life. *Fishery bulletin. United States Fish and Wildlife Service* 55(89): 604 pp.
- Clark, A. M. 1962. Starfishes and their relations. London, *Bulletin of the British Museum (Natural History)*: 1-119.
- Clark, A. M. y J. Courtman-Stock. 1976. The echinoderms of southern Africa. *British Museum (Natural History)*, London. (766): 277 pp.
- Clark, A. M. 1981. Notes on Atlantic and other Asteroidea. 1. Benthoplectinidae. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Zoology* 41: 91-135.
- Clark, A. M. y M. E. Downey. 1992. Starfishes of the Atlantic. Natural History Museum Publications. Identification Guide 3. Chapman and Hall, London, U. K., 113-145.
- Clark, H. L. 1941. The Echinoderms (other than holothurians). Reports on the Scientific Results of the Atlantis Expeditions to the West Indies, under the joint auspices of the University of Havana and Harvard University. *Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural "Felipe Poey"*. 15(1): 1-154.
- Djakonov, A. M. 1950. Sea stars of the seas of the USSR. *Keys to the Fauna of USSR*, 34: 3-199.
- Döderlein L. 1917. Die Asteriden der Siboga expedition: Porcellanasteridae, Astropectinidae, Benthoplectinidae. Monographie XLVI, Vol. 1. *Uitkomsten op Zoologisch, Botanisch, Oceanographisch en Geologisch Gebied. E. J. BRILL*: 32-47.



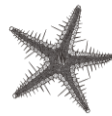
- Downey, M. E. 1973. Starfishes from the Caribbean and the Gulf of México. *Smithsonian Contributions Zoology*, 126: 113-142.
- Durán-González A., Laguarda-Figueras A., F. A. Solís-Marín., B. E. Buitrón-Sánchez, C. Gust y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología tropical* 53(3): 53-68.
- Escobar-Briones, E. 2000. La biodiversidad del mar profundo en México. *Biodiversitas*, 29:1-6.
- Farran, G. P. 1913. The deep-water asteroidea, ophiuroidea and echinoidea of the west coast of Ireland. *Fisheries, Ireland, Scientific Investigations* 12(6): 1-66.
- Felder D. L., D. K. Camp y J. W. Tunnell Jr. 2009. An introduction to Gulf of Mexico Biodiversity assessment. 1-13. In: Felder D. L., D. K. Camp (Eds.). *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota*. Vol. 1 Biodiversity, Texas A&M University Press, U.S.A.
- Fisher, W. K. 1911a. Two new genera of Starfishes. *Annals and Magazine of Natural History*, Ser. 8. 7: 89-92.
- Fisher, W. K. 1911b. Asteroidea of the North Pacific and Adjacent Waters. Part 1. Phanerozonia and Spinulosa. *Smithsonian Institution United States National Museum Bulletin* 76: 1-419.
- Fisher, W. K. 1940. Asteroidea. *Discovery Reports. Cambridge at the University Press*. 20: 69-306.
- Gage J. D. y P. A. Tyler. 1991. Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor. *Cambridge University Press*, XVI:504.



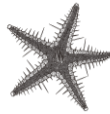
- Grieg, J. A. 1932. Echinodermata from the "Michael Sars" North Atlantic Deep-Sea Expedition 1910. *Report on the Scientific Results carried out under the auspices of the Norwegian Government and the Superintendence of Sir John Murray, K. C. B. and Dr. Johan Hjort*. Vol. III. Parte II. Beren Museum. 48 pp.
- Hansson, H. G. 2001. Echinodermata. En: Costello, M. J.; Emblow, C.; White, R. J. (Ed.) European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. *Collection Patrimoines Naturels, 50. Muséum national d'Histoire naturelle: Paris*. 50: 336-351.
- Harvey, R., J. D. Gage, D. S. Billet, A. M. Clark y G. L. Paterson. 1988. Echinoderms of the Rockall Through and adjacent areas. 3. Additional records. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology)*. 54(4): 53-198.
- Hendler, G., J. E. Miller, D. L. Pawson y P. M. Kier, (Eds). 1995. Sea stars, sea urchins, and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. *Smithsonian Institution Press. Washington, EUA*: 390 pp.
- Hendrickx, M. E., C. Mah y C. M. Zárate-Montes. 2011. Deep-water Asteroidea (Echinodermata) collected during the TALUD cruises in the Gulf of California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 798-824.
- Herring, P. J. 1995. Bioluminescent echinoderms: unity of function in diversity of expression? En: Emson R., A. Smith y A. Campbell (Eds). *Echinoderm research 1995*. CRC Press, Balkema, Rotterdam: 9-17.
- Hickman, C. P. 1998. A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos. Galápagos Marine Life Series. Sugar Spring Press. Lexington, Virginia. 83 pp.



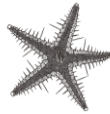
- Jangoux, M. 1978. Biological Results of the Snellius Expedition XXIX. Echinodermata, Asteroidea. *Zoologische Mededelingen* 52(25):287-300.
- Knott, E. 2004. Asteroidea. Sea stars and starfishes. Versión 07 de Octubre, 2004. <http://tolweb.org/Asteroidea/19238/2004.10.07> En "The Tree of Life Web Project", <http://tolweb.org/>. Fecha de consulta: 14 de julio, 2017.
- Koehler, R. 1924. Les Echinodermes des Mers D'Europe. Vol I. *Libraire Oct. Doin Gaston Doin*. 356 pp.
- Lambert, P. 2000. Sea Stars of British Columbia, Southeast Alaska, and Puget Sound. UBC Press, Royal British Columbia Museum. Canada. 228 pp.
- Ludwig, H. 1903. Zoologie: Seesterne. Résultats du Voyage du S.Y. Belgica en 1897-1898-1899 sous le commandement de A. de Gerlache de Gomery: Rapports Scientifiques (1901-1913). *Buschmann Anvers*: 1-72.
- Ludwig, H. 1910. Notomyota, eine neue Ordnung der Seesterne. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* 23: 435-466.
- McKnight, D. G. 1975. Classification of somasteroids and asteroids (Asterozoa: Echinodermata). *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 5:13-19.
- Mah C. L. y Blake D. B. 2012. Global Diversity and Phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). *PLoS ONE* 7(4): e35644: 1-22.
- Miller, J. E. y D. L. Pawson. 1990. Swimming sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea); a survey, with analysis of swimming behavior in four bathyal species. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*. 35: 1-18.



- Miloslavich, P.; J. M. Díaz; E. Klein; J. J. Alvarado; C. Díaz; J. Gobin; E. Escobar-briones; J. J. Cruz-motta; E. Weil; J. Cortés; A. C. Bastidas; R. Robertson; F. Zapata; A. Martín; J. Castillo; A. Kazandjian y M. Ortiz. 2010. Marine Biodiversity in the Caribbean: Regional Estimates and Distribution Patterns. *PLoS ONE*. 5(8): e11916.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas de León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. *Contribución a la oceanografía física en México*. Vol. 3: 183-199.
- Monreal-Gómez, M. A., D. A. Salas de León y H. Velasco Mendoza. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. 47-68. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México.*, volumen I. Instituto Nacional de Ecología, México. 626 pp.
- Mortensen, T. 1927. Handbook of the echinoderms of the British Isles. Oxford University Press. 471 pp.
- Oguro, C., T. Okutani y H. Horikawa. 1990. Echinoderms from Continental Shelf and Slope around Japan. Vol.1. *Japan Fisheries Resource Conservation Association*, Tokyo, Japan, 159 pp.
- Pain S. L., P. A. Tyler, J. D. Gage. 1982. The reproductive biology of the deep-sea Asteroids *Benthopecten simplex* (Perrier), *Pectinaster filholi* Perrier, and *Pontaster tenuispinus* Duben & Koren (Phanerozonia: Benthopectinidae) From the Rockall Trough. Elsevier Biomedical Press. Vol. 65 *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*: 195-211.
- Pawson, D. 2007. Phylum Echinodermata. En: Zhang, Z. Q. y W. A. Shear, (Eds.) 2007. *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. *Zootaxa.*, 534: 1-12.



- Pawson, D., D. J. Vance, C. G. Messing, F.A. Solís-Marín y C. Mah. 2009. Echinodermata of Gulf of Mexico. En: Tunnell, J. W., D. L. Felder y S. A. Earle. 2009. Gulf of Mexico Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas U&M University Press: 1177-1204.
- Perrier, E. 1881. Description sommaire des espèces nouvelles d'astéries. Reports on the results of dredging under the supervision on Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico, 1877-78, by the United States coast survey steamer "Blake", Lieut-Commander C. D. Sigsbee, U. S. N., commanding and in the Caribbean Sea, 1878-79, by the U. S. C. S. S. "Blake", commander J. R. Bartlett, U. S. N., commanding. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy*, at Harvard College. 9(1):1-31.
- Perrier, E. 1894. Échinodermes. Expéditions Scientifiques du Travailleur et du Talisman Pendant les années 1880, 1881, 1882, 1883. G. Masson, Éditeur. Paris: 1-420.
- Schiller, A. 1999. How well does a coarse-resolution circulation model simulate observed interannual variability in the upper ocean? *Geophysical Research Letters* 26(10): 1485-1488.
- Sibuet, M. 1975. Astérides abyssales de l'Atlantique sud. (Resultats de la campagne Walda, juin-juillet-aout 1971). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*: 199: 281-296.
- Signoret-Poillon, M., M. Monreal-Gómez, J. Aldeco-Ramírez y D. Salas de León. 2006. Hydrography, oxygen sturation, suspended particulate matter, and chlorophyll-a fluorescence in an oceanic región under freshwater influence. *Estuarine, Coastal Shelf Science* 69 (1/2): 153-164.
- Sladen, W. P. 1885. Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-76 under the command of Captain George, Nares, R.N., F.R.S. and the late Captain Frank Tourle Thomson, R. N. prepared under the superintendence of the



late Sir C. Wyville Thomson regius professor of Natural History in the University of Edinburgh. *Narrative* Vol. 1.2: 607-617.

Sladen, W. P. 1889. Asteroidea. Report of the Scientific Results Voyage of H.M.S. "Challenger". 1873-1876. *Text. Zoology* 30: 1-893.

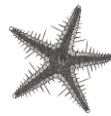
Solís-Marín F. A. 1998. Catálogo de los equinodermos recientes de México (Fase I). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G010. México, D.F. En: CONABIO Anexo 4.20.

Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn, B. E. Buitrón-Sánchez y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53(3): 123-137.

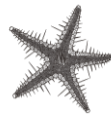
Solís-Marín F. A., A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, A. R. Vázquez-Bader y A. Gracia. 2014. Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano. En: Low-Pfeng A. y E. M. Peters (Eds). *La frontera final: el océano profundo*. INECC-SEMARNAT: 215-253.

Solís-Marín, F. A., A. A. Caballero-Ochoa, S. C. Frontana-Urbe, A. Laguarda-Figueras y A. Durán González. 2017. Catálogo de Autoridades Taxonómicas de los Equinodermos de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Informe final, SNIB-CONABIO, proyecto No. Z002. México.

Spencer, W. K. y C. W. Wright. 1966. Echinodermata-Asterozoans-Ophiuroidea.: 78-107. En: R. C. Moore (Eds.) 1966. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part U, Echinodermata 3, Vol. 1. *The Geological Society of America and the University of Kansas Presss, Lawrence, Kansas*.



- Studer, T. 1883. Über der Asteriden, welche während der Reise S.M.S. Gazelle um die Erde gesammelt wurden. *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*:(8):128-132.
- Süssbach, S., y A. Breckner. 1911. Die Seeigel, Seesterne und Schlangensterne der Nord- und Ostsee. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel, Neue Folge*. 12: 167-300
- Thistle, D. y J. E. Eckman. 1990. The effect of a biologically produced structure on the benthic copepods of a deep-sea site. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 37(4): 541-554.
- Thuy, B., A. S. Gale, A. Kroh, M. Kucera, L. D. Numberger-Thuy, M. Reich y S. Stöhr. 2012. Ancient Origin of the Modern Deep-Sea Fauna. *PLoS ONE* 7(10): e46913.
- Tilot, V. 2006. Biodiversité et distribution de la mégafaune. Atlas photographique annoté des échinodermes de la zone de fractures de Clarion et de Clipperton. Vol. 2. Paris, *UNESCO/IOC. IOC Technical Series* 69: 1-62.
- Verrill, A. E. 1884. Notice of the Remarkable Marine Fauna occupying the Outer Banks off the Southern Coast of New England, No. 9. *American Journal of Science*: (3)28(165): 213-220.
- Verrill, A. E. 1894. Descriptions of new species of starfishes and ophiurans, with a revision of certain species formerly described; mostly from the collections made by the United States commission of fish and fisheries. *Proceedings of the National Museum*, 17(1000): 245-297.



- Verrill, A. E. 1899. IV. Revision of certain Genera and species of Starfishes with descriptions of New Forms. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Science* 10(4): 145-234.
- Verrill, A. E. 1914. Monograph of the shallow water starfishes of the North Pacific Coast from the Artic Ocean to California. Harriman Alaska, Series. Smithsonian Institution: 428 pp.
- Verrill, A. E. 1915. Report on the starfishes of the West Indies, Florida, and Brazil, including those obtained by the Bahama expedition from the University of Iowa in 1893. *Bulletins from the laboratories of Natural History*. 7(1): 1-232.
- Vidal-Lorandi, V. y F. Vidal-Lorandi. 1997. La importancia de los estudios Regionales de Circulación Oceánica en el Golfo de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* (47):191-200.
- Walenkamp, J. H. 1979. Asteroidea (Echinodermata from the Guyana Shelf. *Zoologische Verhandelingen, Uitgegeven door het Rijksmuseum van natuurlijke Histoire te Leiden* (170): 1-97.
- Zavala-Hidalgo, J. y A. Fernández-Eguiarte. 2006. Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos desde el punto de vista de los procesos físicos: el Golfo de México. En: Córdova y Vázquez A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Fernández. (Eds). Ordenamiento ecológico marino. Visión temática de la regionalización. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 226 pp.
- Zenkevich, L. A. 1963. Biology of the seas of the USSR. George Allen & Unwin LTD, London, 955 pp.



ANEXO I: GLOSARIO

ABACTINAL: Región del cuerpo opuesta a la boca. Sinónimo de aboral y dorsal.

ACTINAL: En dirección hacia la boca. Región del cuerpo sobre la misma superficie de la boca. En asteroideos la superficie actinal/oral/ventral del cuerpo está en contacto con el sustrato.

AMBULACRO: Zona del cuerpo donde se encuentra cada canal radial del sistema vascular acuífero y por lo tanto los pies ambulacrales; los ambulacros están intercalados con los interambulacros.

BRAZO/RADIO: Proyecciones radiales que parten del disco (típicamente cinco). Están soportadas por un endoesqueleto calcáreo y sostienen los canales radiales del sistema vascular acuífero y los nervios radiales. En la clase Asteroidea contiene órganos internos como las gónadas y extensiones del estómago.

DISCO: Región central del cuerpo excluyendo los brazos donde se concentran los principales órganos y la boca, pudiendo ser redondo o pentagonal.

ESPINAS: Derivados epidérmicos externos largos, más o menos cilíndricos o cónicos y frecuentemente afilados y agudos; pueden tener diferentes formas y tamaños. Son móviles, articuladas y ligadas al endoesqueleto, algunas veces parecen fundidas a él.

ESPINELETA: Espina pequeña, diminuta. Proyecciones en forma de espina presentes en la clase Asteroidea, son comunes en las placas marginales, pseudopaxilas o sobre las paxilas.

ESPÍNULA: Espina muy delgada. Presentes especialmente sobre el disco. Pueden ser simples, con una punta que termina en el extremo distal de la estructura; también puede ser bífida, es decir con el extremo distal dividido en dos puntas o trífido, es decir con el extremo distal dividido en tres puntas. En los asteroideos, término particularmente usado para la ornamentación ciliada de las fasciolas marginales.

INCERTAE SEDIS: Incapacidad para ubicar exactamente a un taxón dentro de la clasificación.



INTERAMBULACRO: Región entre los ambulacros. Sinónimo de interrradio.

MADREPORITA: Poro o placa cribosa del sistema vascular acuífero que comunica el sistema vascular acuífero con el exterior.

MARGINAL: Región del margen lateral o borde externo, ámbito o referente a una estructura localizada en esa área (por ejemplo, espina marginal).

OSÍCULO/PLACA: Cada unidad calcárea que compone el endoesqueleto a excepción de los ornamentos superficiales los cuales reciben nombres específicos (espinas, espineletas, espínulas, gránulos, tubérculos o pedicelarios). Cada uno está formado a partir de un cristal único de calcita. En asteroideos se refiere a las placas que forman el cuerpo.

PÁPULA/ÁREA PAPULAR: Proyecciones en forma de dedo o de guante, suaves, hundidas y retractiles a través de los poros intersticiales de la pared del cuerpo; la mayoría de las veces se encuentran confinadas hacia el área abactinal. Tienen función respiratoria.

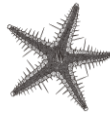
PAXILAS: Tipo de placa abactinal la cual consiste en una columna recta con el extremo superior expandido y cubierto con pequeñas proyecciones móviles, tubérculos, gránulos, espineletas o espinas que forman una corona.

PARAPAXILAS: Tipo de placa abactinal que, a diferencia de las paxilas, no cuenta con una columna recta, sino que se trata de placas frecuentemente redondeadas cubiertas con pequeñas proyecciones, tubérculos, gránulos o espínulas que forman una corona.

PEDICELARIOS: Pequeños apéndices calcáreos articulados, situados sobre la superficie externa del cuerpo. Se pueden presentar de muchas formas y con un número variado de valvas (recto, fasciculado, pectinado, bivalvado, alveolares o con forma de pico de pato).

PEDICELARIOS PECTINADOS: Pedicelarios usualmente presentes entre dos placas, formados por dos filas opuestas de espinas cortas y curvadas. Presentes en la familia Benthopectinidae.

PIES AMBULACRALES/PODIOS: Parte terminal del sistema vascular acuífero. Órganos musculares, suaves, extensibles y en forma de dedo que se proyectan entre placas. En los



asteroideos están dispuestos en dos o cuatro hileras sobre el surco ambulacral, donde cada uno termina en una ventosa o en una protuberancia redondeada.

PLACAS ABACTINALES: Placas situadas en la región abactinal (dorsal, aboral) del disco. Se caracterizan por tener formas variadas (paxiliformes, tabuladas, planas, elongadas) y en algunos casos por estar unidas entre ellas formando mallas con grandes espacios intersticiales o unidas a manera de retículo.

PLACAS ACTINALES, ACTINOLATERALES: Placas ubicadas en la parte actinal.

PLACA ADAMBULACRAL: Placa ubicada inmediatamente después del ambulacro definiendo el borde de éste. Sostienen las espinas adambulacrales.

PLACAS CARINALES: Se refiere a una serie continua de placas que se presenta desde la base del brazo hasta la punta en la región dorsal media del brazo.

PLACA INFEROMARGINAL: Placa inferior de las dos series marginales.

PLACA MARGINAL: Serie de placas que definen el ámbito del organismo; son regulares y más grandes que las demás placas abactinales o actinales.

PLACA SUBAMBULACRAL: Placa ubicada inmediatamente después de la placa adambulacral, sobre la superficie actinal. Sostiene las espinas adambulacrales.

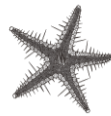
PLACA SUPEROMARGINAL: Placa superior de las dos series marginales.

PLACA TERMINAL: Placa que se encuentra en la punta de la superficie abactinal del brazo.

R: Indica el radio mayor de la estrella, medida desde el centro del disco (boca) hasta la punta del brazo.

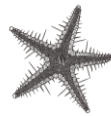
r: Indica el radio menor de la estrella, medida desde el centro del disco al extremo de cualquiera de los interradios.

R/r: Medida que resulta del promedio del R sobre el r.

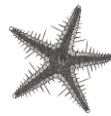


ANEXO II. MATERIAL EXAMINADO

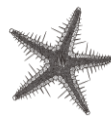
Especie	No. De catálogo	No. de ejemplares	Tipo de preservación	Localidad	Coordenadas	Fecha	Colecta	Profundidad
<i>Cheiraster</i> (<i>Barbadosaster</i>) <i>echinulatus</i>	ICML-UNAM 8033	4	Alcohol	Cercano a Cayo Arenas, Campeche	22°24'34" N, 91°34'86" O	Junio 27, 2003	SIGSBEE 6	539 m
	ICML-UNAM 8458	4	Alcohol	Frente a Río Lagartos, Banco de Campeche, Yucatán	24°16'60" N, 88°12'57" O	Agosto 11, 2005	BIOREPES 1	455 m
	ICML-UNAM 8468	5	Alcohol	Frente a Cabo Catoche, Banco de Campeche, Quintana Roo	23°46'20" N, 87°06'64" O	Agosto 13, 2005	BIOREPES 1	618 m
	ICML-UNAM 8472	1	Alcohol	Frente a Cabo Catoche, Banco de Campeche, Quintana Roo	23°48'38" N, 87°08'16" O	Agosto 13, 2005	BIOREPES 1	613 m
	ICML-UNAM 8680	3	Seco	Cercano a Cayo Arenas, Campeche	22°15'87" N, 91°44'89" O	Junio 15, 2004	SIGSBEE 7	250 m
	ICML-UNAM 8725	2	Alcohol	Frente a Progreso, Banco de Campeche, Yucatán	23°10'83" N, 89°59'71" O	Junio 1, 2007	BIOREPES 2	460 m
	ICML-UNAM 8728	1	Alcohol	Frente a Progreso, Banco de Campeche, Yucatán	23°14'95" N, 89°59'53" O	Junio 2, 2007	BIOREPES 2	536 m
	ICML-UNAM 5068	53	Secos	Quintana Roo	23°22'09" N, 88°06'09" O	Octubre 19, 1985	PROIBE IV	122 m
<i>Cheiraster</i> (<i>Christopheraster</i>) <i>blakei</i>	ICML-UNAM 8169	3	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Yucatán	22°24'7" N, 91°30' 7" O	Mayo 29, 1999	BATO 1	407 m
	ICML-UNAM 8778	1	Seco	Cercana a Cayo Arenas, Yucatán	22°46'16" N, 90°46'88" O	Junio 7, 2007	BIOREPES 2	735 m
	ICML-UNAM 12318	1	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 33.374" N, 89° 40.74" O	Agosto 14, 2014	COBERPES 6	358 m
	ICML-UNAM 12385	62	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 18' 26" N, 89° 56' 60" O	Agosto 16, 2014	COBERPES 6	410 m
	ICML-UNAM 12375	92	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 13' 74" N, 89° 58' 23" O	Agosto 16, 2015	COBERPES 6	392 m
<i>Cheiraster</i> (<i>Christopheraster</i>) <i>mirabilis</i>	ICML-UNAM 7973	26	Seco	Veracruz, México	18°46'37.8" N, 94° 24' 6" O	Marzo 12, 1999	PROB MEX II	386 m
	ICML-UNAM 8162	3	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Yucatán	22°28'8" N, 91°12'95" O	Mayo 25, 1999	BATO 1	416 m
	ICML-UNAM 8714	1	Alcohol	Frente a Progreso, Banco de Campeche, Yucatán	23°17'28" N, 89°56'73" O	Mayo 31, 2007	BIOREPES 2	388 m



ICML-UNAM 9624	5	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Campeche	22°24'42" N, 91°30'35" O	Abril 7, 2011	COBERPES2b	364 m	
ICML-UNAM 9641	1	Alcohol	Norte de Arrecife Alacrán, Yucatán	23°30'98" N, 89°49'42" O	Abril 9, 2011	COBERPES2b	422 m	
ICML-UNAM 9661	4	Alcohol	Norte de Arrecife Alacrán, Yucatán	24°14'89" N, 88°12'59" O	Abril 9, 2011	COBERPES2b	423 m	
ICML-UNAM 9686	1	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	24°21'45" N, 87°37'92" O	Abril 11, 2011	COBERPES2b	812 m	
ICML-UNAM 9691	1	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	24°24'57" N, 87°38'22" O	Abril 11, 2011	COBERPES2b	820 m	
ICML-UNAM 9747	3	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	23°26'70" N, 86°53'07" O	Abril 12, 2011	COBERPES2b	633 m	
ICML-UNAM 9769	1	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	23°35'46" N, 86°50'08" O	Abril 13, 2011	COBERPES2b	806 m	
ICML-UNAM 9825	39	Alcohol	Frente a Laguna de Términos, Campeche Cercana a Cayo Arenas, Banco de Campeche	22° 20' 18" N, 91°41'46" O	Noviembre 13, 2011	COBERPES 3	428 m	
ICML-UNAM 8759	1	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Banco de Campeche	22°46'23" N 90°45'79" O	Junio 6, 2007	BIOREPES 2	728 m	
ICML-UNAM 8773	3	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Banco de Campeche	22°33.726' N, 90°48.344 O	Junio 2, 2007	BIOREPES 2	346 m	
ICML-UNAM 11690	1	Alcohol	Frente a Río Tonalá, Tabasco	19°04'61.5" N, 94°04'49.7" O	Mayo 27, 2013	COBERPES 5	828 m	
ICML-UNAM 9826	1	Alcohol	Frente Laguna de Términos, Campeche	22°20'18" N, 91°41'46" O	Noviembre 13, 2011	COBERPES 3	428 m	
ICML-UNAM 12386	3	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 18' 26" N, 89° 56' 60"	Agosto 16, 2014	COBERPES 6	410 m	
ICML-UNAM 12376	9	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 13' 76 " N, 89° 58' 23" O	Agosto 16, 2014	COBERPES 7	392 m	
ICML-UNAM 12385	19	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 18' 26" N, 89° 56' 60" O	Agosto 16, 2014	COBERPES 6	410 m	
ICML-UNAM 12375	30	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 13' 74" N, 89° 58' 23" O	Agosto 16, 2015	COBERPES 6	392 m	
<i>Cheiraster (Cheiraster) planus</i>	ICML-UNAM 5024	1	Seco	Quintana Roo	23°22'9" N, 88°06'9" O	Octubre 19, 1985	PROIBE IV	86.6 m
	ICML-UNAM 5025	1	Seco	Quintana Roo	22°23'2" N, 87°15'4" O	Octubre 23, 1985	PROIBE IV	/
	ICML-UNAM 7980	4	Alcohol	Veracruz	18°46'3.78" N, 94°25' 96.6" O	Marzo 12,1999	PROB MEX II	386 m
	ICML-UNAM 7979	3	Alcohol	Veracruz	18°47'0.43" N, 94°32'8.57" O	Marzo 12,2000	PROB MEX II	380 m
	ICML-UNAM 8029	4	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Campeche	22° 24' 15" N, 91° 35' 00" O	Junio 27, 2003	SIGSBEE 6	548 m



ICML-UNAM 8033	7	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas Campeche	22°24'34"N, 91°34'86" O	Junio 27, 2003	SIGSBEE 6	539 m
ICML-UNAM 8036	3	Alcohol	Cercano a Cayo Arenas, Campeche	22°24'12" N 91°35'75" O	Junio 27, 2003	SIGSBEE 6	548 m
ICML-UNAM 9022	1	Alcohol	Frente a Laguna madre Tamaulipas nte.	24°55'58" N, 96°30'50" O	Noviembre 23, 2008	BIOREPES 3	700 m
ICML-UNAM 9026	12	Secos	Frente a Laguna madre Tamaulipas nte.	24°56'05" N, 96°29'18" O	Noviembre 24, 2008	BIOREPES 3	760 m
ICML-UNAM 9028	24	Secos	Frente a Laguna madre Tamaulipas nte.	24°56'48" N, 96°24'59" O	Noviembre 24, 2008	BIOREPES 3	821 m
ICML-UNAM 9193	9	Alcohol	Frente a Coatzacoalcos, Veracruz	18°57'107" N, 94°20'0.27" O	Agosto 22, 2009	COBERPES 1	671.9 m
ICML-UNAM 9196	6	Alcohol	Frente a Coatzacoalcos, Veracruz	18°59'4.66" N, 94°19'9.47" O	Agosto 22, 2009	COBERPES 1	815 m
ICML-UNAM 9218	6	Alcohol	Frente a barra Tonalá, Veracruz	19° 06'33" N, 94°06'38" O	Agosto 23, 2009	COBERPES 1	867 m
ICML-UNAM 9222	1	Alcohol	Frente a barra Tonalá, Veracruz	18°57'6.81" N, 94°06'61" O	Agosto 23, 2009	COBERPES 1	524 m
ICML-UNAM 9247	1	Alcohol	Frente a puerto Ceibe, Tabasco	19°08'81"N, 93°27'48"O	Agosto 26, 2009	COBERPES 1	677 m
ICML-UNAM 9260	1	Alcohol	Frente a Frontera, Tabasco	19°40'0.71" N, 92°45'13" O	Agosto 28, 2009	COBERPES 1	770 m
ICML-UNAM 8791	1	Alcohol	Cercana a Cayo Arenas, Banco de Campeche,	22°29'38" N, 90°43'66" O	Junio 8, 2007	BIOREPES 2	130 m
ICML-UNAM 9639	1	Seco	Norte de Arrecife Alacrán, Yucatán	23°36'02" N, 89°34'51" O	Abril 8, 2011	COBERPES2b	435 m
ICML-UNAM 9707	1	Seco	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	23°38'49" N, 87°04'84"O	Abril 12,2011	COBERPES2b	572 m
ICML-UNAM 9716	2	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	23°40' 58" N, 87°04'84"O	Abril 12,2011	COBERPES2b	642 m
ICML-UNAM 9746	8	Alcohol	Norte de Cabo Catoche, Quintana Roo	23°26'70"N, 86°53' 0.7"O	Abril 12,2012	COBERPES2b	633 m
ICML-UNAM 9826	2	Alcohol	Frente Laguna de Términos, Campeche	22°20'18" N, 91°41'46" O	Noviembre 13, 2011	COBERPES 3	428 m
ICML-UNAM 9850	1	Alcohol	Frente Laguna de Términos, Campeche	22°26'00" N, 91°26'86" O	Noviembre 14, 2011	COBERPES 3	546 m
ICML-UNAM 9900	2	Alcohol	Frente a Laguna Mecoacan, Tabasco	19°33'82" N, 93°01'46" O	Noviembre 18, 2011	COBERPES 3	664 m
ICML-UNAM 11551	1	Alcohol	Frente Laguna Madre Tamaulipas	24°55'0.5"N, 96°29'7.3"O	Agosto 26, 2012	COBERPES 4	766 m
ICML-UNAM 11555	3	Alcohol	Frente Laguna Madre Tamaulipas	24°54'8.0"N, 96°31'40.4"O	Agosto 26, 2012	COBERPES 4	683 m
ICML-UNAM 11563	4	Alcohol	Frente Laguna Madre Tamaulipas	24°55'0.08" N, 96°29'7.39" O	Agosto 26, 2012	COBERPES 4	765 m



ICML-UNAM 11617	1	Alcohol	Frente Coatzacoalcos, Veracruz ^a	18°53'90.1" N, 94°08'37.6" O	Junio 25, 2015	SOGOM	557 m
ICML-UNAM 11637	2	Alcohol	Frente a Puerto Ceibe, Tabasco	19°08'99" N, 93°27'91.8" O	Mayo 23, 2013	COBERPES 5	690 m
ICML-UNAM 11644	5	Secos	Frente a Sánchez-Magallanes, Tabasco	19°13'57" N, 93°54'88" O	Mayo 24, 2013	COBERPES 5	746 m
ICML-UNAM 11690	1	Alcohol	Frente a Río Tonalá, Tabasco	19°04'61.5" N, 94°04'49.7" O	Mayo 27, 2013	COBERPES 5	828 m
ICML-UNAM 11700	1	Seco	Frente a Río Tonalá, Tabasco	19°02'96.1" N, 94°05'33.6" O	Mayo 27, 2013	COBERPES 5	764 m
ICML-UNAM 11708	1	Seco	Frente a Sánchez-Magallanes, Tabasco	18°54'99.5" N, 93°51'69.2" O	Mayo 27, 2013	COBERPES 5	419 m
ICML-UNAM 11741	2	Secos	Frente a Río Tonalá, Tabasco	18°58'0.58" N, 94°07'57.7" O	Mayo 30, 2013	COBERPES 5	710 m
ICML-UNAM 12343	1	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 22' 45" N, 89° 59' 28" O	Agosto 15, 2014	COBERPES 6	582 m
ICML-UNAM 12386	4	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 18' 26" N, 89° 56' 60" O	Agosto 16, 2014	COBERPES 6	410 m
ICML-UNAM 12376	5	Alcohol	Norte de Progreso, Yucatán	23° 13' 76 " N, 89° 58' 23" O	Agosto 16, 2014	COBERPES 7	392 m
