

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPONJAS DE LA CLASE
HEXACTINELLIDA (PORIFERA) DEL NOROESTE DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:
LUZ ADRIANA BOTERO COBO**

**TUTOR PRINCIPAL:
DR. JOSÉ ANTONIO CRUZ BARRAZA
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM, UNIDAD
ACADÉMICA MAZATLÁN**

**COMITÉ TUTOR:
DR. MICHEL E. HENDRICKX RENERS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN, UNAM
DR. JUAN JOSÉ LUIS CARBALLO CENIZO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN, UNAM
DR. ENRIQUE ÁVILA TORRES
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
ESTACIÓN EL CARMEN, UNAM
DR. FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM.**

CD. MX., AGOSTO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

**TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPONJAS DE LA CLASE
HEXACTINELLIDA (PORIFERA) DEL NOROESTE DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:
LUZ ADRIANA BOTERO COBO

TUTOR PRINCIPAL:
Dr. José Antonio Cruz Barraza
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Unidad Académica Mazatlán

COMITÉ TUTOR:
DR. MICHEL E. HENDRICKX RENERS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN, UNAM
DR. JUAN JOSÉ LUIS CARBALLO CENIZO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN, UNAM
DR. ENRIQUE ÁVILA TORRES
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
ESTACIÓN EL CARMEN, UNAM
DR. FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM.

MÉXICO, CD. MX., AGOSTO 2019



TUTOR PRINCIPAL:

DR. JOSÉ ANTONIO CRUZ BARRAZA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL:

DR. MICHEL HENDRICKX RENERS

DR. JUAN JOSÉ LUIS CARBALLO CENIZO

DR. FRANCISCO SOLIS MARIN

DR. ENRIQUE ÁVILA TORRES

JURADO DE EXAMEN

PRESIDENTE: DR. MICHEL HENDRICKX RENERS

SECRETARIO: DR. JOSÉ ANTONIO CRUZ BARRAZA

1ER. VOCAL: DR. FRANCISCO SOLIS MARIN

2DO VOCAL: DR. JUAN JOSÉ LUIS CARBALLO CENIZO

3ER VOCAL: DR. ENRIQUE ÁVILA TORRES

Agradecimientos

Al posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por permitirme desarrollar esta tesis en la maestría y ser parte de su programa como estudiante durante los dos últimos años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado durante el periodo de la maestría

Al programa de Apoyo de Investigación en Innovación tecnológica (PAPIIT) por el financiamiento del proyecto PAPIIT-: IA201614. Taxonomía y sistemática integrativa de invertebrados marinos de México, esponjas y tunicados: bases para la elaboración de códigos de barra de ADN. Periodo 2014-2016, que cubrió los costos de materiales para los estudios moleculares. También con el apoyo del proyecto: Consolidación de la biblioteca de código de barras de la biota mexicana, fuente de financiamiento: Proyecto de redes 2009 CONACyT, periodo 2013-2014.

A la coordinación de la Investigación Científica, por el uso del R/V "El Puma", UNAM durante las campañas (TALUD XII, XIV, XV y XIVB) y el apoyo parcial por CONACyT (proyecto 179467 para los cruceros TALUD XV y XVI-B).

A mi director, Dr. José Antonio Cruz-Barraza, por seguir creyendo en mí y brindarme su conocimiento, ánimo y apoyo desde que empecé en el mundo de las esponjas. Gracias por permitir tomar este reto y aventurarme en conocer y aportar un granito de arena a la ciencia con las Hexactinélidas.

A mi comité, el Dr. José Luis Carballo-Cenizo, Dr. Michel Hendrickx, Dr. Enrique Ávila Torres y al Dr. Francisco Solís Marín, por brindarme su apoyo y sus críticas constructivas que enriquecieron aún más este trabajo.

A mis padres, por ser un gran ejemplo e inspiración que han sido mi grande motivación para llegar hasta aquí y seguir trabajando día a día por lo que me apasiona. Gracias por darme alas para seguir soñando siempre al lado de sus consejos. A mi hermano, que ante todo estoy

orgullosa de que seas un gran padre y me has dado la gran alegría y la confianza de adorar a mis sobrinos como si fueran mis hijos. A mis sobrinitos Carlos Andrés (Q.D.E.P.), Laura, Carlos Mario, Samuel, María Camila y Jerónimo por darle alegría y locuras a mi vida, los amo hasta el infinito.

Un especial agradecimiento a ti Jorge, llegaste en el mejor momento para ser mi complemento perfecto. ¡Quien lo iba a decir que nuestra historia empezaría en una isla! Gracias por darme la oportunidad de sentirme como en casa con tu hermosa familia. Gracias mamá Isabel, Karina, Gina, Bernie, por brindarme un lugar en su corazón!

Al equipo esponjas (Dra. Cristina Vega, Dr. Benjamín Yañez, Dr. Eric Bautista, M.en.C. Jesús Armando Chávez, M. en C. José María Aguilar y al Lic. Humberto Ovalle, M.en. C. M.en C. Cristian Pacheco, Jessica Orrante), y a los nuevos integrantes (Lucy, Robert, Altai, María, Cynthia) por su amistad, aunque no tuve la fortuna de ver a algunos en estos años, siempre los tengo presentes.

A todas las personas que han pasado por el laboratorio de Sistemática y Ecología Molecular y he tenido la oportunidad de conocerlos: Sara, Bris, Julio, Mateo, Manuel Ley, Cristian, Osvaldo, Mario, Eduardo, José, Gaby, Brenda, Ivonne, Celeste, Perla, Karen, Diego, Gaby, Tania, Karely, Lucero, Ana, Nikita, Fernando, gracias por su compañía y buenos recuerdos. JantoTeam: Manuel (Sr. Aplysino), Ramón (Sr. Chondrillo), Jesús (Yisus fugaz), Jannette (Miss Rodolita), Lili (Miss Tunicata), Kenia (miss Suberites), Morrik (Sr. MycaNudi) y Misha (miss Mycale). ¡Gracias por ser mi familia! ¡Son increíbles! ¡Mil gracias por todo su apoyo, ocurrencias, partidazos de volley, cafecitos, risas, buenos consejos y por compartir grandes momentos juntos, y brindo por los que vienen!

A los laboratorios Ecología del Bentos y Laboratorio de Genética, por permitir usar las instalaciones. Un especial agradecimiento a la M. en C. María de los Ángeles Herrera, técnico del laboratorio de Genética por el apoyo en el uso de los equipos. También le doy las gracias a la M. en C. Laura Gomes Lizárraga técnico del laboratorio de Microscopia Electrónica de Barrido, por su paciencia, amabilidad y servicio en la toma de fotografías.

Y por supuesto no podría faltar cada uno de mis hermanitos mexicanos, Cindy, Alder, Samy, Adair, Mariela, Pedrito, Hisol, René, Mokita, Colin, Borre, Jazmín, Mary, Lalo, Becerra, Cary, Jocelyne, Adrian Ibz, Juanita, Medardo, Yosa, Fer, lejos o cerca siempre están presente, han sido parte de mi vida y han hecho que sea mejor. ¡Infinitamente gracias!

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	4
TABLA DE CONTENIDO	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE LÁMINAS	12
GLOSARIO	13
ABREVIATURAS	16
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
1. INTRODUCCIÓN	19
2. ANTECEDENTES	23
2.1. Antecedentes de la clase Hexactinellida	23
2.2. Hexactinellida en el Pacífico oriental	25
2.3. Aplicación de marcadores moleculares en Hexactinellida	26
2.4. Sistemática molecular de Hexactinellida: Pacífico Oriental	28
3. JUSTIFICACIÓN	29
4. OBJETIVOS	30
4.1. Objetivo general	30
4.2. Objetivos específicos	30
5. MATERIAL Y MÉTODOS	31
5.1. Área de estudio	31
5.1.1. Oceanografía	31
5.1.2. Consideraciones biológicas	32
5.2. Procedencia del material examinado	33
5.3. Tratamiento de las muestras en el laboratorio	34
5.4. Revisión morfológica (taxonomía tradicional)	34
5.4.1. Análisis taxonómico y descripción de las especies	36
5.5. Evaluación de marcadores moleculares	37
5.5.1. Extracción de ADN	37
5.5.2. Amplificación del fragmento COI (Código de Barras de ADN) y de las subunidades 28S, 18S, 16S.	38
6. RESULTADOS	40
6.1. Taxonomía de la clase Hexactinellida del Noroeste de México	40
6.2. Listado taxonómico	40
6.3. Descripción de las especies	41
Clase Hexactinellida Schmidt, 1870	41

Subclase Amphidiscophora Schrammen, 1924	41
Orden Amphidiscosida Schulze, 1886	42
Familia Hyalonematidae Gray, 1857	42
Género <i>Hyalonema</i> Gray, 1832	42
Subgénero <i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) Ijima, 1927	43
<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) sp. 1	43
<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) sp. 2	50
Subclase Hexasterophora Schulze, 1886	56
Orden Lyssacinosa Zittel, 1877	56
Familia Rossellidae Schulze, 1885	56
Género <i>Acanthascus</i> Schulze, 1886	57
<i>Acanthascus</i> sp.	57
Subfamilia Rosellinae Schulze, 1886	65
Género <i>Crateromorpha</i> Gray in Carter 1872	65
<i>Crateromorpha</i> sp. nov.	65
Subgénero <i>Crateromorpha</i> (<i>Crateromorpha</i>) Gray in Carter, 1872	71
<i>Crateromorpha</i> (<i>Crateromorpha</i>) sp. nov.	71
Subgénero <i>Crateromorpha</i> (<i>Neopsacas</i>) Tabachnick, 2002	77
<i>Crateromorpha</i> (<i>Neopsacas</i>) sp. nov.	77
Orden Sceptrulophora Mehl, 1992	82
Familia Aphrocallistidae Gray, 1858	82
Género <i>Aphrocallistes</i> Gray, 1858	82
<i>Aphrocallistes beatrix</i> Gray, 1858	83
Género <i>Heterochone</i> Ijima, 1927	90
<i>Heterochone</i> cf. <i>tenera</i> (Schulze, 1899)	90
Género <i>Farrea</i> Bowerbank, 1862	96
<i>Farrea mexicana</i> Wilson 1904	97
6.4. Catálogo taxonómico de la clase Hexactinellida del Pacífico Oriental	103
6.5. Resultados del análisis molecular de las muestras	112
6.5.1. Extracción de ADN	112
6.5.2. Amplificación del fragmento COI	112
6.5.3. Amplificación de las subunidades 28S, 18S, 16S.	114
7. DISCUSIÓN	115
7.1. Biodiversidad de la clase Hexactinellida.	115
7.2. Taxonomía de la clase Hexactinellida.	119
7.3. Obtención y amplificación de ADN: pruebas en esponjas vítreas.	122
8. RECOMENDACIONES	125
9. CONCLUSIONES	126
10. REFERENCIAS	127

Índice de figuras

Figura 1. Arquitectura del esqueleto y espículas de la clase Hexactinellida	21
Figura 2. Filogenia de Porifera.	23
Figura 3. Tipos de espículas básicos en el grupo Hexactinellida.	24
Figura 4. Localidades de muestreo.	33
Figura 5. Esquema simplificado de análisis morfológicos	35
Figura 6. Esquema simplificado de los análisis moleculares	39
Figura 7. Distribución de <i>Hyalonema (Coryonema)</i> sp 1.	45
Figura 8. Distribución de <i>Hyalonema (Corynonema)</i> sp. 2	52
Figura 9. Distribución de <i>Acanthascus</i> sp.	60
Figura 10. Distribución de <i>Crateromorpha</i> sp. nov.	67
Figura 11. Distribución de <i>Crateromorpha (Crateromorpha)</i> sp. nov.	73
Figura 12. Distribución de <i>Crateromorpha (Neopsacas)</i> sp. nov.	79
Figura 13. Distribución de <i>Aphrocallistes beatrix</i> .	86
Figura 14. Distribución de <i>Heterochone</i> cf. <i>tenera</i> .	92
Figura 15. Distribución de <i>Farrea mexicana</i> .	99
Figura 16. Electroforesis en gel de agarosa de extracción de ADN de esponjas Hexactinellida.	112
Figura 17. Amplificación de ADN de HEXA-38 para la subunidad 18S y 28S.	114
Figura 18. Número de especies (en %) agrupadas por subclases de la clase Hexactinellida	115
Figura 19. Número de especies (en %) agrupadas por subclases de la clase Hexactinellida por ecoregiones según el WPD (Van Soest <i>et al.</i> 2019).	116
Figura 20. Número de especies válidas agrupadas por familia a nivel mundial según WPD (Van Soest <i>et al.</i> 2019).	118
Figura 21. Número de especies válidas agrupadas por género para el Pacífico Oriental según WPD (Van Soest <i>et al.</i> 2019).	118
Figura 22. Número de especies válidas agrupadas por género para el Noroeste de México.	119

Figura 23. Distribución de *Crateromorpha (Crateromorpha) meyeri*, según el “*Systema Porifera*” (Tabacknick, 2002).

121

Índice de tablas

Tabla I. Especies de la clase Hexactinellida reportadas para el Pacífico mexicano	26
Tabla II. Localización geográfica de los sitios de muestreo de esponjas de la clase Hexactinellida en el Noroeste de México.	33
Tabla III. Comparación del tamaño de las espículas de <i>Hyalonema</i> sp.1 con respecto a otras especies del género.	48
Tabla IV. Comparación del tamaño de las espículas de <i>Hyalonema</i> sp. 2 con respecto a otras especies del género.	54
Tabla V. Comparación del tamaño de las espículas de <i>Acanthascus</i> sp. con respecto a otras especies del género.	63
Tabla VI. Comparación del tamaño de las espículas de <i>Crateromorpha</i> sp. nov. con respecto a otras especies de <i>Crateromorpha</i> (<i>Crateromorpha</i>).	69
Tabla VII. Características de las espículas de <i>Crateromorpha</i> (<i>Crateromorpha</i>) sp. nov. con respecto a <i>Crateromorpha</i> (<i>Crateromorpha</i>) <i>meyeri</i> .	75
Tabla VIII. Comparación del tamaño de las espículas de nuestros ejemplares con respecto a <i>A. beatrix</i> y <i>A. vastus</i> .	88
Tabla IX. Comparación del tamaño de las espículas de <i>Heterochone</i> cf. <i>tenera</i> con respecto a descripción de especies de <i>Heterochone</i> .	94
Tabla X. Comparación del tamaño de las espículas de nuestros ejemplares con respecto a especies reportadas para el Pacífico mexicano.	101
Tabla XI. Perfiles estandarizados de amplificación de ADN de ejemplares de la clase Hexactinellida empleados para PCR.	113
Tabla XII. Lista de cebadores para secuenciación de ADN de Hexactinellida.	113

Índice de Láminas

Lámina 1. Fotografía de <i>Hyalonema (Coryonema)</i> sp. 1.	49
Lámina 2. Fotografía de <i>Hyalonema (Coryonema)</i> sp. 2	55
Lámina 3. Fotografía de <i>Acanthascus</i> sp.	64
Lámina 4. Fotografía de <i>Crateromorpha</i> sp. nov.	70
Lámina 5. Fotografía de <i>Crateromorpha (Crateromorpha)</i> sp. nov.	76
Lamina 6. Fotografía de <i>Crateromorpha (Neopsacas)</i> sp. nov.	81
Lámina 7. Fotografía de <i>Aphrocallistes beatrix</i> .	89
Lámina 8. Fotografía de <i>Heterochone</i> cf. <i>tenera</i> .	95
Lámina 9. Fotografía de <i>Farrea mexicana</i> .	102

Glosario

Amfidiscos: espícula tipo diactina con umbrelas (a menudo iguales entre sí) en los extremos opuestos.

Atrial= Gastrial: cavidad interna de la esponja.

Ambucinata: diactina cuyas espinas presentan inclinación hacia el centro de la espícula.

Aporisis/Aporises: canal en el marco dictional que penetra en la pared del cuerpo desde la superficie auricular, generalmente perpendicularmente.

Ásteres: Espícula radial con 1 a 6 rayos primarios que se ramifican formando rayos secundarios.

Basalia: espículas que sobresalen de la porción inferior de la esponja.

Basifita: característica de la esponja de fijarse al sustrato duro por medio de la placa basidictional.

Calicoma: hexaster con rayo principal robusto y con rayos terminales dirigidos hacia afuera.

Conulosa: superficie con numerosas proyecciones en forma de cono.

Dermalia: espículas de cualquier categoría de tamaño asociada con la superficie (externa).

Diactina: espícula de dos rayos alineados en el mismo eje; ambos rayos a menudo con terminaciones similares.

Diarisis: canales radiales del marco dictional dispuestos en un patrón en forma de panal.

Discoctaster: microsclera con seis o más rayos primarios compuestos por rayos secundarios que terminan en pequeños discos.

Discohexactina: espícula de seis rayos con extremos discoidales (en forma de disco); utilizado en la clase Hexasterophora y equivalente a hexadisco en Amphidiscophora.

Discohexaster: espícula de seis rayos con rayos secundarios que terminan en pequeños discos.

Discoidal: se refiere al extremo distal del rayo primario o secundario que presentan un disco, generalmente con margen dentado.

Floricoma: hexaster con rayos secundarios sigmoideos (en forma de "S") que terminan en una placa asimétrica provista de dientes o garras marginales.

Escopula: espícula tipo esceptrola con forma de tenedor con un extremo ramificado.

Esceptrola: espícula monoaxónica con superficie especial asociados al grupo

Hexactinosida; se clasifican en: escopulas, clavula, sarulas, lonquiolas y aspidoscopia.

Estauractina: espícula que consiste en cuatro radios perpendiculares el uno al otro.

Estrobiloplumicoma: Plumicoma con numerosos rayos finos delgados dispuestos en dos círculos concéntricos.

Hemi: prefijo para espículas de seis rayos con uno o más rayos secundarios.

Hemioxyhexaster: hexaster que presentan dos rayos opuestos usualmente son más largos que los otros cuatro.

Hexaster: espícula tipo hexactina con seis rayos primarios con ramificación distal.

Hexactina: espícula con rayos de longitud igual y perpendicular entre sí.

Hipoatralia: espículas grandes generalmente tipo pentactinas cuyos rayos tangenciales están situados dentro del cuerpo de la esponja y debajo de la superficie atrial.

Hipodermis: lugar o ubicación debajo de la superficie dérmica

Hipodermalia: espículas grandes (generalmente pentactinas) cuyos rayos tangenciales se sitúan sobre la superficie, pero todavía se llaman hipodérmicas para reflejar la posición de origen.

Holactinoidal: adjetivo para espícula sin ramificación de rayos; generalmente se aplica a la hexactina (6 rayos desarrollados) pero también se aplica a monactinas, diactinas, etc.

Lofofita: esponja fija al sustrato blando o duro por penacho de espículas (parte basal) que se unen al cuerpo de la esponja.

Lof: prefijo para espículas con penachos delgados de rayos secundarios.

Marco dictional: esqueleto coanosomal compuesto de hexactinas fusionadas.

Onicoidal: se refiere al extremo distal de un rayo de la espícula que tiene una o varias garras, espinas o dientes, a menudo dispuestos de forma perpendicular al rayo.

Onicohexaster: hexaster con el rayo secundario con terminación onicoidal (garras); a menudo mal nombrados como discohexasteres.

Ortotropal: condición de las espículas en que los rayos rectos se intersecan en 90 °.

Oxi: prefijo para rayos con puntas agudas.

Oxihexactina: hexactina con puntas de rayos agudos.

Oxipentactina: pentactina con puntas de rayos agudos.

Parénquima: capa media de la pared del cuerpo, entre las capas dérmicas y atriales; espículas localizadas en esta región.

Pentactina: Espícula de cinco rayos perpendicular.

Pínula: nombre de la espícula que posee rayo pinular.

Pinular: rayo de la espícula que presenta forma de árbol de pino espinado.

Plumicoma: latín: *pluma=plumas*; hexaster con rayo secundario en forma de “S”, dispuestos en uno a varios círculos concéntricos y presentar rayos primarios aplanados.

Prostalia: espículas que sobresalen de la superficie del cuerpo.

Sigmatocoma: hexaster con rayos secundarios sigmoidales o en forma de “S” generalmente dispuestos en un solo círculo en cada rayo primario.

Tauactina: Espícula con radios situados en un solo plano; en forma de t.

Tilo/Tilote: prefijo para espículas con punta esférica.

Umbela: Disco o rotula con dientes al final del eje de un amfidisco de la subclase Amphidiscophora.

Abreviaturas

ADN	Ácido desoxirribonucleico
BSA	Albúmina de suero bovino
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
cf.	confer
HCl	Ácido clorhídrico
l	Litro
LiCl	Cloruro de Litio
Mg	Miligramos
NaCl	Cloruro de Sodio
PEG	Polietilenglicol
POT	Pacífico Oriental Tropical
sp. nov.	(latín= <i>species nova</i>) especie nueva
TE	Solución amortiguadora de pH (Buffer TE)
ZEE	Zona económica exclusiva
°C	Grado centígrado
µm	micrómetro
µl	microlitro
mm	milímetro
cm	centímetro

Resumen

La clase Hexactinellida (*Phylum* Porifera) es considerada uno de los representantes del linaje más antiguo de los metazoarios sobre la tierra (fósil viviente). Aquí se presenta un estudio taxonómico de las especies del grupo Hexactinellida a partir de análisis de su morfología externa y estructura esquelética (Taxonomía tradicional), recolectadas en aguas profundas (122 a 1327 m.) durante las campañas oceanográficas “TALUD” (B/O el Puma) realizadas en el golfo de California y Pacífico sudcaliforniano en los años 2008-2014. En total fueron analizados 49 ejemplares que corresponden a nueve especies, incluidas en dos órdenes, cuatro familias y seis géneros. De estas especies, tres se proponen como potencialmente nuevas para la ciencia, tres fueron identificadas al máximo nivel y otras tres fueron determinadas a nivel de género debido principalmente a la falta de caracteres morfológicos (especímenes fragmentados) indispensables para su identificación. Para la Subclase Amphidiscophora se reconocen dos especies *Hyalonema* (*Corynonema*) sp.1 y *Hyalonema* (*Corynonema*) sp. 2, ambas pertenecientes a la familia Hyalonematidae. Mientras que para la subclase Hexasterophora se reconocen siete especies *Farrea mexicana* para la familia Farreidae; *Acanthascus* sp., *Crateromorpha* sp. nov., *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) sp. nov. y *Crateromorpha* (*Neopsacas*) sp. nov., todas pertenecientes a las familias Rosellidae; y las especies *Aphrocallistes beatrix*, *Heterochone* cf. *tenera* para la familia Aphrocallistidae. En este estudio se presentan los primeros registros para los géneros *Acanthascus*, *Crateromorpha* y *Heterochone* en el Pacífico mexicano. Paralelamente al estudio morfológico se realizó un estudio molecular con el fin de obtener marcadores moleculares para complementar el análisis tradicional y establecer la posición filogenética de las especies estudiadas. Sin embargo, los resultados fueron negativos probablemente debido al estado de conservación en que se encontraban los individuos analizados. Este estudio constituye un avance en el conocimiento taxonómico de la clase Hexactinellida siendo uno de los grupos menos estudiados del *Phylum* Porifera en el Pacífico mexicano, consolidando el primer censo faunístico para este grupo para el norte del Pacífico mexicano

Palabras Claves: taxonomía, esponjas, México, morfología, biodiversidad.

Abstract

The class Hexactinellida (Phylum Porifera) is considered one of the oldest lineage of metazoans on earth (living fossil). Here we present a taxonomic study of the species of the Hexactinellida group from external morphology analysis and skeletal structures (traditional taxonomy), collected in deep water (122 to 137 meters) during the oceanographic campaigns “TALUD” (B/O Puma) in the Gulf of California and South Californian Pacific during 2008-2014. In total, 49 specimens were analyzed, correspond to nine new species, including two orders, four families and six genera. From these species, three are proposed as potentially new to science, three were identified at the highest level while three others were determined at gender level, mainly due to the lack of morphological characters (fragmented specimens) required for their identification. For the Amphidiscophora subclass, we recognized two species *Hyalonema (Corynonema)* sp. 1 and *Hyalonema (Corynonema)* sp. 2, both belonging to the Hyalonematidae family. While for the Hexasterophora subclass seven species were validated, *Farrea Mexicana* for the Farreidae family; *Acanthascus* sp., *Crateromorpha* sp. nov., *Crateromorpha (Crateromorpha)* sp. nov., and *Crateromorpha (Neopsacas)* sp. nov. belonging to Rosellidae family; and *Aphrocallistes beatrix*, *Heterochone* cf. *tenera* species for the Aphrocallistidae family. In this study we present the first records for the *Acanthascus*, *Crateromorpha* and *Heterochone* genera in the Mexican Pacific. Parallel to the morphological study, a molecular study was carried out with the purpose to obtain molecular markers to complement the traditional analysis and establish the phylogenetic position of the studied species. However, the results were negative, probably due to the state of conservation in which the analyzed individual were found. This study constitutes an advantage in the taxonomic knowledge of the Hexactinellid class, being one of the less studied groups of the Phylum Porifera in the Mexican Pacific, consolidating the first fauna census for this group in the Mexican Pacific.

Keywords: taxonomy, sponges, Mexico, morphology, biodiversity.

1. Introducción

Las esponjas son consideradas como uno de los grupos de invertebrados más simples y primitivos del reino Animal (Brusca & Brusca 2003), en la actualidad constituyen uno de los más biodiversos y abundantes en el planeta con un total de 9,162 especies descritas (World Porifera Database, WPD) (Van Soest *et al.* 2019). Gracias a sus exitosas estrategias de supervivencia, las esponjas han logrado adaptarse muy bien a una gran variedad de condiciones ambientales (Bergquist 1978, Vacelet *et al.* 1988), lo que les ha permitido colonizar un gran número de ecosistemas marinos y dulceacuícolas, que van desde el intermareal hasta las grandes profundidades abisales (Sarà & Vacelet 1973, Vacelet 1979). A nivel ecológico los poríferos juegan un papel importante en los ecosistemas acuáticos bénticos (Díaz & Rützler 2001, Wulff 2001). Entre muchas de sus funciones se destaca que son eficientes limpiadores de la columna de agua, también contribuyen sustancialmente a la producción primaria y a la regeneración de nutrientes. Además, son hospederos de una gran cantidad de simbioses, que en muchos casos las esponjas los utiliza como fuente de energía (Pile *et al.* 1997). También sirven como sustrato y refugio para una gran variedad de organismos entre ellos algas, crustáceos y moluscos (Bergquist 1978).

A nivel comercial, las esponjas han sido utilizados para fabricar artículos domésticos por empresas en el área cosmética, principalmente como esponjas de baño (Gómez 2002). Desde el punto de vista biotecnológico, se ha demostrado que algunas estructuras esqueléticas silíceas de las esponjas poseen propiedades similares a la fibra óptica utilizada en telecomunicaciones (Bond & McAuliffe 2003). Además, desde hace tiempo se sabe que en general las esponjas, constituyen un recurso rico en productos naturales bioactivos que han sido empleados en la industria farmacológica como sustancias antitumorales, antibacterianas, etc. (Uriz *et al.* 1991, Carballo & 2002, Narsinh & Müller 2004).

Actualmente las esponjas están divididas en cuatro clases: Calcarea, Hexactinellida, Demospongiae, y Homoscleromorpha) (Van Soest *et al.* 2019). Particularmente la clase Hexactinellida (objeto de estudio), se caracteriza por poseer una pared corporal y una red esquelética compuesta por megascleras y microscleras de simetría triaxónica (Hooper & Van

Soest 2002). Las hexactinélidas son exclusivamente marinas y en su mayoría están recluidas en aguas profundas, principalmente entre los 3,600 m y los 6,770 m, con algunas excepciones como en los mares fríos del Antártico donde habitan en aguas someras (Leys *et al.* 2007, Chu *et al.* 2011). A nivel ecológico, este grupo constituye una parte importante de la biomasa en las comunidades bentónicas sésiles (Rice *et al.* 1990; Barthel & Tendal 1994; Krautter *et al.* 2001). A nivel biotecnológico, este grupo ha adquirido gran importancia al ser modelos de estudio por las propiedades ópticas y estructurales de los elementos esqueléticos, que permiten la conducción de impulsos sin presentar un sistema nervioso (Sundar *et al.* 2003; Aizenberg *et al.* 2005).

De acuerdo con el registro fósil, las hexactinélidas datan del Neoproterozoico tardío (630 millones de años) (Stenier *et al.* 1993) y no muestran grandes modificaciones en su plan corporal con respecto a las actuales (Mehl 1992). En el transcurso del tiempo han contribuido en la formación de arrecifes de gran proporción en algunas costas como la del mar de Tethys durante el Jurásico (Leinfelder *et al.* 1994), y más recientemente en las costas de Columbia Británica (Conway *et al.* 2001, Rautten *et al.* 2001, 2006; Shaw *et al.* 2018). A pesar de que estas esponjas constituyen un componente importante dentro de sus comunidades, son pocos los estudios realizados debido al escaso esfuerzo de muestreo, el cual está relacionado con la dificultad para acceder a estas profundidades. Hasta la fecha se cuenta con un registro de alrededor de 615 especies descritas a nivel mundial que representa el 7% de la diversidad total de las esponjas (Van Soest *et al.* 2019).

La clasificación de Hexactinellida, al igual que el resto de las esponjas, está basada principalmente en sus características morfológicas, tomando en cuenta su organización tisular sincitial y la simetría de espículas triaxónica que claramente los distingue de los otros tres grupos principales de Porifera (Henning 1966, Mehl 1992, Hooper & Van Soest 2002). También difieren de otras esponjas al presentar una mayor diversidad de caracteres morfológicos, mostrando una estructura esquelética más compleja y una amplia gama de diferentes tipos de espículas que proporcionan una gran cantidad de información para la taxonomía del grupo (Wörheide 2012) (Fig. 1). Este conjunto de características da como resultado la división en dos subclases por la diferenciación evidente de los tipos de

microscleras: amfidiscos y hexasteres, que les dan los nombres a las subclases Amphidiscophora y Hexasterophora (Hooper & Van Soest 2002). Además de la presencia de amfidiscos, la subclase Amphidiscophora se caracteriza por presentar un cuerpo generalmente en forma de copa el cual está formado por un grupo de espículas (megascleras) bien diferenciadas en la base y formando un entramado rígido que sirve anclaje al sustrato duro (Brusca & Brusca 2007). La subclase Hexasterophora se caracteriza por la formación de un marco rígido dictional compuesto por radios fusionados de hexactinas, en su base presentan espículas de anclaje que permiten que se adhiera a una superficie dura.

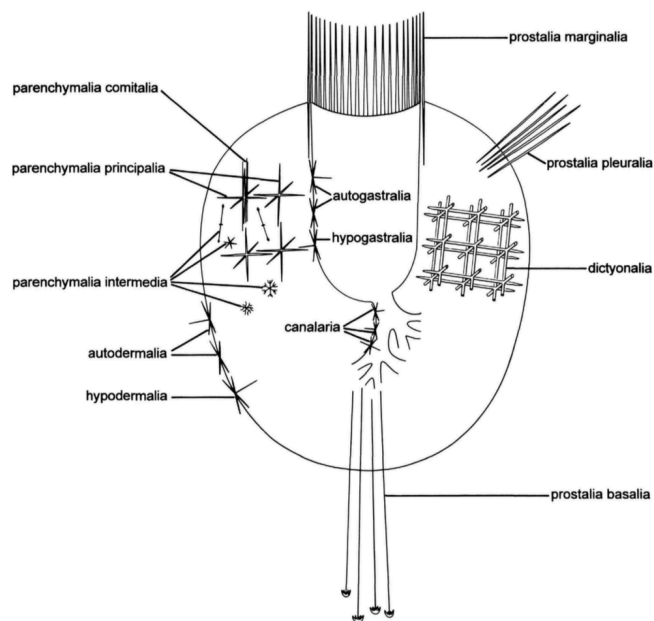


Figura 1. Arquitectura del esqueleto y espículas de la clase Hexactinellida (Tomado de Boury-Esnault & Rützler 1997).

Si bien desde hace tres décadas a través de estudios filogenéticos basados en la morfología. Por este medio se ha intentado comprender cuales son los aspectos biológicos como los evolutivos que se han mantenido estables desde hace millones de años y así lograr una reconstrucción de un árbol de la vida de las esponjas (Dohrmann *et al.* 2008). Pese a que se han incrementado el esfuerzo de estudio para las hexactinélidas, aún quedan muchos interrogantes por resolver. Ante los recientes estudios moleculares, se ha marcado una pauta para establecer como son las relaciones filogenéticas de las esponjas y establecer su posición dentro de la historia evolutiva de todos los organismos. El uso de técnicas moleculares han

sido una buena herramienta para corroborar si los caracteres morfológicos (fenotipo) permiten la diferenciación entre especies y si presentan una congruencia con los caracteres moleculares (genotipo) (Dohrmann *et al.* 2008).

Considerando que los estudios de Hexactinellida en el Pacífico mexicano son casi nulos y dada su importancia en diferentes ámbitos, en este trabajo se realizó un análisis taxonómico exhaustivo basado en morfología y se realizaron las primeras pruebas moleculares implementando distintos marcadores moleculares (hasta donde fue posible) para ejemplares del Pacífico Norte mexicano.

2. Antecedentes

2.1. Antecedentes de la clase Hexactinellida

Mucho antes de que las hexactinélidas fueran reconocidas como un grupo distinto de esponjas, muchas especies ya estaban descritas y asignadas a grupos tales como zoófitos, corales o esponjas córneas (Reiswig 2004). A mediados del siglo XIX, ya se contaba con 12 especies de hexactinélidas incluidas en la clasificación propuesta por Gray (1867). Sin embargo, Thompson (1868) criticó la sistemática propuesta por Gray y agrupó varios morfotipos con características en común: “espículas silíceas y esqueleto hexaradial estrellado” a un grupo al que nombró como “Orden 1”. En este grupo incluyó esponjas (silíceas) vítreas y miembros del género *Dactylocladyx*. Finalmente, Schmidt (1870) reconoció estas especies como distintas y fueron incluidas en la subclase Lithistida (Demospongiae) (Reiswig 2004).

A partir de esta revisión, Schmidt (1870) fue considerado como la autoridad para una nueva clasificación de Hexactinellida y poco después de su formación planteó la estructura de los tres taxones principales de Porifera (Calcarea, Demospongiae, y Hexactinellida) (Hooper & Van Soest 2002). La clase Hexactinellida fueron consideradas como la rama más directa de los poríferos más ancestrales y separando en otra rama a Demospongiae y Calcarea, sugiriendo que compartían un ancestro en común (Fig. 2). Esta propuesta fue reconocida a lo largo de los años por la mayoría de los especialistas incorporando otros caracteres como citológicos, análisis cladísticos a partir de fósil y material existente, y análisis de la filogenia molecular (Reiswig 2004).

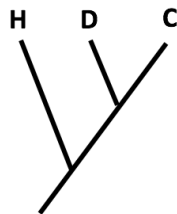


Figura 2. Filogenia de Porifera. Las abreviaturas representan las clases de Porifera: H = Hexactinellida, D = Demospongiae y C = Calcarea (Reiswig 2004).

Finalmente, el grupo *Homoscleromorpha* descrito por Bergquist (1970) se definió como un nuevo orden, resultado de estudios moleculares que mostraron su monofilia, lo que generó la nueva clasificación de los cuatro órdenes (Gazave *et al.* 2010).

Dentro de la clasificación actual de Hexactinellida (Hooper & Van Soest 2002, Dohrmann *et al.* 2011, Hooper *et al.* 2011) se reconocen dos subclases: Amphidiscophora (con amphidiscos) y Hexasterophora (con hexasteres) (Fig. 3). La subclase Amphidiscophora cuenta con un solo orden, Amphidiscosida, con tres familias (Hyalonematidae, Pheronematidae, y Monorhaphididae) y 12 géneros válidos (Van Soest *et al.* 2019). La subclase Hexasterophora, con 17 familias en tres órdenes (Lyssacosida, Lychniscosida y Sceptrulophora) con 43 géneros válidos (Van Soest *et al.* 2019).

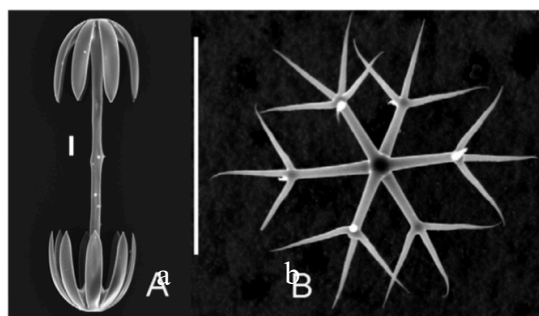


Figura 3. Tipos de espículas básicos en el grupo Hexactinellida. a) amphidiscos, b) hexasteres. Escala, 25 μ m (tomado de Reisiwig 2006).

Dentro de la subclase Hexasterophora, se distinguen dos tipos de organización del esqueleto: lyssacina, que está compuesto principalmente por espículas no fusionadas; y dictional, que presenta un esqueleto rígido compuesto de megascleras de seis rayos (hexactinas) fusionados (Hooper & Van Soest 2002). Los taxones que presentan el primer tipo de organización corresponden al orden Lyssacosida que cuenta con tres familias (Rossellidae, Euplectellidae y Leucopsacidae); para aquellos que son de tipo dictional se clasifican en dos órdenes: Lychniscosida con dos familias (Aulocystidae y Diapleuridae) y el más diverso Sceptrulophora con nueve familias (Aphrocallistidae, Auloplacidae, Craticulariidae, Cribrospongiidae, Euretidae, Farreidae, Fieldingiidae, Tretodictyidae y Uncinateridae) (Van Soest *et al.* 2019). En el caso de los géneros y familias de Hexactinellida la mayoría son morfológicamente taxones bien definidos, sin embargo, en las relaciones a nivel de orden,

las relaciones entre las familias y las relaciones intrafamiliares (por ejemplo, la división de las familias más grandes en subfamilias) siguen siendo difíciles de resolver con los datos morfológicos (Dohrmann *et al.* 2008).

2.2. Hexactinellida en el Pacífico oriental

El conocimiento de la fauna de esponjas Hexactinellida en el Pacífico oriental principalmente es conocida por las colecciones históricas que se crearon a partir de algunas expediciones que iban de paso como la del H.M.S. “Challenger” y el “Albatross”, que se centraron en aguas del Pacífico oeste (Wilson 1904, Lendenfeld 1915). Algunas hexactinélidas de estas expediciones fueron descritas por Schulze (1899), Wilson (1904) y Lendenfeld (1915) que fueron incluidas en el Museo de Zoología Comparativa de la Universidad de Harvard, con algunos fragmentos y duplicados del material en el Museo de Historia Natural del Instituto Nacional Smithsonian y el Museo Peabody de la Universidad de Yale. Otras expediciones como la “RV Galathea” (Levi 1964), “RV Seward Johnson” (Thiel *et al.* 2002) y el “RV Sonne” (Menshenina *et al.* 2007), han contribuido al incremento de registros de hexactinélidas en el Pacífico oriental, aunque ante la falta de especialistas, el material se encuentra a la espera de ser identificado. En las dos últimas décadas, el incremento en el estudio de las hexactinélidas ha sido considerable, esto gracias a las nuevas tecnologías que han permitido acceder a zonas de mayor profundidad especialmente en latitudes altas como en las costas británicas, estadounidenses y chilenas, así como en algunas costas tropicales, como en Costa Rica (Ver tabla I).

En el Pacífico mexicano los primeros registros de Hexactinellida corresponden a localidades de la península del golfo de California y el Pacífico sur mexicano. Para la subclase Amphidiscophora, se describió la especie *Hyalonema polycaulum* Schulze, 1899; *H. Polycaulum* Wilson, 1904 y para la subclase Hexasterosphora se reporta *Aphrocallistes vastus* Schulze, 1886; *Bathyxiphus subtilis* Schulze, 1899; *Farrea occa claviformis* y *F. mexicana* Wilson, 1904 (Tabla I). Hasta entonces los estudios sobre Hexactinellida ha sido prácticamente nulo, aunque se cuenta con algunos reportes de especies de este grupo, su estatus es aún por confirmar, debido a que no se cuentan con especialistas que corroboren la identificación de estas. Solo para el golfo de California, Mejía-Mercado *et al.* (2014)

reportaron a las esponjas como uno de los grupos más ricos en el mar profundo del golfo de California, predominando la clase Hexactinellida. De acuerdo con sus análisis, estas esponjas presentan una diversidad muy variable y son consideradas como organismos constructores de hábitats. Recientemente Kersken *et al.* 2017 describieron las esponjas como organismos dominantes de la fauna bentónica en zonas de crecimiento de nódulos polimetálicos en la zona Clarion-Clipperton. En este trabajo describen tres nuevas especies del género *Hyalonema*: *H. clarioni*, *H. brevidarix* y *Poliopogon microuncinata*. Continuando con el mismo estudio, Kersken *et al.* 2018 reportan ocho especies conocidas y seis nuevas especies: *Hyalostylus microfloricomus*; *Hyalostylus schulzei*; *Docosaccus nidulus*; *Holascus spinosus*; *Caulophacus (Caulophacus) wilsoni*; y *Chonelasma bispinula*.

Tabla I. Especies de la clase Hexactinellida reportadas para el Pacífico mexicano.

Subclase	Orden	Familia	Género	Especie	Localidad	Referencia
Amphidisco-phora	Amphidisco-sida	Hyalonematidae	<i>Hyalonema</i>	<i>H. pedunculatum</i>	Chiapas-Nicaragua	Wilson 1904
				<i>H. polycaulum</i>	Baja California,	Schulze 1886
Hexasterophora	Sceptrulophora	Aphrocallistidae	<i>Aphrocallistes</i>	<i>A. vastus</i>	Baja California	Schulze 1886
		Euretidae	<i>Bathyxiphus</i>	<i>B. subtilis</i>	Baja California	Schulze 1899
		Farreidae	<i>Farrea</i>	<i>F. occa</i>	Mar de Cortés	Wilson 1904
				<i>F. mexicana</i>	Mar de Cortés	Wilson 1904

2.3. Aplicación de marcadores moleculares en Hexactinellida

En las últimas décadas los usos de marcadores moleculares en estudios sobre sistemática de los Porífera han contribuido significativamente en la delimitación e identificación de especies (Ferri *et al.* 2009, Pires & Marinoni 2010). Sin embargo, debido a la gran distancia evolutiva que existe entre los grupos de poríferos no ha sido posible establecer, hasta ahora, un marcador específico que pueda funcionar como un código de barras de ADN estándar en la delimitación de especies.

En hexactinélidas, el primer estudio filogenético molecular fue realizado por Dohrmann *et al.* 2008 con 34 especies de 27 géneros, nueve familias y tres órdenes (Amphidiscosida, Hexactinosida, y Lyssacinosida) y se basó en regiones del ADN nuclear-ribosomal (18S, 28S) mitocondrial (16S). Los resultados mostraron congruencia con los estudios morfológicos, la monofilia de Hexactinellida con sus dos subclases fue altamente apoyada. En contraste con las filogenias moleculares de Demospongiae y Calcarea, las relaciones reconstruidas dentro de estos grupos también fueron notablemente congruentes con la clasificación taxonómica incluyendo las familias. En el 2012, Dohrmann y colaboradores evaluaron la eficacia del fragmento citocromo C oxidadaasa (COI) (marcador estándar del código de barra de ADN), el resultado que obtuvieron de la filogenia en COI es congruente con las filogenias basadas en ADNr de estudios previos. Aunque los valores bootstrap fueron bajos para varios nodos, las secuencias COI aumentaron la resolución de la filogenia molecular para los datos de ADNr.

Este acuerdo entre la sistemática molecular y morfológica es sorprendente dadas las discrepancias observadas para las otras dos clases de esponjas. La congruencia entre los análisis moleculares y la morfología de Hexactinellida probablemente se debe a la mayor cantidad de caracteres morfológicos más diferenciados. Sin embargo, las razones biológicas de esta morfológica elevada complejidad en Hexactinellida sigue siendo enigmática (Erpenbeck & Wörheide, 2007). Un ejemplo de esto es el caso del género *Rosella* Carter, 1872 (Lyssacinosida: Rossellidae), que según la autoridad taxonómica consultada, las especies de este género han cambiado drásticamente a lo largo de los años. Anteriormente este grupo era considerado como monofilético, con distribución en el océano Austral y el Atlántico Norte. Sin embargo, Vargas *et al.* (2016) a partir de análisis moleculares (COI, 28S, 16S), demuestran que *Rosella* está restringida al océano Austral, con una distribución circumpolar y subantártica, y definiéndose como un grupo monofilético conformado por las especies *R. antarctica* Carter, 1872; *R. racovitzae* Topsent, 1901; *R. nuda* Topsent, 1901; *R. fibulata* Schulze & Kirkpatrick, 1911 y *R. levis* Kirkpatrick, 1907.

En hexactinélidas, las primeras secuencias moleculares que fueron utilizadas para establecer las relaciones filogenéticas entre las clases de Porifera, se realizaron en cinco especies de la

clase Hexasterophora: *Rhabdocalyptus dawsoni* Lambe, 1863; *Farrea occa*, *Sympagella nux* Schimdt, 1870; *Margaritella coeloptychioides* Schimdt, 1880 y *Oopsacas minuta* Topsent, 1927. Las secuencias obtenidas fueron a partir de ribonucleicos rRNA 18S y 26S rRNA, la proteína citoplasmática heatshock HSP70, y la proteína quinasa C (cPKC) (Wörheide *et al.* 2012). Mediante estudios con marcadores rRNA 18S, HSP70 o cPKC se pudo demostrar que la disposición clásica H (D + C) seguía manteniéndose (Véase Fig. 2) (Borchiellini *et al.* 1998, Kruse *et al.* 1998), coincidiendo con los resultados mediante marcadores como ARNr 18S, ARNr 26S y HSP70 (Cavalier-Smith *et al.* 1996, Koziol *et al.* 1997, Collins 1998, Adams *et al.* 1999, Medina *et al.* 2001). Desde entonces, la taxonomía molecular de Hexactinellida fue incrementando hasta llegar a 50 especies (38 géneros, 10 familias, 3 órdenes), y el conjunto de datos de ADNr fue complementado con un marcador adicional, COX1 (Dohrmann *et al.* 2011, 2012).

2.4. Sistemática molecular de Hexactinellida: Pacífico Oriental

Aunque en las dos últimas décadas los análisis moleculares se han incrementado exponencialmente para las hexactinélidas, en el Pacífico Oriental son prácticamente nulos los estudios sobre este grupo. Uno de los trabajos realizados fue el de Dohrmann *et al.* (2009), en el que incluyeron nuevos especímenes de localidades de California y Hawái, que determinan a partir de marcadores moleculares (18S, 28S, 16S) la monofilia de la subfamilia Euplectellinae y los géneros *Bathydorus* y *Rosella*. Recientemente, Kersken *et al.* (2018a), publicaron los primeros resultados de la filogenia de esponjas vítreas la zona de fractura de Clarion-Clipperton, presentando nuevos cebadores para las subunidades 16S, 18S y 28S para este grupo. Finalmente, generaron secuencias para 19 especies reportadas en la zona y, combinadas con secuencias de estudios previos se creó el árbol filogenético más completo hasta el momento para esponjas Hexactinellida.

3. Justificación

La trascendencia que han adquirido los Porifera en los campos de la ecología, farmacología, biotecnología, biomedicina y en la industria cosmética, ponen de manifiesto la importancia y la necesidad de conocer más a fondo la biodiversidad de este grupo zoológico tan interesante.

En la actualidad la clase Demospongiae ha sido el grupo de esponjas más estudiado en el Pacífico mexicano, considerando la gran diversidad que presenta este grupo. Sin embargo, otros grupos como Hexactinellida, han sido poco estudiados por no contar con material biológico o acceso a la zona donde habitan (grandes profundidades). Gracias a diversas campañas oceanográficas como proyecto “TALUD”, actualmente se cuenta con ejemplares de este importante grupo. Contando con este recurso, se realizó una revisión detallada de material biológico de la clase Hexactinellida, mediante el análisis de caracteres morfológicos y marcadores moleculares (en los individuos posibles) y de este modo obtener una aproximación más robusta en identificación de las especies. Esto con el fin obtener un censo faunístico de este grupo en el Noroeste de México.

Cabe destacar que la clase Hexactinellida es un grupo de especial interés ya que es la representante del linaje más antiguo sobre la tierra, siendo considerada como un “fósil viviente”, lo cual podría darnos respuestas sobre la filogenia y evolución profunda de los metazoarios, sin contar sus propiedades químicas que han sido aprovechadas en la biotecnología, por lo cual al conocer la riqueza de este grupo en agua profundas en el noroeste de México es muy importante para asegurar los recursos potenciales que tiene el país y que puedan ser aprovechados de forma sustentable.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Realizar una revisión taxonómica basada en morfología y en marcadores moleculares de la clase Hexactinellida (Porifera) presentes en el Noroeste de México.

4.2. Objetivos específicos

-Realizar una descripción morfológica de las especies de la clase Hexactinellida recolectadas en la campaña oceanográfica TALUD y determinar los caracteres morfológicos del material recolectado en el Noroeste de México.

-Evaluar la facilidad de cebadores para amplificar distintos loci nucleares y mitocondriales en esponjas Hexactinellida para su aplicación en taxonomía y filogenia del grupo.

-Realizar un catálogo taxonómico de especies de Hexactinellida conocidas en el Pacífico oriental, a partir de revisión bibliográfica y del Pacífico mexicano material a partir del material identificado en el presente estudio.

5. Material y métodos

5.1. Área de estudio

La costa del Noroeste de México se caracteriza por tener una longitud de 2376 km que comprende los estados de Sonora, Sinaloa y la península de Baja California (incluyendo los márgenes costeros este y oeste) con los estados de Baja California y Baja California Sur. Las costas presentan aspectos geomorfológicos diferentes, en el caso del lado baja californiano son rocosas y accidentadas, con un alto número de islas y acantilados; a diferencia de la plataforma continental que presenta pendientes más abruptas del talud continental, con una planicie costera menos accidentada, con extensas playas y costas arenoso-lodosas por el aporte fluvial de la Sierra Madre Occidental. La mayor extensión de la plataforma continental se encuentra en las costas de Sonora y Sinaloa, en gran parte por los sedimentos aportados por los ríos del este (Mejía-Mercado *et al.* 2014).

El relieve del fondo marino muestra una serie de cuencas estrechas pero alargadas hacia el noroeste (Mejía-Mercado *et al.* 2014). Tanto el Pacífico Sudcaliforniano como el Golfo de California están ubicados en la provincia de las Cuencas del Pacífico Oriental, que incluyen las cuencas de Chile-Perú-Guatemala, la cuenca de Panamá y otras áreas profundas menores del Pacífico Este de México, así como la península de Baja California, y las zonas de mínima oxígeno del talud norteamericano occidental.

En el caso de la cuenca de sur del golfo de California, estas se caracterizan por ser más profundas y con una cubierta sedimentaria más delgada. Uno de los factores de las altas tasas de sedimentación se debe por la desembocadura de los ríos Colorado y el río Gila que desembocan en la región del norte, aportando material para el relleno las fosas tectónicas y suavizando el fondo marino. (Mejía-Mercado *et al.* 2014).

5.1.1. Oceanografía

La oceanografía está determinada por el sistema de la corriente de California (CC), que depende de los siguientes factores: el control ejercido por el viento y de la presencia de una frontera meridional. Estas características generan una corriente superficial suave fluye con

dirección al Ecuador con una trayectoria paralela al continente, y una contra corriente subsuperficial con dirección a la costa y que dependiendo de la época del año llega a la superficie (Parés-Sierra *et al.* 1997). En la frontera sur de la corriente de California, se encuentra un área de transición compleja ya que se mezclan la CC y la corriente Norecuatorial (CNE), que como resultado aporta agua más cálida y densa a la región. (Parés-Sierra *et al.* 1997).

La variación de la temperatura está en función de la cantidad de radiación que recibe el planeta y esto a su vez se ve afectada por diversos factores como la época del año, la latitud, humedad y nubosidad de la atmósfera. Este calor generado es recibido por los océanos y se redistribuye a través de las corrientes en forma de gradiente. Para el caso de Noroeste mexicano la temperatura superficial del mar varía de 19° a 22° C en verano y de 15° a 18°C en invierno (Wilkinson *et al.* 2009).

En el golfo de California la temperatura mensual oscila entre 2° y 32°C, alcanzando un mínimo en la zona de las grandes islas Tiburón y Ángel de Guarda y se va incrementando ligeramente hacia la parte alta del golfo cuya profundidad máxima es de 200 m. En general, la salinidad en profundidades entre los 300 y 3000 m presenta valores en un intervalo de 34.56-34.90 (Álvarez-Borrego 2010). Las surgencias de agua fría y rica en nutrientes permiten que la zona tenga una alta productividad biológica (Mejía-Mercado *et al.* 2014).

5.1.2. Consideraciones biológicas

Gracias a la confluencia de aguas frío-templadas y ricas en nutrientes del norte y las aguas cálidas del sur, el Pacífico sudcaliforniano se ha caracterizado por ser una zona de transición biótica compleja, conformado por diversos hábitats con una gran diversidad de invertebrados, peces, mamíferos marinos (Wilkinson *et al.* 2009). Con respecto a la diversidad de especies en el golfo de California, la existencia de comunidades bentónicas cercanas a organismos sésiles como los cnidarios (Phylum Cnidaria) y esponjas (Phylum Porifera) son predominante y de acuerdo con su composición son ideales como hábitat para organismos móviles, ya sea para encontrar alimento, casa o refugio, considerándose como los arrecifes de mar profundo (Roberts & Hirshfield 2004, Morgan 2005).

5.2. Procedencia del material examinado

Los ejemplares examinados proceden de los muestreos previos en campañas oceanográficas (Tabla III). Dichos ejemplares una vez identificados fueron incorporados a la colección de referencia del Laboratorio de Ecología y Sistemática Molecular en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

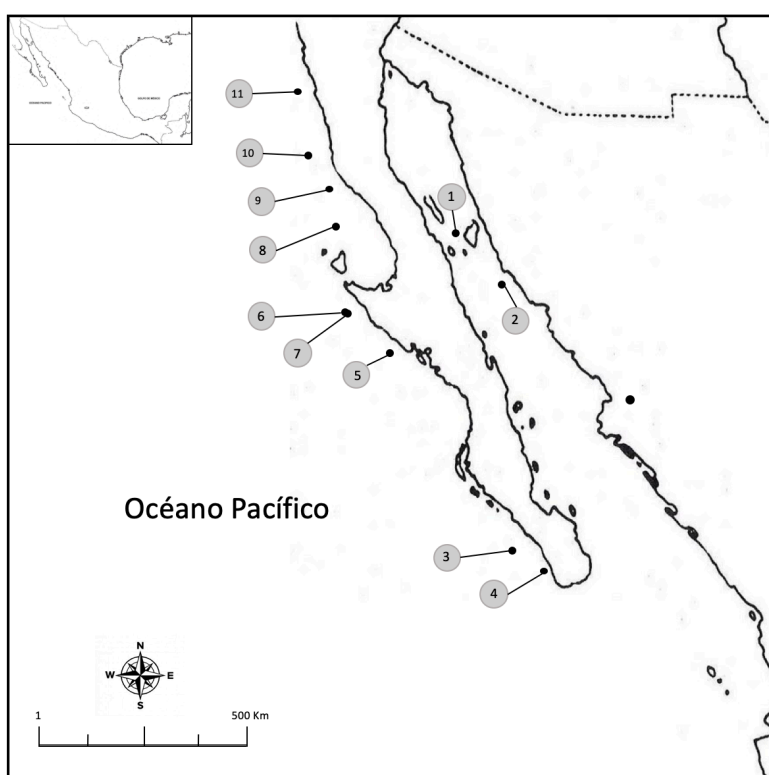


Figura 4. Localidades de muestreo.

Tabla II. Localización geográfica de los sitios de muestreo de esponjas de la clase Hexactinellida en el Noroeste de México.

Posición	Sitios de muestreo		Ubicación geográfica	
	Talud	Estación	Latitud Norte	Latitud Oeste
1	XII	23	18°33'43"	103°57'45"
2	XIV	20	28°46'29"	112°45'40"
3		32	27°56'13"	112°45'40"

4	XV	1	23°18'40"	111°19'37"
5		5D	23°16'58"	110°20'42"
6		20	26°30'42"	113°56'00"
7		23	27°08'11"	114°32'54"
8		24	27°05'42"	114°35'30"
9	XVI-B	5	28° 48'20"	115°24'10"
10		17	29° 54'03"	116°01'50"
11		18	30° 39'30"	116°25'09"
12		27	31° 42'06"	117°13'00"

5.3. Tratamiento de las muestras en el laboratorio

En el laboratorio cada ejemplar se describió externa e internamente, anotando aspectos importantes como el tamaño, la forma, el color, la consistencia y textura. Posteriormente, se tomó una porción pequeña (1 cm³) de cada ejemplar y se depositó en viales, con alcohol etílico al 96% y etiquetados; el resto del ejemplar se conservó en alcohol etílico al 70% en frascos de plástico y se le asignó un código con el acrónimo "HEXA" y el número correspondiente para su posterior registro en la colección de "Esponjas del Pacífico mexicano" (Fig. 5).

5.4. Revisión morfológica (taxonomía tradicional)

El estudio taxonómico inicial se realizó utilizando la taxonomía basada en las características morfológicas. Para esto se describieron todos los ejemplares, incluyendo sus características externas, su estructura esquelética, formas de las espículas, etc. Durante la observación se realizaron, para cada ejemplar, dibujos, una descripción completa y estandarizada y se tomaron fotografías. Para la identificación las espículas y el tipo de esqueleto, se utilizó la guía de Boury-Esnault & Rützler (1997). Se registró cada detalle de lo observado con el fin de establecer qué caracteres podrían ser determinantes en la diferenciación de una especie de otra.

Las observaciones se realizaron mediante un microscopio óptico Olympus® series CX21, mientras que para la medición de las espículas se tomaron fotografías con una cámara digital y al microscopio electrónico de barrido (Fig. 5). De forma general se consultó el Systema

Porifera (Hooper & Van Soest 2002) para la identificación de los ejemplares hasta el nivel de género, y los siguientes trabajos para identificarlos a nivel género o especie (por orden alfabético): Gray (1832, 1857, 1870), Janussen & Reiswig (2003), Ijima (1901, 1927), Kersken *et al.* (2017, 2018b), Leidy (1868), Lopes *et al.* (2011), Mehl (1992), Özdikmen (2010), Reiswig (1991, 1992, 2002, 2014), Reiswig & Araya (2014), Reiswig & Kelly (2017), Schmidt (1880), Schulze (1886, 1904), Tabachnick (1990), Thompson (1878), Wilson (1904).

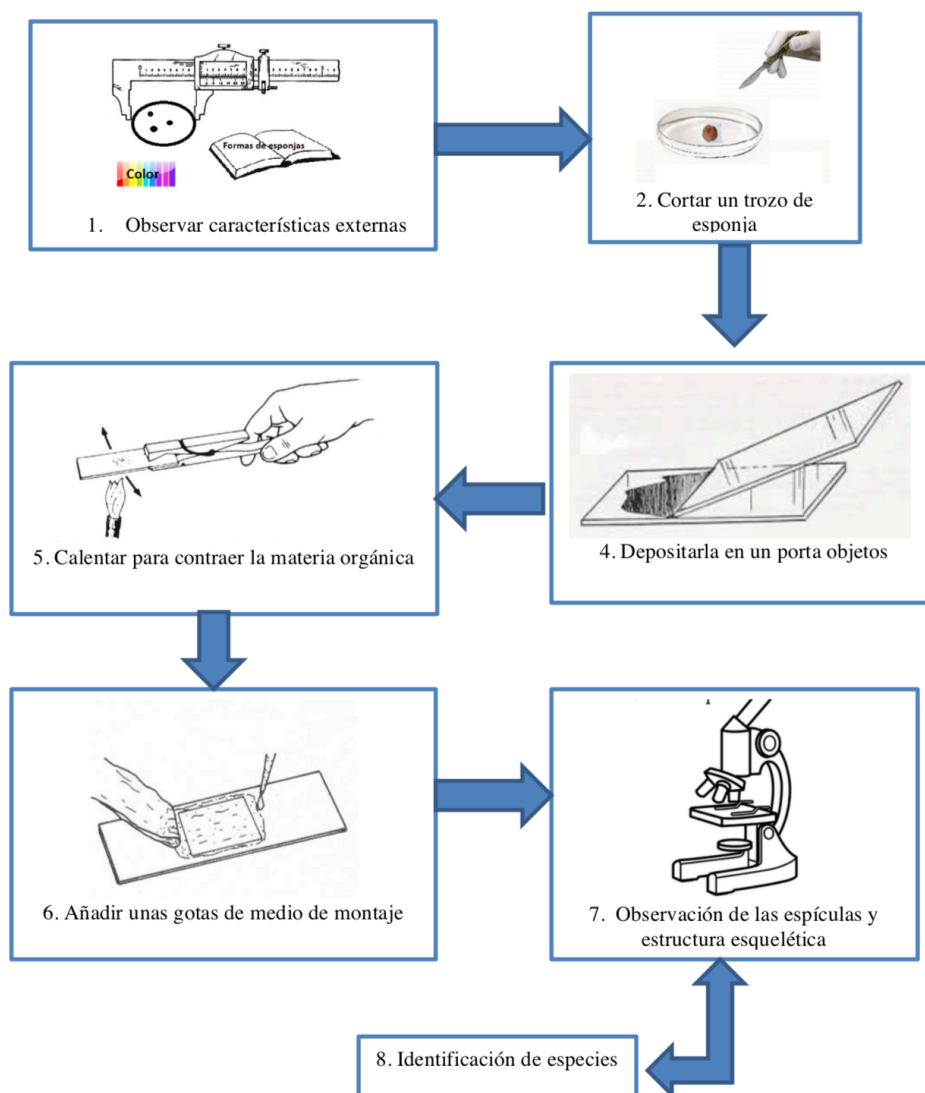


Figura 5. Esquema simplificado de análisis morfológicos (modificado de Hernández, 2015).

5.4.1. Análisis taxonómico y descripción de las especies

Las especies identificadas fueron descritas según los apartados siguientes:

- Nombre. Nombre completo de la especie (género, especie y, de ser el caso, subespecie), seguido del autor y el año de la descripción.
- Sinonimias. Se citó la descripción original de la especie y sus sinonimias críticas, con el nombre del autor, y el año.
- Material examinado. Se menciona el número de registro del ejemplar con el código HEXA. También se incluyó la localidad, posición geográfica, profundidad y fecha.
- Descripción. Se presentó una descripción a partir de los ejemplares estudiados, tomando en cuenta el conjunto de ellos para cada especie. El tamaño de los ejemplares se presentó como longitud máxima (LM) y anchura máxima (AM).
- Espículas. Se presentó una descripción detallada de las espículas y sus dimensiones de menor a mayor tamaño más el promedio el cual se indica entre paréntesis.
- Esqueleto. Se realizó una descripción externa e interna de la esponja, así como los tipos las espículas, su orientación u organización en cada zona. Se incluyeron fotografías tomadas en microscopio óptico y electrónico.
- Distribución y hábitat. Se mencionó la distribución de cada especie en el área de estudio y las características del ambiente, como temperatura del agua y tipo de suelo.
- Comentarios. Se presentaron algunos comentarios relacionados con las especies más similares, sus variaciones morfológicas y/o su distribución.
- Tabla. Se presentaron las medidas espiculares de la especie descrita, así como de especie cercanas geográficamente.

5.5. Evaluación de marcadores moleculares

Los marcadores moleculares utilizados corresponden a fragmentos COI, 28S, 18S, 16S que fueron seleccionados a partir de la literatura consultada.

5.5.1. Extracción de ADN

Para la extracción de ADN genómico se tomó un trozo de tejido (=100 mg) de la muestra almacenada, se cortó lo más finamente posible y se colocó en un microtubo. Se le añadió 300 µl de buffer de lisis (100 nM de NaCl, 50 mM tris-HCl, Dodecilsulfato sódico (SDS) al 1% 50 m EDTA pH 8.0) y 20 µl de proteinasa K (20mg/ml). Los tubos fueron colocados en una incubadora a 55°C toda la noche (o bien hasta que la digestión se halla efectuado). Posteriormente se adicionó 300 µl de LiCl 5 M y se agitó por un minuto en un Vortex Daigger® Genie-2. Luego se adicionó 600 µl de cloroformo-alcohol isoamílico (24:1) y nuevamente se colocó en agitación por 15 min. El siguiente paso consistió en centrifugar a 13,000 gravedades por 15 minutos, utilizando una centrífuga marca LabNet. Una vez realizado el proceso de centrifugado se extrajo 500 µl de la capa acuosa (capa superior). En este paso se tuvo cuidado de no tocar la interfase. Se adicionó 50 µl de acetato de sodio 3 M, pH 5.2 y 1 ml de etanol absoluto frio y se almacenaron a – 20°C al menos por una hora.

Posteriormente los microtubos se centrifugaron por 20 min, se removió el líquido teniendo en cuidado de no perder el pellet formado. Se adicionaron 750 µl de etanol al 70% y se agitó por 15 minutos. Nuevamente se centrifugó por 5 minutos y se removió el etanol. Se dejó secar el exceso de etanol, por recomendación toda la noche. Libre de etanol, el pellet se re-suspendió entre 50 y 100 µl de buffer TE 1x pH 8.0.

Para visualizar y verificar el éxito y calidad de las extracciones y realizar las amplificaciones, se utilizó la técnica de electroforesis en geles de agarosa de 1.6%, teñidos con bromuro de etidio (0.5 mg ml). Estos se visualizaron en un transiluminador con luz UV. Para corroborar el tamaño de las bandas se utilizó una escalera de peso molecular (Bioline HyperLadder I). Finalmente se capturó la imagen del gel, mediante una cámara fotográfica, archivándose para posteriores evaluaciones.

5.5.2. Amplificación del fragmento COI (Código de Barras de ADN) y de las subunidades 28S, 18S, 16S.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la extracción de ADN se realizaron diluciones dependiendo de la cantidad de ADN visualizado en el gel de electroforesis.

Las amplificaciones que se realizaron son por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Los reactivos que se utilizaron para el PCR son los que se presentan a continuación:

- Agua para PCR dH₂O (Sterile MiliQ)
- PCR buffer (20 mM MgCl₂) (Promega)
- MgCl₂ 2.5 mM
- Dinucleótidos (dNTPs) (0.5 mM)
- Cebadores Forward (F)
- Cebadores Reverse (R)
- BSA
- Taq ADN polimerasa (5u/μl) (Promega)

Las pruebas de amplificación del gen que codifica a la subunidad del ADN mitocondrial (ADNmt) (COI, 16S) se evaluaron con los cebadores reportados por Folmer *et al.* (1994) y Kersken *et al.* (2018a) y de las subunidades del ADN nuclear (ADNr) (28s) (18s) por Dohrmann *et al.* (2008) y Kersken *et al.* (2018a); se realizaron en termocicladores marca BIORAD y LabNET.

Una vez obtenidos los productos de PCR, se limpiaron enzimáticamente para su secuenciación siguiendo el protocolo de PEG precipitado de los productos de Travis Glenn y fueron enviados a la empresa Macrogen, en Seúl, Corea para su secuenciación. Las reacciones que se prepararon fueron de 23 μl de producto de PCR a una concentración de 50 Ng/μl, y 20 del primer por muestra a una concentración de 10 pmolec/μl = 60ng/μl

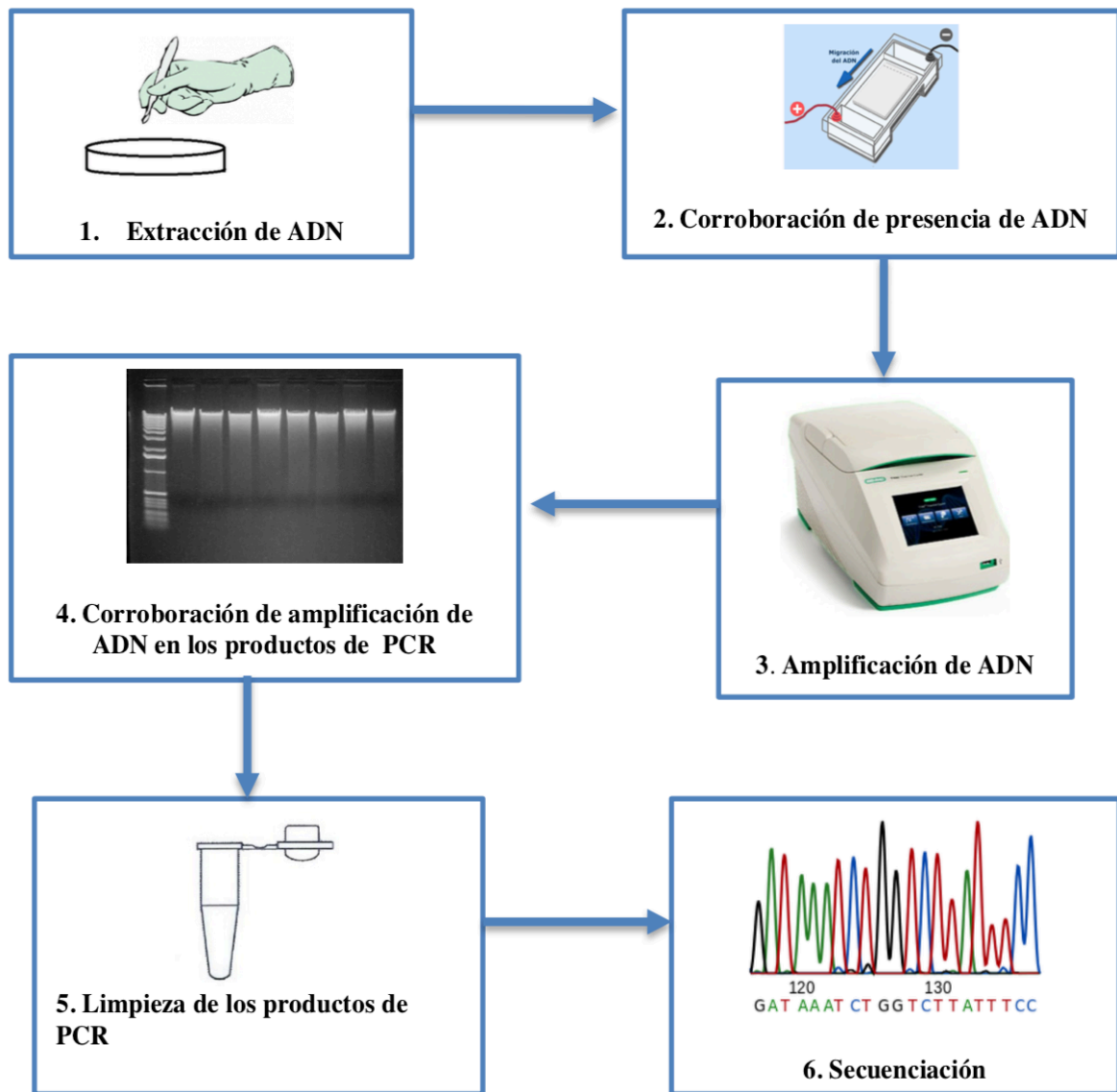


Figura 6. Esquema simplificado de los análisis moleculares (tomado de Hernández, 2015).

6. Resultados

6.1. Taxonomía de la clase Hexactinellida del Noroeste de México

De los 42 ejemplares analizados para este estudio, se clasificaron cinco en la clase Amphidiscophora, correspondientes al orden (Amphidiscosida), de la familia Hyalonematidae, identificando dos especies del género *Hyalonema*: *H. (Corynonema)* sp. 1 y *H. (Corynonema)* sp. 2. Para la subclase Hexasterophora, se identificaron 37 ejemplares de los órdenes Lyssacinosida y Sceptrulophora. En el orden Lyssacinosida se destaca la familia Rosellidae, con ejemplares de los géneros *Acanthascus* y *Crateromorpha*. Para el primer género se identificó una especie: *Acanthascus* sp; para el segundo se identificaron tres especies: *Crateromorpha* sp. nov., *Crateromorpha (Crateromorpha)* sp. nov. y *Crateromorpha (Neopsacas)* sp. nov. Para el orden Sceptrulophora se identificaron ejemplares de las familias Aphrocallistidae y Farreidae. La familia Aphrocallistidae contó con dos especies de los géneros *Aphrocallistes (Aphrocallistes beatrix)* y *Heterochone cf. tenera*; y Farreidae con el género *Farrea (F. mexicana)*.

6.2. Listado taxonómico

Phylum Porifera Grant, 1836

Clase Hexactinellida Schmidt, 1870

Subclase Amphidiscophora Schulze, 1886

Orden Amphidiscosida Schrammen, 1924

Familia Hyalonematidae Gray, 1857

Género *Hyalonema* Gray, 1832

Subgénero *Hyalonema (Corynonema)* Ijima, 1927

Hyalonema (Corynonema) sp. 1

Hyalonema (Corynonema) sp. 2

Subclase Hexasterophora Schulze, 1886

Orden Lyssacinosida Zittel, 1877

Familia Rosellidae Schulze, 1885

Subfamilia Acanthascinae Schulze, 1897

Género *Acanthascus* Schulze, 1897

Acanthascus sp.

Subfamilia Rosellinae Schulze, 1885

Género *Crateromorpha* Gray, 1872

Crateromorpha sp. nov.

Subgénero *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) Gray in Carter, 1872
Crateromorpha (*Crateromorpha*) sp. nov.
Subgénero *Crateromorpha* (*Neopsacas*) Tabachnick 2002
Crateromorpha (*Crateromorpha*) sp. nov.
Orden Sceptrulophora Mehl, 1992
Familia Aphrocallistidae Gray, 1867
Género *Aphrocallistes* Gray, 1858
Aphrocallistes beatrix Gray, 1858
Género *Heterochone* Ijima, 1927
Heterochone cf. *tenera* (Schulze, 1899)
Familia Farreidae Gray, 1872
Género *Farrea* Bowerbank, 1862
Farrea mexicana Wilson, 1904

6.3. Descripción de las especies

A continuación, se presenta el formato final de la descripción morfológica de las especies identificadas, así como una breve diagnosis del nivel superior de acuerdo a la literatura revisada.

Clase Hexactinellida Schmidt, 1870

Definición. Poríferos con espículas silíceas de simetría triaxónica o derivados de esta forma básica. Las espículas típicas son hexactinas cuyos ejes se cortan en ángulos rectos; donde la pérdida de uno o más rayos da como resultado espículas de forma penta-, tetra-, tri-, o diactina, incluso en forma de monoactina. El filamento axial es cuadrado (Reiswig 2002).

Subclase Amphidiscophora Schrammen, 1924

Diagnosis. Esponja en forma de lofofita, con microscleras de tipo amfidiscos (o alguna de sus variantes) y triaxónicas que no presentan una ramificación en los extremos. Posee un esqueleto coanosómico laxo de megascleras no fusionadas que pueden ser hexactinas, pentactinas, estauractinas, tauctinas, diactinas o la combinación de dos o más de éstas. La hipodermis generalmente está formada de pentactinas, raramente hexactinas y estauractinas (Reiswig 2002).

Orden Amphidiscosida Schulze, 1886

Diagnosis. El orden Amphidiscosida se caracteriza por presentar esqueleto compuesto de espículas sueltas (no fusionadas). Presentan formas del cuerpo variables que pueden ser ovoides, cilíndricas, embudo o de vaso y con variaciones bilaterales aplanadas. Algunos patrones de la forma y ubicación de espículas son consistentes para todas las familias, predominando las megascleras de tipo pentactinas y raramente hexactinas tanto en la dermis como la atrial. Las oxipentactinas están presentes en la hipodermis e hipoatrial. Las microscleras características de esta subclase se distinguen principalmente por ser tres tipos de amfidiscos y oxihexactinas. Actualmente, las familias se distinguen más fácilmente por la presencia de espículas características como las diactinas en Hyalonematidae, tauactinas en Monorhaphididae y pentactinas en Pheronematidae (Reiswig 2002).

Familia Hyalonematidae Gray, 1857

Diagnosis. Esponja lofofita ovalada, vasiforme o fusiforme, con o sin cavidad atrial. La parte basal está formada por una capa de espículas con más de dos dientes (generalmente de 4-8), la prostalia generalmente son diactinas con un rayo distal pinular. El esqueleto coanosómico está conformado por diactinas, hexactinas, ambuncinas y raramente uncinatos que forman combinaciones con diactinas. En la dermis y cavidad atrial predominan las espículas pentactinales pinulares y algunas veces hexactinas. El esqueleto hipodérmico e hipoatrial presenta pentactinas. Los amfidiscos prevalecen generalmente en tres clases de tamaños (Konstantin *et al.* 2002).

Género *Hyalonema* Gray, 1832

Especie tipo: *Hyalonema sieboldi* Gray, 1835

Diagnosis. Hyalonematidae principalmente con forma de campana u ovoide. La parte basal está formada por un trenzado compacto de espículas (en especímenes mayores) que sirve de anclaje al sustrato. No es posible proporcionar un diagnóstico comprensivo para *Hyalonema* esto debido a la gran variabilidad de las especies contenidas en el género, además de que algunos géneros en la familia están muy cerca de él (Konstantin *et al.* 2002).

Subgénero *Hyalonema* (*Corynonema*) Ijima, 1927

Especie tipo: *Hyalonema owstoni* Ijima, 1927

Definición. Esponja con pínulas dermales claviformes, con los extremos de los rayos en forma cónica. No presentan espículas tipo ambucinas, ni uncinatos. Los macramfidiscos presentan umbelas estrechas o más anchas que largas, llegando a medir $\frac{1}{4}$ o hasta $\frac{1}{3}$ de la longitud total de la espícula (Konstantin *et al.* 2002).

***Hyalonema* (*Corynonema*) sp. 1**

Material examinado. HEXA-5, TALUD XVI-B, Estación 18, 30°39'03" N 116°25'09" O, profundidad 740-785m, 25/05/2014. HEXA-9, TALUD XV, Estación 20, 26°30'42" N 113°56'01" O, profundidad 540-568 m, 01/08/2012. HEXA-35, TALUD XV, Estación 1, 23°18'40" N, 111°19'37" O, profundidad 759-850 m, 04/08/2012.

Descripción. Esponjas fragmentadas con un promedio 13 cm de longitud y 9 cm de ancho. La forma no pudo ser definida debido a que solo se contó con partes de los ejemplares. En todos los casos las paredes del cuerpo presentan un grosor de 1-2 mm. La textura de la esponja es áspera tanto en la dermis como en la gastral. La consistencia es blanda y los ejemplares preservados presenta coloración beige pardo (Lám. 1a).

Espículas. Las megascleras son de tipo diactinas, pentactinas, hexactinas y pínulas (pentactinas pinulares) y las microscleras son amfidiscos que se clasifican en:

Diactinas I: son generalmente rectas y lisas, pero también pueden estar ligeramente curvadas; los extremos presentan puntas cónicas, aunque algunas pueden ser mucronadas. En algunas ocasiones es posible observar dos a cuatro nódulos en la parte central del tallo (Lám. 1c). Tamaño: 1625-(2062)-2500 μm de longitud.

Diactinas II: son generalmente rectas, con extremos en punta cónica; algunas pueden presentar nódulos en la parte central del tallo (Lám. 1e). Tamaño: 1750-(2112)-2475 μm de longitud.

Diactinas III: son generalmente rectas con puntas mucronadas. Tamaño: 494-(593)-692 μm de longitud (Lám. 1d).

Pentactinas: son lisas con rayos tangenciales equidistantes con extremos redondeados, el tamaño es de 198-(295)-395 μm de diámetro. El rayo proximal es liso con terminación en forma de hasta, miden 298-(336)-375 μm de largo.

Hexactinas: son generalmente lisas con ejes equidistantes y extremos en forma de hasta. Tamaño: 890-(967)-1045 μm de diámetro.

Pínulas: presentan rayos tangenciales más cortos que el proximal, extremos distales lisos de 40-(79)-118 μm de diámetro. El rayo proximal se caracteriza por ser claviforme con espinas largas en la parte central y más cortas en la distal, la longitud es de 206-(476)-270 μm (Lám. 1g).

Amfidiscos: presentan una superficie lisa con umbelas anchas y dientes alargados (Lám. 1h). Los tamaños de la umbrela varían entre 10-(16)-22 μm de longitud y 5-(8)-11 μm de ancho. El tallo presenta una superficie con un nódulo en la parte central con un ancho 2-(3)-4 μm . Longitud total: 15-(23.5)-32 μm .

Microhexactina: generalmente lisas con terminación en forma de hasta (Lám. 1i). Tamaño: 52-(78)-104 μm de diámetro.

Esqueleto. La hipodermis está formada por haces de diactinas I y III, además de pentactinas cuyos ejes tangenciales se encuentran sobre la superficie de la esponja. La dermis está compuesta por diactinas II y pínulas; mientras que en la gastral se observó diactinas II y pínulas, aunque en menor proporción. Las microscleras presentes son de tipo microhexactinas y amfidiscos presentes tanto en la dermis como en la gastral, siendo en menor proporción los amfidiscos en la parte gastral.

Distribución y hábitat. Los individuos de esta especie fueron encontrados frente a las costas de Baja California y Baja California Sur (Fig. 7). Los ejemplares se obtuvieron mediante profundidades entre los 540 y 850 m. Las características de las localidades indican un suelo limoso, con temperaturas que oscilan entre 5.3-8.38 °C.

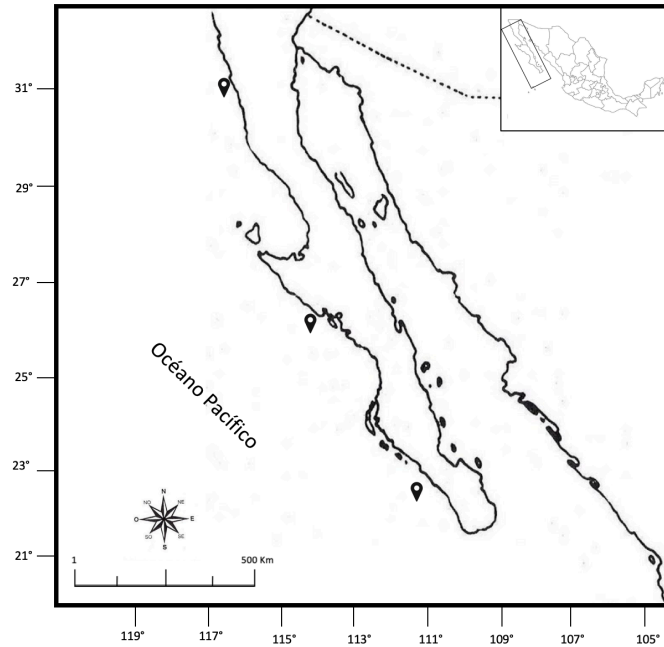


Figura 7. Distribución de *Hyalonema (Corynonema)* sp 1.

Comentarios. El género *Hyalonema* cuenta con 115 especies válidas contenidas en 12 subgéneros (Van Soest *et al.*, 2019). Es considerado como cosmopolita ya que habitan en todos los mares a profundidades mayores a los 400 m (Van Soest *et al.*, 2019). Para el Pacífico Oriental han sido reportados 13 especies incluyendo las descritas para aguas chilenas *H. grandancora* Lendenfeld, 1915 y *H. poculum* Schulze, 1886; y para Galápagos *H. hercules* Schulze, 1988. En el Pacífico mexicano han sido reportadas dos especies: *H. polycaulum* Lendenfeld, 1915 para el golfo de California y *H. pedunculatum* Wilson, 1904 para Chiapas. Además, recientemente han sido reportadas 8 especies en la zona de fractura “Clarion-Clipperton” *H. depresssum* Schulze, 1886; *H. ovuliferum* Schulze, 1899; *H. tylostylum*, *H. campánula*, *H. obtusum*, *H. agassizi* Lendenfeld, 1915; *H. clarioni* y *H. breviradix* Kersken *et al.* 2017.

El subgénero *Corynonema*, hasta la actualidad cuenta con 15 especies válidas, de las cuales tres están reportadas en el Pacífico oriental, que son: *Hyalonema grandancora*, *H. hercules* y *H. tylostylum*. En el caso de nuestros ejemplares se determinó que corresponden al subgénero *Corynonema* ya que presentan amfidiscos con umbelas cuya longitud llega a medir

$\frac{1}{4}$ o hasta $\frac{1}{3}$ de la longitud total de la espícula. Adicionalmente, presentan pínulas y hexactinas características de este subgénero.

Al hacer la comparación con las especies del Pacífico oriental se encontraron similitudes en algunas espículas presentes. Uno de los casos es *H. tylostulum* que presenta diactinas, pínulas y hexactinas como nuestros ejemplares. Sin embargo, una diferencia muy evidente es que *H. tylostulum* presenta de diactinas tipo tilostilos en la dermis, que es uno de los caracteres distintivos de esta especie y que no fueron encontrados en nuestros individuos.

Hyalonema hercules se caracteriza por la presencia de oxihexactinas en todo el cuerpo, las cuales no fueron encontrados en nuestros ejemplares, aunque es de reconocer que no se contó con algunas partes de la esponja. Aun así, las hexactinas encontradas en *Hyalonema (Corynonema)* sp. 1, son de tipo equidistante y con el extremo en forma de hasta. Adicionalmente, nuestros ejemplares presentaron espículas de tipo pentactina y microhexactinas, que de acuerdo con la descripción original de *H. hercules*, carece de estas.

En el caso de *H. grandancora*, las pínulas presentan similitud con respecto a las de nuestros ejemplares tanto en la forma general (tipo claviforme) como en el tamaño de los rayos distales y del rayo proximal (Ver tabla III). Las hexactinas de nuestros ejemplares se encuentran entre el intervalo reportado para esta especie. Sin embargo, encontramos diferencias en cuanto a las categorías de amfidiscos. Para *H. grandancora* se describieron cuatro categorías de amfidiscos: macramfidiscos largos (1) y pequeños (2), microamfidiscos largos (3) y pequeños (4). Para *Hyalonema (Corynonema)* sp. 1 solo se encontró una categoría de tamaño que de acuerdo con sus características se clasificaría como microamfidisco pequeño (Tabla III), coincidiendo con los tamaños de *H. grandancora* para esta categoría. Otra diferencia notoria es la presencia de acantoforos en *H. grandancora*, ausentes en nuestros ejemplares.

Aunque existen suficientes diferencias para sugerir que no se tratan de algunas de las especies mencionadas, es importante destacar que los ejemplares (fragmentos) analizados en este estudio no contaron con la parte basal por lo cual no se pudo confirmar el tipo de espículas en esa región de la esponja. Además, la zona gastral y el parénquima estaban casi

completamente destruidas, lo cual no permitió hacer una descripción detallada de las espículas para la zona de la esponja.

Es importante mencionar que las características específicas en cada región en la esponja son importantes para la identificación de especies. Dadas las circunstancias sugerimos mantener el estatus de estos individuos como *Hyalonema (Corynonema)* sp.1, esperando encontrar algún ejemplar en mejores condiciones, y si las características descritas aquí se mantienen continuar con la descripción de una nueva especie.

Tabla III. Comparación del tamaño de las espículas de *Hyalonema* sp.1 con respecto a otras especies del género. Los valores corresponden al mínimo-promedio-máximo (μm). (-) Ausente

	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>sp. 1</i>	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>grandancora</i>	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>hercules</i>	<i>Hyalonema</i> (<i>Hyalonema</i>) <i>tylostylum</i>
<u>Diactinas I</u>				
Longitud	1625-(2062)-2500	551-(825.5)-1100	1000-(1500)-2000	600-(2000)-3400
<u>Diactina II</u>				
Longitud	1750-(2112)-2475	401-(475.5)-550	-	-
<u>Diactina III</u>				
Longitud	494-(593)-692	154-(277)-400	-	-
<u>Tilostilos</u>				
Longitud	-	-	-	800-(1950)-3100
<u>Pentactina I</u>				
Diámetro	198-(295)-395	800-(1100)-1400	-	500-(650)-800
Longitud	298-(336)-375	200-(700)-1200	-	600-(800)-1000
<u>Hexactinas</u>				
Diámetro	890-(967)-1045	400-(1700)-3000	(Oxihexactina) 80-(100)-120	400-(850)-1300
<u>Pínulas I</u>				
Diámetro	40-(79)-118	50-(70)-90	20-(40)-60	120-(182)-245
Longitud	206-(476)-270	240-(260)-293	~280	90-(113)-136
<u>Pínulas II</u>				
Diámetro	-	86-(115)-144	(Gastral) 100-(110)-120	340-(359)-379
Longitud	-	250-(322)-395	400-(500)-600	54-(69)-84
<u>Rhabdos</u>				
Longitud	-	800-(1050)-1300	-	-
Ancho	-	10-(15)-20	-	-
<u>Acantoforos</u>				
Longitud	-	120-(610)-1100	-	-
<u>Macramfidiscos</u>				
Longitud	-	318-(414)-510	400-(450)-500	116-(178)-240
Umbrela (longitud)	-	142-(165)-190	-	34-(59)-85
Umbrela (ancho)	-	~100	140-(150)-160	19-(45)-53
<u>Macramfidiscos II</u>				
Longitud	-	~250	~200	260-(335)-410
Umbrela (longitud)	-	~110	(Mesamfidiscos)	95-(121)-148
Umbrela (ancho)	-	~74		60-(87)-114
<u>Micramfidiscos</u>				
Longitud	-	37-(58.5)-80	-	29-(39)-49
Umbrela (longitud)	-	12-(20.5)-29	-	5-(8)-11
Umbrela (ancho)	-	10.5-(18.3)-26	-	5-(7)-9
<u>Micramfidiscos II</u>				
Longitud	15-(23.5)-32	17-(23)-31	~20	-
Umbrela (longitud)	11-(16)-22	4-(8.5)-13	-	-
Umbrela (ancho)	5-(8)-11	6-(10)-14	-	-
<u>Microhexactinas</u>				
Diámetro	52-(78)-104	100-(135)-170	-	104-(122)-140

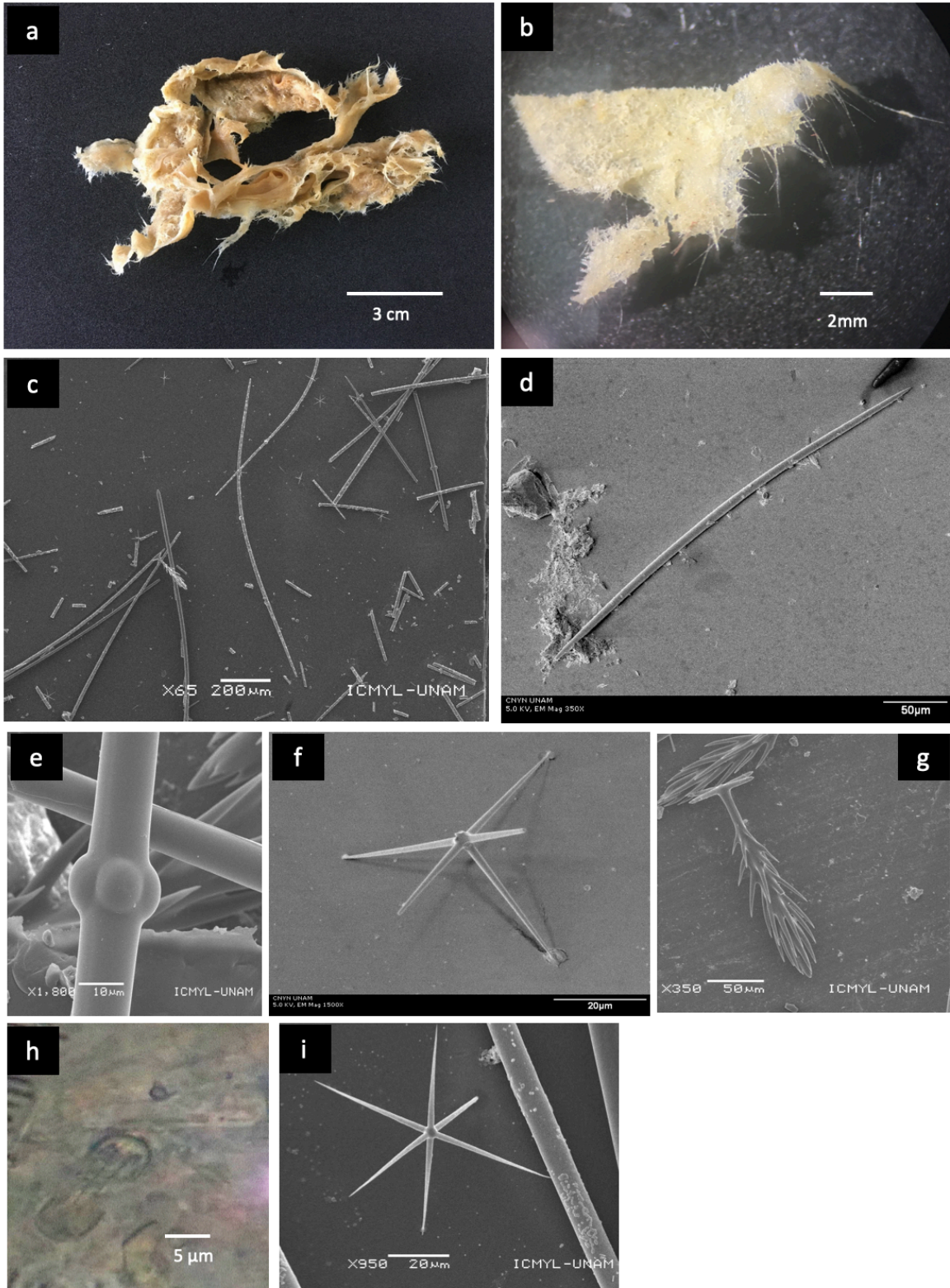


Lámina 1. Fotografía de *Hyalonema (Coryonema)* sp. 1. a) esponja preservada, b) corte longitudinal de la esponja, c) vista general de espículas al microscopio electrónico, d) diactina III, e) Nódulos centrales en tallo de diactina, f) Pentactina I, g) Pínula, h) Microamfídisco, i) Microhexactina.

Hyalonema (Corynonema) sp. 2

Material examinado. HEXA-1, TALUD XVI-B, Estación 5, 28° 48'N 115°24'01'W, profundidad 772-776m, 25/05/2014. HEXA-19, TALUD VX, Estación 1, 23°18'40" N, 111°19'23" W, profundidad 750-850 m, 04/08/2012.

Descripción. Esponja fragmentada con una longitud máxima de 18 cm y 10 cm de ancho. Las paredes del cuerpo tienen en promedio 0.8 cm de grosor (Lám. 2a). La forma externa no pudo ser del todo definida, debido a que los individuos se encontraban incompletos y fragmentados en partes, no fue posible observar la placa basal y la formación de un ósculo. El cuerpo de la esponja presenta una textura áspera, tanto en la zona dermal como en la gastral. La consistencia es blanda y firme pero fácil de romper. El color preservado es beige pardo.

Espículas. Las megascleras son diactinas, pentactinas, hexactinas y pínulas (pentactinas pinulares). Las microscleras son amfidiscos y microhexactinas.

Diactinas I: son generalmente rectas, aunque algunas ligeramente curvadas con extremos distales espinados, redondeados o mucronados (Lám. 2b). Tamaño: 1100-(1850)-2600 μm de longitud.

Diactinas II: son generalmente rectas, con extremos distales y con puntas en forma de hasta, algunas presentan dos a cuatro nódulos en la parte central del tallo. Tamaño: 494-(1321)-2149 μm de longitud (Lám. 2e, 2f).

Diactinas III: son generalmente rectas y lisas con terminación cónica. Tamaño: 1850-(1997)-2145 μm de longitud (Lám. 2c, 2d).

Pentactinas I: son las de mayor tamaño y varían entre 3200-(3650)-4100 μm de diámetro del eje tangencial y 3500-(4250)-5000 μm de largo el eje proximal (Lám. 2g).

Pentactinas II: son lisas con extremos distales microespinados, con ejes tangenciales de 178-(207)-237 μm de diámetro y eje proximal 217-(311)-405 μm de longitud.

Hexactinas: son lisas con ejes equidistantes de 222-(333)-445 μm de diámetro.

Pínulas I: presentan rayos tangenciales con extremos distales microgranulados de 24-(61)-98 μm de diámetro. El rayo proximal de 64-(105)-147 μm de longitud, presenta espinas cortas a lo largo del tallo.

Pínulas II: son generalmente las más pequeñas, cuyos ejes tangenciales son equidistantes y cortos de 34-(44)-54 μm de diámetro. El rayo proximal de 122-(51)-159 μm de longitud es claviforme con espinas anchas de puntas redondeadas (Lám. 2k).

Macramfidiscos: se caracterizan por presentar una superficie lisa con umbelas anchas y redondas con ocho dientes. Los tamaños de la umbela varían entre 80-(96)-112 μm de longitud y 91-(105)-119 μm de ancho (Lám. 2i). El tallo presenta una superficie lisa y con un ancho 10-(13.5)-17 μm . La longitud total: 260-(323)-386 μm .

Mesamfidiscos: raramente presentes, usualmente con umbelas de seis radios alargados y con puntas mucronadas de 56-(65)-74 μm de longitud; entre los radios principales se observaron radios cortos con bordes redondeados (Lám. 2j). El tallo es delgado con microespinas y mide 2-(3.5)-5 μm de ancho. Longitud total: 130-(144)-158 μm .

Microamfidiscos: presenta umbelas redondeadas con seis a ocho radios cortos con una longitud de 4-(5.5)-7 μm y 6-(6.7)-7.5 μm de ancho (Lám. 2l). El tallo es liso, corto y con ensanchamiento en la parte central; mide 2.4- (3.1)-3 μm de ancho. Longitud total: 8-(16)-24 μm .

Microhexactinas: generalmente lisas con ejes equidistantes. Tamaño: 68-(85)-103 μm de diámetro (Lám. 2h).

Esqueleto. La hipodermis está formada por diactinas I y pentactinas I que se observaron a simple vista. La dermis presenta poros o cavidades subdermales de 500-1300 μm de diámetro en todo el cuerpo y está compuesta de una empalizada de pínulas I y II, cuyos ejes tangenciales se proyectan hacia la superficie; presenta macramfidiscos no muy abundantes y raramente mesamfidiscos. El coanosoma se compone de espículas hexactinas y en menor frecuencia pentactinas II. La zona gastral presenta diactinas II y III, así como pentactinas II en menor proporción. Las microscleras presentes son de tipo hexactinas y microamfidiscos, generalmente presentan en la dermis y raramente en la gastral.

Distribución y hábitat. Los individuos de esta especie fueron encontrados frente a las costas de Baja California y Baja California Sur (Fig. 8). Los ejemplares se obtuvieron a profundidades entre los 772 y 776 m. Las características de la localidad indican un suelo limoso, con temperaturas de 5.3°C.

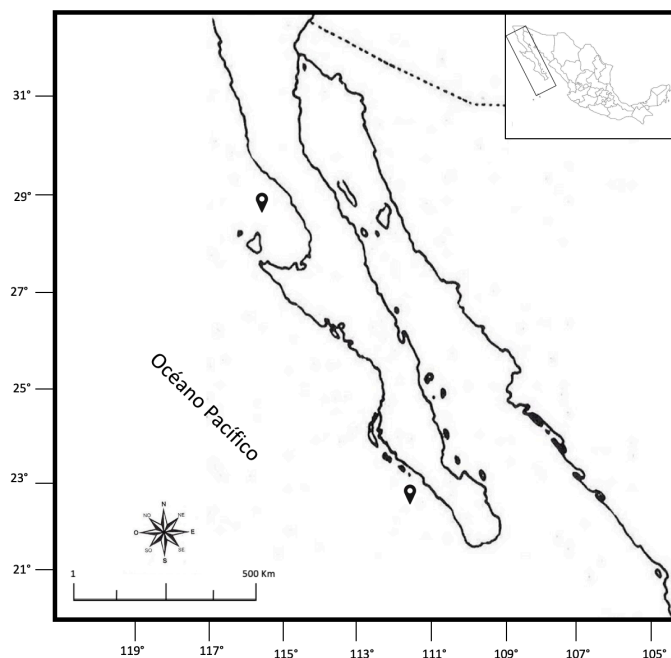


Figura 8. Distribución de *Hyalonema (Corynonema) sp. 2*

Comentarios. Durante la revisión de la literatura, se observó que nuestros ejemplares presentaron características similares a las especies *H. breviradix*, *H. tylostulum*, *H. obtusum*. Sin embargo, al comparar de manera detallada se puede observar diferencias notables como las siguientes: *H. breviradix* y *H. obtusum* presentan microhexactinas con cuatro de sus seis ejes de forma curvada mientras que en nuestros ejemplares los seis ejes son rectos y equidistantes. Adicionalmente *H. breviradix* presenta uncinas y *H. obtusum* cuenta con pínulas hexactinales, que no están presentes en nuestros ejemplares.

Hyalonema. tylostylum se caracteriza por presentar espículas tipo tilostilos. Aunque en nuestros individuos algunas espículas presentaron la protuberancia en la parte apical característica de los tilostilos, no eran tan pronunciadas como lo son en *H. tylostylum*. Las diactinas en *H. tylostylum* son completamente lisas, mientras que en nuestra especie algunas

de estas espículas presentan de dos a cuatro nódulos centrales. Con respecto a los amfidiscos, *H. tylostulum* presenta macramfidiscos (tipo I y tipo II) y microamfidiscos, mientras que en nuestros ejemplares estas espículas fueron definidas en macramfidiscos, mesamfidiscos y microamfidiscos. Los macramfidiscos tipo I de *H. tylostulum* presenta tallo o eje microespinados con cuatro espinas o tilo en la parte central, mientras que *Hyalonema* sp. 2 presentó un tallo liso y delgado con ausencia de espinas centrales. Aunado a estas diferencias los tamaños difieren entre ambas especies, siendo más grandes los de *Hyalonema* sp. 2 que los de *H. tylostulum* (260-386 vs- 116-240 μm) (Ver tabla IV). En el caso de macramfidiscos II y mesoamfidiscos, si bien presentan estructuras muy similares con umbrellas alargadas, con tallos o ejes microespinados, así como espinas centrales, el número de dientes de la umbrela varia para cada especie; en *H. tylostulum* presenta la totalidad de sus dientes de igual longitud, mientras que en *Hyalonema* sp. 2 se observaron dientes principales largos y dientes intermedios más cortos. Finalmente, los microamfidiscos para ambas especies presentaron la misma forma, aunque los de *Hyalonema* sp. 2 poseen tallos más cortos y con un tamaño menor que los de *H. tylostulum*.

Considerando las diferencias en los tipos y tamaños de espículas afines (diactinas, pínulas, hexactinas y amfidiscos) además de la ausencia de otras espículas (uncinas, pínulas hexactinales), se determinó que estos ejemplares corresponden a una especie distinta de *Hyalonema* a las descritas para el Pacífico Oriental. Cabe resaltar que no se contó con el ejemplar completo que permitiera comparar la basalia, así como la prostalia de la esponja y así definir si existen más diferencias entre nuestros ejemplares con otras especies, lo que pudiera corroborar *Hyalonema (Coryonema)* sp. 2 como potencial nueva especie para la ciencia.

Tabla IV. Comparación del tamaño de las espículas de *Hyalonema* sp. 2 con respecto a otras especies del género. Los valores corresponden al mínimo-promedio-máximo (μm). (-) Ausente

	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) sp. 1	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>brevidarix</i>	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>obtusum</i>	<i>Hyalonema</i> (<i>Corynonema</i>) <i>tylostylum</i>
<u>Diactinas I</u>				
Longitud	1100-(1850)-2600	850-(1464)-2475	850-(1662)-2475	600-(2000)-3400
<u>Diactina II</u>				
Longitud	494-(1321)-2149	-	-	-
<u>Diactina III</u>				
Longitud	1850-(1997)-2145	-	-	-
<u>Tilostilos</u>				
Longitud	-	-	-	800-(1950)-3100
<u>Uncinas</u>				
Longitud	-	-	290-(765)-950	-
<u>Pentactina I</u>				
Diámetro	3200-(3650)-4100	375-(1701)-2325	375-(1805)-3235	500-(650)-800
Longitud	3500-(4250)-5000	430-(1000)-2175	430-(1302)-2175	600-(800)-1000
<u>Pentactina II</u>				
Diámetro	178-(207)-237	-	-	-
Longitud	217-(311)-405	-	-	-
<u>Hexactinas</u>				
Diámetro	222-(333)-445	425-(989)-2225	425-(1325)-2225	400-(850)-1300
<u>Pínulas I</u>				
Diámetro	24-(61)-98	80-(92)-110	(Gastrales) 80-(95)-110	120-(182)-245
Longitud	64-(105)-147	35-(49)-65	35-(50)-65	90-(113)-136
<u>Pínulas II</u>				
Diámetro	34-(44)-54	90-(114)-150	(Dermales) 65-(107)-150	340-(359)-379
Longitud	122-(51)-159	75-(124)-160	90-(120)-150	54-(69)-84
<u>Pínulas</u>				
<u>Hexactinales II</u>				
Diámetro	-	90-(114)-150	65-(107)-150	-
Longitud	-	75-(124)-160	90-(120)-150	-
<u>Macramfidiscos</u>				
Longitud	260-(323)-386	390-(458)-520	390-(455)-520	116-(178)-240
Umbrela (longitud)	80-(96)-112	120-(135)-155	120-(137)-155	34-(59)-85
Umbrela (ancho)	91-(105)-119	90-(106)-130	90-(155)-130	19-(45)-53
<u>Mesamfidiscos</u>				
Longitud	130-(144)-158	130-(214)-255	130-(192)-255	(Macramfidiscos II) 260-(335)-410
Umbrela (longitud)	56-(65)-74	60-(85)-105	60-(82)-105	95-(121)-148
Umbrela (ancho)	-	40-(51)-60	40-(50)-60	60-(87)-114
<u>Micramfidiscos</u>				
Longitud	8-(16)-24	18-(21)-25	18-(21)-5	29-(39)-49
Umbrela (longitud)	4-(5.5)-7	5-(7)-10	5-(7.5)-10	5-(8)-11
Umbrela (ancho)	6-(6.7)-7.5	5-(7)-8	5-(6.5)-8	5-(7)-9
<u>Microhexactinas</u>				
Diámetro	68-(85)-103	63-(85)-108	42-(85)-80	104-(122)-140

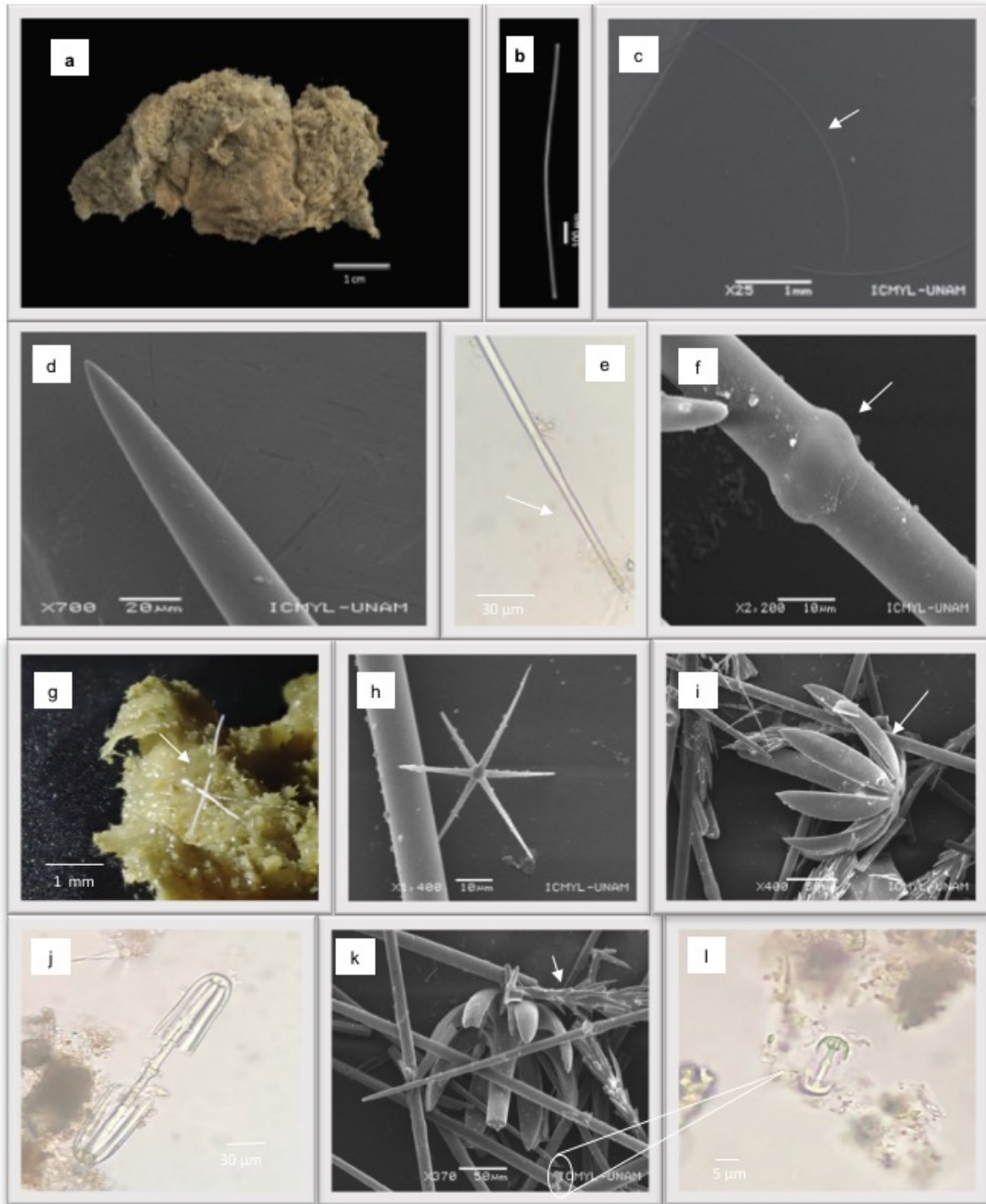


Lámina 2. Fotografía de *Hyalonema (Coryonema)* sp. 2 a) esponja preservada, b) diactina, c) diactinas hipodermales, d) extremo distal de diactina, e) extremo distal mucronado de diactina, f) nódulo central en diactinas, g) pentactina I hipodermal, h) microhexactinas, i) umbela de macramfidisco, j) mesamfidisco, K) Pínulas, l) micramfidisco.

Subclase Hexasterophora Schulze, 1886

Diagnosis. Hexactinellida basifita, rizofita o lofofita en la cual las microscleras son principalmente hexasteres; los amfidiscos pueden estar presentes, pero raramente como variantes de discohexactinas. El esqueleto coanosómico puede estar constituido de dos formas: por espículas completamente sueltas, a veces unidas irregularmente por sinapéptidas o cemento de sílice en los puntos de contacto, o de hexactinas fusionadas formando un marco dictional. Los nodos dictionales, cuando están presentes, pueden ser completamente simples o en forma de nodos de linterna (Reiswig 2002).

Orden Lyssacosida Zittel, 1877

Diagnosis. Esponja de forma ovoide, vasiforme o tubular con un ósculo terminal y cavidad atrial profunda. Con una estructura basal lofofita o basifita, ya sea directamente anclado al sustrato o bien mediante un pedúnculo, corto o largo. En la forma basifita está adherida mediante una delgada placa “basidictional” de hexactinas fusionadas. En algunas ocasiones ocurre un engrosamiento de las paredes dando origen a divertículos laterales, cada uno con su respectivo ósculo terminal. Las megascleras del coanosoma pueden ser principalmente hexactinas, con una combinación de estauractinas, tauactinas y diactinas. La dermis está formada por pentactinas grandes o hexactinas o pequeñas hexactinas, pentactinas, estauractinas o diactinas apoyados por pentactinas grandes en la hipodermalia. El extracto basal de la forma lofofita está formada por espículas de tipo monoactina, diactina o pentactina que sirven de anclaje. Las microscleras características de este grupo incluyen discohexasteres radiados y esféricos, discoctasteres, discohexactinas, floricomas, plumicomas, estrobiloplumicomas, sigmatocomas, oxihexasteres (regulares o en la forma-Hemi), oxihexactinas y onichexasteres (Reiswig 2002).

Familia Rossellidae Schulze, 1885

Diagnosis. Esponja con cuerpo generalmente vasiforme, basifita o lofofita; algunas veces presentan un pedúnculo que le confiere a la esponja forma de hongo. La prostalia lateral, cuando está presente, está formada de diactinas o pentactinas que sobresalen a la hipodermis.

El esqueleto coanosómico presenta diactinas junto con hexactinas, aunque de menor frecuencia. La dermis presenta combinaciones de espículas generalmente de tipo pentactinas, estauractinas y diactinas, raramente hexactinas. La dermalia presenta combinaciones de varias espículas generalmente pentactinas; estauractinas y diactinas, raramente hexactinas. Las microscleras presentes pueden ser holactinoidales, asterosas y ásteres, generalmente con terminaciones discoidales, oxioidal y algunas veces floricoidal, onicoidal y los sigmoidal (Tabachnick 2002).

Género *Acanthascus* Schulze, 1886
Especie tipo: *Acanthascus cactus* Schulze, 1886.

Diagnosis. Esponja forma de saco, basifita, a veces con ramificación dicotómica. Posee espículas hipodermales, que cuando están presentes, son de tipo pentactinas ortótropales o paratropales formando la dermis lateral. El esqueleto del coanosoma se compone de diactinas. La dermis presenta una combinación de estauractinas, pentactinas, hexactinas y diactinas. La zona atrial presenta principalmente hexactinas, pero en algunas especies las pentactinas son dominantes. La microscleras características son discoctasteres a menudo combinados con microdiscohexasteres y varias combinaciones de espículas oxioidales generalmente hexasteres, hemihexasteres, hexactinas y a veces ásteres (Tabachnick 2002).

Acanthascus (Acanthascus) sp.

Material examinado. HEXA-2. TALUD XVI-B, Estación 5, 28°24'10"N 115°24'10"O, profundidad 772-776m, 25/09/2014. HEXA-10. TALUD XVI-B, Estación 5, 28°48'00"N 114°24'10"O, profundidad 772-776 m, 25/05/2014. HEXA-15. TALUD XVI-B Estación 5, 28°48'0"N 114°24'10"O, profundidad 772-776 m, 25/05/2014. HEXA-21. TALUD IX, Estación 10, 18°33'43"N 103°47'55"O, profundidad 1058-1088 m, 01/03/2008. HEXA-27. TALUD XII, Estación 23, 18°33'43"N 103°47'55"O, profundidad 1058-1088 m, 01/03/2008. HEXA-30. TALUD XV, Estación 1, 23°18'40"N 111°19'37"O, profundidad 750-850 m, 04/08/2014. HEXA-31. TALUD XVI-B, Estación 17, 29°54'30"N 116°01'50"O, profundidad 734-774 m, 29/05/2014. HEXA-48. TALUD XV Estación 24, 27°05'42"N 114°35'30"O, Profundidad. 772-786 m, 01/08/2012.

Descripción. Esponja masiva que presenta 12.5 cm de largo y 10 cm de ancho, cuyas paredes tienen 2 mm de grosor. A pesar de que se cuenta con fragmentos, si puede apreciar que la esponja era vasiforme. La prostalia en ambos ejemplares no está presente, probablemente se perdió durante el arrastre. El cuerpo de la esponja presenta una textura aterciopelada, con una consistencia blanda y muy frágil. El color en preservado es beige pardo (Lám. 3a).

Espículas. Las megascleras son de tipo diactinas, pentactinas, hexactinas y estauractinas y las microscleras son hemioxihexasteres y discohexasteres que se clasifican en:

-Diactinas I: son generalmente lisas, aunque algunas están ligeramente curvadas. Tamaño: 6.3-(17.5)- 22.5 mm de longitud (Lám. 3b).

-Diactinas II: son de tallo liso y con extremos en forma punta cónica. Tamaño: 22-(28)-34 mm de longitud.

-Diactinas III: son generalmente lisas con extremos microespinados y redondeados, algunas con terminación cónica (Lám. 3a). Tamaño: 1.6-(6.4)-11.2 mm de longitud.

-Diactinas IV: son generalmente son de tallo delgado con extremo distal redondeado. Tamaño: 900-(2550)-4200 μm de longitud.

-Diactinas V: son generalmente presentan dos o cuatro nódulos redondeados en la parte central de tallo y extremos microespinados en forma de hasta (Lám. 3c, 3d). Tamaño: 382-(431)-480 μm de longitud.

-Pentactinas: son microespinadas con bordes terminales redondeados. Los rayos distales miden 148-(301)-454 μm de diámetro, con un eje proximal más corto de 46-(112)-178 μm de largo.

-Hexactinas I: son generalmente microespinadas con rayos de bordes redondeados. Tamaño: 245-(262)-279 μm de diámetro.

-Hexactinas II: son lisas con extremos punteados. Tamaño: 107-(156)-205 μm de diámetro (Lám. 3e).

-Esturactinas: presentan bordes espinados, miden 297-(333)-370 μm de diámetro (Lám. 3g).

-Hemihexaster: de siete u ocho rayos, algunos microespinadas y con extremos en punta (oxi). Tamaño: 98-(118)-138 μm de diámetro (Lám. 3f).

-Discoctaster: de 6-8 rayos principales que terminan en forma de penachos de rayos secundarios con terminaciones en forma de clavulas. Tamaño: 50-(63)-76 μm de diámetro (Lám. 3h,3i).

-Onicaster: de 6-10 rayos principales con terminaciones onicoidales. Tamaño: 6-11 μm de diámetro.

Esqueleto. La hipodermis está compuesta por pentactinas que se pueden observar a simple vista, así como de diactinas I donde estas últimas agrupadas formando redes, con una apertura de malla de 9-(10.5)-12 mm de diámetro. Aunque no se aprecian bien los cónulos de la prostalia lateral, se pudo observar que a partir de estos se proyectan las diactinas. La dermis está compuesta por diactinas II y diactinas III agrupadas en haces que van formando redes como en la hipodermis; además de pentactinas que se sitúan entre los canales de las redes. En el caso de la zona gastral, las diactinas IV y las diactinas V forman una empalizada de 5 mm de grosor, con poros de 1mm de diámetro, acompañadas de hexactinas y estauractinas, aunque poco abundantes. En el parénquima predominan las hexactinas, así como hemihexasteres y discoctasteres.

Distribución y hábitat. De acuerdo con el WPD, en el Pacífico mexicano no hay reporte previo del género *Acanthascus*, por lo que nuestros ejemplares serían los primeros registros. En el estado de Baja California, los ejemplares fueron recolectados frente a las costas de Vicente Guerrero y norte de la Isla Cedros. En el estado de Baja California Sur las localidades corresponden a San Roque y Todos Santos (Fig. 9). Las profundidades varían entre los 750 y 850 m. Las características de las localidades indican un suelo areno-limoso, con temperatura que oscila entre 4.9 y 5.5°C

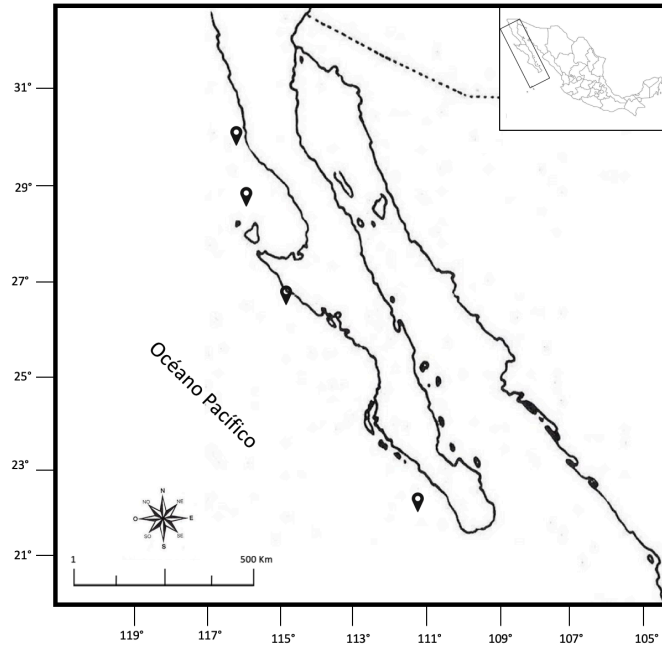


Figura 9. Distribución de *Acanthascus* sp.

Comentarios. Las especies de *Acanthascus* se caracterizan por presentar diactinas como espículas dominantes en el esqueleto y microscleras de tipo discoctaster y discaster. Hasta el momento solo siete especies habitan en aguas del Pacífico: *Acanthascus alani* Ijima, 1898; *A. cactus* Schulze, 1886; *A. koltuni* Reiswig & Stone, 2013; *A. malacus* Reiswig, 2014; *A. pachyderma* Okada, 1932; *A. plateri* Schulze, 1886 y *A. profundum* Koltum, 1967 en el en el mar de Sagami (Japón)(Van Soest *et al.* 2018); y para el Pacífico Oriental, *A. koltuni* Reiswig & Stone, 2013 y *A. malacus* Reiswig, 2014 para localidades de Alaska, mientras que *A. platei* Schulze, 1886 se reporta para San Diego, California.

De las especies del género *Acanthascus* conocidas *A. cactus*, *A. koltuni* y *A. pachyderma* son las que presentan mayor similitud tanto en su morfología externa (cuerpo, forma y textura), como en la mayoría de tipo de espículas. Sin embargo, al igual que en nuestros ejemplares, *A. cactus* y *A. pachyderma* presentan tetractinas (estauractinas) (Reiswig & Stone, 2013) a diferencia de *A. koltuni* y el resto de las especies de *Acanthascus* que no presentan este tipo de espículas. En nuestros ejemplares las estauractinas coinciden con los tamaños reportados para *A. cactus* (Ver Tabla V). Las diactinas (bordes redondeados o cónicos y microespinados) concuerdan con las descripciones de las tres especies, aunque difieren en el tamaño. En

nuestros ejemplares los tamaños más grandes corresponden a las diactinas hipodermales; caso contrario en *A. cactus* que presenta tamaños muy grandes (mas de 25 mm) pero en la zona gastral, mientras que *Acanthascus* sp. y *A. pachyderma* presentan tamaño máximo de 4200 y 170 μm respectivamente. De acuerdo con Schulze (1886), *A. cactus* presentan diactinas con nódulos en la parte central del tallo, aunque no especifica si se presentan en todos los tamaños; en nuestros ejemplares observaron principalmente en diactinas más pequeñas (382-480 μm).

Con respecto a las pentactinas, en *A. pachyderma* están presentes en la dermis mas no en la zona atrial (gastral) con longitudes de 130-(178)- 209 μm del rayo distal y 113-(144)-271 μm del rayo proximal. En *A. cactus* se presentan en ambas partes, aunque en menos cantidad en la dermis con longitudes que varían entre 84-198 μm del rayo distal y 61-152 μm del rayo proximal. En nuestros ejemplares se presentan principalmente en la dermis con una longitud de 74-227 μm los rayos distales y 23-89 μm el rayo proximal (Tabla V), lo cual coincide con los tamaños de *A. cactus*. Sin embargo, algo particular del rayo proximal de nuestros ejemplares es que son más cortos que los rayos distales, caso que no se presenta en la descripción *A. cactus*.

Las hexactinas como describe Reiswig & Stone (2013) en *A. koltuni* están presentes en la zona atrial (gastral) con un tamaño de 125–239 μm de diámetro. Por su parte Schulze (1886), para *A. cactus* describe que se encuentran en la dermis y raramente en la gastral y los tamaños varían entre 72-165 μm de diámetro. En *Acanthascus* sp., las hexactinas se encuentran presente en ambas partes y de dos tipos: con rayos que terminan en punta aguda y con rayos con terminación de borde redondeado y microespinado. Los tamaños de estas hexactinas son de 245-279 μm diámetro para las microespinadas y 107-205 μm de diámetro las que terminan en punta. Esta característica hace que nuestros ejemplares difieran respecto al tamaño y la ubicación con *A. cactus*, mientras que para *A. koltuni* se ajusta más a los tamaños.

Ahora para el caso de las microscleras, en *Acanthascus* sp. los discoctasteres presentan mayor similitud en forma a los de *A. cactus* y *A. pachyderma*, pero difieren en tamaño siendo mas pequeños en nuestros ejemplares. Adicionalmente las terminaciones de los rayos secundarios

de *Acanthascus* sp. son tipo umbela. Esta característica en las descripciones de *A. cactus* y *A. pachyderma* no contiene suficiente información para ser comparada por lo que no se pudo corroborar si coincidían en este aspecto, lo que consideramos como una característica diagnóstica que nos permitiera definir a nivel especie. En el caso de los hemihexasteres, estos constan de siete u ocho rayos, con 98-(118)-138 μm de diámetro. En *A. cactus* y *A. pachyderma*, presentan una gran variedad de hemihexasteres que pueden ser de 6 a 10 o incluso más rayos, algunos bifurcados con terminaciones onicoidales (Schulze, 1886; Okada, 1932). Esta generalización en la descripción dificulta la identificación de nuestros ejemplares a la hora de determinar a cuál especie presentan mayor similitud. Esto ocurre también en la comparación de espículas como onicaster y microdiscohexaster. Es por esto, que al no tener una certeza de todas las características que podrían definirse como diagnósticas, consideramos no tener la suficiente información para identificar hasta nivel especie, definiendo nuestros ejemplares como *Acanthascus* sp.

Tabla V. Comparación del tamaño de las espículas de *Acanthascus* sp. con respecto a otras especies del género. Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo (μm). Los valores marcados con (*) corresponden en milímetros (mm). (-) Ausentes.

	<i>Acanthascus</i> sp.	<i>A. cactus</i> Schulze, 1886	<i>A. koltuni</i> Reiswig & Stone, 2013	<i>A. pachyderma</i> Okada, 1932
<u>Diactinas I</u>				
Longitud	6.3-(17.5)-22.5 *	3-(9)-15*	1.25-(3.26)-5.97*	4.5*
<u>Diactina II</u>				
Longitud	22-(28)-34 *	-	-	-
<u>Diactina III</u>				
Longitud	1.6-(6.4)-11.2 *	-	-	-
<u>Diactina IV</u>				
Longitud	900-(2550)-4200	mas de 25	-	170
<u>Diactina V</u>				
Longitud	382-(431)-480	-		550
<u>Pentactina</u>			(radio)	
Diámetro	148-(301)-454	84-(282)-198	130-(178)-209	500-(650)-800
Longitud	46-(112)-178	61-(106.5)-152	113-(144)-271	600-(800)-1000
<u>Pentactina (atralia)</u>				
Diámetro	-	53-(106.5)-160		
Longitud	-	46-(118)-144		
<u>Hexactina I</u>				
Diámetro	245-(262)-279	72-(117)-162 (algunas con terminación onicoidal)	- -	- -
<u>Hexactinas II</u>				
Diámetro	107-(156)-205		125-(176)-239	212 (rayo proximal) 190 (rayo distal)
<u>Estauractinas</u>				
Diámetro	297-(333)-370	84-(141)-198 (radio)	-	200-360
<u>Hemihexasteres</u>				
Diámetro	98-(118)-138	72-(117)-162	98-(152)-195 (Oxihexaster o Hemioxyhexaster)	
<u>Discoctaster</u>				
Diámetro	50-(63)-76	76-(106.5)-137	119-(189)-234	340-(359)-379 54-(69)-84
<u>Discoctaster (atral)</u>				
Diámetro	-	119-(203.5)-288	171-(238)-286	180-220
<u>Onicaster</u>				
Diámetro	6-(8.5)-11	-	111-(164)-199 (Oxihexactina)	155 (Tipo A) 190 (Tipo B) (Oxihexactina)
<u>Microdiscohexaster</u>				
Diámetro	-	13-(15.5)-18		40

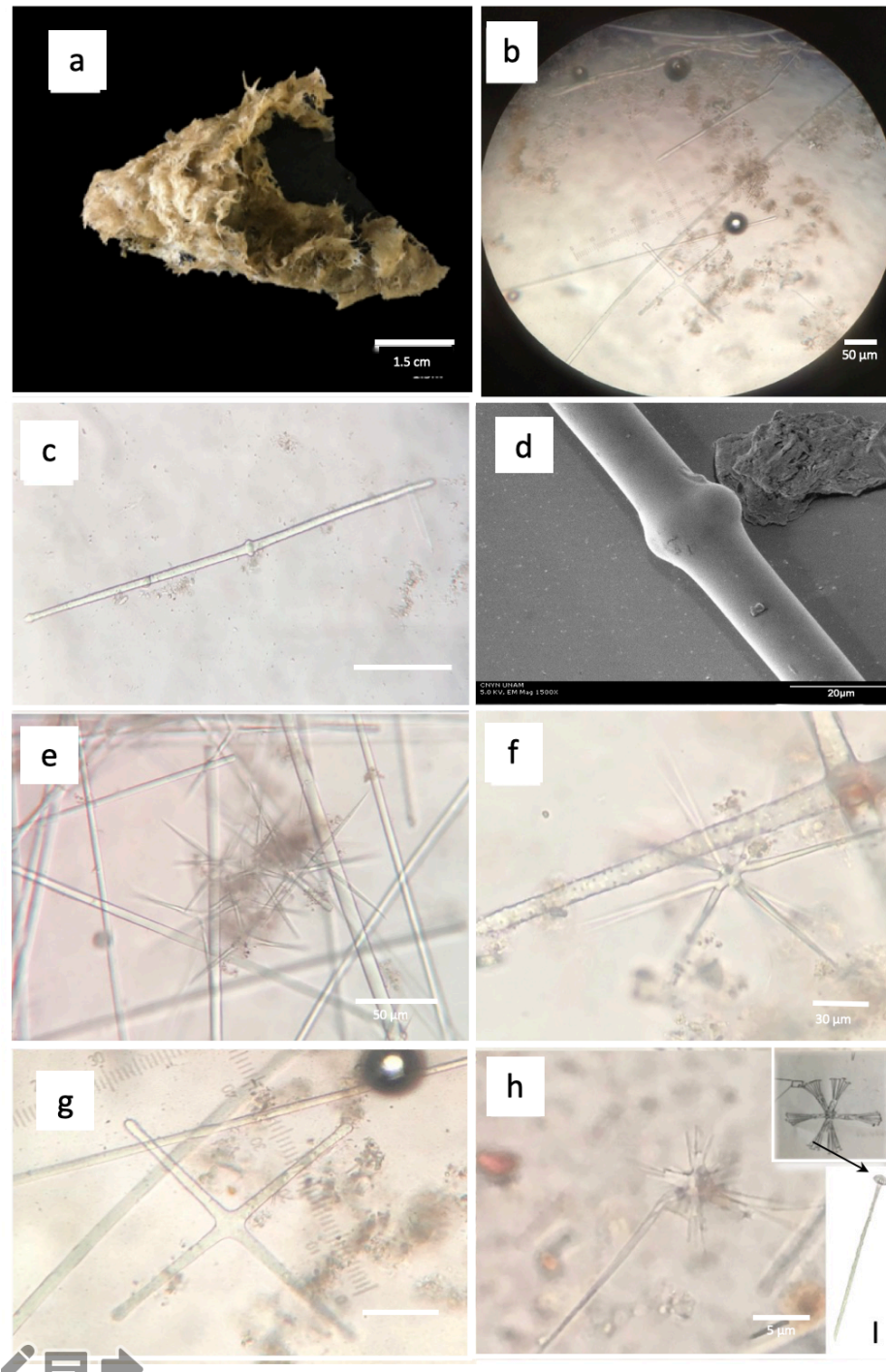


Lámina 3. Fotografía de *Acanthascus* sp. a) esponja preservada, b) diactinas hipodermales, c) diactinas con nódulo central d) acercamiento al nódulo central, e) hexactinas lisas, f) hemihexaster, g) estauractina, h) discostaster, i) rayo secundario del discohexaster.

Subfamilia Rosellinae Schulze, 1886

Definición. Rosellidae sin espículas tipo estrobiloplumicomas como microscleras (Tabachnick, 2002).

Género *Crateromorpha* Gray in Carter 1872

Especie tipo: *Crateromorpha meyeri* Gray in Carter 1872

Localidad tipo: Islas Filipinas.

Diagnosis. Esponja pedunculada con forma de hongo, embudo o vasiforme. A menudo aplanada o basifita. El esqueleto del coanosoma esta conformados por diactinas, raramente hexactinas. También presenta pentactinas hipodérmicas presentes. La dermis posee pentactinas y estauractinas, aunque raramente triactinas, hexactinas y diactinas. La placa atrial presenta pentactinas, raramente hexactinas, estauractinas y diactinas. Las microscleras son de tipo hexasteres, a veces hemihexasteres y microdiscohexasteres (Tabachnick 2002).

***Crateromorpha* sp. nov.**

Material examinado. HEXA-32. TALUD XVI-B, Estación 5, 29°04'01"N 115°24'01"O, profundidad 772-776 m, 25/04/2014.

Descripción. Esponja fragmentada de forma triangular, de aspecto poroso que presenta una longitud máxima de 11 cm y 9 cm de ancho (Lám. 4b). El grosor de las paredes del cuerpo es de 7 mm de grosor la base de la esponja y 4 mm en el borde superior. El cuerpo de la esponja presenta una textura muy áspera, tanto en la dermis como en la gastral. La consistencia es blanda pero fácil de romper.

Espículas. Las megascleras son de tipo diactinas, pentactinas, estauractinas y tetractinas que se clasifican en categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo oxihexaster, microdiscohexaster y diaster.

Diactina I: que son en su mayoría rectos, con parte distal cónica y su tamaño varía entre 16-(23)-30mm de largo (Lám. 4a).

Diaquina II: que son generalmente rectos, de tallo delgado y con el extremo terminal de forma cónica que miden 2147-(2718)-3290 μm de diámetro (Lám. 4e).

Diaquina III: son lisas y rectas con parte central ligeramente ensanchada y curvadas; parte terminal en punta con un tamaño de 692-(781)-870 μm de diámetro (Lám. 4f).

Diaquina IV: son generalmente rectas y lisas o microespinadas con tamaños de 135-(178)-222 μm de diámetro (Lám. 4i). Estas espículas presentan nódulos en la parte central incluso para algunas muy prominente este abultamiento llegando a medir 15 μm de diámetro.

Pentactinas I: se caracterizan por ser lisas con terminación en punta, que presentan rayos tangenciales equidistantes con tamaño de 6-(8.5)-11 mm de radio y 13-(14)-15 mm de largo del rayo proximal.

Pentactinas II: presentan los cuatro rayos tangenciales lisos y equidistantes con tamaños de 4-(5.5)-7mm de radio y rayo proximal de 9-(11.5)- 12 mm de largo.

Estauractinas y tetractinas: se caracterizan por ser lisas con terminación en punta y con tamaños de 501-(690)-880 μm de radio (Lám. 4d).

Oxihexaster: que miden 21-(26)-32 μm de diámetro.

Microdiscohexaster: con tamaños de 29-(32)-35 μm diámetro (Lám. 4g).

Diaster: 10-(15)-20 μm de diámetro (Lám. 4h, j).

Esqueleto. La hipodermis está compuesta diactinas I, que se podían observar a simple vista sobre la superficie de la esponja, así como pentactinas I cuyo eje proximal se encontraba dentro de la esponja (Lám. 5c). La dermis presenta poros o cavidades de 500-2000 μm de diámetro a lo largo de todo el cuerpo. Esta región está conformada principalmente por diactinas I y IV (las ultimas no muy abundantes), así como estauractinas, tetractinas. En el caso de la zona gastral se observó que presentan poros o cavidades subdermales, pero de menor tamaño, así como una textura más lisa. Las espículas de esta región son de tipo diaquina II y III, así como pentactinas II y estauractinas, pero en menor frecuencia y raramente tetractinas.

Distribución y hábitat. Para la región del Pacífico Oriental no existen reportes del género *Crateromorpha*, por lo que nuestro trabajo constituye el primer registro para la zona, por consiguiente, el primer registro para el Pacífico mexicano. Los ejemplares de *Crateromorpha*

sp. nov. fueron obtenidos en el Norte del Pacífico mexicano frente a las costas de la laguna de San Ignacio, en el municipio de Mulegé, Baja California Sur. Los ejemplares se obtuvieron mediante un arrastre con trineo a profundidades entre los 540 y 568 m. Las características de la localidad indican un suelo areno-limoso, con temperaturas de 8.38°C.

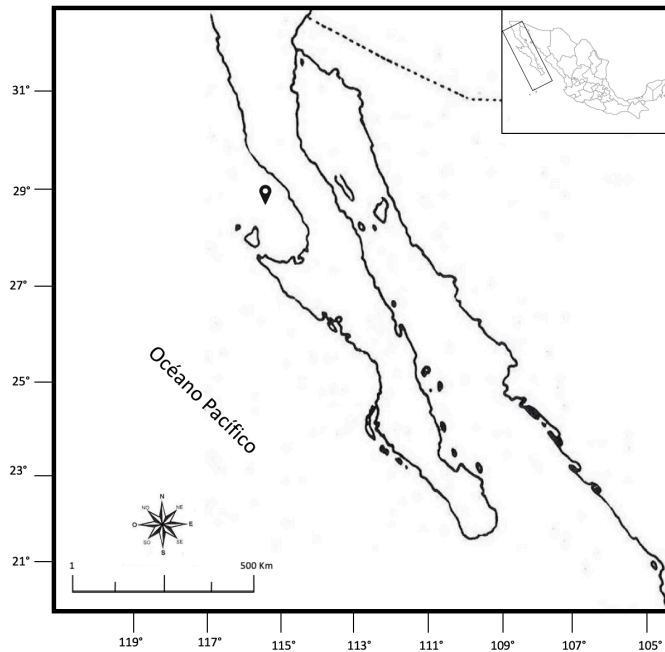


Figura 10. Distribución de *Crateromorpha* sp. nov.

Comentarios. La característica principal que distingue al género *Crateromorpha* de los demás grupos de la subfamilia Rosellinae es la presencia de espículas auriculares similares a las dermales que son principalmente pentactinas y estauractinas, una característica muy inusual para Rosellinae (Tabachnick 2002). Para este género se han descritos cinco subgéneros válidos y 15 especies válidas y distribuidas principalmente en aguas del océano Pacífico, así como del Índico y del Atlántico Norte. Los cinco subgéneros que componen al grupo son: *Aulochone* Schulze, 1886; *Craterochone* Tabachnick, 2002; *Caledochone* Tabachnick & Lévi, 2002; *Crateromorpha* Gray in Carter, 1872 y *Neopsacas* Tabachnick, 2002 (Van Soest *et al.*, 2019).

Las características morfológicas de las especies que mas se asemejan a nuestro ejemplar corresponden a los subgéneros *Aulochone* y *Crateromorpha*. Estos subgéneros se

caracterizan por contener esponjas pedunculadas vasiformes o en forma de hongo, con esqueleto conformado diactinas y pentactinas dermales, además de estauractinas y tetractinas. En la zona gastral presentan los mismos tipos de espículas, pero de menor tamaño y microscleras tipo hexasteres, a veces hemihexasteres y microdiscohexasteres (Tabachnick 2002).

Aunque este conjunto de características coincide con las de nuestros ejemplares, las principales diferencias de *Crateromorpha* sp. nov., frente a especies de los subgéneros *Aulochone* y *Crateromorpha* son: la diactinas y pentactinas (dermales y gstrales) son de mayor tamaño incluso visibles a simple vista que las de *Aulochone*. Las microscleras, aunque presentan tamaños similares la forma de los rayos principales o secundarios y la terminación de estos es muy variable. Al no haber un patrón en cantidad o tipo de terminación de la espícula, no se puede considerar como un carácter diagnóstico ya que generan una gran cantidad de combinaciones que puedan generar una mal interpretación de la diagnosis.

Ahora, si bien comparando con otras especies del mismo género se observó diferencias en la morfología y tamaño de algunas espículas, una característica importante de nuestro ejemplar que nos permitió determinar que puede ser una potencial nueva especie son los nódulos de gran tamaño en la parte central de la espícula (Véase apartado espículas: Pentactina IV), ya que este rasgo en ninguna otra especie del género *Crateromorpha* se ha reportado.

Tabla VI. Comparación del tamaño de las espículas de *Crateromorpha* sp. nov. con respecto a otras especies de *Crateromorpha* (*Crateromorpha*). Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo en micras. Los valores marcados con (*) corresponden a milímetros (mm). (-) Ausentes.

	<i>Crateromorpha</i> sp. nov.	<i>Crateromorpha meyeri</i>	<i>Crateromorpha lankesteri</i>
<u>Diactinas I</u>			
Longitud	16-(23)-30*	494-(1242.5)-1991	1360-(4460)-3100
<u>Diactina II</u>			
Longitud	22-(28)-34*	-	-
<u>Diactina III</u>			
Longitud	692-(781)-870	-	-
<u>Diactina IV</u>			
Longitud	1 35-(178)-222	-	-
<u>Pentactina I</u>			
Diámetro	9-(11.5)- 12*	1000-(1900)-2800	440-(480)-520
Longitud	13-(14)-15*	-	100-(150)-200
<u>Pentactina II</u>			
Diámetro	8-(10.5)-14*		570
Longitud	12-(16.5)-22*		
<u>Estauractinas y tetractinas</u>			
Diámetro	1002-(1380)-1760	53-(197.5)-342 53-(171)-289 (atrial)	- -
<u>Hexactinas</u>			
Diámetro	-	23-(83.5)-144 (radio)	80-(150)-220
<u>Oxihexaster</u>			
Diámetro	21-(26)-32	-	62
<u>Hexaster</u>			
Diámetro	-	58-(95.5)-133	-
<u>Microdiscohexaster</u>			
Diámetro	29-(32)-35	18-(47)-76	-
<u>Diaster</u>			
Diámetro	10-(15)- 20	-	-

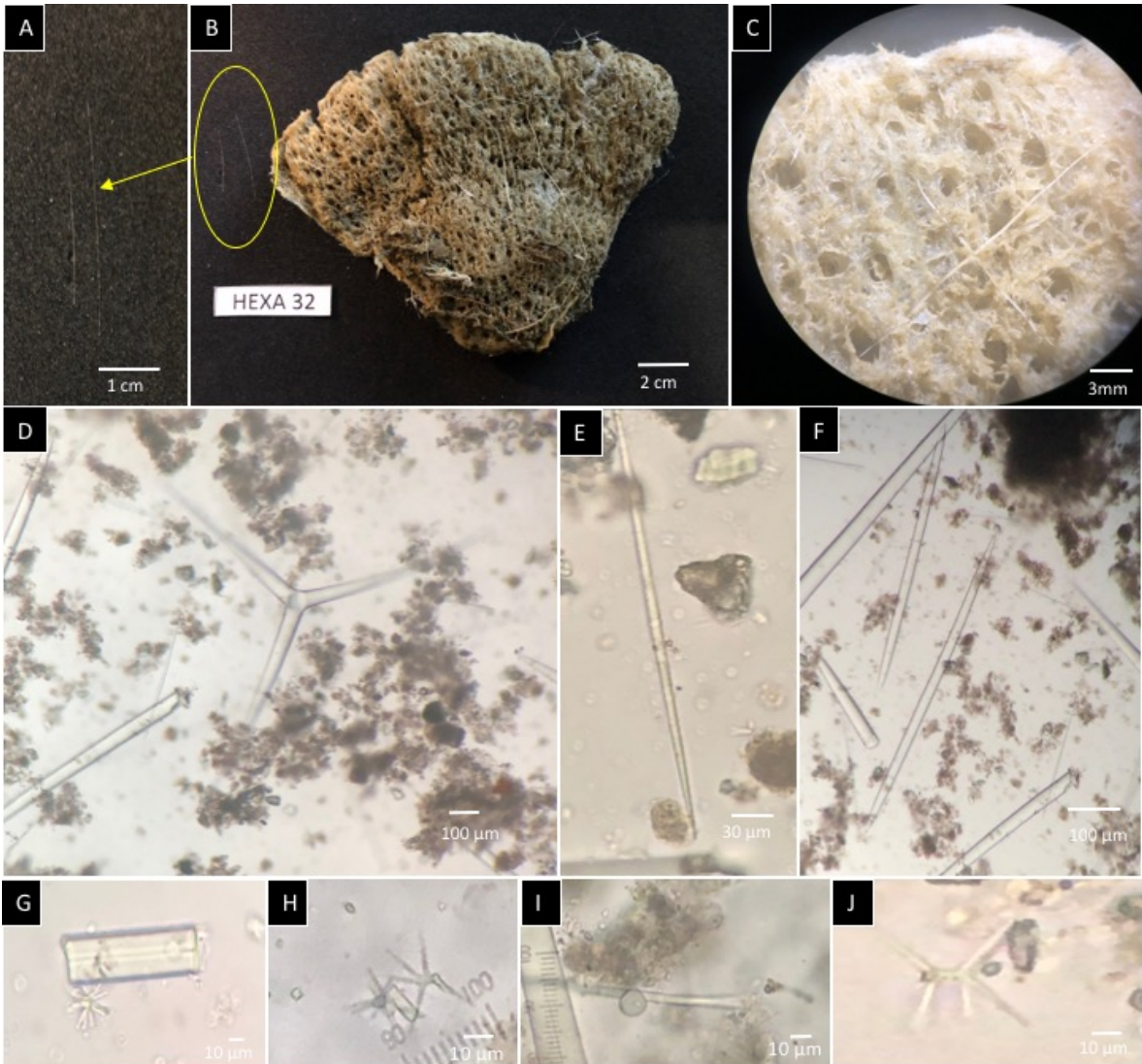


Lámina 4. Fotografía de *Crateromorpha sp. nov.* a) diactinas I dermales, b) ejemplar preservado, c) Pentactinas hipodermales, d) tetractinas, e) diactinas II, f) diactinas III lisas, g) microdiscohexaster, h) diaster I) diactina IV, j) diaster gastral.

Subgénero *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) Gray in Carter, 1872

Diagnosis. Esponja pedunculada con forma de hongo o vasiforme, basifita. El esqueleto coanosómico presenta diactinas y en menor proporción hexactinas; presenta pentactinas hipodermales. La dermis está compuesta de pentactinas y estauractinas, raramente triactinas, hexactinas y diactinas. Las espículas atriales son pentactinas, raramente hexactinas, estauractinas y diactinas. Las microscleras son de tipo hexaster, a veces hemihexaster y microdiscohexaster (Tabachnick, 2002).

***Crateromorpha* (*Crateromorpha*) sp. nov.**

Material examinado. HEXA-22. TALUD XV, Estación 23, 27°08'11"N 114°32'54"O, profundidad 530-625 m., 01/08/2012. HEXA-38. TALUD XV Estación 20, 26°30'42"N 113°56'19"O, profundidad 540-568 m, 01/08/2012. HEXA-50. TALUD XIV Estación 32, 23°16'58"N 110°20'42"O, profundidad 650-665 m, 05/08/2012.

Descripción. Esponja fragmentada de aspecto poroso con una longitud máxima de 15 cm de largo y 11 cm de ancho (Lám 5a). Las paredes presentan un grosor de 3 a 4 mm. La textura de la esponja es muy áspera tanto en la dermis como en la cavidad gastral, con una consistencia blanda y fácil de romper. El color preservado es beige-pardo.

Espículas. Las megascleras son diactinas, pentactinas, hexactinas, estauractinas y tetractinas que son clasificadas en distintas categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo hemidiaster, microdiscohexaster y diaster.

Diactinas I: son generalmente curvadas en la parte central, con extremos en forma de hasta. El tamaño es de 3400-(3575)-3750 µm de largo (Lám. 5c).

Diactinas II: son generalmente rectas, algunas ligeramente curvadas de tallo delgado y con extremos en forma de hasta. Miden 850-(1400)-1950 µm de longitud.

Diactinas III: son lisas o microespinadas y generalmente rectas; con extremos en forma de hasta. Tamaño: 575-(1600)-2625 µm de longitud.

Hexactinas: presentan una superficie espinada con extremos cónicos. Tamaño: 130-(164)-198 de diámetro (Lám. 5d)

Tetractinas: presentan rayos lisos con terminación cónica. Tamaño: 608-(788)-969 μm de diámetro (Lám. 5c).

Estauractinas: presentan ejes rectos microespinados con terminación redondeada redondeados. Tamaño: 145-(185)-225 μm de diámetro (Lám. 5e).

Hemidiaster: generalmente son lisas con 7-10 rayos que terminan en punta aguda. Tamaño: 16-(19)-22 μm de diámetro (Lám. 5f)

Microdiscohexaster: presenta de 7 a 12 rayos con extremos redondeados. Tamaño: 27-(29.5)-32 μm diámetro.

Diaster: está formado por 6-9 rayos delgados con extremos cónicos. Tamaños: 17-(23)- 29 μm de diámetro (Lám. 5g).

Esqueleto. La hipodermis y dermis están principalmente compuestas de diactinas tipo I y II, tetractinas, y raramente estauractinas. Los poros de la de la superficie miden entre 400-1000 μm de diámetro cubriendo todo el cuerpo. En la zona gastral predomina diactina tipo II y III, así como hexactinas y tetractinas. Las microscleras se encuentran distribuidas en todo el cuerpo de forma muy abundante, especialmente los microdiscohexasteres y hemidiasteres.

Distribución y hábitat. Los ejemplares de *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) sp. nov. fueron obtenidos frente a las costas de la localidad San Roque y de la laguna de San Ignacio, en el municipio de Mulegé, Baja California Sur; con profundidades entre los 530 a 625 m y una temperatura que oscila entre los 6.44-8.38 °C. Además, se registraron ejemplares cercanías a la isla San Pedro Nolasco, Sonora; con profundidades de 122 a 123 m, y una temperatura entre 6.44 y 13.7 °C. Las características de las localidades de Baja California Sur indican un suelo areno-limoso; sin embargo, para la localidad de Sonora se desconoce las características del suelo por no contar con información al respecto (Fig. 11).

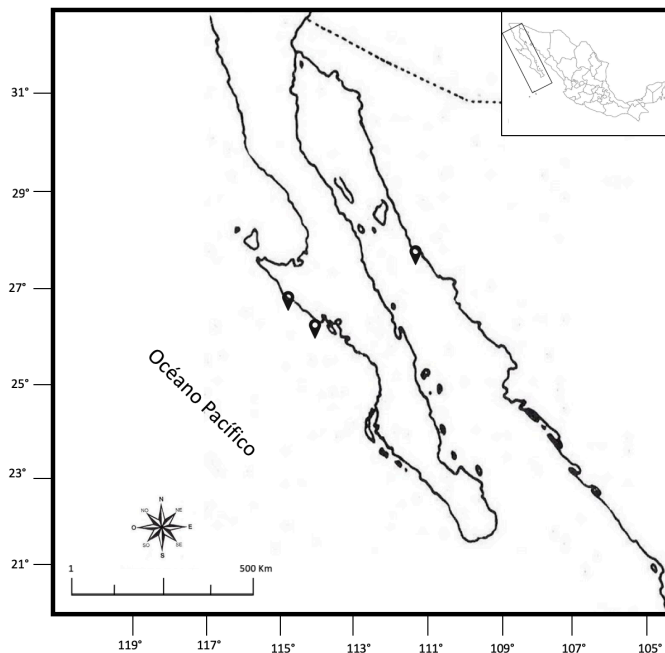


Figura 11. Distribución de *Crateromorpha (Crateromorpha) sp. nov.*

Comentarios. Para este subgénero se conocen seis especies válidas, distribuidas principalmente en Indonesia y Japón (*C. meyeri* Gray in Carter 1872, *C. pachyactina* Ijima 1898, *C. murrayi*, *C. thierfelderi*, *C. tumida* Schulze 1886), y frente a las costas de África del Sur (*C. lankesteri* Kirkpatrick 1902) (Van Soest, 2018).

El subgénero se caracteriza por presentar microscleras tipo hexaster, hemihexaster y microdiscohexasteres. En nuestros ejemplares estas espículas son las que presentaron mayor similitud con las de *C. meyeri*, principalmente por la abundancia de microdiscohexasteres y hemidiasteres, así como hexasteres microespinados con bordes redondeados como describe Gray (1872) para *C. meyeri*.

De acuerdo con WPD, *Crateromorpha (C.) meyeri* presenta cuatro variedades que están relacionadas en su forma externa, y ausencia o presencia de algunas espículas. En nuestro caso este criterio no fue tomado en cuenta ya que no contamos con el material completo y no fue posible hacer una comparación de estas características. No obstante, *C. (C.) meyeri* presenta dos variedades dependiendo de la localidad. La primera corresponde al holotipo (Filipinas), que se caracteriza por tener diactinas con terminación redondeada y rugosa, o

claviforme. Además de presentar pentactinas en la hipodermis generalmente cónicos con extremos rugosos o lisos. A diferencia de los ejemplares de la localidad de Nuevo Caledonia, estos raramente presentan pentactinas o incluso están ausentes. Nuestros ejemplares presentan diactinas lisas con extremos en forma de hasta y carecen de pentactinas tanto en la hipodermis como en el resto del cuerpo, lo cual nos indica que se asemejan mas a los ejemplares de Nueva Caledonia. Al realizar la comparación de las microscleras se pudo corroborar que presentan los mismos tipos de espículas, aunque los tamaños eran variables. Por ejemplo, los hemidiasteres y diasteres fueron mas pequeños en nuestros ejemplares que *C. (C.) meyeri* (Ver tabla VII). En relación los microdiscohexasteres, aunque estos coinciden con los tamaños, la tendencia de nuestras espículas corresponde a los valores mas pequeños del intervalo reportado para *C. (C.) meyeri*.

Aunque las características diagnosticas descritas para *C. (C.) meyeri* coinciden con los de nuestros ejemplares consideramos definirlos como potencial nueva especie por dos factores. En primer lugar, la variabilidad de la morfología externa y las características de las espículas de *C. (C.) meyeri* está relacionada a las localidades, como las diferencias que hay entre ejemplares de Filipinas y Nueva Caledonia. Ante esta situación consideramos que los ejemplares de Nueva Caledonia se traten de una nueva especie del género *Crateromorpha*, probablemente cercana a *Crateromorpha (Crateromorpha) sp. nov.* por la similitud en las características diagnosticas. En segundo lugar, la distribución de la especie *C. meyeri*, está delimitada para Indonesia, el océano Índico y Pacífico occidental, y dada las características que las esponjas tienen una baja tasa de dispersión y las condiciones del fondo marino (fosas profundas y montañas volcánicas sumergidas) que pueden actuar como barreras geográficas, consideramos que no se trate de la misma especie.

Tabla VII. Características de las espículas de *Crateromorpha (Crateromorpha) sp. nov.* con respecto a *Crateromorpha (Crateromorpha) meyeri*. Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo (μm).

(**) Datos no disponible.

	<i>Crateromorpha (C.) sp. nov.</i>	<i>Crateromorpha (C.) meyeri</i> (Filipinas)	<i>Crateromorpha (C.) meyeri</i> (Nueva Caledonia)
<u>Diaectinas</u> (Tipo II, II, III) Longitud	575-(2162)-3750 Superficie lisa, extremos cónicos	494-(242)-1991 Extremos redondeados rugosos o claviformes	**
<u>Pentactina I</u> Diámetro	Ausentes	500-1400 Terminación cónica y punta rugosa o lisa	Raramente presentes o ausentes
<u>Estauractinas y tetractinas</u> Diámetro	145-(1380)-969 μm Ejes microespinados con terminación redondeada o cónica	53-(197)-342 (radio) Superficie rugosa o lisa	**
<u>Hexactinas</u> Diámetro	130-(164)-198 Superficie microespinada con extremos cónicos	53-(171)-289 (radio)	**
<u>Hemihexaster</u> Diámetro	16-(19)-22	58-133 Rayos usualmente espinados o rugosos	**
<u>Microdiscohexaster</u> Diámetro	29-(32)-35	18-76	**
<u>Diaster</u> Diámetro	17-(23)- 29	-	Raramente presentes

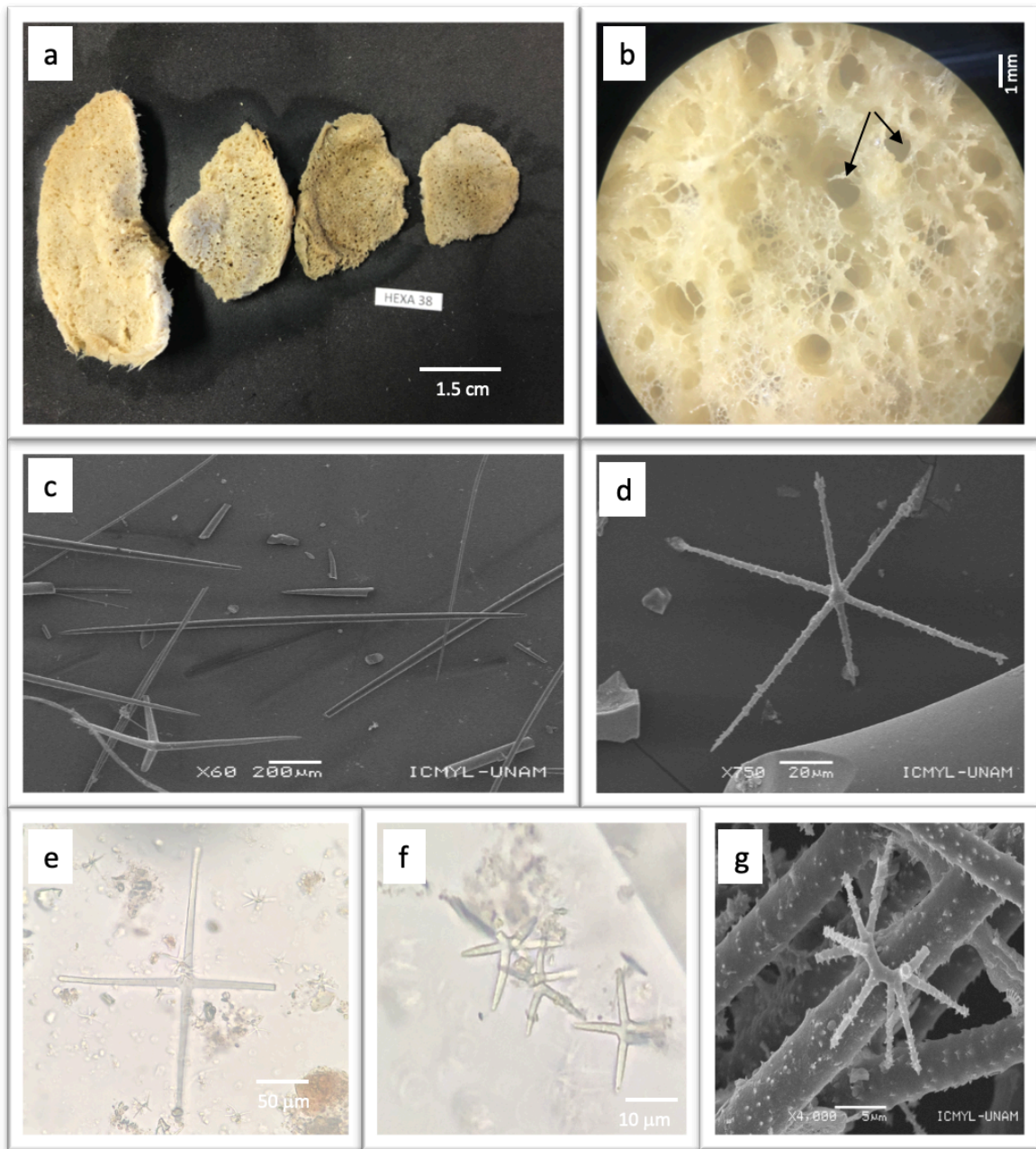


Lámina 5. Fotografía de *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) sp. nov. a) ejemplar preservado, b) poros superficiales, c) pentactinas hipodermales, d) hexactinas, e) estauractinas, f) hemidiaster, g) diaster.

Subgénero *Crateromorpha* (*Neopsacas*) Tabachnick, 2002

Diagnosis. Esponja con cuerpo en forma similar a una campana u ovoide. La basifita con pedúnculo largo. La cavidad atrial es grande y de paredes delgadas. El esqueleto coanosómico se compone principalmente de diactinas, raramente, tauactinas y pentactinas. Las espículas del pedúnculo son diactinas fusionadas entre sí por conexiones sinápticas. Las espículas de la dermalia y atralia son pentactinas, aunque la dermalia también contiene algunas hexactinas. Las microscleras son de tipo hexactinas, hexasteres, discohexasteres, discohexactinas, onicohexactinas, onicohemihexasteres, la mayoría de estas con una reducción en el número de rayos y formas irregulares en apariencia (Tabachnick, 2002).

***Crateromorpha* (*Neopsacas*) sp. nov.**

Material examinado. HEXA-3. TALUD XVI-B Estación 18, 30°39'30" N 116°25'09" O, Profundidad 740-785 m., 25/09/2014. HEXA-4. TALUD XVI-B Estación 18, 30°39'30" N 116°25'09" O, Profundidad 740-785 m., 25/09/2014. HEXA-13 TALUD XV Estación 20, 26°30'42" N 113°56'01" O, Profundidad 540-568m., 01/08/2012. HEXA-39 TALUD XV Estación 5D, 23°16'58"N 110°20'42"O, Profundidad 650-665 m, 01/08/2012.

Descripción. Los ejemplares identificados son fragmentos de esponjas de aspecto poroso con longitudes promedio de 12 cm de largo y 8.2 cm de alto. La pared es de 2 a 5 mm de espesor (Lám 6a). Presenta una consistencia firme pero fácil de romper, con una textura áspera y la coloración del material preservado es beige.

Espículas. Las megascleras son diactinas, monoactinas, pentactinas, estauractinas que son clasificadas en categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo microhexactina, Hemihexaster y onicohexaster.

Diactina I: son generalmente rectas y terminación en forma de hasta; por su gran tamaño se pueden ver a simple vista. Tamaño es de 2500-(3150)-3800 μm de largo (Lám. 6b).

Diactina II: son generalmente rectas, ligeramente ensanchadas en la parte central del tallo y con terminación en forma de hasta. Miden 1120-(1625)-2130 μm de longitud (Lám. 6c).

Diactina III: son lisas y generalmente recta, algunas presentan de dos a cuatro nódulos en la parte central del tallo; los extremos terminan en forma de hasta. Tamaño: 200-(260)-320 μm de longitud.

Diactina IV: son generalmente rectas, con tallo muy delgado y extremos con terminación en forma de hasta. Tamaño: 593-(800)-1008 μm de longitud.

Monoactinas: son generalmente lisas y rectas. Tamaño: 781-(840)-899 de μm de longitud (Lám. 6d).

Hexactinas: presentan rayos espinados con extremos cónicos. Tamaño: 187-(227)-268 μm de diámetro.

Estauractinas: son generalmente liso con rayos rectos, algunos ondulados: los extremos presentan terminación cónica. Tamaño: 395-(593)-791 μm de diámetro (Lám. 6e).

Tetractinas: presentan rayos lisos o con ondulaciones con terminación cónica. Tamaño: 540-(599)-658 μm de diámetro (Lám. 6f, 6g).

Hemihexasteres: son generalmente lisas con 7-10 rayos, con terminación en forma de hasta. Tamaño: 124-(176)-228 μm de diámetro (Lám. 6h).

Microhexactinas: son generalmente microespinadas con terminación cónica. Tamaño: 42-(56)-71 μm de diámetro (Lám. 6i, 6j).

Onicohexasteres: son microespinados con terminaciones perpendiculares al rayo principal. Tamaño: 19-(27)-35 μm de diámetro (Lám. 6k, 6l, 6m).

Esqueleto. La dermalia y atralia están compuestas por pentactinas I y II. En la superficie se observan canales circulares de 1.5 a 2 mm de diámetro que le dan un aspecto poroso a la esponja, estos canales están separados por conglomerados de espículas tipo II que forman penachos que se proyectan a la superficie. El parénquima está principalmente compuesta de estauractinas muy abundantes, así como de diactinas tipo II y IV, además de contar con hexactinas, hemihexasteres y onicohexasteres.

Distribución y hábitat. Los ejemplares de *Crateromorpha (Neopsacas)* sp. nov. se obtuvieron frente a Vicente Guerrero en Baja California a profundidades de 740-785 m con una temperatura de 5.48°C. En el estado de Baja California Sur, se recolectaron frente a la laguna de San Ignacio, en el municipio de Mulegé, con profundidades entre los 530 a 625 m

y una temperatura que oscila entre los 6.44-8.38 °C, y frente a El Pescadero a profundidades entre los 650 y 665 m, con temperatura de 6.15 °C. Las características de las localidades de Vicente guerrero y El Pescadero indican un suelo limoso, mientras que para la localidad de San Ignacio es tipo areno-limoso (Fig. 12).

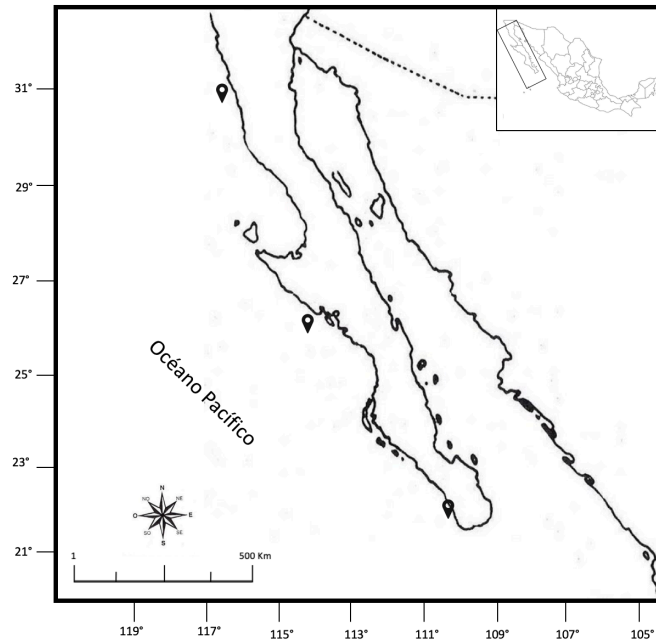


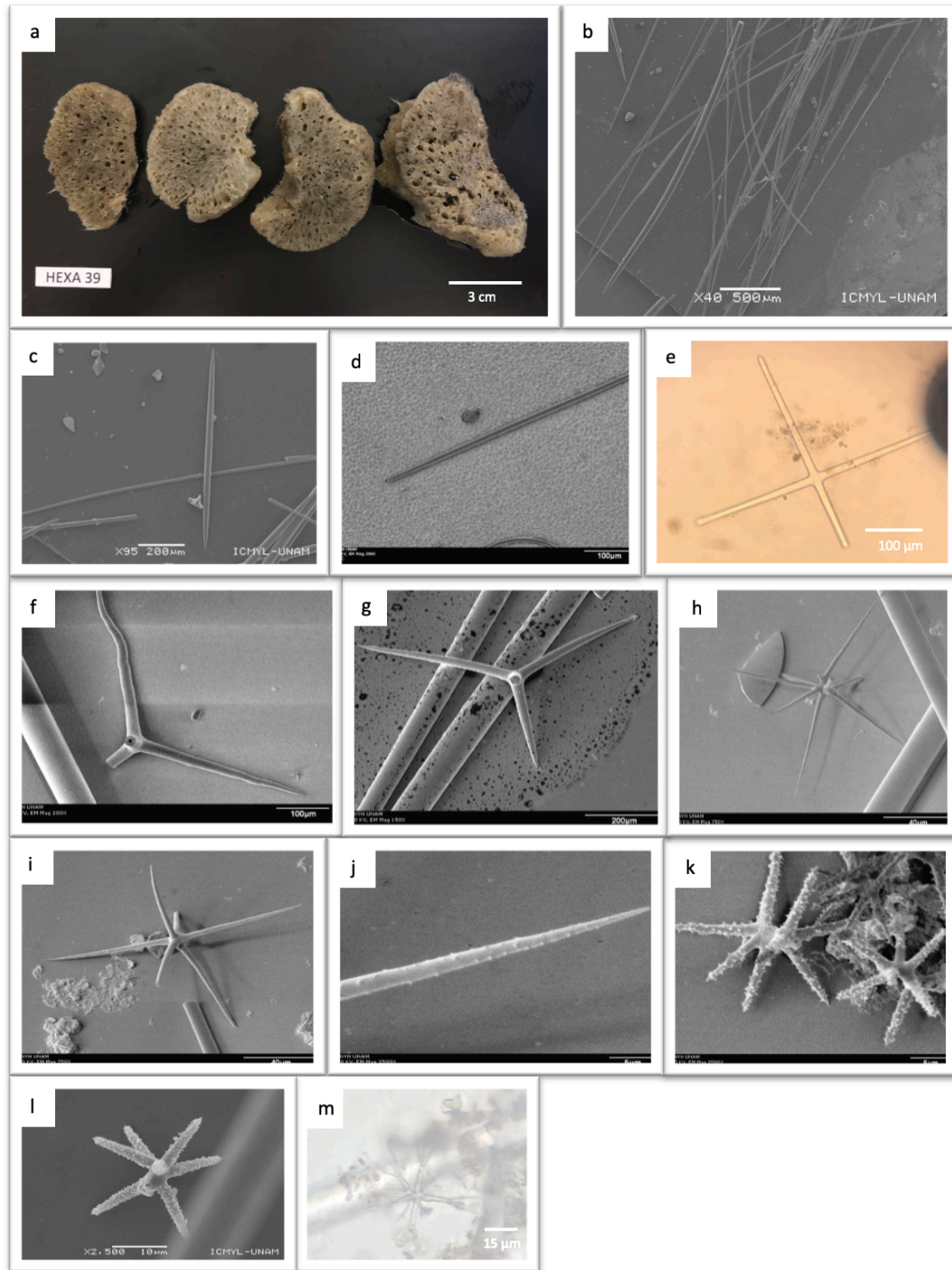
Figura 12. Distribución de *Crateromorpha (Neopsacas) sp. nov.*

Comentarios. El subgénero *Neopsacas* descrito por Tabachnick (2002) cuenta con tres especies validas: *C. (Neopsacas) krinovi*, que a su vez tiene dos subespecies, *C. (N.) krinovi discoli* descrita para Galápagos y *C. (N.) krinovi krinovi* para el noroeste del Atlántico tropical; *C. (N.) obi* para Indico (Menshenina *et al.* 2007); y *C. (N.) variata* para la región de Azores (Tabachnick 2002). Este subgénero se caracteriza por microscleras con formas oxioydales, onicoydales y discoidales, a diferencia de los demás subgéneros de *Crateromorpha* que indica la presencia de microscleras con formas oxioydales, muy raramente onicoydales (Tabachnick 2002).

En nuestros ejemplares las microscleras mostraron terminaciones onicoydales, por lo que definimos a esta especie como parte del subgénero *Neopsacas*. Sin embargo, al comparar con las cuatro especies anteriormente mencionadas, encontramos diferencias notables que nos permitió definir nuestros ejemplares como una potencial nueva especie. Las diferencias que presentan son: *C. (Neopsacas) obi* presenta drepanocomas, ausentes en nuestros individuos,

pero carece de diactinas que son abundantes en *Neopsacas sp. nov.*; (*N.*) *krinovi discoli* contiene diactinas, monoactinas, pentactinas, tauactinas, y discopentactinas fuertemente microespinadas, que en nuestros ejemplares son lisas. En (*N.*) *krinovi krinovi* se compone de pentactinas microespinadas, discopentactinas y discodiactinas y (*N.*) *variata* presenta diactinas definidas por el autor como “amfidiscos” que son diactinas cuyos extremos presentan estructuras poco desarrolladas similares a las umbelas de la subclase Amphidiscophora; todas estas características no las presentan nuestros individuos.

Dadas las diferencias notables entre las especies, así como su distribución podríamos inferir que puedan ser más de un subgénero. Sin embargo, se requiere de hacer un estudio mas exhaustivo de los materiales tipo para esclarecer esta problemática.



Lamina 6. Fotografía de *Crateromorpha (Neopsacas)* sp. nov. a) ejemplar preservado, b) diactinas, c) diactinas II, d) monoactina, e) estauractinas fragmentada, f) tetractina, g) tetractina h) hemihexaster, i) microhexactina, j) rayo de microhexactina , k-m) onicohexasteres.

Orden Sceptrulophora Mehl, 1992

Definición. Esponja con espículas de tipo esceptrula como megascleras (Mehl, 1992).

Familia Aphrocallistidae Gray, 1858

Diagnosis. Esponja de cuerpo tubular o en forma de embudo o copa, con divertículos cilíndricos o aplanados en forma de mitón. Presenta una pared de mallas dictionales principalmente triangulares, pero ocasionalmente rectangulares con un grosor de 0,6-10 mm. La dermis usualmente presenta hexactinas pinulares, pero pueden predominar las pentactinas; escopulas están presentes en la dermis, aunque también pueden encontrarse en la gastralía. La zona atrial está formada por hexactinas pinulares o diactinas de esponjas grandes. Las hexactinas son grandes, uncinadas y probablemente espinosas. Las microscleras incluyen hexactinas regulares, o de formas alargadas en un eje, con puntas de terminación disco, oxi y onco; hexasteres y hemihexasteres (Reiswig, 2002).

Género *Aphrocallistes* Gray, 1858

Especie tipo: *Aphrocallistes beatrix* Gray, 1858

Localidad tipo: Malacca, Malasia.

Diagnosis. Forma del cuerpo como una simple ramificación de túbulos o redes de ramificaciones y túbulos anastomosados; las placas de tubos (acomodo celular) se pueden formar a través del ósculo principal o dentro de la zona interna del tubo atrial; pared rígida de 1-10 mm de espesor. La estructura de la pared es en forma de panal de abeja y regular y de baja densidad, que resulta de diarisis (tubo largo) muy compactas separadas por septos finos y delicados, con mallas dictionales de 1-2 mm de espesor. La dermis generalmente está compuesta de hexactinas pinulares, aunque pueden predominar ocasionalmente las pentactinas; escopulas presentes. Ocasionalmente la zona atrial presenta puntas tipo púas que varían desde estrongilote, subtilote hasta oxiote, o bien con una terminación en forma de botón o disco dentado; uncinas presentes. Además, presenta diactinas tuberculadas con protuberancia en la parte central. Las microscleras son discohexasteres, tilohexasteres y/o oxihexaster, a menudo con una ramificación secundaria a dos rayos de un eje extendido (Reiswig, 2002).

Aphrocallistes beatrix Gray, 1858
Localidad tipo: Malacca, Malasia.

Sinonimia: *Aphrocallistes beatrix* Gray, 1858; Schulze, 1887. *Iphiteon beatrix*; Bowerbank, 1869. *Aphrocallistes bocagei* Wright, 1870. *Aphrocallistes ramosus* Schulze, 1886. Schulze, 1887. *Aphrocallistes beatrix orientalis* Ijima, 1916. *Aphrocallistes jejuensis* Sim & Kim, 1988. *Deanea favoides* Bowerbank, 1876; *Melittiatius ramosus* Schulze, 1885.

Material examinado. HEXA-40. TALUD XV, Estación 5D, 23°16'58"N 110°20'42"O, profundidad 650-665 m, 05/08/12. HEXA-46. TALUD XV, Estación 1, 23°18'40"N 111°19'37"O, profundidad 750-850 m, 04/08/2012. HEXA-47. TALUD XVI-B, Estación 27, 31°42'06"N 117°13'00"O, profundidad 1394-1397 m, 27/05/14. HEXA-61. Ejemplar del Pacífico mexicano, Localidad: no definida, Fecha: desconocida.

Descripción. Esponja en varios fragmentos con un promedio de 5 cm de largo y 4.6 cm de ancho; se caracterizan por presentar una pared de 2 mm de grosor, formando túbulos de 1.3-1.5 cm de diámetro (Lám. 7b). El ejemplar mas completo (HEXA 61), presenta forma de embudo con un tamaño de 22 cm de largo, 6 cm de ancho en la base de la esponja y 8.5 en la parte superior (Lám. 7a). El cuerpo esta compuesto por una red de túbulos que se forman a partir de la zona interna del tubo atrial; la pared presenta 2 cm de grosor. La base de la esponja es de forma ramosa con paredes más gruesas de 6 a 10 mm. La consistencia de la esponja es rígida, y al tacto es áspera, la coloración en la base es café-beige, mientras que el cuerpo es transparente dándole un aspecto cristalino.

Espículas. Las megascleras son uncinatas, pentactinas, pínulas hexactinales y escopulas que son clasificadas en categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo oxihexaster, discohexactinas y microhexactinas.

Diactinas: generalmente son lisas con extremos de borde redondeados y rugosos, miden de 500-2400 µm de longitud (Lám. 7d).

Uncinatos: se caracterizan por ser diactinas generalmente rectas con espinas muy delgadas a lo largo de todo el tallo y con terminación en forma de hasta. Tamaño: 441-(1995)-3550 μm de longitud (Lám. 7a).

Pínulas hexactinales I: se caracterizan por presentar cuatro rayos tangenciales de 306-(321)-336 μm de diámetro, generalmente lisos con terminación cónica. El proximal I presenta mayor longitud, es liso y con terminación cónica, mide 247-(321)-395 μm de longitud; el rayo proximal II es alargado, ligeramente claviforme con espinas cubriendo 2/3 del tallo, la longitud es de 138-(177)-217 μm (Lám. 7f).

Pínulas hexactinales II: se caracterizan por presentar cuatro rayos tangenciales de 237-(316)-395 μm de diámetro, estos ligeramente microespinados con terminación cónica. El rayo proximal I es liso y con terminación cónica, mide 168-(271)-375 μm de longitud; el rayo proximal II es claviforme con espinas cortas y lisas, la longitud es de 118-(167)-217 μm .

Pínulas hexactinales III: se caracterizan por presentar cuatro rayos tangenciales mas cortos de 276-(316)-356 μm de diámetro, estos son ligeramente microespinados con terminación cónica. El rayo proximal I es de mayor longitud con 79-(88)-98 μm y es ligeramente microespinado; el rayo proximal II es mas corto, claviforme con dientes cortos y con una longitud de 98-(118)-138 μm .

Escopulas I: son generalmente lisas y rectas con extremo ramificado en 4-6 rayos secundarios con terminación subtilote, el extremo contrario presenta terminación en forma de hasta; miden de 343-(401)-460 μm de longitud (Lám. 7g).

Escopulas II: son generalmente rugosas y rectas con extremo ramificado en 4-5 rayos secundarios de tallos ensanchado y superficie rugosa, lo extremos presentan terminación subtilote. El extremo contrario presenta terminación en forma de hasta; miden de 244-(257)-271 μm de longitud (Lám. 7h, 7i).

Oxihexasteres: son generalmente lisas, algunos rayos primarios presentar bifurcaciones formando de dos a cuatro rayos secundarios con terminaciones cónicas. Tamaño: 70-(102)-132 μm de diámetro (Lám. 7j).

Hemioxihexasteres: son lisas, algunas con rayos secundarios muy delgados, la terminación del rayo primario o secundario es aguda. Tamaño: 54-(70)-87 μm de diámetro (Lám. 7k).

Microhexactinas: generalmente microespinadas, algunas pueden ser lisas y con terminación cónica. Tamaño: 62-(74)-86 μm de diámetro.

Esqueleto. Esta especie presenta una estructura especializada formada a partir de espículas fusionadas que se define como marco dictional, la cual se compone de una capa primaria que forma una red con septos de 39-50 μm ancho con diarisis cuadradas con abertura de 122-147 μm ; en el intersección de los septos se observaron prolongaciones en forma de púas, que son microespinadas y miden de 186 a 220 μm de longitud (Lám. 7c). Además, se observó una segunda capa con septos más delgados y diarisis atriales triangulares o irregulares; en alguna zona hexactinas o pentactinas lisas estaban fusionada a los septos (Lám. 7e). La dermis esta compuesta por el marco dictional primario que está cubierto por pínulas hexactinales tipo I, II y II, cuyos rayos proximal I atraviesan los canales, proyectándose los rayos claviformes hacia la superficie. Los uncinatos y escopulas (I y II) se ubican perpendicularmente al marco dictional y a los canales de diarisis, atravesando el parénquima donde se encuentran los oxihexasteres y hemioxihexasteres. La zona atrial se compone la capa secundaria y de diactinas dispuestas horizontalmente.

Distribución y hábitat. Para la Región del Pacífico Oriental no existen reportes de *Aphrocallistes beatrix*, por lo que nuestros ejemplares serían los primeros registros para la zona y para el Pacífico mexicano (Fig. 13). Las localidades del presente estudio son las siguientes: en el estado de Baja California, frente a Ensenada a profundidades de 1394-1397 m y con una temperatura de 3.32 °C. En el estado de Baja California sur se obtuvieron frente a la costa de Todos Santos, a profundidades de 750-850 m y temperatura de 5.7 °C y frente a la costa de El Pescadero a profundidades entre los 650 y 665 m, con temperatura de 6.15 °C. Las características de las localidades indican un suelo limoso.

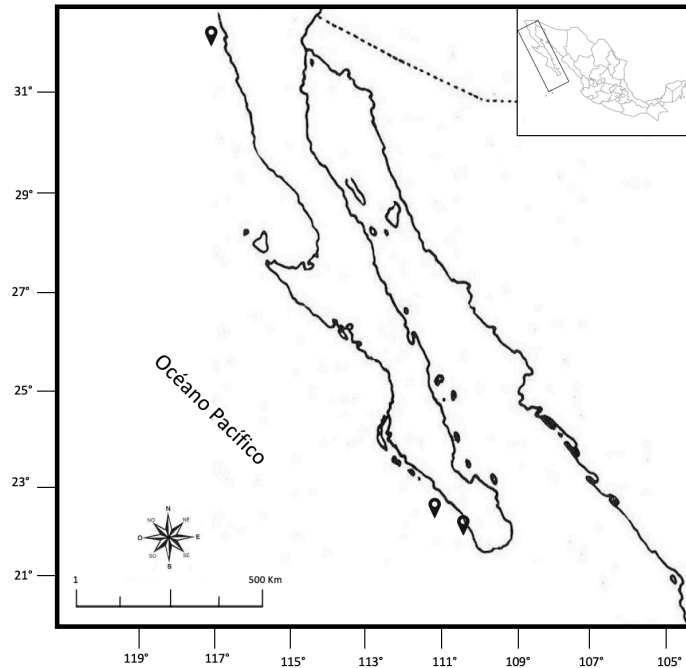


Figura 13. Distribución de *Aphrocallistes beatrix*.

Comentarios. El género *Aphrocallistes* fue establecido por Gray en 1858 a partir de la especie *A. beatrix* de la localidad de Malacca (Malasia), que gracias a su particular forma y esqueleto fundó una nueva familia que definió como Aphrocallistidae, que fue asignada al orden Corallispongia, entre las familias Dactylocalycidae y Euplectellidae. Wright (1870), describió *A. bocagei* de la localidad Cabo Verde, California, que fue reportada por varios autores en lugares como el golfo de México, costas portuguesas y española. A pesar de presentar diferencias en la estructura esquelética y algunas formas de las espículas, esta especie fue sinonimizada a *A. beatrix*. Así mismo fueron descritas 12 especies para este género en localidades como Japón, Corea, islas Aleutianas y Rusia, que finalmente por su similitud en estructura y forma algunas fueron sinonimizadas a *A. beatrix* y otras fueron trasladadas a otros grupos de las familias Euretinae y Dactilocalycidae. Finalmente, el género hasta el momento se mantiene con dos especies válidas, con distribución cosmopolita que son *A. beatrix* y *A. vastus*.

De estas dos especies, nuestros ejemplares coinciden con la descripción de *A. beatrix*, presentando similitud en la forma de embudo con una red de túbulos que se proyectan desde la zona atrial, a diferencia de *A. vastus* que presenta una forma plegada. Con respecto a las

espículas, otra característica que nos permitió distinguir nuestros ejemplares como *A. beatrix* es la ausencia de diactinas con protuberancia en la parte central del tallo y de monoactinas rugosas con extremo ensanchado, presentes en *A. vastus*.

Ahora si bien hemos identificados nuestros ejemplares como *A. beatrix*, es importante mencionar que diversas especies anteriormente descritas fueron sinonimizadas a esta especie. Según el Systema Porifera *A. bocagei* Wright, 1870; *A. ramosus* Schulze, 1886 y *A. jujuensis* Sim & Kim, 1988; se consideran como sinónimos de la subespecie típica, y *A. beatrix orientalis* Ijima, 1916; como una subespecie distinta (Hooper & Van Soest, 2002). Ante la problemática de la información acerca de la espiculación del espécimen tipo de *A. beatrix* (ver tabla VIII) que nunca han sido publicados y las variaciones distintivas en algunas espículas que han encontrado diversos autores; podemos inferir que las especies sinonimizadas si sean válidas y posiblemente existan mas especies. Por lo que se recomienda una revisión exhaustiva del material tipo de *A. beatrix* y las demás especies para definir si corresponden a una sola especie o no. En nuestro caso, revisando la literatura nuestros ejemplares coinciden con la descripción de *A. bocagei*, aunque dado que el estatus taxonómico de esta especie es no aceptado, nuestros ejemplares los definimos como *A. beatrix*.

Tabla VIII. Comparación del tamaño de las espículas de nuestros ejemplares con respecto *A. beatrix* y *A. vastus*. Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo en micras (μm).

	<i>Aphrocallistes beatrix</i>	<i>A. beatrix</i> (Grey, 1858) **	<i>A. vastus</i> (Schulze, 1886)
<u>Diaquinas</u>			
Longitud	1000-2400	1000-(1500)-2000	*
<u>Uncinatos</u>			
Longitud	441-(1995)-3550	*	*
<u>Pínula I</u>			
Diámetro	306-(321)-336		
Proximal I	247-(321)-395	*	*
Proximal II	138-(177)-217		
<u>Pínula II</u>			
Diámetro	237-(316)-395	*	*
Proximal I	168-(271)-375		
Proximal II	118-(167)-217		
<u>Pínula III</u>			
Diámetro	276-(316)-356	100-(150)-200-	*
Proximal I	79-(88)-98		
Proximal II	8-(118)-138		
<u>Escopulas I</u>			
Longitud	343-(401)-460	350-(425)-500	*
<u>Escopulas II</u>			
Longitud	244-(257)-271	*	*
<u>Oxihexaster</u>			
Diámetro	70-(102)-132	*	*
<u>Hemihexaster</u>			
Diámetro	54-(70)-87	80-(115)-150	30-(55)-80
<u>Microhexactinas</u>			
Diámetro	62-(74)-86	50-(62.5)-75	*

(*) Dato no reportado por el autor.

(**) Las medidas de las espículas corresponden a ejemplares de la isla Andaman (Hooper & Van Soest, 2002).

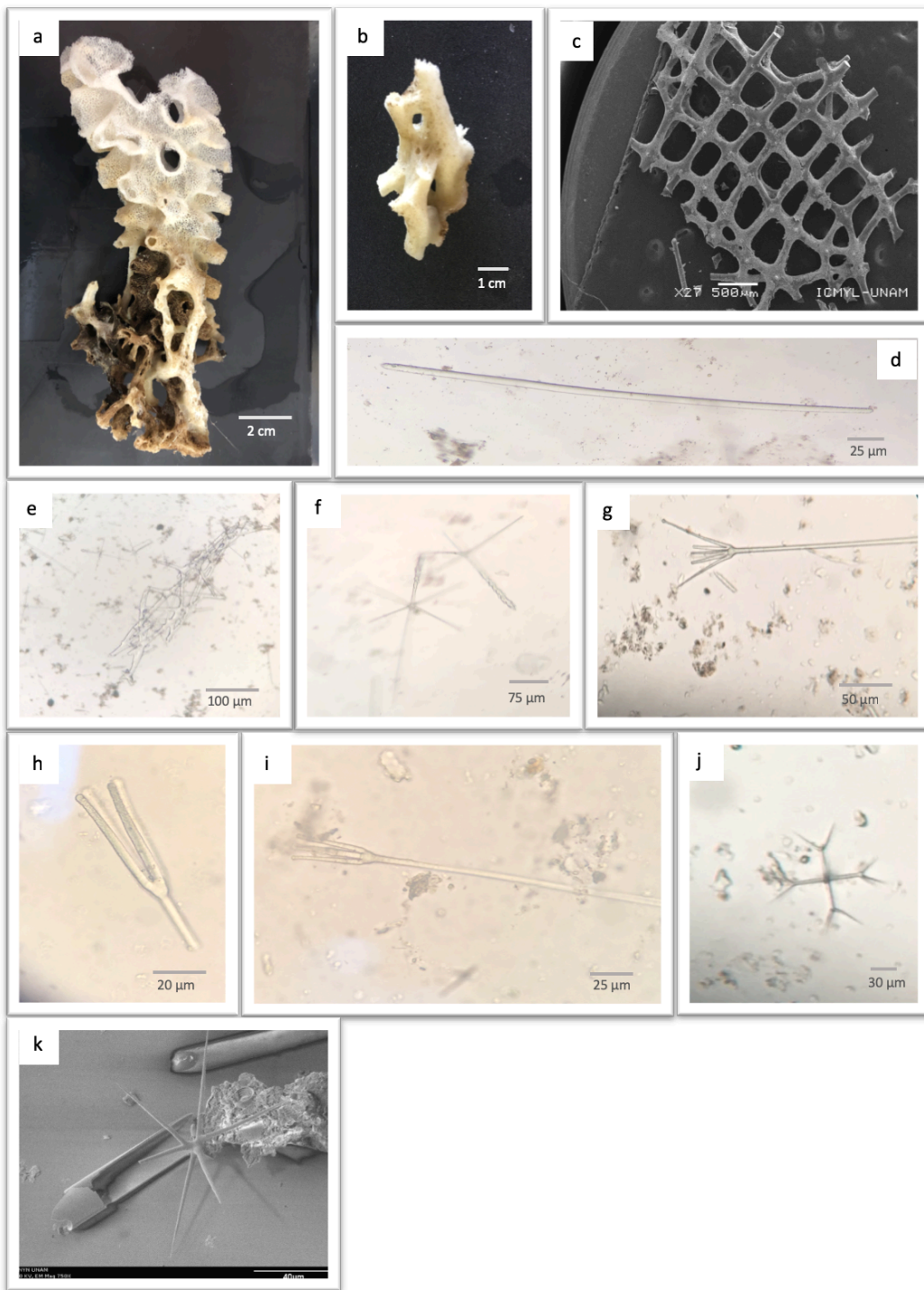


Lámina 7. Fotografía de *Aphrocallistes beatrix*. a) ejemplar preservado, b) fragmento de ejemplar preservado, c) marco dictional principal, d) diactina, e) marco dictional secundario, f) pínulas hexactinales, g) escopula I, h) extremo ramificado de escopula II, i) escopula II, j) oxihexaster, k) hemihexaster.

Género *Heterochone* Ijima, 1927
Especie tipo: *Cholenolasma calyx* (Schulze 1886)
Localidad tipo: Bahía Sagami, Japón.

Diagnosis. Esponja con forma de embudo o de plato con extensiones radiales tubulares en la pared lateral de 4-10 mm de espesor. Las diarisis claras presentes en la región lateral pueden oscurecerse por la adición irregular de una dictionalia, generado un engrosamiento en las regiones más antiguas. La dermalia y atralia se componen de hexactinas pinulares, escopulas de dos tipos y de espículas accesorias en ambas superficies; uncinatos de forma típica presentes. El parénquima incluye mesohexactinas con puntas secundarias con terminaciones tipo disco, oxi, tilo y onico (Reiswig, 2002)

Heterochone cf. tenera (Schulze, 1899)

Sinonimia. *Cholenolasma tenerum* Schulze 1899.

Material examinado. HEXA-20. TALUD XV, Estación 23, 27°08'11"N 114°32'54"O, profundidad 530-625 m, 01/08/2012. HEXA-29. TALUD XIV, Estación 32, 27°56'13"N 111°19'44"O, profundidad 122-123 m, 11/04/2011. HEXA-36. TALUD XV, Estación 1, 23°18'40"N 111°19'37"O, profundidad 750-850 m, 04/08/2012. HEXA-37. TALUD XV, Estación 23, 27°08'11"N 114°32'54"O, profundidad 530-625 m, 01/08/2012. HEXA-43. TALUD XV, Estación 23, 27°08'11"N 114°32'54"O, profundidad 530-625 m, 01/08/2012. HEXA-45. TALUD XV, Estación 1, 23°18'40"N 111°19'37"O, profundidad 750-850 m, 04/08/2012.

Descripción. La identificación de esta especie fue a partir de fragmentos de 3-6 cm de longitud y 3-4 cm de ancho (Lám. 8a). Los fragmentos presentan una pared de 3-5 mm de grosor formada por una malla de espículas fusionadas que le da una consistencia muy rígida a la esponja. La textura al tacto es áspera y de color transparente dándole un aspecto vítreo a la esponja.

Espículas. Las megascleras son uncinatos, pentactinas, pínulas hexactinales y escopulas que son clasificadas en categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo oxihexaster, discohexactinas y microhexactinas.

Uncinatos: se caracterizan por ser diactinas generalmente rectas con espinas muy delgadas a lo largo de todo el tallo y con terminación en forma de hasta. Tamaño: 441-(1995)-3550 μm de longitud (Lám. 8c, d).

Pínulas hexactinales: se caracterizan por presentar cuatro rayos tangenciales de 249-(256)-264 μm de diámetro, estos son microespinados con terminación cónica. El rayo proximal I presenta mayor longitud, es microespinado y con terminación cónica, miden 313-(322)-331 μm de longitud; el rayo proximal II es mas corto, claviforme con dientes cortos y con una longitud de 79-(92)-106 μm (Lám. 8f).

Escopulas: generalmente lisas con extremo ramificado en 4-6 rayos secundarios con terminación cónica o subtilote, el extremo contrario presenta terminación en forma de hasta; miden de 158-(240)-322 μm de longitud (Lám. 8g).

Oxihexasteres: son generalmente lisas, algunos rayos primarios presentar bifurcaciones formando rayos secundarios con terminación aguda. Tamaño: 102-(121)-140 μm de diámetro (Lám. 8i).

Discohexactinas (onichexactinas): son lisas o microespinadas, algunos con rayos secundarios, la terminación del rayo primario o secundario se caracteriza por presentar cuatro dientes marginales. Tamaño: 50-(62)-74 μm de diámetro.

Microhexactinas: generalmente microespinadas, algunas pueden ser lisas y con terminación cónica. Tamaño: 62-(74)-86 μm de diámetro.

Esqueleto. La especie se caracteriza por presentar una pared de espículas fusionadas formando un marco dictional con diarisis radiales y/o oblicuas con una apertura de 600-800 μm de diámetro, que forman un patrón de panal de abeja (Lám. 8b). En las regiones apicales del marco dictional presentan una prolongación en forma de púa microespinada que miden de 49-(84)-120 μm de longitud (Lám. 8b). La superficie esta cubierta por pínulas hexactinales, uncinatos y escopulas cuyos ejes proximales se encuentran perpendicular al marco dictional y a los canales de diarisis. El parénquima se compone principalmente de un marco dictional secundario de una coloración mas oscura (marrón o amarillo) que presentan

mallas más oblicuas o triangulares con aberturas de 49-(72)-96 μm , además de presentar espículas tipo microhexactinas, discohexactinas y oxihexactinas.

Distribución y Hábitat. Actualmente la especie está registrada en el Pacífico oriental en San Diego, California, por lo que los registros de nuestro estudio serían el primero para las costas mexicanas. Nuestros ejemplares fueron obtenidos frente a las costas de dos localidades del estado de Baja California Sur: San Roque, en el municipio de Mulegé, a profundidades de 530-625 m y temperatura 6.4 °C; y Todos Santos, en el municipio de La Paz, Baja California Sur; a profundidades de 750-850 m y temperatura de 5.7 °C. Además, se registraron ejemplares cerca de la isla San Pedro Nolasco, Sonora; con profundidades de 122-123 m, y una temperatura de 13.7 °C (Fig. 14). Las características de las localidades de Baja California Sur indican un suelo arenoso-limoso; sin embargo, para la localidad de Sonora se desconoce debido a que no se contó con información al respecto.

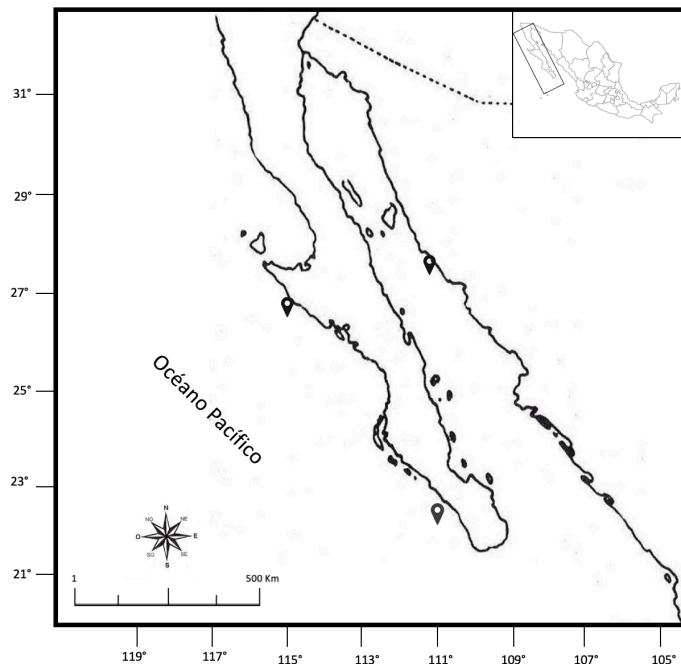


Figura 14. Distribución de *Heterochone cf. tenera*.

Comentarios. Según el WPD, hasta el momento el género *Heterochone* cuenta con cuatro especies válidas principalmente distribuidas en dos regiones del océano Pacífico. En el Pacífico Norte Occidental se registran *H. calyx* Schulze, 1886 en la bahía de Sagami, Japón

y *H. incognita* Koltun, 1967 en el mar de Okhotsk; para el Pacífico Norte Oriental, se reportan las especies *H. aleutiana* Okada, 1932 en las islas Aleutianas; y *H. tenera* Schulze, 1899 en San Diego, California (Van Soest *et al.*, 2018). Aunque la especie *H. calyx* fue descrita para Japón, esta presenta una amplia distribución en el Pacífico Norte, siendo reportada para localidades en el golfo de Alaska, frente a las costas de Canadá, Estados Unidos y Costa Rica (Wilson 1904, Laubenfels 1932, Lehnert & Stone 2016).

De estas, solo dos presentaron características morfológicas muy cercanas a nuestros ejemplares: *H. calyx* y *H. tenera*. Sin embargo, los tamaños de algunas espículas difieren siendo más pequeños en *H. calyx* en comparación a *Heterochone* cf. *tenera*, como en el caso de los uncinatos (441-3550 vs. 500-1540) y oxihexasteres (102-140 vs. 50-100). Caso contrario ocurre en las escopulas (242-550 vs 158-322) y microhexactinas (80-200 vs. 62-86) (ver tabla IX) donde son más grandes en *H. calyx* que en nuestros ejemplares

Si bien, Wilson (1904), Laubenfels (1932, 1988), Lehnert & Stone (2016) registran *H. calyx* en el Pacífico Oriental, no presentan una descripción completa que sirva para hacer una comparación de las características de esta especie en la región, con nuestros individuos. Por lo tanto, los criterios que se tomaron en cuenta para descartar que se tratara de esta especie fueron la diferencia de tamaños de espículas en ejemplares de Japón y la presencia de dos tipos de escopulas (rectas y en forma de “S”) presentes únicamente en nuestros ejemplares. Además, el marco dictional con tubérculos (nódulos) y púas lisas (espinas) en ejemplares de Norte América, contrario a nuestros ejemplares que presentan un marco dictional liso cubierta de púas microespinadas.

En el caso de *H. tenera*, aunque la descripción de Schulze (1899) no brinda la información necesaria para comparar los tamaños de las espículas, fue posible corroborar que presentan similitudes en su forma. Las características diagnosticas que definen a nuestros ejemplares como *Heterochone* cf. *tenera* fueron: escopulas rectas, y marco dictional liso con púas microespinadas en el margen apical. A pesar, de contar con estas características preferimos mantener nuestros ejemplares como cf. (confer) ya que es importante hacer una comparación de los tamaños de las espículas, así como del marco dictional, para afirmar que se trata de la

misma especie. Por lo tanto, se recomienda, hacer una revisión del material tipo de *H. tenera* e incluso proponer una redescrición de la especie con información más extensa y completa de sus características.

Tabla IX. Comparación del tamaño de las espículas de *Heterochone* cf. *tenera* con respecto a descripción de especies de *Heterochone*. Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo en μm .

	<i>Heterochone</i> cf. <i>tenera</i> (Schulze, 1899)	<i>H. tenera</i> (Schulze, 1899)	<i>H. calyx</i> . (Schulze, 1886)
<u>Uncinatos</u>			
Longitud	441-(1995)-3550	*	500-1540
<u>Pínulas hexactinales</u>			
Tangencial			
Proximal I	249-(256)-264		200-604
Proximal II	313-(322)-904 79-(92)-106	*	148-1265 48-115
<u>Escopulas</u>			
Longitud	158-(240)-322	*	242-550 -
<u>Oxihexasteres</u>			
Diámetro	102-(121)-140	100-200	50-100
<u>Discohexactinas</u>			
Diámetro	50-(62)-74	50-100	50-100
<u>Microhexactinas</u>			
Diámetro	62-(74)-86	*	80-200

(*) Dato no reportado por el autor

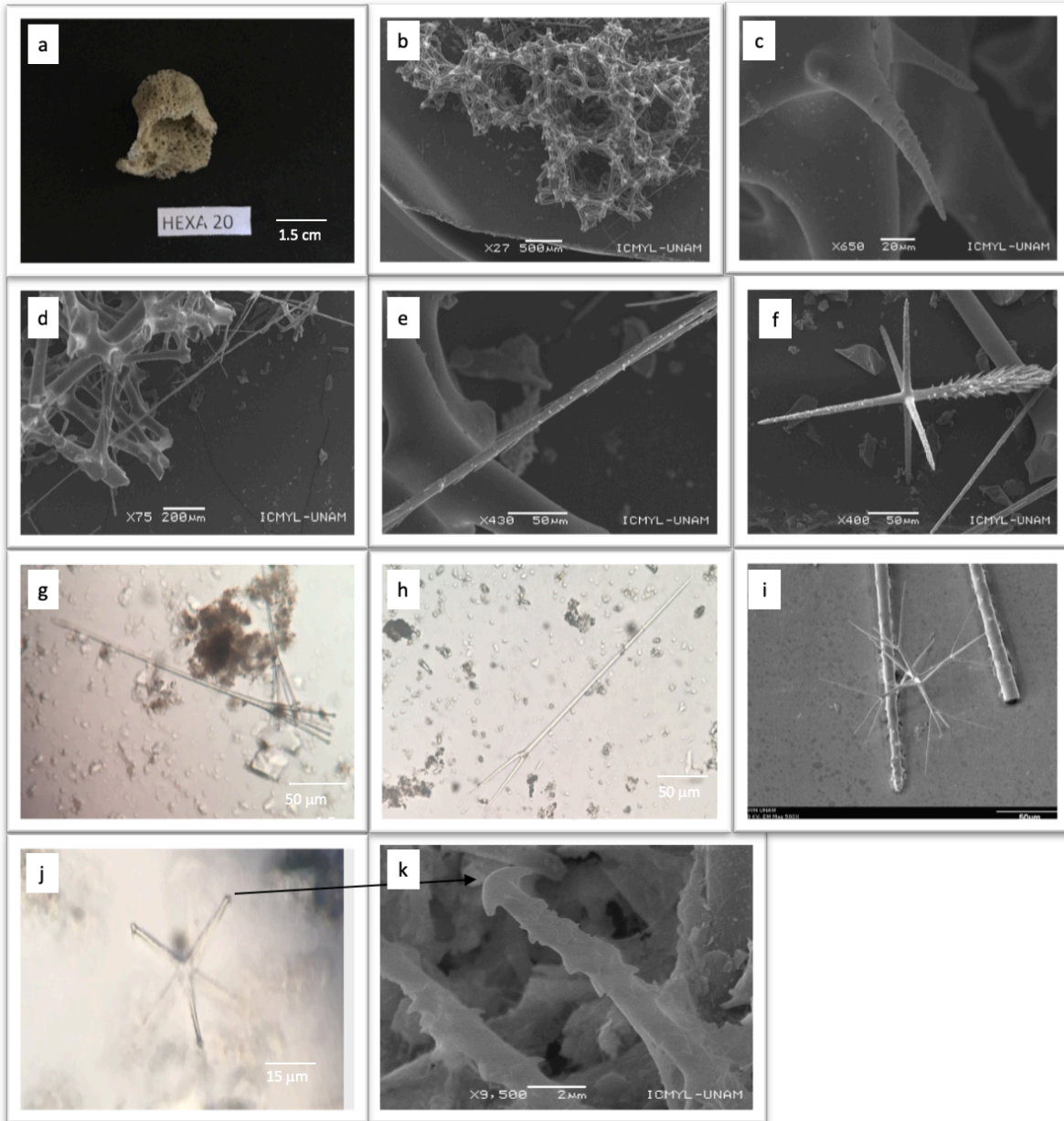


Lámina 8. Fotografía de *Heterochone cf. tenera*. a) material preservado. b) marco dictional, c) región apical del marco dictional, d) uncinato, e) tallo microespinado del uncinato, f) pínula hexactinal, g-h) escopula, i) oxihexactina, j) Discohexactina, k) extremo del rayo de discohexactina.

Familia Farreidae Gray, 1872

Diagnosis. La forma del cuerpo dentro de la familia es variable, desde la típica de ramificación tubular de pared delgada y patrones anastomosados, la forma de copa, embudo, hoja plana o ramificada. El esqueleto dictional primario no está canalizado, pero las capas secundarias presentan epírisas y/o aporises extradictionales poco profundas. El marco primario es fundamentalmente de una a tres capas fusionadas, con una malla dictional cuadrangular con nodos centrales verdaderos (cruz axial), mientras que las capas secundarias presentan una dictionalia unida con orientación indefinida, lo que resulta en falsos nodos y mallas triangulares. En la dermis y atrial, donde están presentes, las pentactinas son finamente espinadas o tuberculadas en la superficie externa. Además, presenta uncinatos y microscleras de tipo oxihexasteres o discohexasteres, o ambos. Los microscleras ocasionales son tilohexasteres, estaurasteres, pentasteres y diasteres (Reiswig, 2002).

Género *Farrea* Bowerbank, 1862

Especie tipo: *Farrea occa* Bowerbank, 1862

Localidad tipo: Islas Filipinas.

Diagnosis. Esponja con formas variables que van desde la típica ramificación dicotómica y de tubos anastomosados con ramas laterales abiertas, hasta en forma de embudo ancho o hoja delgada ondulada. La pared dictional primaria se compone de una monocapa regular rectangular con filamentos dictionales orientados longitudinalmente. La dictionalia secundaria esta añadida básicamente por una o mas duplicaciones de la capa primaria organizada; las capas secundarias pueden contener epírisas y/o aporises poco profundas. La dermis y zona atrial esta formada principalmente por pentactinas; las esceptrulas son de tipo clavula. Las microscleras características son oxihexasteres con rayos primarios largos con o sin discohexasteres; ocasionalmente pueden presentar tilohexasteres, pentasteres, estaurasteres y diasteres (Reiswig, 2002).

Farrea mexicana Wilson, 1904
Localidad tipo: Mar de Cortés

Material examinado. HEXA-8. TALUD XVI-B, Estación 5, 28°48'01"N 115°24'01"O, profundidad 772-776 m, 25/04/2014. HEXA-25. TALUD XIV, Estación 4, 23°16'58"N 110°20'42"O, profundidad 650-665m, 05/09/2012. HEXA-34. TALUD XV, Estación 5D, 23°16'58"N 110°20'42"O, profundidad 650-665m, 05/09/2012. HEXA-64. TALUD XVI-B, Estación 5, 28°48'01"N 115°24'01"O, profundidad 772-776 m, 25/04/2014

Descripción. Esponja vítrea con un tamaño promedio de 6.5 cm largo y 3.2 de ancho, la forma esta constituida por sistema tubular anastomosado o ramificado de 0.8 a 1.6 cm de diámetro. (Lám. 9a). Las paredes son muy delgadas y rígidas con un grosor de 1 mm con bordes irregulares. La consistencia es áspera y la coloración preservada es transparente que le confiere un aspecto cristalino.

Espículas. Las megascleras son uncinatos, pentactinas, y clavulas que son clasificadas en categorías de acuerdo con su forma y tamaño. Las microscleras son de tipo oxihexaster y microhexactinas.

Uncinatos: se caracterizan por ser diactinas generalmente rectas con espinas muy delgadas a lo largo de todo el tallo y con terminación en forma de hasta. Tamaño: 603-(1358)-1510 µm de longitud (Lám. 9c).

Pentactinas: se caracterizan por presentar rayos tangenciales microespinados y ligeramente curvados, los extremos presentan espinas mas robustas con terminación cónica; miden 441-(502)-563 µm de diámetro. El rayo proximal es generalmente recto y ligeramente microespinado con terminación en forma de hasta; mide 147-(202)-257 µm de diámetro µm de longitud (Lám. 9d).

Clavulas I: se caracterizan por presentar una umbela de forma ovoide de 10-16 dientes triangulares; el tallo generalmente es microespinado del tercio inferior con terminación lisa y en forma de hasta. Tamaño: 235-(290)-345 µm de longitud (Lám. 9e).

Clavulas II: se caracterizan por presentar una umbela en forma de ancla de cuatro a seis dientes; el tallo es recto y generalmente microespinado del tercio inferior con forma de hasta. Tamaño: 196-(268)-340 µm de longitud (Lám. 9f, 9i).

Oxihexasteres: presentan rayos primarios lisos relativamente largos, cada uno de los cuales soporta 3 terminales largos, con terminación en punta afiladas; miden 88-(120)-153 μm de diámetro (Lám. 9f, 9g).

Microhexactinas I (oxihexactinas): son generalmente lisas y rectas con terminación cónica; miden 54-(160)-267 μm de diámetro (Lám. 9h).

Microhexactinas II: son generalmente rectas, ligeramente microespinadas del centro al extremo de los rayos y con terminación cónica, miden 59-(110)-102 μm de diámetro (Lám. 9h).

Esqueleto. Esta formado por un marco dictional que forma una sola capa lisa y de bordes suaves, la malla presenta una abertura de 300-450 μm y generalmente es cuadrada. En los márgenes de crecimiento se observan prolongaciones en forma de púas microespinadas y curvadas con terminación cónica (Lám. 9b). Los fragmentos gruesos en la dermis presentan una capa secundaria más delgada con malla rectangulares u oblicua de 80-156 μm de abertura. En ambas capas se observaron microhexactinas II fusionadas por el extremo de uno de los rayos al marco dictional. La dermis está cubierta por pentactinas con los rayos tangenciales ligeramente curvados hacia la pared del cuerpo y el rayo proximal perpendicular al marco dictional, clavula y uncinatos presentes de forma transversal. El parénquima presenta espículas tipo por oxihexasteres y microhexactinas I; la gastralía está compuesta por un marco dictional de una capa, con pentactinas y clavulas II dispuestas de la misma manera que en la dermis.

Distribución y hábitat. Los ejemplares de *Farrea mexicana* fueron obtenidos al Norte del Pacífico mexicano en dos localidades: la primera localidad corresponde la estación 5 (talud XVI-B) que limita al Norte con Punta San Carlos, al Noroeste con la Isla Guadalupe, al este las costas de Baja California y al sur con la isla Cedros; la profundidad oscila entre 772 y 772 m con una temperatura de 5.34 °C, y se caracteriza por presentar un suelo limoso. La segunda se sitúa en Baja California Sur frente a las costas de El Pescadero del municipio de La Paz; presenta profundidades entre los 650 y 665 m, con temperatura de 6.15°C (Fig. 15). Las características de la localidad indican un suelo limoso.

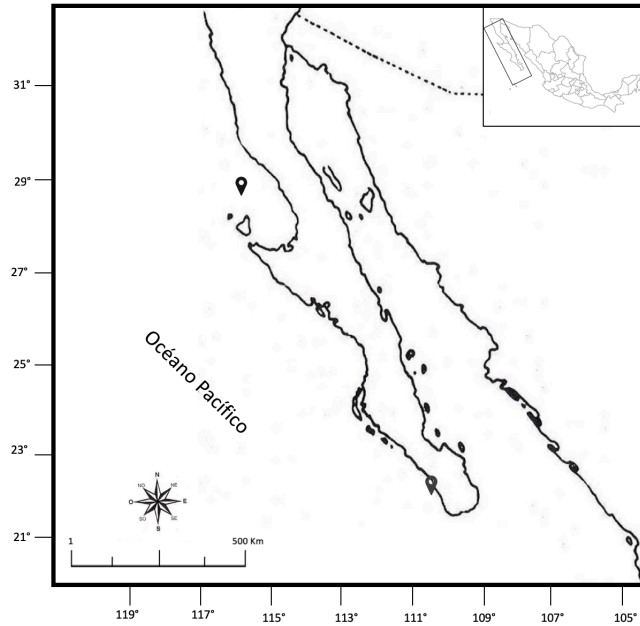


Figura 15. Distribución de *Farrea mexicana*.

Comentarios. Hasta el momento el género *Farrea* cuenta con 34 especies válidas distribuidas todos los océanos, principalmente en el océano Pacífico (Van Soest *et al.* 2019). En el Pacífico Oriental, se han reportado cinco especies que son: *F. convolvulus* Schulze 1899, para California; *F. mexicana* y *F. occa claviformis* Wilson 1904, para el mar de Cortés; *F. truncata* Reiswig 2014 y *F. schulzei* Reiswig 2018, para Oregón y Vancouver.

De acuerdo con la literatura consultada, las principales características diagnosticas entre especies son las variaciones en la forma del marco dictional y de las espículas, en particular las clavulas y oxihexasteres. Al comparar estas estructuras con las especies del Pacífico Oriental, encontramos diferencias notables en la reticulación de la malla, así como en las formas de la clavulas, siendo más variables (2-5 categorías) en las otras especies, mientras que la nuestra solo presenta dos categorías.

Ahora bien, las características morfológicas de nuestros ejemplares concuerdan muy bien con la descripción de *F. mexicana* de Wilson (1904). Dentro de las similitudes que encontramos fue la presencia de dos capas en el marco dictional en ciertas zonas. Aunque Wilson (1904) no describe con precisión cual zona de la esponja (dermalia o gastralía) presenta esta condición, asumimos que se refiere a la dermalia. Otra característica notable,

es la fusión de espículas microhexactinas (tipo II) al marco dictional; aunque en este caso el autor las define como oxihexaster, morfológicamente presentan las mismas características, lo que consideramos como una sinonimia del nombre de la espícula. Otras de las similitudes es la presencia de pentactinas con rayos tangenciales microespinados curvados hacia la pared de la superficie, así como la disposición de los uncinatos, y clavulas.

Con respecto al tamaño de las espículas, en general coinciden con los intervalos descritos a excepción de las clavulas dermales que en nuestros ejemplares son mas pequeños (Tabla X). La forma de las espículas, particularmente las clavulas y oxihexasteres fueron congruentes con *F. mexicana* y fue un de los caracteres mas importantes para descartar que se tratara de *F. occa claviformis*. En el caso de los oxihexasteres, nuestros ejemplares coincidieron con las características *F. mexicana* que reporta la presencia de 3 rayos secundarios con la misma longitud que presenta el rayo principal, a diferencia de *F. occa claviformis* que cuenta con 3 a 5 rayos secundarios con la mitad de la longitud del rayo principal. Así mismo, las clavulas de los ejemplares estudio concuerdan con las *F. mexicana* en la forma y el numero de dientes que puede ser de 12-16 (ocasionalmente pueden ser menor de 12 o mayor a 16); mientras que en *F. occa claviformis* la umbrela presenta variaciones en el numero y tamaño de dientes que puede estar reducidos, casi ausentes y son reemplazados por tubérculos.

Algo importante que mencionar, es que nuestros ejemplares se encontraron microhexactinas (tipo I) en el parénquima, no presentes en *F. mexicana*. Esta característica nos indica una posible variación de la especie, aunque no se puede afirmar hasta realizar una revisión del material tipo que nos permitirá definir nuestros ejemplos como una variación o subgénero de *F. mexicana* o una potencial nueva especie para el Pacífico mexicano.

Tabla X. Comparación del tamaño de las espículas de nuestros ejemplares con respecto a especies reportadas para el Pacífico mexicano. Los valores corresponden al mínimo-(promedio)-máximo (μm).

	<i>Farrea mexicana</i>	<i>Farrea mexicana</i> (Wilson, 1904)	<i>Farrea occa claviformis</i> (Wilson, 1904)
<u>Uncinatos</u>			
Longitud	603-(1358)-1510	750-1500	600-1200
<u>Pentactinas</u>			
Diámetro	441-(502)-563	280 (radio)	280 (radio)
Longitud	147-(202)-257	*	*
<u>Clavulas (dermales)</u>			
Longitud	235-(290)-345	320	300
<u>Clavulas (gastrales)</u>			
Longitud	196-(268)-340	500	240
<u>Oxihexasteres</u>			
Longitud	88-(120)-153	40-80	20-24 (longitud rayo principal)
<u>Microhexactinas I</u>			
Diámetro	54-(160)-267	-	-
<u>Microhexactinas II</u>			
Diámetro	59-(110)-102	Oxihexactinas 60-80 (Radio)	-m

(*) Dato no reportado; (-) ausentes

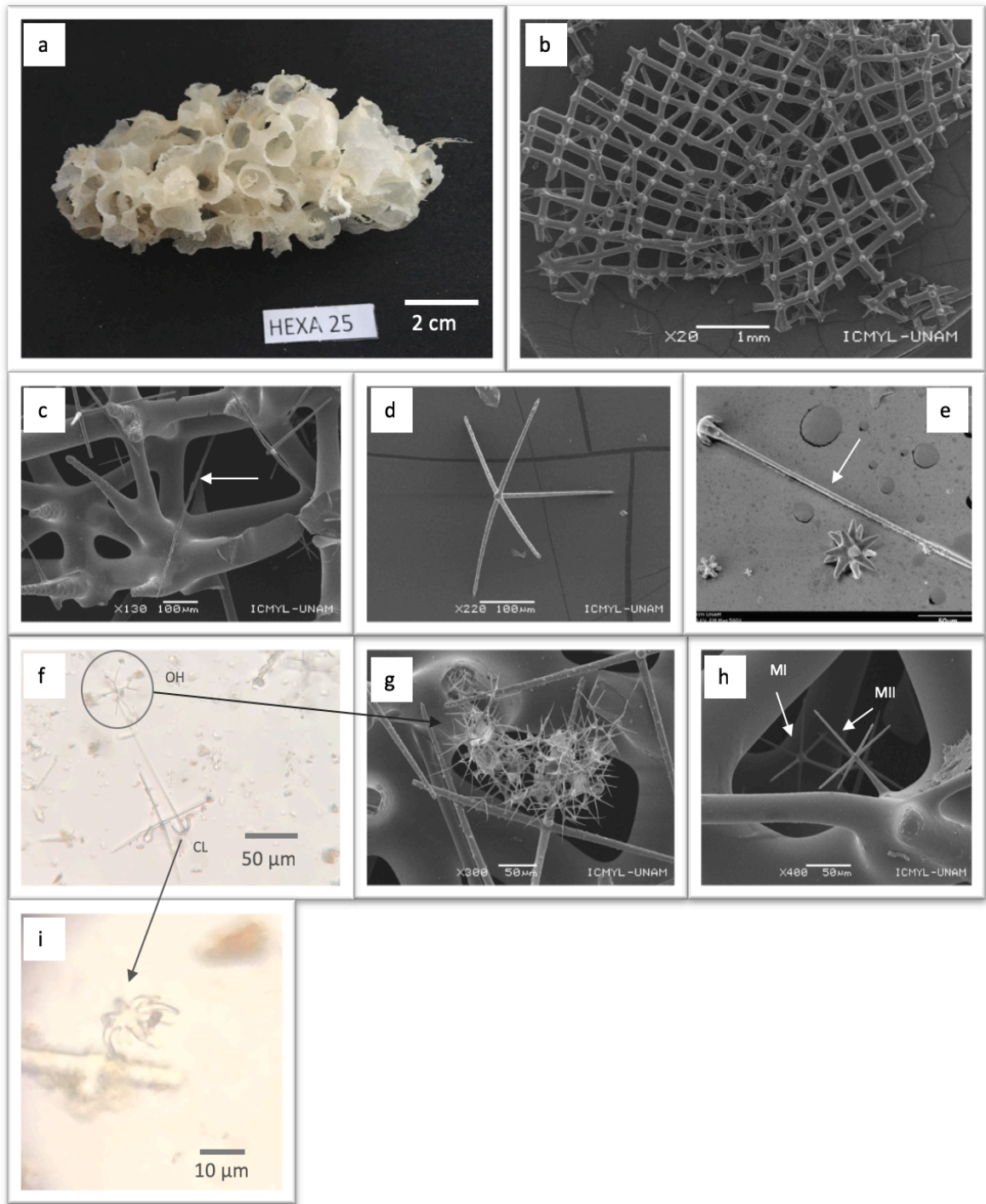


Lámina 9. Fotografía de *Farrea mexicana*. a) ejemplar preservado, b) marco dictional, c) uncinato, d) pentactina, e) clavula I; f) clavula II (CL), oxihexaster (OH); g) cde oxihexasteres parénquimales, h) microhexactina I (MI), microhexactinas II (MII); i) umbrela de clavula II.

6.4. Catálogo taxonómico de la clase Hexactinellida del Pacífico Oriental

En el siguiente catálogo se presenta una total de 57 especies, ordenadas sistemáticamente de acuerdo con los propuesto en el Systema Porifera (Hooper & Van Soest 2002) y el “World Porifera Database” (Van Soest *et al.* 2019).

Las especies válidas incluidas fueron consultadas en referencias bibliográficas, así mismo se incluyeron los nuevos registros reportados en el presente estudio, los cuales fueron actualizados siguiendo orden taxonómico del “WPD”. Adicionalmente se incluyeron las potenciales nuevas especies, con el fin de conocer la diversidad presente en el Noroeste del Pacífico mexicano, siendo el primer reporte de este tipo para la clase Hexactinellida en esta región.

Cada especie presenta información sobre la localidad tipo y distribución geográfica mundial actualizada. En el caso de las reportadas para el Pacífico mexicano, se incluyeron las localidades de este estudio y/o de trabajos previos. Además, se incluyen las referencias bibliográficas y comentarios adicionales sobre los cambios o modificaciones en el estatus taxonómico de las especies.

Subclase **Amphidiscophora** Schulze, 1886

Orden **Amphidiscosida** Schrammen, 1924.

Familia **Hyalonematidae** Gray, 1857

Género **Hyalonema** Gray, 1832

Subgénero **Corynonema** Ijima, 1927

Hyalonema (Corynonema) sp.1

Distribución: Baja California, México.

Referencias: Presente estudio.

Hyalonema (Corynonema) sp. 2

Distribución: Noroeste del Pacífico mexicano.

Referencias: presente estudio.

Hyalonema (Corynonema) depressum Schulze, 1886

Localidad tipo: Islas Mellish.

Distribución: Pacífico Norte y Central.

Referencias: Schulze (1886), Kersken *et al.* (2017).

Hyalonema (Corynonema) grandancora Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Pacífico sudeste tropical, Estación 4701.

Distribución: Zona económica de Chile.

Referencias: Lendenfeld (1915).

Hyalonema (Corynonema) hercules Schulze, 1899

Localidad tipo: Islas Galápagos.

Distribución: Islas Galápagos.

Referencias: Schulze (1899).

Hyalonema (Corynonema) tylostylum Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Perú centro.

Distribución: Pacífico norte y sur, Clarion-Clipperton.

Referencias: Lendenfeld (1915), Kersken *et al.* (2017).

Subgénero ***Cyliconema*** Ijima, 1927

Hyalonema (Cyliconema) polycaulum Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Baja California, México.

Distribución: Pacífico Norte, Islas Galápagos, Filipinas.

Referencias: Lendenfeld (1915), Lévi (1964).

Subgénero ***Cyliconemaoida*** Dohrmann, 2017

Hyalonema (Cyliconemaoida) campanula Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Perú centro.

Distribución: Pacífico Sur, Pacífico Norte.

Referencias: Lendenfeld (1915); Kersken *et al.* (2017).

Hyalonema (Cyliconemaoida) ovuliferum Schulze, 1899

Localidad tipo: Fiordos del Pacífico norte americano

Distribución: Golfo de Alaska, Zona Clarion-Clipperton, Panamá

Referencias: Wilson, 1904; Schulze, 1899; Lehnert & Stone, 2016; Kersken *et al.* 2017

Subgénero ***Onconema*** Ijima, 1927

Hyalonema (Onconema) agassizi Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Zona económica de Perú.

Distribución: Pacífico sur y Clarion-Clipperton, Pacífico oeste.

Referencias: Lendenfeld (1915), Hooper & Van Soest (2002), Kersken *et al.* (2017).

Hyalonema (Onconema) clarioni Kersken *et al.*, 2017

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.

Distribución: Clarion-Clipperton (Pacífico Norte).

Referencias: Kersken *et al.* (2017).

Hyalonema (Onconema) obtusum Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Islas Marquesas.

Distribución: Islas Marquesas, Zona Clarion Clipperton, Ensenada sur de California.

Referencias: Kersken *et al.* (2017).

Subgénero *Oonema* Lendenfeld, 1915

Hyalonema (Oonema) pedunculatum Wilson, 1904

Localidad tipo: Provincia abisal, Pacífico central.

Distribución: Zona abisal entre Nicaragua-Chiapas.

Referencias: Wilson (1904).

Subgénero *Prionema* Lendenfeld, 1915

Hyalonema (Prionema) brevidarix Kersken *et al.* 2017

Localidad tipo: Zona de fractura de Clarion-Clipperton.

Distribución: Pacífico norte.

Referencias: Lendenfeld (1915), Kersken *et al.* (2017).

Hyalonema (Prionema) poculum Schulze, 1886

Localidad tipo: Islas de Juan Fernández, Chile.

Distribución: Zona económica de Chile.

Referencias: Schulze (1886, 1887).

Familia *Pheronematidae* Gray, 1870

Género *Poliopogon* Thomson, 1877

Poliopogon microuncinata Kersken *et al.* 2017

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.

Distribución: Clarion-Clipperton.

Referencias: Kersken *et al.* (2017).

Género *Pheronema* Leidy, 1968

Pheronema nasckaniense Tabachnick, 1990

Localidad tipo: Placa de Nazca.

Distribución: Placa de Nazca, ZEE Chile.

Referencias: Tabachnick, 1990.

Género *Schulzeviella* Tabachnick, 1990

Schulzeviella gigas (Schulze, 1886)

Localidad tipo: Nueva Zelanda.

Distribución: Nueva Zelanda, Perú, Chile.

Referencias: Schulze (1886), Tabachnick (1990), Hooper & Van Soest (2002).

Comentarios: anteriormente descrita como *Poliopogon gigas*, posteriormente fue transferida al género *Schulzeviella*.

Subclase *Hexasterophora* Schulze, 1886

Orden *Lyssacinosida* Zittel, 1877

Familia *Euplectellidae* Gray, 1867

Subfamilia *Bolosominae* Tabachnick, 2002

Género *Hyalostylus*, Schulze, 1886

Hyalostylus microfloricomus Kersken *et al.*, 2018

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.
Distribución: Clarion-Clipperton.
Referencias: Kersken *et al.* (2018).

Hyalostylus schulzei Kersken *et al.* 2018

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.
Distribución: Clarion-Clipperton.
Referencias: Kersken *et al.* (2018).

Género ***Saccocalyx*** Schulze, 1986

Saccocalyx pedunculatum Schulze, 1986

Localidad tipo: Bahía de Bengala.
Distribución: Océano Índico, Clarion-Clipperton.
Referencias: Schulze (1896), Hooper & Van Soest (2002), Kersken *et al.* (2018).

Saccocalyx microhexactin Gong *et al.* 2015

Localidad tipo: Monte submarinos Jiaolong, China.
Distribución: China, Clarion-Clipperton.
Referencias: Gong *et al.* (2015).

Subfamilia ***Corbitellinae*** Gray, 1872

Género ***Pseudoplectella*** Tabachnick, 1990

Pseudoplectella dentatum Tabachnick, 1990

Localidad tipo: Isla Salas y Gómez.
Distribución: Chile.
Referencias: Tabachnick (1990), Hooper & Van Soest (2002).

Género ***Corbitella*** Gray, 1867

Corbitella discaterosa Tabachnick & Lévi, 2002

Localidad tipo: Nueva Caledonia.
Distribución: Nueva Caledonia, Clarion-Clipperton.
Referencias: Tabachnick & Lévi (2002), Kersken *et al.* (2018).

Subfamilia ***Euplectellinae*** Gray, 1867

Género ***Docosaccus*** Topsent, 1910

Docosaccus maculatus Kahn *et al.* 2013

Localidad tipo: Norte de California.
Distribución: Norte de California, Clarion-Clipperton.
Referencias: Kahn *et al.* (2013), Kersken *et al.* (2018).

Docosaccus nidulus Kersken *et al.* 2018

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.
Distribución: Clarion-Clipperton.
Referencias: Kersken *et al.* (2018).

Género ***Holascus*** Schulze, 1886

Holascus euonyx (Lendenfeld, 1915)

Localidad tipo: Panamá.

Distribución: Pacífico norte, Panamá, Clarion-Clipperton.

Referencias: Lendenfeld (1915), Hooper & Van Soest (2002), Kersken *et al.* (2018).

Comentarios: anteriormente descrita como *Holascella euonyx*, posteriormente fue transferida al género *Holascus*.

***Holascus spinosus* Kersken *et al.*, 2018**

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.

Distribución: Clarion-Clipperton.

Referencias: Kersken *et al.* (2018).

***Holascus taraxacum* (Lendenfeld, 1915)**

Localidad tipo: Zona económica de Perú.

Distribución: Ecuador, Clarion-Clipperton.

Referencias: Lendenfeld (1915), Kersken *et al.* (2018).

Familia **Rossellidae** Schulze, 1885

Subfamilia **Acanthascinae** Schulze, 1887

Género ***Acanthascus*** Schulze, 1887.

***Acanthascus* sp.**

Distribución: Baja California, México.

Referencias: presente estudio.

***Acanthascus koltuni* Reiswig & Stone, 2013**

Localidad tipo: Isla Aleutianas.

Distribución: Golfo de Alaska.

Referencias: Reiswig & Stone (2013).

***Acanthascus malacus* Reiswig, 2014**

Localidad tipo: Fiordos Pacífico Norte América.

Distribución: Alaska.

Referencias: Reiswig (2014).

***Acanthascus platei* Schulze, 1886**

Localidad tipo: San Diego, California.

Distribución: Alaska.

Referencias: Schulze (1886,1887); Laubenfels (1932).

***Rabdocalyptus dawsoni* (Lambe,1983)**

Localidad tipo: Oregón, Washington, Costa de Vancouver.

Distribución: Golfo de Alaska, Pacífico Norte.

Referencias: Lambe (1983), Schulze (1899), Lehnert & Stone (2016).

Comentarios: anteriormente descrita como *Bathydorus dawsoni*, posteriormente fue transferida al género *Rabdocalyptus*.

Género *Rabdocalyptus* Schulze, 1886

Rabdocalyptus dawsoni (Lambe, 1983)

Localidad tipo: Oregón, Washington, Costa de Vancouver.

Distribución: Golfo de Alaska, Pacífico Norte.

Referencias: Lambe (1983), Schulze (1899) Lehnert & Stone (2016).

Comentarios: anteriormente descrita como *Bathydorus dawsoni*, posteriormente fue transferida al género *Rabdocalyptus*.

Género *Staurocalyptus* Ijima, 1897

Staurocalyptus dowlingi (Lambe, 1983)

Localidad tipo: Estrecho de Georgia, Isla Vancouver.

Distribución: Isla Vancouver, Golfo de Alaska.

Referencias: Lambe (1983), Lehnert & Stone (2016).

Comentarios: anteriormente descrita como *Rhabdocalyptus dowlingi*, posteriormente fue transferida al género *Staurocalyptus*.

Staurocalyptus hamatus Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Islas Galápagos.

Distribución: Islas Galápagos.

Referencias: Lendenfeld (1915).

Staurocalyptus roeperi (Schulze, 1886)

Localidad tipo: Puerto Bueno, Chile.

Distribución: Puerto Bueno, Chile.

Referencias: Schulze (1886).

Comentarios: anteriormente descrita como *Rhabdocalyptus roeperi*, posteriormente fue transferida al género *Staurocalyptus*.

Subfamilia *Lanuginellinae* Gray, 1872

Género *Caulophacus* Schulze, 1886

Subgénero *Caulophacus* Schulze, 1886

Caulophacus (Caulophacus) chilense Reiswig & Araya 2014

Localidad tipo: Chile central.

Distribución: Chile central.

Referencias: Reiswig & Araya (2014).

Caulophacus (Caulophacus) variens Tabachnick, 1988

Localidad tipo: Islas Line.

Distribución: Océano Pacífico.

Referencias: Tabachnick (1988), Hooper & Van Soest (2002), Kersken *et al.* (2018).

Género *Lanugonychia* Lendenfeld, 1915

Lanugonychia flabellum Lendenfeld, 1915

Localidad tipo: Isla de Pascua, Chile.

Distribución: Isla de Pascua, Chile.

Referencias: Lendenfeld (1915).

Subfamilia **Rosellinae** Schulze, 1885

Género **Aphorme** Schulze, 1899

Aphorme horrida Schulze, 1899

Localidad tipo: San Diego, California.

Distribución: San Diego, California.

Referencias: Schulze (1899).

Género **Bathydorus** Schulze, 1886

Bathydorus uncifer Schulze, 1899

Localidad tipo: Islas Galápagos.

Distribución: Islas Galápagos.

Referencias: Schulze (1899).

Género **Crateromorpha** Gray, 1872

Crateromorpha sp. nov.

Localidad tipo: Baja California, México.

Distribución: Pacífico mexicano.

Referencias: presente estudio.

Subgénero **Crateromorpha** Gray *in* Carter, 1872

Crateromorpha (Crateromorpha) sp. nov.

Localidad tipo: Islas Filipinas.

Distribución: Islas Filipinas, Nueva Caledonia, Pacífico mexicano.

Referencias: Gray *in* Carter (1872), Tabachnick & Lévi (2004), presente estudio.

Subgénero **Crateromorpha** Tabachnick & Lévi, 2004

Crateromorpha (Neopsacas) sp. nov.

Distribución: Pacífico mexicano.

Referencias: presente estudio.

Género **Hyalascus** Ijima, 1896

Hyalascus baculifer (Schulze, 1886)

Localidad tipo: Islas Galápagos.

Distribución: Pacífico sur.

Referencias: Schulze (1886; 1887).

Comentarios: anteriormente descrita como *Bathydorus baculifer*, posteriormente fue transferida al género *Hyalascus*.

Hyalascus stellatus (Schulze, 1886)

Localidad tipo: Patagonia chilena.

Distribución: Patagonia chilena.

Referencias: Schulze (1886).

Comentarios: anteriormente descrita como *Bathydorus stellatus*, posteriormente fue transferida al género *Hyalascus*.

Género **Scyphidium** Schulze, 1900

Scyphidium chilense Ijima, 1927

Localidad tipo: Canal de Messier, Chile.
Distribución: Chile.
Referencias: Ijima (1927), Hopper & Van Soest (2002).

Orden **Sceptrulophora** Mehl, 1992
Familia **Aphrocallistidae** Gray, 1867
Género **Aphrocallistes** Gray, 1858

Aphrocallistes beatrix Gray, 1858

Localidad tipo: Malacca.
Distribución: Pacífico noroccidental, Atlántico Norte, Bermudas, Japón, Florida, Brasil, Islas Andaman, Azores, Barbados.
Referencias: Okada (1932), Schulze (1885, 1886, 1887), Sim & Kim (1988), Wright (1970), Hopper & Van Soest (2002).

Aphrocallistes vastus Schulze, 1886

Localidad tipo: Bahía de Sagamy.
Distribución: Pacífico norte, cosmopolita.
Referencias: Schulze (1886, 1887), Wilson (1904), Laubenfels (1932), Okada (1932), Hopper & Van Soest (2002).

Género ***Heterochone*** Ijima, 1927

Heterochone cf. tenera (Schulze, 1899)

Localidad tipo (lectotipo): San Diego, California.
Distribución: Pacífico norte, presente estudio.
Referencias: Schulze, 1899; presente estudio.

Familia **Euretidae** Zittel, 1877
Subfamilia **Cholenasmastinae** Schrammen, 1912
Género ***Bathyxiphus*** Schulze, 1899
Bathyxiphus subtilis Schulze, 1899

Localidad tipo: Baja California, México.
Distribución: Pacífico Norte.
Referencias: Schulze (1899), Kersken *et al.* (2018).

Género ***Chonelasma*** Schulze, 1886

Chonelasma bispinula Kersken *et al.*, 2018

Localidad tipo: Clarion-Clipperton.
Distribución: Clarion-Clipperton.
Referencias: Kersken *et al.* (2018).

Familia **Farreidae** Gray, 1872
Género ***Farrea*** Bowerbank, 1862
Farrea mexicana Wilson, 1904

Localidad tipo: Mar de Cortés.
Distribución: Mar de Cortés.
Referencias: Wilson (1904), presente estudio.

Farrea occa claviformis Wilson, 1904

Localidad tipo: Mar de Cortés.
Distribución: Mar de Cortés.
Referencias: Wilson (1904).

Género ***Pararete*** Ijima, 1927

Pararete farreopsis (Carter, 1873)

Localidad tipo: filipina oriental.
Distribución: Indonesia, Chile, Nueva Caledonia, Este del mar Chino, Nueva Zelanda, Océano Caribe.
Referencias: Carter (1873), Schulze (1887), Okada (1932), Kelly *et al.* (2009), Reiswig (2014).
Comentarios: anteriormente descrita como *Eurete farreopsis*, posteriormente fue transferida al género *Pararete*.

Familia **Tretodictyidae** Schulze, 1886

Género ***Tretodictyum*** Schulze, 1886

Tretodictyum cocosense Reiswig, 2010

Localidad tipo: Isla del Coco, Costa Rica.
Distribución: Isla del Coco.
Referencias: Reiswig (2010).
Comentarios: la especie fue descrita como *Tretodictyum cocosensis*, se realizó la corrección del nombre de la especie a *Tretodictyum cocosense*.

6.5. Resultados del análisis molecular de las muestras

6.5.1. Extracción de ADN

El procedimiento de extracción de ADN fue realizado para los 41 ejemplares, de los cuales 11 mostraron un resultado positivo, equivalente a un 26% de éxito, visible en geles de agarosa (Fig. 16). Cabe mencionar que la calidad y cantidad de las dos muestras de especímenes de Hexactinellida fueron diferentes para cada individuo y dependiendo de esto, fueron preparadas distintas diluciones (1:10, 1:30) en agua para PCR, para determinar la concentración ideal para la amplificación del ADN. De los ejemplares restantes se realizaron pruebas alternativas como la extracción de precipitación con CTAB y el uso de kits “Wizard® Genomic DNA Purification”.

Finalmente, los resultados positivos más favorables fueron por el método de Buffer de lisis, aunque el producto final (pellet) que se obtuvo fue muy poco material ya que la mayoría de los ejemplares presentaron poco tejido y gran cantidad de espículas silíceas. Para el caso del minikit, el principal problema fue por la gran cantidad de material silíceo (espículas) las columnas se taponaban impidiendo que los ADN se concentraran en la membrana y se realizara el correcto lavado y precipitado del material genético.

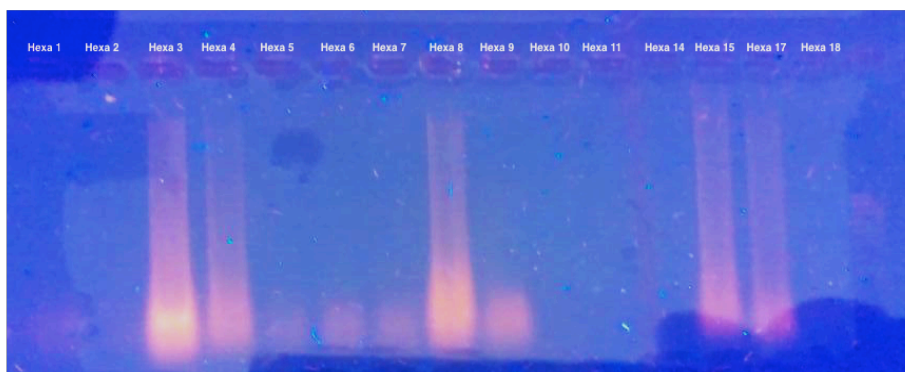


Figura 16. Electroforesis en gel de agarosa de extracción de ADN de esponjas Hexactinellida.

6.5.2. Amplificación del fragmento COI

El primer objetivo de las pruebas fue estandarizar las temperaturas de amplificación. De acuerdo con Dohrmann *et al.* (2008), las temperaturas óptimas oscilan entre 32-42°C, sin embargo, las pruebas realizadas arrojaron resultados negativos. Dada la experiencia con otros

grupos de porífera en la optimización de la temperatura de la amplificación del fragmento COI, se propuso hacer pruebas con temperaturas entre 45-60°C, obteniendo como resultados una señal positiva entre las temperaturas de 50-56°C.

Tabla XI. Perfiles estandarizados de amplificación de ADN de ejemplares de la clase Hexactinellida empleados para PCR.

Fragmento de ADN	Perfil de amplificación en termociclador	Temperatura	Tiempo	
28S	Desnaturalización inicial	94°C	4 min	
		Desnaturalización	94°C	5 min 30 s
		Alineación	55° C	1 min
	35 ciclos	Polimerización	72°C	2 min 30 s
		Extensión final	72°C	10 min
		Refrigeración	4°C	∞
18S y 16S	Desnaturalización inicial	94°C	4 min	
		Desnaturalización	94°C	30 seg
		Alineación	55-56°C	1:30 min
	35 ciclos	Polimerización	72°C	1 min
		Extensión final	72°C	5 min
		Refrigeración	4°C	∞

De los 11 ejemplares que se obtuvo ADN, tres se logró obtener amplificación de ADN: HEXA-9, HEXA-38, HEXA-42, siendo HEXA 38 la que presentó una mejor calidad. Por lo consiguiente se procedió a obtener la suficiente cantidad de material genético para la secuenciación, sin embargo, no se pudo obtener por la baja concentración de ADN producto de la extracción.

Tabla XII. Lista de cebadores para secuenciación de ADN de Hexactinellida.

	Cebador	Secuencia	Referencia
18S	DKK_Hexac_18S_F1	GCGAATGGCTCATTAATCAG	Kersken <i>et al.</i> 2018
	DKK_Hexac_18S_R1	CATTCAATCGGTAGTAGCGAC	Kersken <i>et al.</i> 2018
28S	DKK_Hexac_28S_F1	CTATGCCTGAATAGGGTGAAGC	Kersken <i>et al.</i> 2018
	DKK_Hexac_28S_R1	CTGATGCGGTGATGGGTAC	Kersken <i>et al.</i> 2018
16S	16S1fw	TCGACTGTTTACCAAAAACATAGC	Kersken <i>et al.</i> 2018
	DKK_Hexac_16S_R2	RATATDACGCTGTTATCCCT	Kersken <i>et al.</i> 2018

COI	DKK_Hexac_COI_F1	TCTACMAACCACAAAGAYATMGG	Dohrmann <i>et al.</i> 2008
	DKK_Hexac_COI_R1	ACTTCTGGRTGNCCRAARAATCA	Dohrmann <i>et al.</i> 2008
	LCO1490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	Folmer <i>et al.</i> 1994
	HC02198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	Folmer <i>et al.</i> 1994

6.5.3. Amplificación de las subunidades 28S, 18S, 16S.

Como parte del objetivo planteado a nivel molecular, también se trabajó con otros moleculares nucleares. Dada la cercanía a nivel geográfico, se planteó probar los cebadores para los fragmentos 28S, 18S y 16S diseñados por Kersken *et al.* (2018), con lo que finalmente tuvimos resultados positivos con el ejemplar HEXA-38. Finalmente se logró la amplificación del ADN, estandarización de los perfiles de termociclado y temperaturas óptima de 55°C para las subunidades 28S y 18S (Tabla (), Fig. 17).

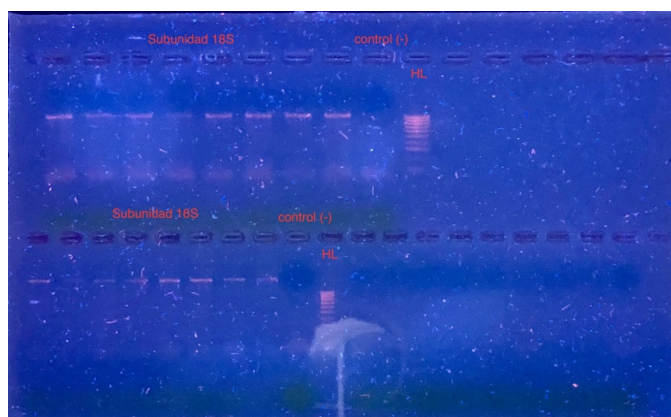


Figura 17. Amplificación de ADN de HEXA-38 para la subunidad 18S y 28S. Gradiente de temperatura de 50-60° C. Temperatura óptima 55°C (Banda 5). La casilla final representa el marcador de peso molecular (Hyperladder 100bp) como indicador de número de pares de bases.

Los resultados de la secuenciación fueron negativos, lo cual no se comprobó mediante análisis moleculares si los ejemplares identificados taxonómicamente como *Crateromorpha (Crateromorpha) cf. meyeri* y *Hyalonema (Corynonema) sp.* se agrupaban con secuencias del mismo género de la base de datos del GenBank, y corroborar si existía congruencia con la taxonomía tradicional.

7. Discusión

7.1. Biodiversidad de la clase Hexactinellida.

Desde inicios de los años 90, los estudios sobre la clase Hexactinellida a nivel mundial se han incrementado significativamente gracias a los avances tecnológicos que ha facilitado la exploración del mar profundo. El resultado de este esfuerzo se ha visto reflejado en el incremento de especies descritas que ha pasado de 500 a 694 especies válidas en los últimos 30 años (Fernández-Álamo & Rivas 2007, Van Soest *et al.* 2019). Actualmente de las dos subclases reconocidas, Hexasterophora es la más biodiversa con 532 especies (77%) mientras que Amphidiscophora cuenta con 158 especies (22%) (Fig. 18a) (Van Soest *et al.* 2019). En el área del Pacífico mexicano, tan solo seis especies son conocidas (dos para Amphidiscophora y cuatro para Hexasterophora), lo que se puede considerar como un número muy bajo si lo comparamos con otras regiones del mundo (ver Tabla I, Fig. 18b, Fig. 19). Con la aportación de este trabajo el número de especies incrementó a 13, ocho registradas por primera vez mientras que tres son propuestas como potencialmente nuevas para la ciencia.

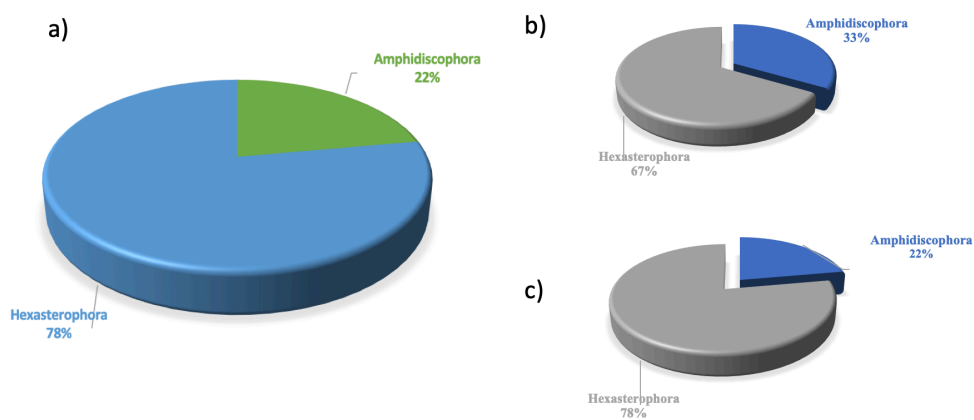


Figura 18. Número de especies (en %) agrupadas por subclases de la clase Hexactinellida. a) A nivel mundial (WPD), b) Pacífico mexicano (WPD), c) Presente estudio.

Este incremento en el número de especies nos muestra que en el Pacífico mexicano, Hexasterophora sigue siendo la subclase más rica con nueve especies (Fig 18c). Es de mencionar que el incremento en la proporción (%) de especies en Hexasterophora está influenciada por los primeros registros de los géneros *Acanthascus*, *Crateromorpha* y *Heterochone* presentados en este trabajo.

Aunque el incremento en el número de especies es evidencia de que la clase Hexactinellida es biodiversa en el Pacífico mexicano, el número de especies conocidas sigue siendo muy bajo (Fig. 19). Además del escaso número de trabajos el problema radica en la falta de especialistas en la región, resultando en un importante rezago desde los trabajos de Schulze (1886, 1899) y Wilson (1904). Dado que este trabajo se limitó la zona del noroeste de México (la mayoría de las localidades correspondieron a la provincia californiana; mientras que en golfo de California solo se contó con dos en el área protegida de las islas del golfo), es muy probable que el número de especies incremente significativamente en futuras investigaciones en el área del Pacífico mexicano.

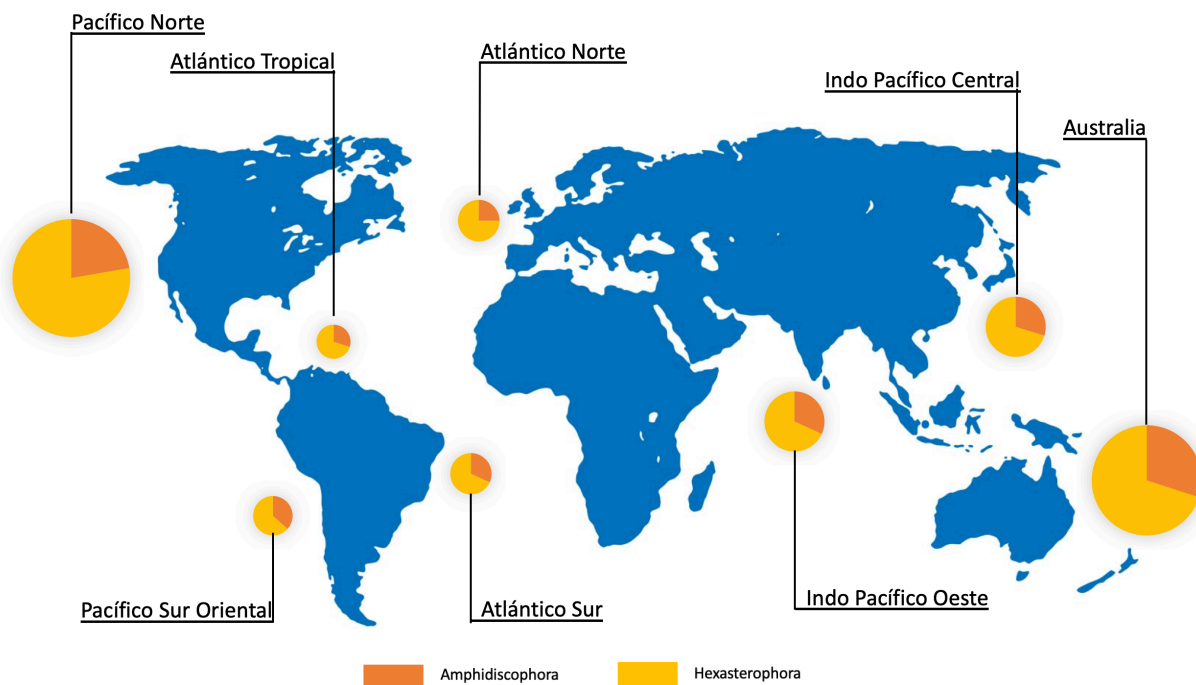


Figura 19. Especies (en %) agrupadas por subclases de la clase Hexactinellida por ecoregiones según el WPD (Van Soest *et al.* 2019).

Si hablamos de la distribución de Hexactinellida, en general las regiones con la mayor cantidad de registros son Australia y el Pacífico Norte, seguido por el Indo Pacífico central y del oeste (Fig.19). Esto se debe al incremento en el esfuerzo de muestreo durante los últimos 10 años, así como la intervención de especialistas que han contribuido a la identificación de ejemplares de diversas campañas oceanográficas desde sus inicios (ej. H.S.M. “Challenger”) hasta la actualidad. Por ejemplo, en las costas canadienses se han consolidado grupos de investigación en Hexactinellida, con apoyo de vehículos operados a distancia (ROV) y sensores han explorado grandes extensiones del fondo marino del territorio canadiense y estadounidense, lo que ha permitido el descubrimiento de nuevos registros y de nuevas especies, incluyendo arrecifes de esponjas vítreas (Leys *et al.* 2004, Chu *et al.* 2012, Kahn *et al.* 2016, Clayton & Dennison 2017). Esta es la principal razón por lo que el número de especies en el Pacífico Norte ha incrementado notablemente llegando ser una de las regiones más biodiversas. Caso contrario ocurre en el Pacífico Sur Oriental, el bajo número de especies descritas es resultado de los pocos estudios que se han realizado (H.S.M.” Challenger” (1872-1876) y “Albatross” (1888), Tabacknick 1990, Reiswig & Araya 2014).

A nivel subclase, Amphidiscophora mantiene a Hyalonematidae como la familia más diversa mientras que en Hexasterophora, el orden Lyssacinosida contiene el mayor número de especies con las familias Rossellidae y Euplectellidae, seguido por el orden Sceptrulophora con las familias Euretidae y Farreidae (Fig. 20). En el Pacífico Oriental existen 48 especies válidas contenidas en ambas subclases, tres ordenes (Amphidiscosida, Lyssacinosida y Sceptrulophora), ocho familias y 25 géneros, esto una vez más confirma que son las más biodiversas de la clase Hexactinellida. Los géneros mejor representados son *Hyalonema* con 13 especies, *Staurocalyptus* y *Holascus* con tres especies y *Farrea* con dos especies, lo cual es una tendencia en la mayoría de las regiones marinas (Fig. 21). En este estudio los grupos mejor representados fueron los géneros *Crateromorpha* con tres especies y *Hyalonema* con dos especies, mientras los géneros *Acanthascus*, *Aphrocallistes*, *Heterochone* y *Farrea*, cada uno presentó una especie (Fig. 22).

Para *Farrea mexicana*, que fue descrita frente a las costas de Mazatlán (golfo de California), aquí se incrementa el número registros, así como la extensión del área geográfica incluyendo a dos localidades en la costa del Pacífico de Baja California: al Noroeste de Isla Guadalupe, BC y frente a las costas de El Pescadero, BCS.

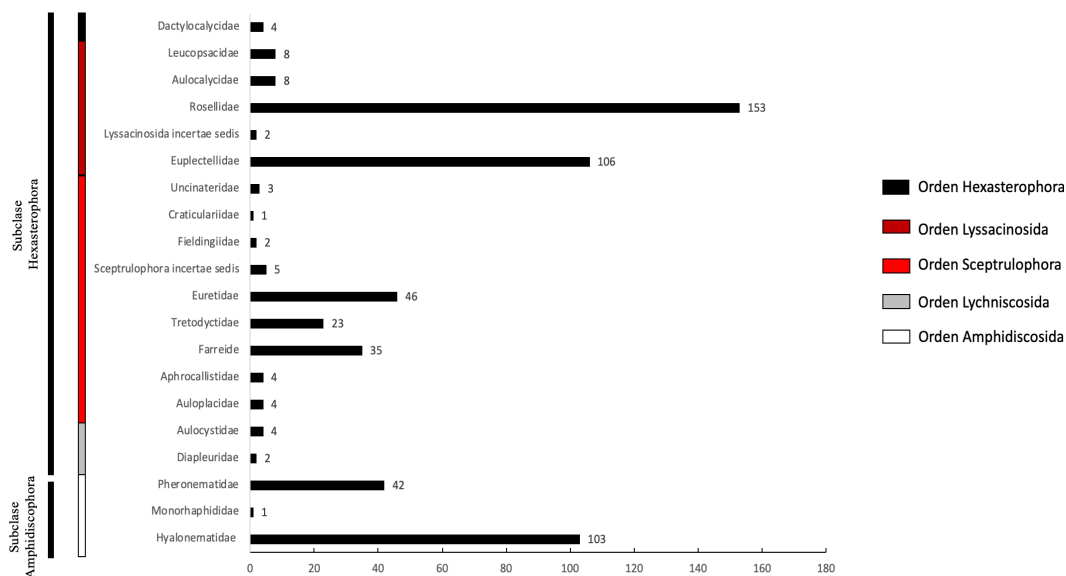


Figura 20. Número de especies válidas agrupadas por familia a nivel mundial según WPD (Van Soest et al. 2019).

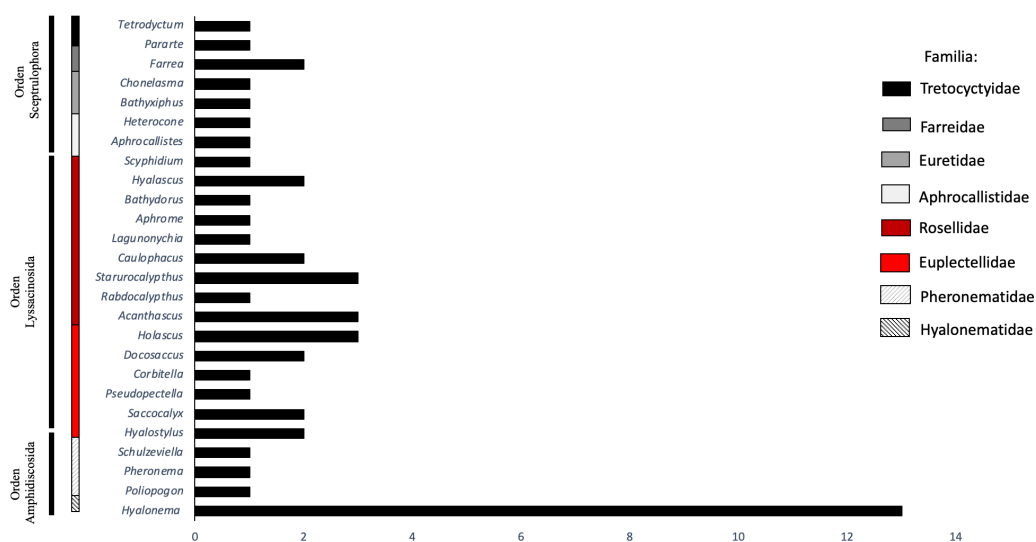


Figura 21. Número de especies válidas agrupadas por género para el Pacífico Oriental según WPD (Van Soest et al. 2019).

De acuerdo con el WPD (Van Soest *et al.* 2019), los géneros *Hyalonema* y *Crateromorpha* se encuentran entre los más ricos de la clase Hexactinellida, lo cual coincide con lo encontrado en nuestro estudio donde también son los grupos con mayor número de especies y registros en diversas localidades. En el caso del género *Acanthascus*, el cual cuenta con tres especies distribuidas en el Pacífico Norte. Con nuestro registro se incrementa a cuatro para la zona. Sin embargo, es importante mencionar que la especie descrita se definió como *Acanthascus* sp. ante la falta de las descripciones más precisas de la especie tipo (*Acanthascus cactus*) y las especies del Pacífico Oriental, lo que impidió la identificación concreta de la especie. Sin duda, la revisión de material tipo de cada especie facilitará el esclarecimiento de su identidad taxonómica. Además, partiendo de esto se espera que los ejemplares definidos como *Acanthascus* sp., puedan identificarse hasta nivel especie y posiblemente se encuentren diferencias en cada ejemplar que pueda definir una o varias especies de *Acanthascus*.

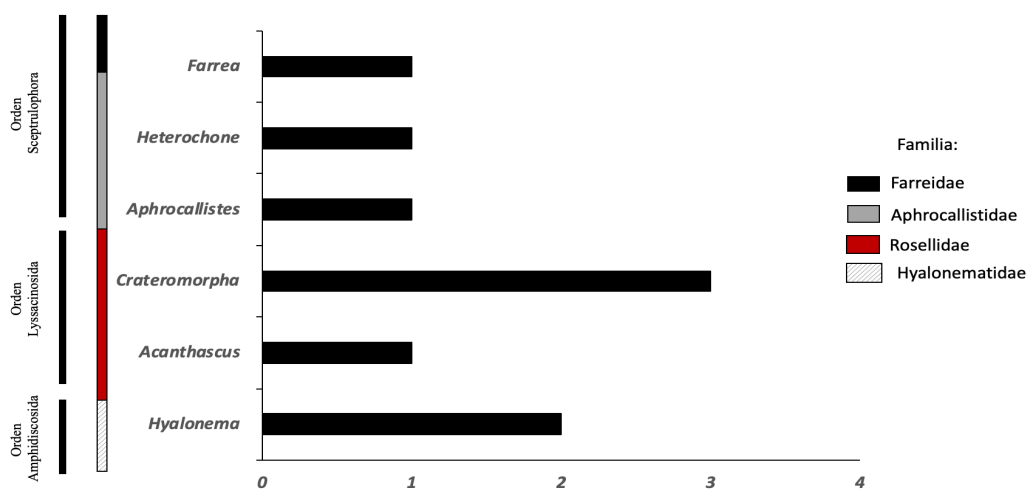


Figura 22. Número de especies válidas agrupadas por género para el Noroeste de México.

7.2. Taxonomía de la clase Hexactinellida.

La clase Hexactinellida se caracteriza por ser el grupo que presentan una gran diversidad en la morfología de sus espículas. Si bien esto podría considerarse como una ventaja en la discriminación entre las especies, durante el desarrollo de este trabajo se pudo apreciar que realmente fue un factor más que dificultó su identificación taxonómica. En la mayoría de los casos no se contó con el material completo o en condiciones idóneas que permitiera observar completamente su esqueleto y sus espículas. Adicionalmente la complejidad en la

interpretación de las diagnosis, la escasa información disponible y la falta de uniformidad en la terminología dificultó la identificación de nuestros ejemplares hasta nivel especie. Por ejemplo, en el género *Hyalonema* la principal problemática es que no cuenta con un diagnóstico comprensivo por alta variabilidad en sus espículas, dificultando la interpretación en la identificación de las especies (Konstantin *et al.* 2002). En nuestro caso, para ambas especies de *Hyalonema*, la alta variabilidad en las categorías de tamaños y en la forma de diactinas, pinulas y amfidiscos, aunado a la falta de algunas partes de la esponja como la basalía, fueron los principales factores que no nos permitieron identificar a nuestros individuos a nivel especie.

En el caso de la especie *Acanthascus* sp., pese a que se contaba con un ejemplar casi completo, la poca información presente en la literatura no permitió realizar la comparación con la especie tipo (*Acanthascus cactus*) y otras especies afines (*A. koltuni*, *A. malacus* y *A. platei*), siendo imposible corroborar si nuestros ejemplares correspondían a algunas de ellas.

A pesar que el género *Crateromorpha* es uno de los más ricos de Hexasterophora, la interpretación de su morfología y clasificación de sus niveles inferiores (especie y subespecies) no son del todo claro. Entre los problemas se destaca la alta variabilidad en las micloscleras, y el uso de una terminología que ha dado origen a un sin fin de combinaciones que algunos autores han tomado para describir subespecies e incluso variedades de estas. Esto ha generado confusión en la interpretación de los caracteres diagnósticos, resultando en especies con amplia distribución. Tal es el caso de *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) *meyeri*, que fue descrita en Filipina, presenta dos variedades en esta localidad, una en Nueva Caledonia, y una en Japón (Fig. 23). Estas variedades difieren principalmente en la morfología externa (Ijima 1898, 1904), y como a nivel espicular no presentan grandes diferencias, se ha sugerido categorizar todas como subespecies *C.(C.) meyeri* (véase Tabachnick, 2002). Luego de analizar minuciosamente las descripciones de estas variedades es posible sugerir que existen caracteres morfológicos suficientes para considerarlas incluso especies distintas y de estas variedades al menos la registrada en Nueva Caledonia es muy similar a nuestros ejemplares por lo que decidimos mantener el nombre de esta especie. Sin embargo, sería necesario interesante analizar este complejo de variedades para una futura asignación de especies

Es importante destacar que uno de los problemas más serios en la interpretación de la morfología de las espículas es la terminología que se maneja. Tal es el caso del uso de prefijos como oxy-, hemi-, di- disco-, onico- entre otros, que son principalmente usados para las variaciones de las microscleras. Estos han generado confusión en la interpretación de la diagnosis de las especies descritas, específicamente cuando los autores definen estos nombres de acuerdo con su criterio. Como consecuencia, algunos autores como Ijima (1898, 1904), describen variaciones de la subespecie ante la gran cantidad de combinaciones posibles dando a entender que las microscleras son únicas y muy diferentes entre sí. Si analizamos esta situación, algunas esponjas presentan una alta plasticidad fenotípica (López-Legentil *et al* 2010) y posiblemente estas variaciones en la microscleras del grupo *Crateromorpha* se deba a esta característica. Por lo tanto, es posible que estemos frente a un tipo de microsclera (ej. Hexactina, áster) y presente grandes variaciones en sus terminaciones sin ser una característica constante.

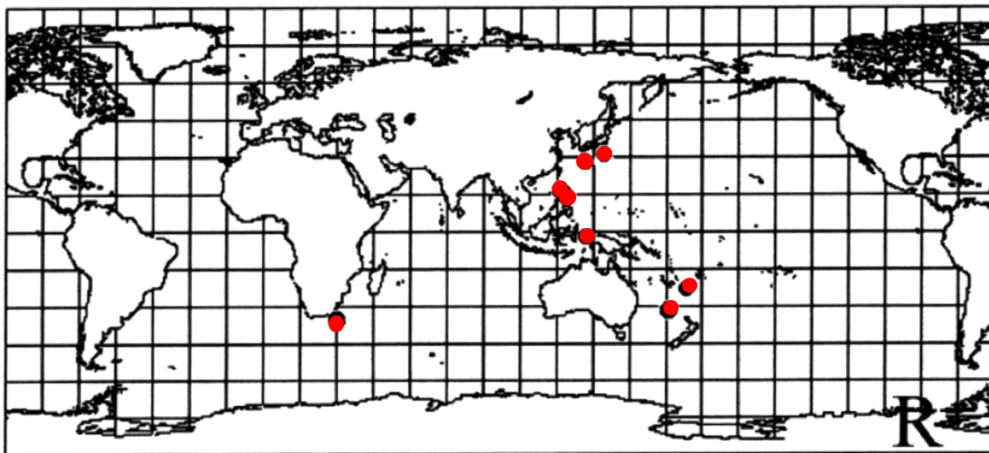


Figura 23. Distribución de *Crateromorpha (Crateromorpha) meyeri*, según el “*Systema Porifera*” (Tabacknick, 2002).

Otro ejemplo es el género *Aphrocallistes*, que por un tiempo contó con 15 especies y que finalmente estas fueron incluidas solo en dos especies *A. beatrix* y *A. vastus*. El problema en este caso son las descripciones tanto de *A. beatrix* como de las especies sinonimizadas que carecen de información detallada (tamaños de las espículas, marco dictional, morfología externa), lo cual generó conflicto en la identificación. Aunque este género es uno de los más fáciles de identificar, gracias a su particular estructura y forma externa, las diagnosis de las

especial validas no coincidían con las de nuestros individuos. Siguiendo la literatura se observó que nuestros ejemplares presentan las mismas características que *A. bocagei* Wright 1870, por lo que al ser una sinonimia de *A. beatrix*, decidimos asignar a nuestros ejemplares dentro de esta especie. Sin embargo, es de resaltar la necesidad de llevar a cabo una revisión detallada de las especies de este género con el fin de determinar si hay suficientes diferencias entre las especies y determinar los caracteres que puedan ser diagnósticos para su distinción.

Para el caso de la especie *Heterochone* cf. *tenera*, la falta de información morfológica en la descripción realizada por Schulze (1899) no permitió confirmar si nuestros ejemplares podrían corresponder a esta especie por la falta de información de los tamaños de las espículas. Casos como estos son repetitivos principalmente en especies provenientes de descripciones antiguas, lo que de alguna manera resalta la necesidad de revisar el material tipo para complementar las descripciones existentes y establecer claramente el estatus de las especies. Es de reconocer que situaciones como la anterior pudieran evitarse cuando se presenta una clara y completa descripción como en el caso de *Farrea mexicana* descrita por Wilson (1904) gracias a su descripción e ilustraciones, junto con la toma de imágenes del esqueleto y espículas en microscopio electrónico de barrido, nos permitió realizar una correcta identificación de nuestros individuos.

7.3. Obtención y amplificación de ADN: pruebas en esponjas vítreas.

Si bien, durante el desarrollo de este estudio no fue posible obtener secuencias de los ejemplares, es importante mencionar que se realizaron extracciones de ADN con el fin de general el código de barras de ADN de las especies, así como estudiar sus relaciones filogenéticas con otros miembros del grupo. El resultado de este trabajo no es del todo negativo ya que nos permite verificar la calidad del material genómico y determinar cuáles fueron las causas posibles de los resultados. Además, podemos destacar que este estudio arrojó los primeros datos en cuanto a estandarización de protocolos de extracción y de amplificación de ADN para especies del Pacífico mexicano.

Si analizamos el bajo porcentaje de éxito de individuos con material genético, esto podemos atribuirlo a varios factores. Uno de ellos, fue el procedimiento de fijación de los especímenes,

el cual al parecer no fue el adecuado para realizar análisis moleculares debido a que paso por una fase previa de formaldehído y finalmente almacenados en alcohol al 96%. Aunque, el ADN es una molécula muy estable, resistente al tiempo y al proceso de descomposición del tejido, (Daza *et al.* 2014). Sustancias como el formaldehído alteran la composición química de los ácidos nucleicos, lo que, en largo periodos de tiempo puede generar un entrecruzamiento entre ácido y proteínas, hidrolizando puentes fosfodiéster del ADN lo cual altera el material genético óptimo. Esto, combinado con protocolos de extracción de ADN estándares, da como resultado pequeñas cantidad impuras y muy fragmentadas, que no permite que se amplifiquen por la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

Si bien, las pruebas de amplificación mediante PCR realizadas permitieron obtener fragmentos para las subunidades 18S y 28S, estas finalmente no generaron secuencias de buena calidad, lo cual no permite confirmar si el material amplificado correspondía a ADN genómico de la esponja. Esto posiblemente se deba que la señal observada en los geles de agarosa derivados de amplificación (PCR) de nuestros ejemplares fragmentos cortos que no permitieron obtener una secuencia de ADN. Otros factores que consideramos es la posibilidad de algún simbionte de la esponja (bacteria, otras esponjas adheridas u otro invertebrado) o incluso una alteración de ADN por las condiciones de fijación que fueron sometidos los ejemplares como lo menciona Daza *et al.* 2014.

Otro aspecto para considerar, son los periodos de tiempo entre la recolección de muestras en aguas profundas con temperaturas muy bajas y el desplazamiento hacia aguas superficiales más cálidas, lo que puede acelerar la degradación del ADN (Kersken *et al.* 2018). Esto sumado a que las hexactinélidas presentan alto porcentaje de espículas silíceas, pueden formar gránulos influyendo negativamente en la extracción de ADN principalmente cuando se desea realizar mediante el uso de columnas de sílica. Esta situación también se presentó en nuestras pruebas de la extracción de ADN por medio minikit de columnas, que por la cantidad material silíceo las membranas se taponaban impidiendo el paso del ADN. Es por esta razón que el método de precipitación usando buffer de lisis fue el más adecuado para nuestros ejemplares.

Cabe mencionar, que los métodos de extracción de ADN utilizados son los estándares para invertebrados marinos y sugeridos por especialistas de esponjas. No obstante, en los últimos años han surgido nuevas técnicas para obtener ADN de buena calidad y re-amplificar mediante PCR en casos difíciles como organismos con esqueleto especializado como artrópodos (Meusnier *et al.* 2008), así como fósiles, material seco e incluso en formaldehído como especímenes de Museos (Cárdenas & Moore 2019, Velasco-Cuervo *et al.* 2019), lo que será una alternativa a futuro para obtener material genético de nuestros ejemplares.

Pese a que los resultados no fueron los esperados, podemos resaltar el proceso de estandarización de los protocolos y obtención de temperaturas óptimas fue posible. Esto podría considerarse como información importante para trabajar con nuevo material, ahorrando costos y tiempo en establecer protocolos adecuados para las esponjas vítreas.

8. Recomendaciones

Derivado de este trabajo en el cual se tuvo como objetivos el estudio de la taxonomía tradicional y molecular, se recomienda principalmente especial cuidado en el procesamiento de las muestras tanto para morfología como para obtención de ADN.

La conservación correcta del material, a nivel morfológico una correcta identificación hasta el nivel inferior posible; y en el caso de estudios moleculares, una buena calidad de ADN que permita la amplificación para la obtención de secuencias de ADN.

Durante este trabajo, la revisión bibliográfica fue constante, como resultado, para posteriores estudios moleculares se recomienda el uso de miniBarcodes, y técnicas especializadas para obtener ADN en tejidos secos o preservados anteriormente en formaldehído.

Además, como contribución al conocimiento de la biodiversidad de la clase Hexactinellida, continuar con la identificación taxonómica de ejemplares depositados en Museos que aun no han sido identificado y también ejemplares que se puedan obtener recientemente.

Finalmente, es importante destacar que la presencia de un importante número de especies potencialmente nuevas para ciencia, así como los nuevos registros de géneros y especies en este estudio, representan el esfuerzo y la necesidad de seguir con labor taxonómica del grupo Hexactinellida para completar el censo faunístico en todo el Pacífico mexicano.

9. Conclusiones

-En el presente trabajo se identificaron nueve especies que corresponden a la clase Hexactinellida del Noroeste de México, representado por seis géneros: *Hyalonema* (2 spp.), *Acanthascus* (1 sp.), *Crateromorpha* (3 spp.), *Aphrocallistes* (1 sp.), *Heterochone* (1 sp.) y *Farrea* (1 spp.).

-Se presentan los primeros registros de los géneros *Acanthascus*, *Crateromorpha* y *Heterochone* para el Pacífico mexicano, así como el incremento en los registros de *Farrea mexicana*.

-Se presentan tres potenciales nuevas especies para la ciencia que corresponden al género *Crateromorpha*: *Crateromorpha* sp. nov., *Crateromorpha* (*Crateromorpha*) sp. nov. y *Crateromorpha* (*Neopsacas*) sp. nov.

-La evaluación de marcadores moleculares no fue exitosa, debido principalmente a la baja calidad de ADN genómico obtenido de los especímenes. Sin embargo, el uso de nuevas herramientas como los mini barcodes podría ser una alternativa para generar secuencias de ADN de nuestros ejemplares y de especímenes de hexactinélidas del Pacífico mexicano depositados en colecciones.

-Al hacer una comparación con otras regiones del mundo mejor estudiadas como Australia y el Pacífico Norte los resultados de este trabajo muestran la potencial riqueza de la clase Hexactinellida que puede existir en el Noroeste de México; y el bajo número de especies previamente reportado. Esto refleja la falta de especialistas en este grupo, y el escaso esfuerzo de muestreo que se ha realizado en aguas profundas del Pacífico mexicano.

10. Referencias.

- Adams, C.L., McInerney, J.O. & M. Kelly. 1999. Indications of relationships between poriferan classes using full-length 18S rRNA gene sequences. *Memoirs Queensland Museum*. 44:33-43.
- Aragón-Arreola, M. & A. Martín-Barajas. 2007. Westward migration of extension in the Northern Gulf of California. *Geology*. 35(6): 571-574.
- Álvarez-Borrego, S. 2010. Physical, chemical and biological oceanography of the Gulf of California. *In: Brusca, R. (ed.). Gulf of California: biodiversity and conservation*. ASDM Press and University of Arizona Press, Tucson. ASDM. 24-48.
- Aizenberg, J., Weaver, J., Thanawala, M., Sundar, V., Morse, D., & P. Fratzl. 2005. Skeleton of *Euplectella* sp.: Structural hierarchy from the nanoscale to the macroscale. *Science* 309: 275-278.
- Barthel, D. & O. S. Tendal. 1994. Antarctic Hexactinellida. *In: Wägele J. W. & J. Sieg (eds.). Koeltz Scientific Books, Champaign, Illinois. Synopses of antarctic bentos*. 9–135.
- Bergquist, P.R. 1978. *Sponge*. Hutchinson, Londres. 268 pp.
- Bond, R. & J.C. McAuliffe. 2003. Silicon biotechnology: New opportunities for carbohydrate science. *CSIRO Publishing, Australian Journal of Chemistry*. 56:7-11.
- Borchiellini C., Boury-Esnault N., Vacelet J. & Y. Le Parco. 1998. Phylogenetic analysis of the Hsp70 sequences reveals the monophyly of Metazoa and specific phylogenetic relationships between animals and fungi. *Molecular Biology Evolution*. 15(6): 647-655.
- Boury-Esnault, N. & K. Rützler. 1997. *Thesaurus of sponge Morphology*. *Smithsonian Contributions to Zoology*. 596:1-55.
- Bowerbank, J. S. 1862. On the Anatomy and Physiology of the Spongiadae. Part II. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 152(2): 747-829, pls XXVII-XXXV.
- Brusca, R.C. & G.J. Brusca. 2003. Phylum Porifera: The Sponge. Pp:179-208 *In: Brusca, R.C. & G.J. (eds.). Invertebrates*. Massachusetts, USA. Sinauer Associates, Incorporation.

- Brusca Richard C. & J. Gary. Brusca. 2007. Invertebrados. 2.^a Edición. McGraw Hill Interamericana. 936 pp.
- Cárdenas, P.& J.A. Moore. 2019. First records of *Geodia* demosponges from the New England seamounts, an opportunity to test the use of DNA mini-barcodes on museum specimens. *Marine Biodiversity*. 49 (1): 163-174.
- Carballo, J.L. 2002. Los organismos marinos y las moléculas bioactivas. *Perspectiva actual*. Pp: 83-115 *In*: Laborda, A.J. (ed.) *El mar como fuente de moléculas bioactivas*. Universidad de León.
- Carter, H.J. 1872. On two new Sponges from the Antarctic Sea, and on a new Species of *Tethya* from Shetland; together with Observations on the Reproduction of Sponges commencing from Zygois of the Sponge animal. *Annals and Magazine of Natural History* (4) 9(54): 409-435, pls XX-XXII.
- Carter, H.J. 1873. On the Hexactinellidae and Lithistidae generally, and particularly on the Aphrocallistidae, *Aulodictyon*, and *Farreae*, together with Facts elicited from their Deciduous Structures and Descriptions respectively of Three New Species. *Annals and Magazine of Natural History*. (4) 12(71): 349-373, 437-472, pls. XIII-XVII.
- Cavalier-Smith, T., Allsopp, M.T.E.P., Chao, E.E., Boury-Esnault, N. & J. Vacelet. 1996. Sponge phylogeny, animal monophyly, and the origin of the nervous system: 18S rRNA evidence. *Canada. Journal. Zoology*. 74: 2031-2045.
- Chu J., Maldonado, M., Yahel, G. & S. Leys. 2011 . Glass sponge reefs as a silicon sink. *Marine Ecology Progress Series*. 441: 1–14.
- Clayton, L., and G. Dennison. 2017. Inexpensive Video Drop-camera for Surveying Sensitive Benthic Habitats: Applications from Glass Sponge (Hexactinellida) Reefs in Howe Sound, British Columbia. *Canadian Field-Naturalist* 131(1): 46-5
- Conway, K. W., M. Krautter, Barrie J.V. & M. Neuweiler. 2001. Hexactinellid sponge reefs on the Canadian continental shelf: a unique “living fossil”. *Geoscience Canada*. 28: 71–78.
- Collins, A.G. 1998. Evaluating multiple alternative hypotheses for the origin of bilateria: An analysis of 18S rRNA molecular evidence. *Proceeding of the National Academy of Science. USA*. 95:1545-1546.

- Cortés-Ortiz, R.A., Ponce-Díaz, G. & M. Ángeles-Villa. 2006. El sector pesquero en Baja California Sur: un enfoque de insumo-producto. *Región y Sociedad*. 18 (35): 107-129.
- Díaz, M.C. & K. Rützler. 2001. Sponges: An essential component of Caribbean coral reefs. Proceedings, International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring, and Restoration, Ft. Lauderdale, Florida. *Bulletin of Marine Science*. 69:535-546.
- Dohrmann, Collins, M. & G. Wörheide. 2009. New insights into the phylogeny of glass sponges (Porifera, Hexactinellida): Monophyly of Lyssacinosida and Euplectellinae, and the phylogenetic position of Euretidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52: 257–262.
- Dohrmann, M., Göcke, C., Reed, J., & D. Janussen. 2012. Integrative taxonomy justifies a new genus, *Nodastrella* gen. nov., for North Atlantic “*Rossella*” species (Porifera: Hexactinellida: Rossellidae). *Zootaxa* 3383:1–13.
- Dohrmann, M. (2017). *Cyliconemaoida* nom. nov., a replacement name for the preoccupied sponge subgenus *Leptonema* Lendenfeld (Hexactinellida: Hyalonematidae). *Munis Entomology & Zoology*. 12 (1): 359-360.
- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A.M., Miranda, L.E. & L.A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de variables hidrográficas. In: Gaxiola-Castro, G. & R. Durazo (Eds). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT-INE-CICESE-UABC. México. 501 p.
- Erpenbeck, D. & G. Wörheide. 2007. On the molecular phylogeny of sponges (Porifera). *Zootaxa*.1668: 107–126.
- Fernández-Álamo, M.A. & G. Rivas. 2007. Niveles de organización en animales. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 332 pp.
- Ferri, E., Barbuto, M., Bain, O., Galimberti, A. Uni, S., Guerrero, R., Ferté, H., Bandi, C., Martin, C. & M. Casiraghi. 2009. Integrated taxonomy: traditional approach and DNA barcoding for the identification of filarioid worms and related parasites (Nematoda). *Frontiers in Zoology*. 6:1
- Folmer, O., M. Black, M. Hoeh, W. Lutz & R. Vrijenhoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse

- metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 3(5): 294-299.
- Gazave, E., Lapébie, P., Renard, E., Vacelet, J., Rocher, C., Ereskovsky, A., Lavrov, D. & C. Borchiellini. 2010. Molecular phylogeny restores the suprageneric subdivision of Homoscleromorph sponges (Porifera, Homoscleromorpha). *PLoS ONE*. 5 (12): e14290.
- Gómez, P. 2002. Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe. Editorial AGT, S.A., México. 134 pp.
- Gong, L.; Li, X.Z. & J.W. Qiu. 2015. Two new species of Hexactinellida (Porifera) from the South China Sea. *Zootaxa*. 4034(1): 182-192.
- González-Escobar, M., Aguilar-Campos C., Suárez-Vidal F. & A. Martín-Barajas. 2009. Geometry of the Wagner basin, upper Gulf of California based on seismic reflections. *International Geology Review*. 51(2): 133-144.
- Gray, J.E. 1832. Synopsis of the contents of the British Museum. London (27th edition.). 4:1-212.
- Gray, J.E. 1857. Synopsis of the Families and Genera of Axiferous Zoophytes or Barked Corals. *Proceedings of the Zoological Society of London* 25: 278-294, pI. IX.
- Gray, J.E. 1858. On *Aphrocallistes*, a New Genus of Spongiadae from Malacca. *Proceedings of the Zoological Society of London* 26: 114-115, pI. XI.
- Gray, J.E. 1872. On a new Genus of Hexaradiate and other Sponges discovered in the Philippine Islands. *Annals and Magazine of Natural History*. 10(56): 134-139.
- Gray, J.E. 1867. Notes on *Hyalonema lusitanicum*, and on the Genus in general. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 1867: 117-125.
- Gray, J.E. 1870. Notes on Anchoring Sponges (in a letter to Mr. Moore). *Annals and Magazine of Natural History* (4) 6(34): 309-312
- Hennig, W. 1966. *Phylogenetic Systematics*. (English Translation). Urbana: University of Illinois Press
- Hickey, B.M. 1979. The California Current System—hypothesis and facts. *Progress in Oceanography*. 8: 191–279.
- Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest (Eds.) 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academy. New York. 1779 pp.

- Hooper, J.N.A., Van Soest R.W.M., & A. Pisera. 2011. Phylum Porifera Grant, 1826. Pp: 13–18. *In*: Zhang, Z.Q. (ed.), Animal biodiversity: An outline of higher.
- Ijima, I. 1896. Notice of New Hexactinellida from Sagami Bay. *Zoologischer Anzeiger*. 19 (504): 249-254.
- Ijima, I. 1897. Revision of Hexactinellids with discoctasters, with Descriptions of Five New Species. *Annotationes zoologicae japonenses*. 1 (1-2): 43-59.
- Ijima, I. 1898. The Genera and Species of Rossellidae. *Annotationes zoologicae japonenses* 2(2): 41-55.
- Ijima, I. 1901. Studies on the Hexactinellida. Contribution I. (Euplectellidae). *Journal of the College of Sciences. Imperial University of Tokyo* 15: 1-299.
- Ijima, I. 1902. Studies on the Hexactinellida. Contribution II. (The genera *Corbitella* and *Heterotella*). *Journal of the College of Sciences, Imperial University of Tokyo*. 17(9): 1-34.
- Ijima, I. 1916. Notes on *Aphrocallistes beatrix* Gray, particularly with reference to the form occurring in East Asiatic seas. *Annotationes zoologicae japonenses* 9(2): 173-183.
- Ijima, I. 1927. The Hexactinellida of the Siboga Expedition. Pp: 1-383. *In*: Weber, M. (Ed.). *Siboga-Expeditie. Uitkomsten op zoologisch, botanisch, oceanographisch en geologisch gebied verzameld in Nederlandsch Oost-Indië 1899- 1900 aan boord H.M. 'Siboga' onder commando van Luitenant ter zee 1e kl. G.F. Tydemann*. 106 (Monographie VI) (E.J. Brill, Leiden).
- Janussen, D., & H.M. Reiswig. 2003. Re-description of *Cyathella lutea* and formation of a new subfamily Cyathellinae (Hexactinellida, Aulocalycoida, Aulocalycidae). *Senckenb. Biology*. 82:1–10.
- Kahn, A.S.; Geller, J.B.; Reiswig, H.M. & K.L. Smith Jr. 2013. *Bathydorus laniger* and *Docosaccus maculatus* (Lyssacinosida; Hexactinellida): Two new species of glass sponge from the abyssal eastern North Pacific Ocean. *Zootaxa*. 3646: 386-400.
- Kahn, A.S.; Vehring, L.J.; Brown, R.R. & S.P. Leys. 2016. Dynamic change, recruitment and resilience in reef-forming glass sponges. *In*: Schönberg C.H.L., Fromont J., Hooper N.A., Sorokin S., Zhang W., de Voogd N. (eds) *New Frontiers in Sponge Science*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 96: 429-436.

- Krautter M., Conway K.W., Barrie J.V. & M. Neuweiler. 2001. Discovery of a ‘living dinosaur’: Globally unique modern hexactinellid sponge reefs off British Columbia, Canada. *Facies*. 44: 265-282.
- Kelly, M.; Edwards, A.R.; Wilkinson, M.R.; Alvarez, B.; Cook, S. de C.; Bergquist, P.R.; Buckeridge, S. J.; Campbell, H.J.; Reiswig, H.M.; Valentine, C. & J. Vacelet. 2009. Phylum Porifera: sponges. *In*: Gordon, D.P. (Ed.) 2009. New Zealand inventory of biodiversity: 1. Kingdom Animalia: Radiata, Lophotrochozoa, Deuterostomia. Pp. 23-46.
- Kersken, D., Janussen, D. & P. Martinez-Arbizu. 2017. Deep-glass sponge (Hexactinellida) from polymetallic nodule fields in the Clarion- Clipperton Fracture Zone (CCFZ), northeastern Pacific: Part I-Amphidicophora. *Marine Biodiversity*. 29 pp.
- Kersken, D.; Kocot, K.; Janussen, D.; Schell, T.; Pfenninger, M.; Martínez & P. Arbizu. 2018a. First insights into the phylogeny of deep-sea glass sponges (Hexactinellida) from polymetallic nodule fields in the Clarion-Clipperton Fracture Zone (CCFZ), northeastern Pacific. *Hydrobiologia*. 811 (1): 283-293.
- Kersken, D., Janussen D. & P. Martínez Arbizu. 2018b. Deep-sea glass sponges (Hexactinellida) from polymetallic nodule fields in the Clarion-Clipperton Fracture Zone (CCFZ), northeastern Pacific: Part I – Amphidiscophora. *Marine Biodiversity*. 48(1): 545-573.
- Kirkpatrick, R. 1902. Descriptions of South African Sponges. Part I. Marine Investigations in South Africa 1: 219-232, pis I-III.
- Kirkpatrick, R. 1907. Porifera Hexactinellida. National Antarctic Expedition (S.S. ‘Discovery’) 1901-1904. Natural History: 1-25, pis 1-7.
- Koltun, V.M. 1967. Opredeliteli po faune SSR, izdavaemye Zoologicheskim muzeem Akademii nauk. 94: 1-124.
- Konstantin R. Tabachnick & L. Menshenina. Family Hyalonematidae. *In*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest, (ed.) *Systema Porifera. A guide to the classification of sponges*. 2 (Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, MosReisw.
- Koziol C., Batel R., Arinc E., Schroder H.C. & W.E.G. Muller. 1997. Expression of the potential biomarker heat shock protein 70 and its regulator, the metazoan DNA

- homolog, by temperature stress in the sponge *Geodia cydonium*. Marine Ecology Progress Series. 154: 261-26.
- Kruse, M., Leys, S.P., Müller, I.M. & W.E.G Müller. 1998. Phylogenetic position of the Hexactinellida within the phylum Porifera based on the amino acid sequence of the protein kinase C from *Rhabdocalypus dawsoni*. Journal of Molecular Evolution. 46: 721-728.
- Lambe, L.M. 1893 [1894]. Sponges from the Pacific coast of Canada. Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada 11(4): 25-43, pls II-IV.
- Laubenfels, M.W. 1932. The marine and fresh-water sponges of California. Proceedings of the United States National Museum. 81 (2927):1-140.
- Lendenfeld, R.V. 1915. The Sponges. 3. Hexactinellida. *In*: Reports on the Scientific Results of the Expedition to the Eastern Tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer 'Albatross', from October, 1904, to March, 1905, Lieut. Commander L.M. Garrett, U.S.N., Commanding, and of other expeditions of the 'Albatross', 1891-1899 (29). Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. 42(2): 1-396.
- Lehnert, H. & R.P Stone. 2016. Two new species of sponges (Porifera, Demospongiae) from the Aleutian Islands, Alaska. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 96 (03):673-680.
- Leidy, J. 1868. 'Description of a new sponge: *Pheronema annae*'. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 1868(6) Biological and Microscopical department of the Academy of Natural Sciences. 9-10.
- Leinfelder, R.R., Krautter, M., Laternser, R., Nose, M., Schmidt, D.U., Schweigert, G., Werner, W., Keupp, H., Brugger, H., Herrmann, R., Rehfeld-Kiefer, U., Schroeder, J. H., Reinhold, C., Koch, R., Zeiss, A., Schweizer, V., Christmann, H., Menges, G. & H. Luterbacher. 1994. The origin of Jurassic reefs: current research developments and results. Ed. Facies. 31: 1-56.
- Lévi, C. 1964. Spongiaires des zones bathyale, abyssale et hadale. Galathea Report. Scientific Results of The Danish Deep-Sea Expedition Round the World, 1950-52 (7): 63-112, pls II-XI.

- Leys, S., Wilson, K., Holeton, C., Reiswig, H., Austin, W. & V. Tunnicliffe. 2004. Patterns of glass sponge (Porifera, Hexactinellida) distribution in coastal waters of British Columbia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*. 283:133-149.
- Leys S.P., Mackie G.O., & H.M. Reiswig. 2007. The biology of glass sponges. *Advance in Marine Biology*. 52:1-145.
- Lizarralde, D., Axen, G.J., Brown, H.E., Fletcher, J.M., González-Fernández, A., Harding, A.J., Holbrook, W.S., Kent, G.M., Paramo, P., Sutherland, F., & P. Umhoefer. 2007. Variation in styles of rifting in the Gulf of California. *Nature*. 448: 466-469.
- Lonsdale, P., 1989, Geology and tectonic history of the Gulf of California. *In*: Winterer, E. L., Hussong, D. M., y Decker, R. W., (eds.), *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii, The Geology of North America*, Geological American Society, N. 499- 521.
- Lopes, D.A., Hajdu, E. & H.M. Reiswig. 2011. Taxonomy of *Farrea* (Porifera, Hexactinellida, Hexactinosida) from the southwestern Atlantic, with description of a new species and a discussion on the recognition of subspecies in Porifera. *Canadian Journal of Zoology*, 89: 169-189.
- López-Legentil S., Erwin P.M., Pawlik J.R. & V. Song. 2010. Effects of sponge bleaching on ammonia-oxidizing *Archaea*: distribution and relative expression of ammonia monooxygenase genes associated with the barrel sponge *Xestospongia muta*. *Microbiology Ecology*. 60: 561–571.
- Martín-Barajas, A., González-Escobar, M., Fletcher, J., Pacheco, M., Oskin, M. & R. Dorsey. 2003. Thick deltaic sedimentation and detachment faulting delay the onset of continental rapture in the Northern Gulf of California: Analysis of seismic reflection profiles. *Tectonic*. 32: 1-8.
- Medina, M., Collins A.G., Silberman, J.D. & M. L. Sogin. 2001. Evaluating hypotheses of basal animal phylogeny using complete sequences of large and small subunit rRNA. *Proceeding of the National Academy of Science*. USA. 98: 9707-9712.
- Mehl, D. 1992. Die Entwicklung der Hexactinellida seit dem Mesozoikum. *Paläobiologie, Phylogenie und Evolutionsökologie*. Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe E. *Paläobiologie*. 2: 1-164.
- Mehl, D., Reitner J., & H.M. Reiswig. 1994. Soft tissue organization of the deep water hexactinellid *Schaudinnia arctica*. Schulze, 1900 from the Arctic Seamount

- Vesterisbanken (Central Greenland Sea). Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe E. Paläobiologie Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe E.
- Mejía-Mercado, B.E., Hinojosa-Corona A. & M.E. Hendrickx. 2014. Explorando el Mar Profundo del Golfo de California 2008-2014. Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). 245 pp.
- Menshenina, L.L., Tabachnick K.R., Lopes D.A. & E. Hajdu. 2007. Revision of *Calycosoma* Schulze, 1899 and finding of *Lophocalyx* Schulze, 1887 (six new species) in the Atlantic Ocean (Hexactinellida, Rossellidae). Pp. 449-465. *In*: M.R. Custódio, G., Lôbo-Hajdu, E., Hajdu E. & G. Muricy. Porifera Research: Biodiversity, Innovation & Sustainability. Rio de Janeiro, Museu Nacional, Série Livros. 28, VI: 684.
- Narsinh, T. & C. Müller. 2004. Biotechnological potential of marine sponge. *Current Science*. 86(10): 1506-1512.
- Okada, Y. 1932. Report on the hexactinellid sponges collected by the United States Fisheries steamer 'Albatros' in the northwestern Pacific during the summer of 1906. *Proceedings of the United States National Museum* 81(2935): 1-118, pls 1-6.
- Özdikmen, H. 2010. *Tabachnickia* nom. nov., a new name for the preoccupied sponge genus *Platella* Tabachnick, 1988 (Porifera: Hexactinellida). *Munis Entomology Zoology Journal*. 5(1): 297-298.
- Parés-Sierra, A., López, M. & E. Pavía. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental. *In*: M. Lavín (ed). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México Monografía 3, Unión Geofísica Mexicana* 1–24.
- Pile, A.J., Patterson, M.R., Savarese, M., Chernykh, V.I. & V.A. Fialkov. 1997. Trophic effects of sponge feeding with lake Baikal's littoral zone. Sponge abundance, diet, feeding efficiency, and carbon flux. *Limnology and Oceanography*. 42(1): 178-184.
- Pires, A.C. & L. Marinoni. 2010. Historical relationships among Neotropical endemic areas based on *Sepedonea* (Diptera: Sciomyzidae) phylogenetic and distribution data. *Zoologia*. 27(5): 681–690.

- Reiswig, H.M. 1991. New Perspectives on the Hexactinellid genus *Dactylocalyx* Stutchbury. Pp. 7-20. *In*: Reitner, J. & Keupp H. (Eds). Fossil and Recent Sponges. (Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg & New York): i-xviii, 1-595.
- Reiswig, H.M. 1992. First Hexactinellida (Porifera) (glass sponges) from the Great Australian Bight. *Records of the South Australian Museum*. 26 (1): 25-36.
- Reiswig, H. 2002. Class Hexactinellida Schmidt, 1870. *In*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. van Soest. (ed.) *Systema Porifera A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London.
- Reiswig, H.M. 2004. Hexactinellida after 132 years of study -- what's new?. *Bolletín of the Institute of Biology of the University of Genova*. 68: 71-84.
- Reiswig, H.M. 2010. A new species of *Tretodictyum* (Porifera: Hexactinellida: Tretodictyidae) from off Cocos Island, tropical eastern Pacific Ocean. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 123 (3): 242-250.
- Reiswig, H.M. & R.P. Stone. 2013. New glass sponges (Porifera: Hexactinellida) from deep waters of the central Aleutian Islands, Alaska. *Zootaxa*. 3628: 1-64.
- Reiswig, H.M. 2014. Six new species of glass sponges (Porifera: Hexactinellida) from the north-eastern Pacific Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 94 (02): 267-284.
- Reiswig, H. M. & Araya, J.F. 2014. A review of the Hexactinellida (Porifera) of Chile, with the first record of *Caulophacus* Schulze, 1885 (Lyssacinosida: Rossellidae) from the Southeastern Pacific Ocean. *Zootaxa*. 889(3): 419-423.
- Reiswig, H., & M. Kelly. 2017. Studies on Southwest Pacific Hexactinellida: two new hexactinosid glass sponges from the Norfolk Ridge (New Caledonia EEZ). *Memoirs of the Queensland Museum. Nature*. 60: 101-112.
- Reiswig, H.M. 2018. Four new species of Hexactinellida (Porifera) and a name replacement from the NE Pacific. *In*: Klautau, M., Pérez, T., Cárdenas, P. & N. de Voogd. (eds). *Deep Sea and Cave Sponges*. *Zootaxa*. 4466 (1): 124-151.
- Rice, A.L., Thurston, M.H., & A.L. New. 1990. Dense aggregations of a hexactinellid sponge, *Pheronema carpensteri*, in the Porcupine Seabight (northeast Atlantic Ocean) and possible causes. *Progress in Oceanography*. 24: 179–206.

- Roberts, S. & M. Hirshfield. 2003. Deep sea corals: out of sight, but no longer out of mind. Oceana Republic. Washington D.C. 16 pp.
- Sará, M. & J. Vacelet. 1973. Ecologies des Désmosponges. Pp: 462-576. *In*: Gras, P.P. (ed.). Spongiaires. Masson, Paris.
- Schrammen, A. 1924. Die Kieselspongien der oberen Kreide von Nordwestdeutschland. III. und letzter Teil. Monographien zur Geologie und Palliontologie (1) Heft. 2: 1-159, I-XVII.
- Schmidt, F.E. 1870. Class Hexactinellida. Pp: 1201-1210 *In*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest (Eds.). 2002. Systema Porifera: a guide to the classification of Sponges. Volume I. Kluwer Academic/ Plenum Publishers. New York. 1707 pp.
- Schulze, FE. 1885. The Hexactinellida. *In*: Tizard, T.H., Moseley, H.M., Buchanan, J.Y. & Murray, J. (Eds). Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. 'Challenger', 1873-1876. 1(1): 437-451.
- Schulze, F.E. 1886. ber den Bau und das System der Hexactinelliden. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Physikalisch-Mathematisch Classe. 1-97.
- Schulze, F.E. 1887. Report on the Hexactinellida collected by H.M.S. 'Challenger' during the years 1873-76. Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Zoology. 21 (53): 1-514, pl. 1-104.
- Schulze, F.E. 1899. Amerikanische Hexactinelliden, nach dem Materiale der Albatross-Expedition. Fischer: Jena: 1-126, pls I-XIX.
- Schulze, F.E. 1900. Mittelmeer Hexactinelliden. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe. 12: 497-504.
- Schulze, FE. 1904. Hexactinellida. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition auf der Dampfer 'Valdivia' 1898-18994: 1-266, separated atlas: pls I-LII.
- Schulze, FE. & Kirkpatrick, K. 1911. Die Hexactinelliden der Deutschen Stidpolar-Expedition 1901-1903. Deutsche Stidpolar- Expedition, 1901-03 12 Zoologie IV. Band. 1-62, pls I-X.
- Steiner, M., Mehl, D., Reitner, J. & B.D. Erdtmann. 1993. Oldest entirely preserved sponges and other fossils from the lowermost Cambrian and new facies reconstruction of the

- Yangtze Platform (China). Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Serie E. 9: 293–329.
- Sim, C.J. & M.H. Kim. 1988. A systematic study on the marine sponges in Korea. 7. Demospongiae and Hexactinellida. Korean Journal of Systematic Zoology 4(1): 21-42.
- Sundar, V., Yablon, A., Grazul, J., Ilan, M. & J. Aizenberg. 2003. Fibre-optical features of a glass sponge. Nature 424:899-900.
- Tabachnick, K.R. 1988. Hexactinellid sponges from the mountains of the West Pacific. Pp. 49-64. *In*: Shirshov, P.P. (Ed.), Structural and Functional Researches of the Marine Benthos (Academy of Sciences of the USSR: Moscow).
- Tabachnick, K.R. 1990. Hexactinellid sponges from the Nasca and Sala-y-Gomez. Trudi of the Institute of Oceanology, Academy of Sciences of USSR.124: 161-173.
- Tabachnick, K. 2002. Family Rossellidae Schulze, 1885. Pp: 1441-1505. *In*: Hooper, J.N.A. & R.W.N. Van Soest. (ed.) *Systema Porifera*. A guide to the classification of sponges. 2 (Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow).
- Tabachnick & Lévi, 2002. Family Rossellidae Schulze, 1885. Pp: 1441-1505. *In*: Hooper, J.N.A. & R.W.N. Van Soest. (ed.) *Systema Porifera*. A guide to the classification of sponges. Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
- Thiel, V., Blumenberg, M., Hefter, J., Pape, T., Pomponi, S.A., Reed, J., Reitner, J., Wörheide, G. & W. Michaelis. 2002. A chemical view of the most ancestral Metazoa- biomarkers chemotaxonomy of hexactinellid sponge. Naturwissenschaften. 89: 60-66.
- Thomson, C.W. 1868. On the 'Vitreous' Sponges. Annals and Magazine of Natural History (4) 1(2): 14-132.
- Thomson, C.W. 1877. Voyage of the 'Challenger'. The Atlantic. Volume I. Macmillan and Co. London:1-424.
- Topsent, E. 1910. Les Hexasterophora recueillies par la 'Scotia' dans l'Antarctique. Bulletin de l'Institut oceanographique, Monaco 166: 1-18.

- Uriz, M.J., Martin D., Turon, X., Ballesteros, E., Hugues, R. & C. Acebal. 1991. An approach to the ecological significance of chemically-mediated bioactivity in Mediterranean benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*. 70:175-188.
- Vacelet J. 1979. Description et affinités d'une Eponge Sphinctozoaire actuel. Pp: 483-493
In: Levi, C. & N. Boury-Esnault. (eds.). *Biologie des Spongiaires*. Editions du CNRS, Paris. 483-493 pp.
- Vacelet J., Verbenal, B. & G. Perinet. 1988. The iron mineralization of *Spongia officinalis* (Porifera: Dictyoceratida) and its relationship with the collagen's skeleton. *Biology of the Cell*. 62(2):189-198.
- Van Soest, R.W.M.; Boury-Esnault, N.; Hooper, J.N.A.; Rützler, K.; de Voogd, N.J.; Alvarez, B.; Hajdu, E.; Pisera, A.B.; Manconi, R.; Schönberg, C.; Klautau, M.; Picton, B.; Kelly, M.; Vacelet, J.; Dohrmann, M.; Díaz, M.C.; Cárdenas, P.; Carballo, J.L.; Ríos, P.; & R. Downey. (2019). World Porifera Database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/porifera> consultado el 15-06-2019.
- Velasco-Cuervo, S.M., Aguirre-Ramirez, E., Gallo-Franco, J.J., González-Obando, R., Carrejo, N. & N. Toro-Perea. 2018. Saving DNA from museum specimens: The success of DNA mini-barcodes in haplotype reconstruction in the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Advanced Research*. 16:123-134.
- Wilkinson, T., Wiken, E., Bezaury-Creel, C, Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan L. & M. Padilla. 2009. Ecorregiones marinas de América del norte. CONANP-CONABIO-NOAA-Parks Canada-INE, Montreal. 200 pp.
- Wilson, H.V. 1904. Reports on an Exploration off the West Coasts of Mexico, Central and South America, and off the Galapagos Islands, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer 'Albatross' during 1891, Lieut. Commander Z.L. Tanner, U.S.S., commanding. XXX. The Sponges. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 30 (1): 1-164, pls. 1-26.
- Wörheide, G., Dohrmann, M., Erpenbeck, D., Larroux, C., Maldonado, M., Voigt, O., Borchiellini, C., Lavrov, D.V., 2012. Deep phylogeny and evolution of sponges (Phylum Porifera). *In*: Becerro, M.A., Uriz, M.J., Maldonado, M., & X. Turon.

- (Eds.), *Advances in Marine Biology*, Academic Press, The Netherlands, Amsterdam. vol. 61. 1–78.
- Wright, E.P. 1870. Notes on Sponges. I, On *Hyalonema mirabilis*, Gray. 2, *Aphrocallistes Bocagei* sp. nov. 3, On a new Genus and Species of Deep-Sea Sponge. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 10: 1-9, pIs I-III.
- Wulff, J. 2001. Assessing and monitoring coral reef sponges: Why and how? *Bulletin of Marine Science*. 69: 831-846.
- Zaytsev, O., Cervantes-Duarte, R., Sánchez-Montante, O. & A. Gallegos-García. 2003. Coastal upwelling activity on the Pacific shelf of the Baja California Peninsula. *Journal of Oceanography*. 59: 489-502.
- Zittel, K.A. 1877. Studien iiber fossile Spongien. I: Hexactinellidae. *Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Koniglich- Bayerischen Akademie der Wisseneschaften* 13 (I): 1-63.