



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

**ESTUDIO TAXONÓMICO Y ECOLÓGICO DE LOS
HOLOTUROIDEOS DE PROFUNDIDAD EN LA COSTA OESTE DE
LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE :
MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:
ANA KARINA LUNA CRUZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. MICHEL EDMOND HENDRICKX RENERS
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

COMITÉ TUTOR:
DR. FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

DRA. MARÍA NURIA MÉNDEZ UBACH
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

DR. DAVID SERRANO HERNÁNDEZ
(UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE SINALOA)

DR. NEPTALÍ MORALES SERNA
(CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, CIAD)

CD. MX., JULIO DE 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**ESTUDIO TAXONÓMICO Y ECOLÓGICO DE LOS
HOLOTUROIDEOS DE PROFUNDIDAD EN LA COSTA OESTE DE
LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
**MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)**

PRESENTA:
ANA KARINA LUNA CRUZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. MICHEL EDMOND HENDRICKX RENERS
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

COMITÉ TUTOR:
DR. FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

DRA. MARÍA NURIA MÉNDEZ UBACH
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM)

DR. DAVID SERRANO HERNÁNDEZ
(UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE SINALOA)

DR. NEPTALÍ MORALES SERNA
(CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, CIAD)

MÉXICO, CD. MX., JULIO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (PCMYL), por haberme formado en sus aulas y por todas las herramientas proporcionadas para mi carrera profesional.

A CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

A mi director de tesis, el Dr. Michel Hendrickx Reners, por su total apoyo, confianza, consejos y motivación durante la realización del proyecto. Por confiar en mí, abrirme las puertas de su laboratorio y facilitarme varias herramientas profesionales para que la presente investigación resultara lo mejor posible. ¡Gracias totales!

A los miembros de mi comité tutor: al Dr. Francisco Alonso Solís Marín, a la Dra. María Nuria Méndez Ubach, al Dr. David Serrano y al Dr. Neptalí Morales Serna, por sus consejos, recomendaciones y observaciones hechas para la mejora del trabajo, al igual que por su tiempo y buena disposición para discutir y resolver dudas sobre el mismo. ¡Muchas gracias!

Al Dr. José Salgado Barragán, por su apoyo y asesoría para la toma de fotografías de la anatomía de los organismos. Gracias por ser un gran amigo y colega, siempre dispuesto a apoyar.

A la M. en C. María Berenit Mendoza Garfías, del laboratorio de Microscopía de la Biodiversidad I, del Instituto de Biología de la UNAM, por el apoyo brindado en la preparación del material y toma de fotografías de Microscopía Electrónica de Barrido. Gracias también por la amistad, motivación y orientación brindadas en aspectos académicos.

Al Dr. David Pawson y a Doris Pawson, por su asistencia con la identificación de un material selecto de holoturias y por permitir el uso de registros de la base de datos de la Scripps Institution of Oceanography, sobre la nueva distribución de la especie *Synallactes virgulasolida*, citados en la presente investigación.

A la Sra. Mercedes Cordero por proporcionar información con la literatura y la catalogación de las muestras para su ingreso a la Colección Regional de Macroinvertebrados Bentónicos EMU-ICML.

Al PCMYL de la UNAM por brindarme el apoyo económico para la realización de un curso académico y asistencia a un congreso.

A la Deep-Sea Biology Society, a la Deep Ocean Stewardship Initiative y a la International Seabed Authority por el otorgamiento de una beca para poder asistir al XVth Deep-Sea Biology Symposium 2017.

A todos los integrantes y queridos amigos del Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, Unidad Académica Mazatlán: Sra. Mercedes Cordero, Dr. José Salgado, Dra. Nuria Méndez, Dr. Samuel Gómez, Ma. de los Ángeles Herrera, Carlos Payan, Laura Álvarez, Thelma Aguilar, Karen Rivera, Montserrat Esparza y Moises Palma. Gracias a todos por la sincera amistad, el apoyo, la confianza, los consejos, la orientación brindada y la excelente convivencia.

A Margarita Cordero, Gabriela Almaráz, Diana Juárez, Jazmín Valenzuela y Guadalupe Godoy por su orientación y apoyo en trámites burocráticos.

A mis papás: Rosa Cruz y Melquiades Luna. Gracias infinitas por ser mi apoyo incondicional y un excelente ejemplo, por estar siempre para mí incluso a distancia, por todo su amor, consejos,

orientación, confianza y motivación. Por escucharme en todo momento y hacerme sentirme que no estaba sola, ni en los momentos más difíciles. Al igual que por compartir mis logros, alegrías y gran satisfacción que representó este proyecto.

A mis abuelitos: Maura López, Mateo Luna y Lorenza Rivera; a mi hermano Fernando Cruz y a mis familias: “los Cruz” y “los Luna”, por todo su apoyo, confianza y mucho amor depositados en mí.

Un especial agradecimiento a Gladys Valencia. ¡Muchas gracias Gladys por el apoyo incondicional que recibí de ti! De no haberte conocido mis días en Mazatlán no habrían sido los mismos. Gracias por ser una buena amiga, por adoptarme al inicio, permitir que llegara a tu casa y “brindarme una mano” aun sin conocerme. Por todos los momentos, charlas, tiempo, consejos y experiencias que pasamos juntas: ¡muuuuuuuuuuuuuuuuchas gracias!

A mis amigos y amigas de la Ciudad de México que estando lejos, siempre me hicieron sentir su apoyo; por su motivación, consejos, alegrías y charlas compartidas. A Itzel Márquez, Claudia Pineda, Mitzi Fonseca, Paola Cervantes, Itzel González, Mónica Mejía, Karla Santos, Nazaret Rivera, Sergio Abascal, Giovvana Guerrero, Brenda Vázquez, Tania Segundo, Eduardo Pérez, Carolina Montes de Oca y Elena Cayetano. ¡Cada uno tiene un lugar especial en mi corazón!

Y finalmente, a mis amigas de Mazatlán: Argelia Fuentes, Itzel Zatarain, Lucy Alarcón y Yazmín Segura, por compartir tiempo, charlas amenas y experiencias; por escucharme, orientarme y brindarme apoyo tanto en lo académico como en lo personal.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES	5
2.1 El proyecto TALUD	5
2.2 Estudios de la clase Holothuroidea en el Pacífico mexicano	6
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos particulares	8
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	9
4.1 Características generales.....	9
4.2. La Zona del Mínimo de Oxígeno	9
4.3 Sistema de corrientes y masas de agua en la península de Baja California.....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1 Obtención de muestras biológicas	12
5.2 Obtención de datos ambientales	15
5.3 Descripción de las características ambientales en la zona de estudio	16
5.4 Determinación taxonómica.....	16
5.5 Análisis ecológico	17
5.5.1 Caracterización ecológica de la comunidad de holoturias	17
5.5.2 Estimadores de la riqueza de especies	20
5.5.3 Distribución batimétrica y latitudinal de las especies	20
5.5.4 Análisis de agrupamiento de datos.....	21
5.6 Elaboración del catálogo taxonómico.....	22
6. RESULTADOS	24
6.1 Análisis de los parámetros ambientales.....	24
6.1.1 Oxígeno disuelto	24
6.1.2 Temperatura	24
6.1.3 Salinidad.....	24
6.1.4 Composición de los sedimentos.....	24
6.2 Composición faunística	26
6.3 Nuevos registros y nuevas especies.....	27
6.4 Cambios morfológicos relacionados con el crecimiento.....	28
6.5 Fotografías de microscopía electrónica de barrido.....	28
6.6 Caracterización ecológica.....	29

6.6.1	Número de organismos y riqueza de especies por órdenes.....	29
6.6.2	Densidad y frecuencia relativas	30
6.6.3	Índices de diversidad.....	31
6.6.4	Estimadores de la riqueza de especies	33
6.6.5	Distribución batimétrica de las especies	34
6.6.6	Análisis de agrupamiento de datos.....	37
7.	DISCUSIÓN.....	45
7.1	Condiciones ambientales en el área de estudio	45
7.2	Composición faunística	47
7.3	Nuevos registros geográficos y batimétricos.....	48
7.4	Posibles nuevas especies	50
7.5	Cambios morfológicos relacionados con el crecimiento.....	55
7.6	Importancia de la microscopía electrónica de barrido en estudios taxonómicos	55
7.7	Caracterización ecológica de la comunidad	56
8.	CONCLUSIONES.....	60
	ANEXOS	110
	ANEXO 1. PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y TÉCNICA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.	110
	ANEXO 2. PARÁMETROS AMBIENTALES REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE LOS CRUCEROS TALUD XV, XVI Y XVI-B	114
	ANEXO 3. LISTADO DE ESPECIES CON SUS CORRESPONDIENTES PARÁMETROS AMBIENTALES	116
	ANEXO 4. VALORES USADOS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD; FRECUENCIA DE APARICIÓN, DENSIDAD Y FRECUENCIAS RELATIVAS POR ESPECIE.	117
	ANEXO 5. VALORES DE DENSIDAD (INDS/HA) POR ESTACIÓN DONDE SE PRESENTÓ CADA UNA DE LAS ESPECIES DE HOLOTURIAS.	120
	ANEXO 6. GLOSARIO.....	121
	ANEXO 7. ARTÍCULO.....	126
	ANEXO 8. TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS.....	127
	BIBLIOGRAFÍA	130

FIGURAS

- Figura 1.** Anatomía externa de una holoturia 4
- Figura 2.** Tipos de espículas en las holoturias. Mesas (A-C), botón liso (D), botones abollonados (E-G), botón festoneado (H), roseta (I), canasta (J), placas perforadas (K), cuerpos en forma de C (L), cuerpos fosfáticos (M), raqueta (N), rueda (O), ancla (P), placa del ancla (Q), placa terminal de los pies ambulacrales (R), barrotes perforados (S, T) barrotes fusiformes (U). Modificada de Borrero-Pérez *et al.* (2012) 4
- Figura 3.** Perfiles batimétricos de los promedios de salinidad (S), temperatura (T) y oxígeno disuelto (DO, por sus siglas en inglés) medidos en tres regiones del OPM: frente a las costas oeste de Baja California (NBC) y Baja California Sur (SBC) y sur del Pacífico mexicano (SPM). Tomado de Papiol *et al.* (2016b). 12
- Figura 4.** Localización de las estaciones muestreadas a lo largo de las campañas TALUD XV (círculos abiertos rosas), TALUD XVI (marca anaranjada) y TALUD XVI-B (círculos abiertos verdes). 13
- Figura 5.** Equipos de muestreo utilizados durante las campañas TALUD: trineo bentónico (A, B), nucleador de caja tipo UNSEL (C) y sistema de roseta equipado con botellas Niskin (D) (fotos A, B y D fueron tomadas por José Carlos Hernández Payan). 15
- Figura 6.** Intervalos de oxígeno disuelto (A), temperatura (B), salinidad (C), contenido de arcillas (D), limos (E), arenas (F), carbono orgánico (G) y materia orgánica (H) medidos en todas las estaciones (barras grises) e intervalos correspondientes a las estaciones con holoturias (negro). 25
- Figura 7.** Número de organismos (A) y riqueza específica a nivel de órdenes (B). 29
- Figura 8.** Densidad relativa (A) y frecuencia relativa (B) para las especies que fueron capturadas con el trineo bentónico. 30
- Figura 9.** Curvas de acumulación de riqueza de especies según los estimadores Jacknife 1, Jacknife 2 y Bootstrap y valores observados de las especies de holoturias de la costa oeste de Baja California. 33
- Figura 10.** Gráficos de “boxplot” que concentran el 50% de la distribución más probable de los valores de densidad por estrato, para las zonas norte y sur de la costa oeste de Baja California. 35
- Figura 11.** Valores de densidad (inds/ha) por estrato, de las cuatro especies más abundantes de la costa oeste de Baja California. 37
- Figura 12.** PCA para las variables ambientales y las estaciones de los cruceros TALUD XV y XVI-B con y sin holoturias (Ox= oxígeno, Sal= salinidad, MO= materia orgánica, Ar= arcillas, Lim= limos y Are= arenas; N= norte, S= sur). 39
- Figura 13.** CCA para las variables ambientales y las especies de holoturias que se presentaron en los cruceros TALUD XV y XVI-B, relativo a los ejes 1 y 2. [AbyAl= *Abyssocucumis albatrossi*, BathSP= *Bathyploetes* sp., BenSa= *Benthodytes sanguinolenta*, BenSP1= *Benthodytes* sp. (morfotipo 1), BenSP2= *Benthodytes* sp. 40

(morfortipo 2), LaeSc= *Laetmogone scotoeides*, MesSP= *Mesothuria* sp., MolIn= *Molpadia intermedia*, MolMu= *Molpadia musculus*, PanMo= *Pannychia moseleyi*, PenSP= *Peniagone* sp., PseMo= *Pseudostichopus mollis*, Persi= *Persiculida*, ScoTh= *Scotoplanes theeli*, SynAl= *Synallactes alexandri*, SynVi= *Synallactes virgulasolida*, Synall= Synallactidae, YpsCa= *Ypsilocucumis californiae*, Pro= profundidad, Oxí= oxígeno, Sal= salinidad, MatOr= materia orgánica, Arc= arcillas, Lim= limos y Are= arenas en el sedimento].

Figura 14. Dendograma de todas las estaciones de las campañas TALUD XV y XVI-B donde se obtuvieron holoturias. 42

Figura 15. Dendograma de las estaciones de la campaña TALUD XVI-B (zona norte) donde se recolectaron holoturias. ☉= grupos que se presentaron en el dendograma realizado con el total de estaciones donde se presentaron holoturias. 43

Figura 16. Dendogramas obtenidos a partir de hacer diferentes ajustes a la matriz de datos inicial: eliminando datos de las estaciones donde se presentó *P. moseleyi* (A), eliminando datos de *S. virgulasolida* (B), eliminando datos de *A. albatrossi* (C) y eliminando datos de especies que se presentaron en una única estación (D). ☉= grupos que se presentaron en el dendograma realizado con el total de estaciones donde se presentaron holoturias. 44

Figura I. Anatomía externa de una holoturia (modificada de Samyn *et al.*, 2006). 121

Figura II. Anatomía interna de una holoturia (modificada de Samyn *et al.*, 2006). 121

Figura III. (A) Órganos internos de una holoturia y (B) árboles respiratorios y túbulos de Cuvier en *Holothuria impatiens* (modificada de Brusca & Brusca, 2003). 122

Figura IV. Tipos de anillo calcáreo: A) anillo simple, sin prolongaciones posteriores; B) anillo complejo, con prolongaciones posteriores y piezas que lo forman: radiales (R) e interradales (IR) (tomado de Samyn *et al.*, 2006). 123

Figura V. Tipos de tentáculos que se presentan en los diferentes ordenes: con forma de escudo (orden Aspidochirotida) (A), ramificado (orden Dendrochirotida) (B), pinado (orden Apodida) (C), digitados (ordenes Apodida y Molpadida) (D) y digitado (orden Molpadida) (E) (tomado de Pawson *et al.*, 2010). 125

CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas geográficas, profundidades del arrastre y profundidad media para cada una de las estaciones muestreadas a lo largo de las campañas TALUD XV, XVI y XVI-B. 14

Cuadro 2. Índices de diversidad, equitatividad y dominancia calculados por estaciones, para las zonas sur y norte de la costa oeste de la península de Baja California. 31

Cuadro 3. Índices de diversidad, equitatividad y dominancia calculados por estratos, para las zonas sur y norte de la costa oeste de la península de Baja California. 32

Cuadro 4. Número de organismos, riqueza específica y valores de densidad calculados por estratos para la costa oeste de la península de Baja California. 34

Cuadro 5. Valores de densidad para cada estación en las que se recolectaron las cuatro especies más abundantes de la costa oeste de Baja California.	36
Cuadro 6. Coeficiente de correlación de Spearman entre variables bióticas y ambientales, * p<0.05	37
Cuadro 7. Especies presentes en los diferentes grupos que evidenció el análisis de agrupamiento para las estaciones donde se obtuvieron holoturias (campañas TALUD XV y XVI-B).	42
Cuadro A. Largo de las papilas dorsales y de los ejemplares de <i>Scotoplanes theeli</i>	93

LÁMINAS

Lámina 1. <i>Synallactes alexandri</i> Ludwig, 1894. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). (B) Espículas: barras espinosas de la región ventral (B, I) y tablas de la pared del cuerpo (B, II); barras espinosas de los tentáculos (C) (ICML-EMU-11455).	65
Lámina 2. <i>Synallactes virgulasolida</i> Massin & Hendrickx, 2010. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). Tentáculos con forma de disco y papilas largas anteriores señaladas en óvalos blancos (A, III), (A, IV) papilas anales, (A, V) anillo calcáreo (r: piezas radiales; ir: piezas interradales) y (B) barras espinosas de los tentáculos (ICML-EMU-12096).	68
Lámina 3. <i>Synallactes virgulasolida</i> Massin & Hendrickx, 2010. Espículas: (A, I, II) tablas de la pared del cuerpo dorsal y (A, III) barras de las papilas dorsales; (B, I, II) tablas de la pared del cuerpo ventral; (C, I) barras y (C, II) placa terminal de los pies ambulacrales (ICML-EMU-12096).	69
Lámina 4. ? <i>Bathyploetes</i> sp. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas: tablas de la pared del cuerpo (B, I) y placa terminal de los pies ambulacrales (B, II) (ICML-EMU-11456).	71
Lámina 5. Synallactidae, género y especie no determinados . Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML-EMU-11457).	73
Lámina 6. <i>Pseudostichopus mollis</i> . Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II), extremos terminales del cuerpo: (A, III) posterior y (A, IV) anterior (ICML-EMU-11460).	76
Lámina 7. Persiculida, familia, género y especie no determinados. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML- EMU-11465).	78

- Lámina 8.** *Laetmogone scotoeides* (H. L. Clark, 1913). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas: ruedas de la pared del cuerpo (B, I), barras de la región ventral (B, II), barras espinosas de los tentáculos (C) (ICML-EMU-11468). 81
- Lámina 9.** *Pannychia moseleyi* Théel, 1882. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). Espículas: (B) ruedas de la pared del cuerpo dorsal, (C, I) ruedas de la pared del cuerpo ventral y (C, II) barras de los pies ambulacrales (A: ICML-EMU-11471; B- C: ICML-EMU-11482). 85
- Lámina 10.** *Benthodytes sanguinolenta* Théel, 1882. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I), en vista ventral (A, II) y corona de tentáculos (A, III) (ICML-EMU-11485). 87
- Lámina 11.** *Benthodytes* sp. (morfortipo 1). Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). (B) Espículas de la pared del cuerpo con forma de cruces de cuatro brazos (A: ICML-EMU-11490; B: ICML-EMU-11488). 89
- Lámina 12.** *Benthodytes* sp. (morfortipo2). Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML-EMU-11491). 91
- Lámina 13.** *Scotoplanes theeli* Ohshima, 1915. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A) y en vista ventral (B). (C) Detalle del segundo y tercer par de papilas dorsales. (D) Espículas curvas de la pared del cuerpo (ICML-EMU-11493). 93
- Lámina 14.** *Peniagone* sp. (A) Espículas de la pared del cuerpo como pares de cruces de cuatro brazos (ICML-EMU-11494). 95
- Lámina 15.** ?*Mesothuria* sp. (A, I, II) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas de la pared del cuerpo como tablas de base cuadrada (ICML-EMU-11495). 97
- Lámina 16.** *Molpadia intermedia* (Ludwig, 1894). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas: (B) tablas de la pared del cuerpo, (C) tabla y cuerpos fosfáticos de la cauda (ICML-EMU-11496). 100
- Lámina 17.** *Molpadia musculus* Risso, 1826. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas de la cauda como barras y raquetas. (C) Espículas de la pared del cuerpo: barras y raquetas (C, I), cuerpos fosfáticos (C, II) y tabla perforada (C, III) (A: ICML-EMU-11497; B-C: ICML-EMU-11498). 103

Lámina 18. *Abyssocucumis albatrossi* (Cherbonnier, 1941). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas de la pared del cuerpo: (B) cruces espinosas del extremo posterior; (C) cruz y barras espinosas del extremo anterior. (D) Barras de los tentáculos (ICML-EMU-11501). 106

Lámina 19. *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas de la pared del cuerpo: (B, I, II, VI) tablas perforadas con espira excéntrica, (B, III, IV, VII, IX, X) placas perforadas sin espira. (B V, VII) Arreglo de las tablas con espira y placas perforadas sobre el cuerpo ($d=$ de la región dorsal, $v=$ de la región ventral) (A: ICML-EMU-11505; B: ICML-EMU-11504). 108

Lámina 20. *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011. Espículas: (A, I) Espira de una tabla. (A, II) Barrotes de los tentáculos. (B) Acomodo de varias tablas y placas sobrepuestas (A, I: ICML-EMU-11504; A, 2: ICML-EMU-11505; B: ICML-EMU-11503). 109

RESUMEN

La presente investigación se basó en la identificación taxonómica de las especies de Holothuroidea que fueron recolectadas frente a la costa oeste de la península de Baja California, por las campañas TALUD XV (zona sur) y TALUD XVI-B (zona norte) en ambientes de mar profundo, y su relación con las condiciones ambientales evaluadas en la zona. Durante las campañas se realizaron muestreos bentónicos utilizando un trineo, se recuperaron muestras de sedimento con un nucleador de caja y se midieron parámetros físico-químicos en la columna de agua. Se determinó la granulometría y los contenidos de materia y carbono orgánicos en el sedimento. Se evaluaron los atributos de abundancia, riqueza específica, densidad y frecuencia relativas, diversidad, equitatividad y dominancia de holoturias. En el área de estudio convergen diferentes corrientes oceánicas de orígenes subártico y tropical, así como masas de agua que influyen sobre las características hidrológicas de la región. Ésta se caracterizó por la presencia de una zona del mínimo de oxígeno que se hace más somera y se ensancha hacia latitudes más al sur. Los valores de temperatura, salinidad, contenidos de materia y carbono orgánicos, arcillas y arenas en sedimento fueron mayores en la zona sur, mientras que la zona norte se caracterizó por altos contenidos de limos en sedimento. Se obtuvieron 1214 holoturias en 24 puntos de muestreo, en un intervalo batimétrico de 540–2090 m de profundidad. El listado faunístico se conformó por 18 especies, de 14 géneros, 9 familias y 6 órdenes. Las especies *Pannychia moseleyi*, *Abyssocucumis albatrossi* y *Synallactes virgulasolida* predominaron en el área. Para algunas especies estos hallazgos significan nuevos registros geográficos y la ampliación de su distribución batimétrica. Se proponen morfotipos como posibles especies nuevas para la ciencia. Un análisis multivariado determinó que los parámetros ambientales que explicaron la distribución de las especies fueron la profundidad y el oxígeno disuelto. Finalmente, se realizó un catálogo taxonómico que incluyó información de la morfología de las especies y láminas con fotografías de la anatomía externa y de microscopía electrónica de barrido de las espículas calcáreas presentes en el grupo de las holoturias.

ABSTRACT

The present study was based on the taxonomic identification of the Holothuroidea species that were collected off the west coast of the Baja California peninsula, by the TALUD XV (southern zone) and TALUD XVI-B (northern zone) cruises in deep sea, and its relationship with the environmental conditions evaluated in the area. In each station visited, a benthic sampling was carried out using a sledge, samples of sediment were taken with a box core and physical-chemical parameters were measured in the water column. The granulometry and organic matter and carbon contents in sediment samples were evaluated. Abundance, specific richness, relative density and frequency, diversity, equity and dominance were evaluated of sea cucumber community. Different ocean currents of subarctic and tropical origins, as well as water masses converge in the study area, which influence the hydrological characteristics of the region. This was characterized by the presence of an Oxygen Minimum Zone that becomes shallower and widens towards latitudes farther south. Values of temperature, salinity, content of organic matter and carbon, clays and sand in sediment were greater in the southern zone, while silt contents and dissolved oxygen were greater in the northern. 1214 specimens were collected in 24 stations, in a bathymetrical range from 540–2090 m. The systematic list was integrated by 18 species of 14 genera, 9 families and 6 orders. The species *Pannychia moseleyi*, *Abyssocucumis albatrossi* y *Synallactes virgulasolida* predominated in the area. From some species, these findings mean new geographical records and the expansion of their bathymetric distribution. Also, morphotypes were proposed as possible new species for science. A multivariate analysis determined that the most important environmental parameters that explained the distribution of the species were depth and dissolved oxygen. Finally, a taxonomic catalog was made, that included information on the morphology of the species, photographs of the external anatomy and scanning electron microscopy of the calcareous spicules present in the group of holothurians.

Productos derivados de esta tesis

Artículo:

Luna-Cruz, A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the eastern Pacific.- Zootaxa 4444 (4): 491-500. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4444.4>.

Trabajos presentados en congresos:

Luna-Cruz A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the Eastern Pacific. Presentación poster. XVth Deep-Sea Biology Symposium, 10-14 de septiembre, Monterey California, EE.UU.

Luna-Cruz A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. Deep holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) from the west coast of Baja California, Mexico, taxonomy and some aspects of its ecology. Presentación poster. XVth Deep-Sea Biology Symposium, 10-14 de septiembre, Monterey California, EE.UU.

Luna-Cruz A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. Las holoturias de mar profundo de la costa oeste de Baja California, México. Un estudio de comunidad. Presentación oral. XXVIII Reunión Argentina de Ecología, 29 de octubre al 02 de noviembre, Mar del Plata, Argentina.

ESTUDIO TAXONÓMICO Y ECOLÓGICO DE LOS HOLOTUROIDEOS DE PROFUNDIDAD EN LA COSTA OESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

1. INTRODUCCIÓN

El phylum Echinodermata incluye a organismos invertebrados marinos en su mayoría bentónicos e inicialmente el término se acuñó para hacer referencia a “animales con espinas en la piel” (Brusca & Brusca, 2003). El grupo de las holoturias, comúnmente conocido como pepinos de mar, es una de las cinco clases que integran al grupo de los equinodermos.

La clase Holothuroidea cuenta con aproximadamente 1,300 especies reconocidas a nivel mundial (Pawson *et al.*, 2010), de las cuales 113 han sido registradas para alguna localidad en aguas mexicanas y, de éstas, 53 tienen distribución en el Pacífico tropical mexicano (Solís-Marín *et al.*, 2013). La taxonomía de las holoturias se basa en el conjunto de características de su anatomía externa (fig. 1) e interna, así como en las combinaciones de las formas que exhiben las espículas u osículos calcáreos que constituyen su esqueleto interno y fragmentado (fig. 2) (Solís-Marín *et al.*, 2009; Pawson *et al.*, 2010) y que dan sostén a diferentes tejidos del cuerpo del animal (Hendler *et al.*, 1995).

La clase Holothuroidea incluye a especies con una distribución amplia tanto geográfica como batimétrica. Estas son parte importante de las comunidades bentónicas, ya que sus poblaciones llegan a representar hasta el 90% de la biomasa de la megafauna. Las holoturias se encuentran viviendo en grandes profundidades (e.g., trincheras abismales) y ambientes extremos (e.g., ventilas hidrotermales), comúnmente con una distribución agregada o en parches de organismos (Hendler *et al.*, 1995). Al menos en 20 especies se ha observado un comportamiento natatorio (Miller & Pawson, 1989). Como parte del bentos de mar profundo, las poblaciones de pepinos de mar son un componente clave en el ciclo del carbono y es probable que tengan un efecto a largo plazo en la bioturbación, remineralización y tasas de secuestro del carbono (Ruhl, 2007; McClintock *et al.*, 2014).

Los ambientes del mar profundo representan cerca del 90% de suelo marino, ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos y sobresalen como una fuente promisoría de descubrimientos debido a que tienen una alta probabilidad de proporcionar especies nuevas para la ciencia (Escobar-Briones, 2012). En estos ambientes se presentan condiciones muy particulares que influyen en el asentamiento de las especies, como lo es la presencia de una *Zona del Mínimo de Oxígeno* la cual ha sido documentada para algunas regiones del mundo incluyendo el océano Pacífico mexicano (OPM) (Wyrski, 1966; Levin, *et al.*, 1991; Díaz & Rosenberg, 1995; Levin *et al.*, 2009; Hendrickx & Serrano, 2010; 2013).

Debido a las dificultades técnicas, altos costos y requerimientos especiales para la exploración de los océanos profundos, pocas investigaciones han sido orientadas al estudio de las especies de holoturias en este tipo de ambientes y predominantemente estos se han orientado a la taxonomía del grupo (*e.g.*, Ohshima, 1915; Heding, 1942; Hansen, 1975). Otras investigaciones han sido dirigidas para conocer la estructura de las comunidades (Grassle & Maciolek, 1992; Mecho *et al.*, 2014), la respuesta aparente de éstas ante el suministro de alimento como partículas de carbono orgánico y su uso como grupo indicador de los efectos de la variación climática (Ruhl, 2007; 2008) y en evaluar sus tasas metabólicas y demanda energética *in situ* (Murty-Hughes *et al.*, 2011).

En regiones oceánicas de México, hay una gran extensión de áreas que permanecen prácticamente desconocidas dentro de la zona del talud continental (Escobar-Briones, 2012). Particularmente, la costa oeste de la península de Baja California es un área para la cual los estudios oceanográficos se han centrado principalmente en la exploración de ambientes de aguas superficiales, y en menor número se han desarrollado estudios en ambientes de mar profundo. Algunas investigaciones recientes que se han enfocado al océano profundo frente a la península de Baja California fueron presentadas por: Hernández-Payán (2015); Hendrickx & Papiol (2015); Hendrickx *et al.* (2016) y Suárez-Mozo & Hendrickx (2016).

En México los estudios sobre la clase Holothuroidea han sido orientados principalmente a especies de ambientes someros y muy pocos se han orientado a explicar la influencia de las condiciones del ambiente sobre la distribución de las comunidades, aun cuando estos comenzaron hace más de 70 años (Solís-Marín *et al.*, 2013). Por lo anterior, el presente trabajo se planteó con el objetivo de contribuir al conocimiento de las poblaciones de holoturoideos y su interacción con condiciones ambientales, en una región del OPM de la que se sabe muy poco.

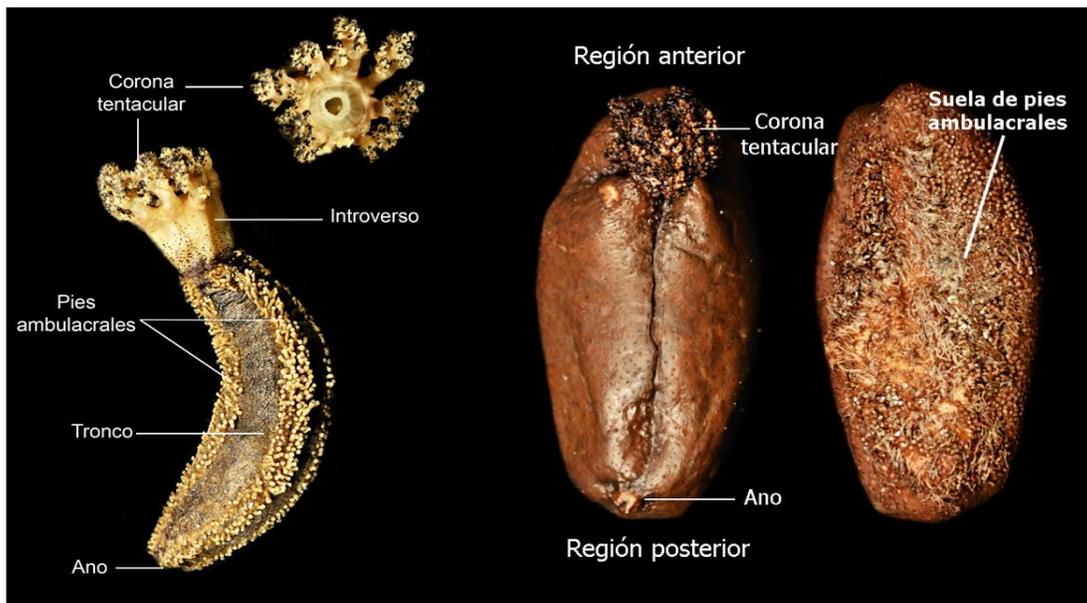


Figura 1. Anatomía externa de una holoturia.

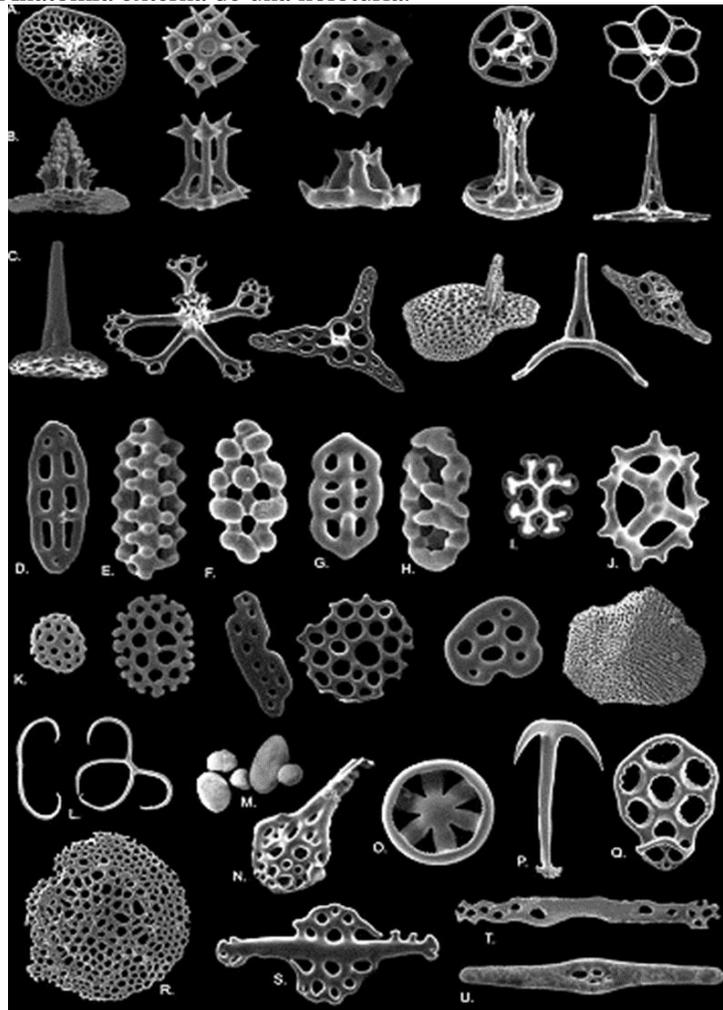


Figura 2. Tipos de espículas en las holoturias. Mesas (A-C), botón liso (D), botones abollados (E-G), botón festoneado (H), roseta (I), canasta (J), placas perforadas (K), cuerpos en forma de C (L), cuerpos fosfáticos (M), raqueta (N), rueda (O), ancla (P), placa del ancla (Q), placa terminal de los pies ambulacrales (R), barrotes perforados (S, T) barrotes fusiformes (U). Modificada de Borrero-Pérez *et al.* (2012).

2. ANTECEDENTES

2.1 El proyecto TALUD

Los primeros estudios de ambientes de aguas profundas del Océano Pacífico mexicano (OPM) fueron aquellos que resultaron de datos provenientes de las campañas de los buques estadounidenses “Albatross” (de 1891 a 1905), “Zaca” (en 1936 a 1938), “Velero IV” (en 1948) y de diversos cruceros organizados por la Scripps Institution of Oceanography (entre los años 1958 y 1961) (Hendrickx, 2012c; Solís-Marín *et al.*, 2013) a los cuales les sucedieron una amplia serie de pequeñas expediciones financiadas todas por instituciones extranjeras (véase Hendrickx, 2012c). Con la adquisición del buque oceanográfico “El Puma” por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el año 1981, comenzaron a realizarse trabajos exploratorios por parte de instituciones nacionales. Más recientemente, se han utilizado submarinos, sumergibles y equipos autónomos de instituciones extranjeras, como las realizadas por el submarino “Alvin” (1988), el sumergible “Deepsea” (2008) y el R/V “Atlantis” (2008), para estudiar los ecosistemas profundos (véase Hendrickx, 2012c).

Las campañas TALUD fueron realizadas en el marco de un proyecto de más de 20 años, entre 1989 y 2014 (Papiol *et al.*, 2016a). Estas campañas representaron estudios no aislados que abarcaron amplios periodos de espacio y tiempo a lo largo del Pacífico oriental, en la parte central y sur del golfo de California (TALUD I-X y XIII), en el suroeste de México (de Jalisco a Guerrero) (TALUD XI y XII) y en la parte oeste de la península de Baja California (TALUD XV, XVI y XVI-B). Además, proporcionaron datos acerca de las condiciones físico-químicas de la región y análisis de las relaciones entre estas condiciones y la presencia de diferentes comunidades biológicas. Una síntesis de algunas observaciones y análisis obtenidos a partir del proyecto TALUD se presentan en los trabajos de Zamorano *et al.* (2012) y de Zamorano *et al.* (2014). Un gran número de contribuciones al conocimiento de los ambientes profundos, de las comunidades que en estos habitan y de la presencia de ciertos fenómenos muy particulares a lo largo del OPM han sido publicados como parte de los resultados de las campañas TALUD.

Dentro de las comunidades de ambientes profundos que pudieron ser estudiadas a partir de material recolectado durante el proyecto TALUD, a lo largo del Pacífico mexicano, se encuentran los equinodermos. Los trabajos publicados hasta el momento en los que se incluyen características morfológicas de las especies y una amplia serie de datos ambientales, están basados en tres de las cinco clases de equinodermos, aunque el total del material para las cinco clases se encuentra en estudio.

Para la clase Asteroidea se realizó un catálogo taxonómico junto con el análisis de los parámetros ambientales y la medición de parámetros ecológicos de la comunidad, a partir de ejemplares que fueron recolectados a lo largo del golfo de California en un intervalo de

profundidad de 587 a 2,000 m. El material biológico fue obtenido durante las campañas TALUD IV-X. Los resultados incluyeron un total de 18 especies, los valores de densidad de la comunidad oscilaron entre 2.57 y 370.26 individuos por hectárea (inds/ha) y los parámetros que mejor determinaron la distribución de las especies fueron el oxígeno y la temperatura (Zárate, 2011; Hendrickx *et al.*, 2011).

Sobre la clase Holothuroidea se presentó el listado de especies que habitan en ambientes profundos del Pacífico mexicano, excluida la costa oeste de la península de Baja California, con la descripción de dos especies nuevas para la ciencia (Massin & Hendrickx, 2011). También para esta clase se presentaron nuevos registros de dos especies de la familia Psolidae (Massin & Hendrickx, 2013) y la descripción de una nueva especie de la familia Synallactidae (Massin & Hendrickx, 2010). Los resultados presentados por ambos trabajos se describen más ampliamente en la siguiente sección.

Para la clase Echinoidea se realizó un catálogo taxonómico a partir de la revisión de ejemplares que fueron recolectados en la costa oeste de la península de Baja California y dentro del golfo de California por las campañas TALUD XIV, XV y XVI-B. El material obtenido durante dichas campañas perteneció a 14 especies encontradas a una profundidad entre 203 y 2125 m (Conejeros, 2017).

Finalmente, una publicación conjuntó datos sobre ejemplares de las cinco clases que fueron recolectados a lo largo de las campañas TALUD I a la XIII, realizadas frente a las costas suroeste de México y dentro del golfo de California, fue presentada por Hendrickx (2012b). En dicho trabajo se incluyeron datos de las cinco clases y las especies identificadas pertenecían a cuatro de las cinco clases excepto la clase Crinoidea, de la cual únicamente se mencionaron cinco especímenes no identificados.

2.2 Estudios de la clase Holothuroidea en el Pacífico mexicano

Diversos estudios de ambientes de aguas profundas del OPM, que incluyen registros de especies pertenecientes al phylum Echinodermata, fueron publicados a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Algunas de las contribuciones de estas campañas fueron presentadas en los trabajos de Théel (1879, 1882, 1886), Ludwig (1893, 1894) y H. L. Clark (1920, 1923).

Más recientemente, se realizaron contribuciones al inventario de los equinodermos de aguas profundas para la región del OPM, y en particular sobre especies de la clase Holothuroidea, se han incluido en los siguientes trabajos:

Parker (1964) registró 26 especies de holoturias para la región del golfo de California, 12 de las cuales fueron encontradas en estaciones profundas, desde los 700 m y hasta alrededor de los 2000 m, como parte de los invertebrados bentónicos que aparecieron en una serie de cruceros orientados a estudios geológicos realizados por la “Scripps Institution of

Oceanography”, entre 1958 y 1961. La profundidad máxima alcanzada durante estos cruceros fue de 4122 m.

Maluff (1988) presentó el listado de las especies de equinodermos para el Pacífico Este Central más completo hasta ese momento, obtenido a partir de la compilación de datos publicados en trabajos anteriores. Esta publicación incluyó 150 registros de especies de holoturias, de las cuales 29 tenían registros a profundidades mayores a los 200 m. El trabajo de Maluff (1988) ha sido considerado por diversos autores como uno de los trabajos pioneros más sobresaliente en el estudio de los equinodermos para la región del OPM. Sin embargo, desde su publicación se ha modificado el estatus taxonómico de muchas especies y otras más han sido sinonimizadas.

Massin & Hendrickx (2010) describieron una nueva especie de pepino de mar de la familia Synallactidae, *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010, la cual se encontró en la parte sur de Baja California durante la campaña TALUD VIII, a una profundidad de 1,030 m, siendo este el primer registro del género para el área del golfo de California.

Massin & Hendrickx (2011) presentaron el listado de las especies de holoturias de profundidad para las costas del Pacífico mexicano, a partir de material obtenido durante las campañas TALUD III y TALUD VI a XIII, de muestreos realizados de 1998 a 2008, en el golfo de California y a lo largo de la costa suroeste, a profundidades entre 377 y 2200 m. El listado faunístico incluyó 13 especies, 11 conocidas previamente y dos nuevas especies: *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011 y *Mitsukuriella unusordo* Massin & Hendrickx, 2011. Además, se documentó la ampliación de cinco registros entre geográficos y batimétricos. Los autores incluyeron también la lista actualizada de los registros de la clase con distribución frente a las costas del OPM a profundidades mayores a 300 m, la cual concluyó en la presencia de 31 especies. Estos mismos registros fueron incluidos en el listado de Hendrickx (2012b) sobre los equinodermos de aguas profundas con distribución en el OPM.

Massin & Hendrickx (2013) presentaron registros de dos especies de pepinos de mar de la familia Psolidae: *Psolus diomedae* Ludwig, 1894 y *Lissothuria hancocki* (Deichmann, 1941), encontradas en el golfo de California a una profundidad máxima de 260 m. El material biológico revisado en dicho trabajo fue recolectado en los cruceros CORTES 2, realizado en 1985, y GUAYTEC I, realizado en 1987.

Alvarado & Solís-Marín (2013) presentaron el listado de las especies de equinodermos más completo hasta el momento para la región de América Latina, proporcionando datos de distribución batimétrica y del hábitat, basado en datos provenientes de colecciones científicas y diversas publicaciones. Para la costa oeste de México (incluyendo el golfo de California), este trabajo incluyó 295 especies de equinodermos, 71 de la clase Holoturoidea, de las cuales 31 correspondieron a especies con registros de profundidad mayores a 200 m.

Solís-Marín *et al.* (2014) escribieron un capítulo dedicado a la biodiversidad de equinodermos en ambientes profundos de México, como parte de una serie de trabajos orientados a resaltar la investigación que se ha llevado a cabo recientemente en el país alrededor de los ambientes oceánicos profundos. Dicho trabajo incluyó 34 registros de la clase Holothuroidea según datos provenientes de dos colecciones científicas y diversas publicaciones. Adicionalmente, en dicha publicación se incluyen datos de la profundidad a la que han sido registradas las especies a nivel mundial.

Como parte de una serie de capítulos sobre la riqueza y diversidad de especies de mar profundo del golfo de California, Hendrickx *et al.* (2014) presentaron el registro de nueve especies de holoturias encontradas sobre las cuencas y fallas transformes del golfo de California durante una expedición del R/V “Atlantis” de la Institución de Oceanografía Woods Hole, llevada a cabo en mayo del 2008. En este trabajo se incluyeron fotografías de los ejemplares vivos tomadas por el vehículo no tripulado “JASSON”.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar la composición específica de la clase Holothuroidea de la costa oeste de la península de Baja California, Pacífico mexicano, a partir de material recolectado a profundidades mayores a los 200 m y realizar un análisis ecológico para conocer el estado de la comunidad.

3.2 Objetivos particulares

- 1.- Describir las condiciones ambientales medidas en la costa oeste de la península de Baja California (profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto; porcentaje de arcillas, limos, arenas, carbono y materia orgánicos en el sedimento).
- 2.- Presentar el elenco sistemático de las especies.
- 2.- Describir la comunidad mediante los parámetros ecológicos de abundancia, riqueza específica, diversidad de especies, densidad y frecuencia relativas.
- 3.- Determinar si diferencias entre valores de densidad de las especies pueden ser explicados por un gradiente batimétrico o por provenir de la zona norte y sur de la península.
- 4.- Determinar posibles relaciones entre los parámetros fisicoquímicos registrados y la densidad, la riqueza y la diversidad de las especies.
- 5.- Elaborar un catálogo taxonómico de las especies en el que se evidencien sus características morfológicas.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Características generales

La región oeste de la península de Baja California se localiza entre los meridianos 110° y 119° oeste y los paralelos 22° y 33° norte. Es considerada una zona de transición entre masas de agua de origen subártico y subtropical, altamente influenciada por el sistema de la corriente de California y por los fenómenos de El Niño y La Niña (Fiedler & Talley, 2006; Durazo *et al.*, 2010).

El sistema de circulación presenta surgencias costeras en respuesta a vientos a lo largo de la costa, un flujo superficial predominante hacia el ecuador como respuesta al mecanismo forzante y una contracorriente sub-superficial dirigida hacia el polo que fluye a lo largo del talud continental (entre 200 y 400 m) (Durazo *et al.*, 2010).

En el relieve del fondo oceánico se reconocen dos morfoestructuras: la plataforma continental y el “borderland” de Baja California. El “borderland” en el territorio mexicano corre en una longitud de 1,300 km, inicia frente a las costas de California, EE.UU. y termina frente a Cabo San Lucas; presenta un relieve montañoso de fuerte pendiente con una amplitud máxima de 320 km hacia el paralelo 33°, complejas zonas de relieve de mesetas, montañas submarinas, depresiones, escarpes menores, plegamientos y fallas, además de una transición abrupta de la plataforma continental a la llanura abisal (Lanza, 1991).

Los sedimentos presentes en el área comprenden principalmente arenas y lodos en la parte más cercana a la plataforma continental y arcillas en la zona oceánica (Aguayo-Camargo & Carranza-Edwards, 1991; Lanza, 1991). Estos sedimentos son conformados por esqueletos calcáreos y silíceos de foraminíferos, diatomeas y radiolarios, materiales terrígenos costeros y de erosión de costas por el oleaje e importantes depósitos de fosforita; hacia el norte de la península hay una región restringida de detritos volcánicos (Aguayo-Camargo & Carranza-Edwards, 1991). Un estudio reciente determinó que existe un gradiente asociado a la latitud a partir del cual las zonas más al norte presentan porcentajes altos de contenido de limos y carbono orgánico (Papiol *et al.*, 2016b).

Uno de los fenómenos que se presentan en el área y que tienen una fuerte influencia sobre los ambientes del fondo y la distribución de las especies en la columna de agua, es la presencia de una amplia y muy marcada Zona del Mínimo de Oxígeno (ZMO) (Hendrickx & Serrano, 2010; Hendrickx & Papiol, 2015; Papiol & Hendrickx, 2016; Papiol *et al.*, 2016a; Hendrickx & Suárez-Mozo, 2018).

4.2. La Zona del Mínimo de Oxígeno

Las zonas mínimas de oxígeno son masas de agua oceánica con concentraciones de oxígeno disuelto (OD) <0.5 ml/l, aunque algunos autores han utilizado el término para referirse a

masas de agua con concentraciones de OD <0.2 ml/1 (Kamykowski & Sara-Joan, 1990). Por la baja disponibilidad de oxígeno representan barreras biogeográficas que limitan el cruce transversal (“cross-slope movements”) de muchas especies pelágicas o bentónicas en las áreas donde la ZMO intercepta el fondo marino (Helly & Levin, 2004; Hendrickx & Serrano, 2010). Además, las ZMO tienen un impacto en la disponibilidad de nutrientes y en la productividad biológica, y por lo tanto en el ciclo del CO₂ (Stramma *et al.*, 2010). Las especies de zonas profundas que logran habitar estas áreas con bajas concentraciones de oxígeno deben presentar adaptaciones en respuesta a las condiciones extremas (Serrano, 2012).

En el Pacífico Este se localiza la ZMO de mayor extensión en el océano abierto. Es inducida por surgencias y se extiende desde los 60° norte hasta los 30° sur (Helly & Levin, 2004). Dentro de esta área hay 355,880 km² con valores de OD <0.5 ml/1 (31% del fondo marino mundial que presenta condiciones anóxicas por debajo de ese umbral), de los cuales 263,000 km² presentan valores de OD <0.2 ml/1 (Helly & Levin, 2004). El espesor y la profundidad a la que comienza la ZMO del océano Pacífico varían ampliamente (Helly & Levin, 2004; Hendrickx & Serrano, 2010; Papiol *et al.*, 2016b). Dicha variación es impulsada por los procesos de circulación y renovación que presentan las aguas intermedias (Serrano, 2012). Su distribución vertical varía con la latitud como probable consecuencia de efectos combinados de productividad en la superficie, edad de las masas de agua y patrones de circulación (Helly & Levin, 2004).

En las aguas del territorio mexicano la ZMO tienen una amplitud vertical de 290 a 954 m frente a la costa oeste de Baja California (norte de la península) y se incrementa hacia el sur del país, en donde el grosor de la capa anóxica puede abarcar desde 38 m hasta 1,269 m (Papiol *et al.*, 2016b). La profundidad a la que comienza varía de 190 m en la costa oeste de Baja California a 60 m de profundidad al sur de México (profundidad a la que se localiza la isopleta más somera de 0.5 ml/1 de O₂) (fig. 3). La ZMO presenta valores medios de temperatura y salinidad más bajos en latitudes altas (18.1°C y 34.31 ups frente a Baja California versus 25.1°C y 34.60 ups en el sur del país), con un marcado cambio gradual hasta antes de alcanzar los 900 m de profundidad para valores de temperatura y hasta antes de los 850 m (en latitudes altas) y alrededor de los 600 m de profundidad (en la región sur) para valores de salinidad (fig. 3) (Papiol *et al.*, 2016b).

4.3 Sistema de corrientes y masas de agua en la península de Baja California

La costa oeste de la península de Baja California es considerada una ecorregión influenciada por complejos sistemas de corrientes oceánicas y de masas de agua, al igual que por masas de agua superficiales que representan una zona de transición (Tomczak & Godfrey, 2003). Este conjunto de características ha propiciado una diversidad de especies relativamente alta, compuesta tanto por especies neárticas como neotropicales (Wilkinson *et al.*, 2009). Dicha extensión oceánica es fuertemente influenciada por el sistema de la corriente de California

(SCC) (Wilkinson *et al.*, 2009). El SCC está integrado por la corriente de California (CC), una corriente superficial con dirección al ecuador, por la subcorriente de California (CU), con un flujo subsuperficial que va en dirección hacia el polo, y por la contracorriente de California (CCC), la cual es costera e intermitente (Durazo *et al.*, 2005). La CC transporta aguas frías y ricas en nutrientes, mientras que la CCC es más cálida, fluye de forma discontinua y estacional en dirección norte, comienza entre agosto y octubre y se intensifica en la temporada invernal (Wilkinson *et al.*, 2009). En el área se presentan también el sistema frontal de Baja California en donde convergen dos frentes en direcciones opuestas, uno frío y uno más cálido, y sistemas de surgencias costeras que transportan nutrientes a la superficie y cerca de la orilla, lo cual da paso a que el área presente una productividad moderadamente elevada (150-300 g C/m²/año) (Wilkinson *et al.*, 2009).

Las masas de agua que se presentan en la región son varias. Las cuencas abisales del océano Pacífico son llenadas desde el oeste por la masa de agua llamada Agua del Fondo Antártico (AABW, por sus siglas en inglés), la cual ingresa desde el sur de Nueva Zelanda con temperaturas potenciales debajo de los 0 °C, se desplaza hacia el este, y lentamente se mezcla con aguas superiores. En el océano Pacífico no se originan masas de agua profundas o del fondo, sin embargo lo que ahí ocurre es una intrusión lenta favorecida por la uniformidad en las propiedades del agua a profundidades mayores a los 2,000 m (Tomczak & Godfrey, 2003).

La siguiente capa superior es nombrada como Agua Profunda del Pacífico (PDW, por sus siglas en inglés). Se localiza entre los 1,000 y los 3,000 m de profundidad, presenta procesos de mezcla lentos y movimientos hacia el norte en las corrientes de los límites occidentales con circulación de retorno lenta a través de las cuencas del este. Por arriba de ésta se encuentra el Agua Intermedia del Pacífico Norte (NPIW, por sus siglas en inglés), formada a partir de la mezcla de aguas superficiales y profundas. Finalmente, la capa más superficial representa una zona de transición (Tomczak & Godfrey, 2003) en la que convergen cuatro masas de agua definidas por sus valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes (Lynn & Simpson, 1987). Estas masas de agua son: Agua del Pacífico Subártico, Agua Central del Pacífico Nororiental, Agua del Pacífico Ecuatorial y surgencias costeras (Svedrup *et al.*, 1942; Simpson *et al.*, 1984).

El conjunto de características y de fenómenos oceánico-atmosféricos que se presentan en la costa oeste de la península de Baja California la hacen un área única para la diversidad de muchos grupos de especies y es probable que jueguen un papel determinante en el asentamiento de las comunidades.

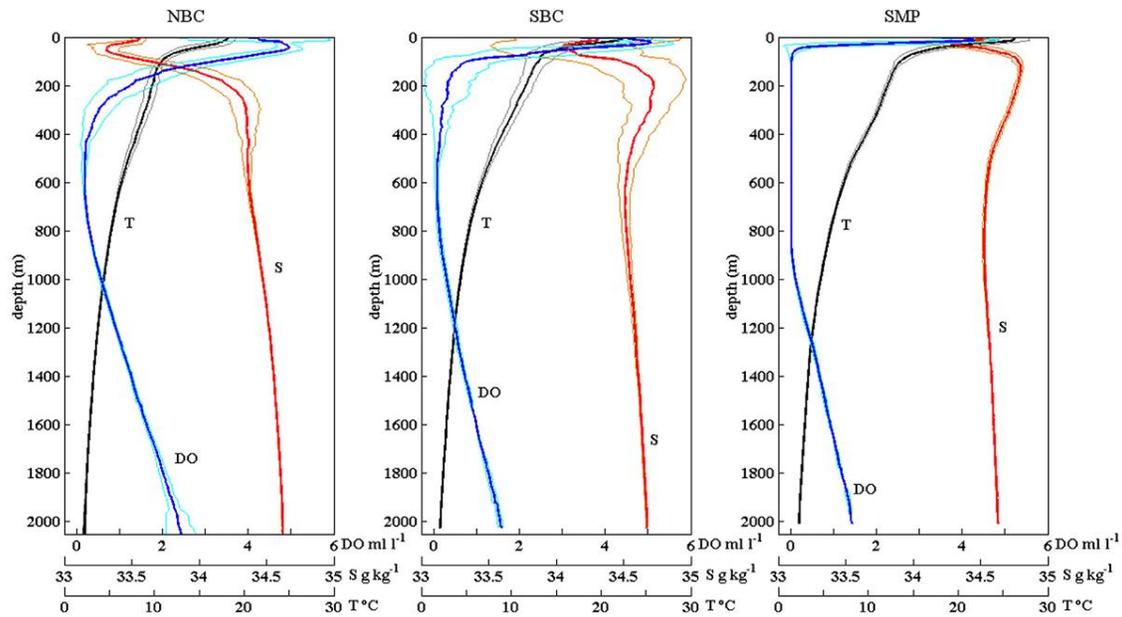


Figura 3. Perfiles batimétricos de las medias de salinidad (S), temperatura (T) y oxígeno disuelto (DO, por sus siglas en inglés) medidos en tres regiones del OPM: frente a las costas oeste de Baja California (NBC) y Baja California Sur (SBC) y sur del Pacífico mexicano (SPM). Tomado de Papiol *et al.* (2016b).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Obtención de muestras biológicas

Se muestrearon un total de 47 estaciones (fig. 4), en las que se realizaron 43 arrastres con el trineo bentónico durante las campañas TALUD XV, XVI y XVI-B, a bordo del B/O “El Puma” de la UNAM. Estas campañas fueron las más recientes del proyecto titulado “Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico Mexicano”.

La campaña TALUD XV se realizó en la parte sur de la península, a lo largo de la costa de Baja California Sur, entre julio y agosto de 2012. Durante ésta se visitaron un total de 24 estaciones en 19 de las cuales se realizó un arrastre. La campaña TALUD XVI-B se realizó entre mayo y junio de 2014 y cubrió un total de 23 estaciones en la región norte de la península, frente a las costas de Baja California; en todas las estaciones se realizó un arrastre. La campaña TALUD XVI estaba inicialmente planteada para llevarse a cabo durante julio y agosto de 2013 pero ésta se suspendió tras presentarse fallas técnicas cuando se visitaba la segunda estación y se retomó un año más tarde con la campaña TALUD XVI-B. Durante la campaña TALUD XVI se realizó un único arrastre (cuadro 1).

Los muestreos biológicos fueron efectuados utilizando un trineo bentónico (con una boca de 0.9 m de altura por 2.35 m de anchura), equipado con una red camaronera modificada de 5.5

cm de apertura de malla y con una red interna de malla más fina (apertura de 2.0 cm) (fig. 5A, 5B). El equipo de muestreo fue operado a profundidades de 296 m a alrededor de 2125 m. Durante las tres campañas, un único ejemplar fue recolectado con un nucleador de caja tipo UNSEL (fig. 5C), el cual se obtuvo en la estación 10 del TALUD XVI-B. Una vez que las muestras fueron recuperadas en cubierta y separadas de los otros grupos faunísticos, fueron fijadas en formaldehído al 5%, después fueron lavadas abundantemente con agua y posteriormente transferidas a etanol al 70%. Los ejemplares fueron conservados en etanol al 70% y todos fueron depositados en la Colección Regional de Invertebrados Marinos (ICML-EMU), de la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, Mazatlán, Sinaloa.

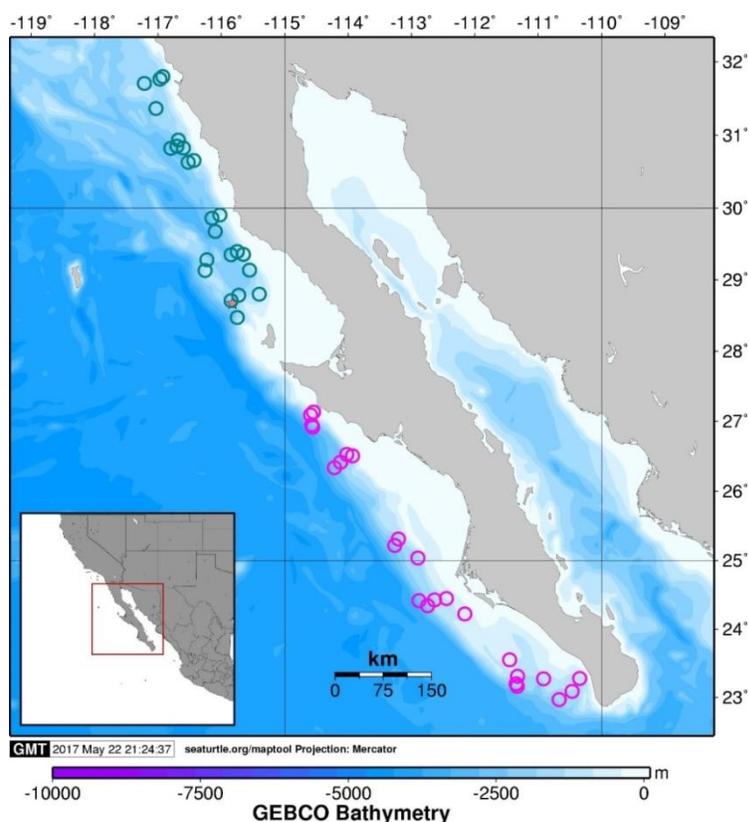


Figura 4. Localización de las estaciones muestreadas a lo largo de las campañas TALUD XV (círculos abiertos rosas), TALUD XVI (marca anaranjada) y TALUD XVI-B (círculos abiertos verdes).

Cuadro 7. Coordenadas geográficas, profundidades del arrastre y profundidad media para cada una de las estaciones muestreadas a lo largo de las campañas TALUD XV, XVI y XVI-B.

Estación	Fecha	Latitud Norte	Longitud Oeste	Equipo utilizado	Profundidad del arrastre (m)	Profundidad media
Campaña TALUD XV costa oeste de Baja California Sur						
1	04-ago-2012	23°18'40"	111°19'37"	Trineo y núcleo	750-850	800
2	04-ago-2012	23°12'02"	111°20'50"	Trineo y núcleo	1118-1150	1134
5A		23°33'13"	111°27'13"	Núcleo	595-636	615.5
5C	05-ago-2012	23°16'42"	110°54'55"	Trineo y núcleo	980-1036	1008
5D		23°16'58"	110°20'42"	Trineo y núcleo	650-665	657.5
5E	05-ago-2012	23°05'22"	110°27'54"	Trineo	948-954	951
5F	05-ago-2012	22°58'15"	110°40'17"	Trineo y núcleo	1035-1108	1071.5
6		24°13'42"	112°09'24"	Trineo y núcleo	296-312	304
7		24°27'06"	112°27'0"	Trineo	528-540	534
8	30-jul-2012	24°25'48"	112°38'06"	Trineo y núcleo	1212-1235	1223.5
9	30-jul-2012	24°25'12"	112°52'48"	Trineo y núcleo	1425-1494	1459.5
10		24°20'42"	112°44'48"	Trineo	2088-2125	2106.5
13		25°02'12"	112°54'06"	Trineo y núcleo	1210-1245	1227.5
15	02-ago-2012	25°18'50"	113°12'17"	Trineo y núcleo	1246-1309	1277.5
16	03-ago-2012	25°13'11"	113°15'56"	Trineo y núcleo	1170-1810	1490
17	31-jul-2012	26°20'24"	114°13'07"	Trineo y núcleo	2111-2136	2123.5
18		26°25'0"	114°07'0"	Núcleo	1516	1516
19				Núcleo		1409
20	01-ago-2012	26°30'42"	113°56'0"	Trineo y núcleo	540-568	554
23	01-ago-2012	27°08'11"	114°32'54"	Trineo y núcleo	530-625	577.5
24		27°05'42"	114°35'30"	Trineo y núcleo	772-786	779
25	01-ago-2012	26°57'06"	114°34'31"	Trineo y núcleo	1370-1518	1444
26				Núcleo		985.5
Campaña TALUD XVI costa oeste de Baja California						
3	31-jul-2013	28°39'00"	115°49'00"	Trineo	1397-1408 m	1402.5
Campaña TALUD XVI-B costa oeste de Baja California						
1	23-mayo-2014	28°28'18"	115°45'12"	Trineo y núcleo	2038-2054	2046
3	23-mayo-2014	28°42'36"	115°50'42"	Trineo y núcleo	1350-1365	1357.5
4	23-mayo-2014	28°47'05"	115°43'47"	Trineo y núcleo	1237-1284	1260.5
5	24-mayo-2014	28°48'00"	115°24'06"	Trineo y núcleo	772-777	774
6	24-mayo-2014	29°08'09"	115°33'26"	Trineo y núcleo	1004-1102	1053
7	31-mayo-2014	29°21'12"	115°39'08"	Trineo y núcleo	710-750	730
8	31-mayo-2014	29°23'48"	115°45'12"	Trineo y núcleo	1416-1480	1448
9	30-mayo-2014	29°20'53"	115°51'00"	Trineo y núcleo	1848-1860	1854
10	30-mayo-2014	29°07'50"	116°15'30"	Trineo y núcleo	860-910	885
11	30-mayo-2014	29°16'48"	116°13'46"	Trineo y núcleo	1679-1698	1688.5
15	29-mayo-2014	29°40'24"	116°06'00"	Trineo y núcleo	2010-2046	2028
16	29-mayo-2014	29°51'24"	116°09'06"	Trineo y núcleo	1360-1425	1392.5
17	29-mayo-2014	29°54'18"	116°01'30"	Trineo y núcleo	734-774	754
18	25-mayo-2014	30°39'18"	116°25'54"	Trineo y núcleo	740-785	762.5
19	25-mayo-2014	30°39'00"	116°31'40"	Trineo y núcleo	1385-1433	1409
20	26-mayo-2014	30°51'16"	116°42'11"	Trineo y núcleo	2075-2090	2082.5
21	28-mayo-2014	30°49'24"	116°47'48"	Trineo y núcleo	2018-2093	2055.5
22	28-mayo-2014	30°49'47"	116°35'54"	Trineo y núcleo	1480-1560	1520
23	27-mayo-2014	30°56'02"	116°40'55"	Trineo y núcleo	1296-1340	1318
25		31°48'00"	116°55'29"	Trineo y núcleo	807-814	810.5
26	26-mayo-2014	31°46'06"	116°58'21"	Trineo y núcleo	982-989	985.5
27	27-mayo-2014	31°42'36"	117°13'00"	Trineo y núcleo	1394-1397	1395.5
28	27-mayo-2014	31°22'00"	117°02'00"	Trineo	1461-1532	1496.5

Nota: Las filas en azul indican estaciones en donde se recolectaron muestras de holoturias. La estación 10 del TALUD XVI-B corresponde a una estación donde se recolectó un único ejemplar con el nucleador de caja. Total de arrastres: 19 durante el TALUD XV, 1 durante el TALUD XVI y 23 durante el TALUD XVI-B.

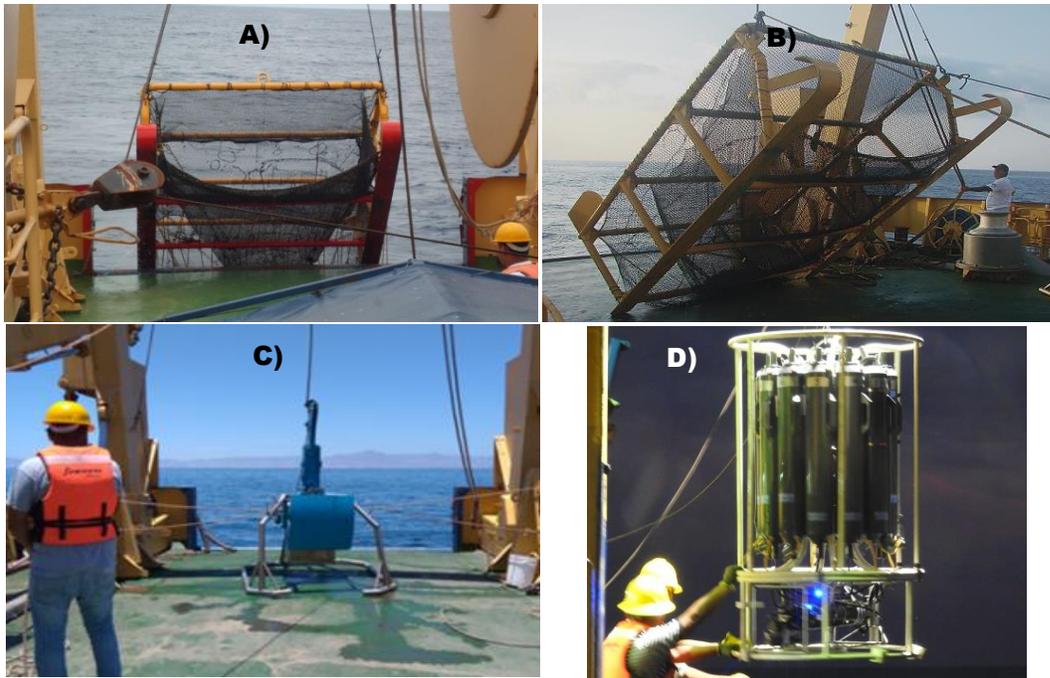


Figura 5. Equipos de muestreo utilizados durante las campañas TALUD: trineo bentónico (A, B), nucleador de caja tipo USNEL (C) y sistema de roseta equipado con botellas Niskin (D) (fotos A, B y D fueron tomadas por José Carlos Hernández Payan).

5.2 Obtención de datos ambientales

Cada estación de muestreo fue referenciada utilizando el sistema de navegación del buque y la profundidad fue obtenida mediante la operación de una ecosonda digital SIMRAD. En cada estación visitada se midió la temperatura, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, hasta una distancia de 20 m sobre el piso oceánico, utilizando el CTD Seabird 19. Adicionalmente, se midió la concentración de oxígeno disuelto mediante el método de Winkler (Anexo 1, apartado 1.1) en muestras de agua recolectadas en botellas Niskin montadas en un sistema de muestreo automático tipo roseta (fig. 5D).

En cada estación se tomaron muestras de sedimento con un nucleador de caja tipo USNEL de 42 cm x 41 cm de lado (fig. 5C). De cada muestra se separaron los organismos de la mega y macrofauna haciéndola pasar con un tamiz de 0.5 mm de luz de malla. De cada una de las muestras se tomaron los primeros 3 cm de la capa de sedimento más superficial, a dicha submuestra se le realizó un análisis granulométrico y se evaluó el contenido de materia orgánica (Anexo 1, apartados 1.2 y 1.3). Los análisis granulométricos se realizaron en un granulómetro láser Mallven modelo Hydro 200 Mu. Para tal fin fue necesario eliminar la materia orgánica presente en las muestras adicionando H_2O_2 . La cantidad de carbono orgánico oxidable (CO) se evaluó mediante el método de Walkey-Black modificada de Jackson (1958), el cual es una técnica volumétrica que utiliza calentamiento exotérmico y

oxidación con dicromato de potasio y una mezcla de nitrato de plata y ácido sulfúrico concentrado, seguido de una titulación empleando difenilamina como indicador y sulfato ferroso amoniacal. El contenido de materia orgánica (MO) se estimó multiplicando la concentración de CO por 1.72, constante de “van Bemmelen” (Beaudoin, 2003).

Los tratamientos aplicados a las muestras, los procedimientos seguidos para tal fin y las especificaciones de los equipos utilizados han sido descritos por Strickland & Parsons (1972), Loring & Rantala (1992) y Suárez-Mozo (2016).

5.3 Descripción de las características ambientales en la zona de estudio

Se describieron los valores mínimos y máximos para cada variable ambiental registrada a lo largo de la costa oeste de la península y considerando el total de estaciones visitadas (los datos ambientales por estación se incluyen en el anexo 2). De igual forma, se describieron los valores mínimos y máximos de cada variable, registrados únicamente en las estaciones donde se recolectaron holoturias. Para representar dichos valores, se realizaron gráficas de barras mediante el programa Excel.

5.4 Determinación taxonómica

Para la identificación de los ejemplares a nivel de especie se observaron los caracteres morfológicos externos e internos. Como carácter morfológico principal se consideró la forma de las espículas, así como la forma del anillo calcáreo para algunos casos en los que se contaba con más de un ejemplar de una misma especie.

Para observar las espículas se realizó un corte de tejido (aproximadamente de 5 mm²) principalmente de la pared corporal, en los pies ambulacrales, ornamentaciones y en los tentáculos orales. Cada corte de tejido fue colocado sobre un portaobjetos, al que posteriormente se adicionaron dos o tres gotas de hipoclorito de sodio (cloro comercial) para su disolución, logrando de esta manera hacer visibles las estructuras de carbonato de calcio. Cuando el tejido fue disuelto por el cloro se procedió a observar la muestra en el microscopio óptico Leica DM-LS2, en aumentos de 10x y 20x.

La identificación de las holoturias al nivel de especie fue basada en la consulta de literatura especializada para especies de ambientes profundos (*e.g.*, Ludwig, 1894; Ohshima, 1915; Clark, 1920; Heding, 1942; Hansen, 1975; Pawson, 1977; Solís-Marín, 2003) y en trabajos que incluyen descripciones de especies presentes en la región del Pacífico mexicano y áreas circundantes (*e.g.* Pawson, 1983; Thandar, 1999; Solís-Marín *et al.*, 2009; Massin & Hendrickx, 2010; Massin & Hendrickx, 2011; Hendrickx *et al.*, 2014; Thandar & Rambaran, 2015). Para algunas especies se hizo la revisión de ejemplares previamente identificados, recolectados en ambientes profundos del Pacífico mexicano en campañas TALUD anteriores a las citadas en este trabajo y que permanecen en resguardo de la Colección Regional de Invertebrados Marinos (ICML-EMU). Se revisó también material selecto de la campaña

TALUD XVI-B que había sido enviado al Smithsonian Institution (United States National Museum) y al Scripps Institution of Oceanography para su identificación por el Dr. David Pawson (9 lotes con 17 ejemplares, que correspondieron a dos de las especies más abundantes: *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 y *Pannychia moseleyi* Théel, 1882).

Adicionalmente, la identificación de las especies se apoyó de la toma de fotografías de microscopía electrónica de barrido (MEB) de las espículas, siguiendo la técnica descrita por Solís-Marín *et al.* (2009) modificada (Anexo 1, apartado 1.4). Las modificaciones a la técnica consistieron en realizar procesos de deshidratación de las espículas con lavados sucesivos de alcohol etílico a diferentes concentraciones, en eliminar los pasos de centrifugación a 1,000 r.p.m. entre cada cambio de alcohol y después de haberse extraído el cloro para la disolución del tejido que las recubre y en eliminar el “secado por medio de punto crítico”, el cual consiste en extraer el último sobrenadante de alcohol con bióxido de carbono en estado líquido. La observación y registro fotográfico de MEB se realizaron en el microscopio S-2460N Hitachi, del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad (I) del Instituto de Biología de la UNAM.

5.5 Análisis ecológico

5.5.1 Caracterización ecológica de la comunidad de holoturias

Para caracterizar la comunidad de holoturias se calcularon: 1) la abundancia (N), entendida como el número de organismos de cada especie por estación de muestreo y de cada uno de los órdenes; 2) la riqueza específica (S), entendida como el número de especies de cada uno de los órdenes; 3) la densidad relativa y la frecuencia relativa; 4) los índices de diversidad de Shannon (H'), de equitatividad de Pielou (J') y de dominancia de Simpson (λ).

Los valores de densidad fueron calculados por especie para cada estación de muestreo en las que se presentó la especie, estandarizados para el área barrida en cada arrastre. El área barrida se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$A = (v)(t)(a)$$

Donde:

A = área muestreada; v = velocidad media del arrastre, 1.75 nudos/h (1 nudo= 1 milla náutica/h = 1852 m/h ó 1.852 km/h); t = duración del arrastre en horas; a = anchura de la boca del trineo, 2.35 m (véase: Méndez & Hendrickx, 2012; Méndez, 2013).

Se calcularon valores de densidad (número de individuos de cada especie por hectárea) utilizando el área muestreada por arrastre en cada estación y el total de organismos por especie en cada estación. Para su estandarización a individuos en una hectárea se utilizó una regresión lineal (regla de tres).

La frecuencia de especies (F) se calculó mediante el índice de Glémarec (1964), el cual considera que

$$F = (m_i \times 100) / M$$

Donde:

m_i = número de muestras en las que fue encontrada la especie i ; M = número total de muestras.

Para visualizar el número de organismos y la riqueza específica por órdenes se realizaron gráficos de pastel mediante el programa Excel. También, mediante este programa, se realizaron gráficos de barra para visualizar la densidad y frecuencia relativas por especie, expresadas en porcentaje. Los valores de densidad, densidad relativa, frecuencia de aparición y frecuencia relativa calculados para cada especie se incluyen en el anexo 4.

Mediante el programa PRIMER 6 v.6.1.6 se calcularon los siguientes índices:

Diversidad de Shannon (H')

Incluye intervalos de 0 a infinito. Mide el grado medio de incertidumbre en predecir que especies muestreadas al azar en una colección de especies (S) e individuos (N) podrían pertenecerse.

$$H' = \sum p_i * \log_2 p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

H' = diversidad de Shannon.

p_i = abundancia relativa en proporción de cada especie “ i -ésima” con respecto a la abundancia total en la unidad muestral.

n_i = número de individuos de la especie “ i -ésima” en la unidad muestral.

N = número total de individuos por unidad muestral.

Equitatividad de Pielou basado en Shannon (J')

Se calculó la equitatividad para conocer la homogeneidad de la abundancia entre las especies, es decir, se busca saber si la abundancia entre las especies está o no distribuida de manera uniforme entre ellas.

$$J' = \frac{H'}{Hmax}$$

$$Hmax = \log S$$

Dónde:

J' = equitatividad de Pielou

H' = valor de diversidad de Shannon

$Hmax$ = diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad

S = riqueza de especies

Dominancia de Simpson (λ) para muestreos tomados al azar

Evalúa la distribución de la abundancia de cada especie de la comunidad. Designa valores entre 0 (cuando en la comunidad se presenta baja diversidad y alta dominancia) y 1 (cuando en la comunidad se presenta alta diversidad y baja dominancia).

$$\lambda = \sum pi^2$$

$$pi = \frac{ni}{N}$$

Donde:

λ = dominancia de Simpson

pi = abundancia relativa en proporción de cada especie “i-ésima” con respecto a la abundancia total en la estación.

ni = número de individuos de la especie “i-ésima” en la estación.

N = total de individuos por estación.

Los análisis ecológicos orientados a evaluar la densidad y frecuencia relativas, índices de diversidad, equitatividad y dominancia dentro de la comunidad se realizaron con datos de las muestras obtenidas con el trineo bentónico, que en conjunto representaron un alto porcentaje de número de organismos (1213 holoturias recolectadas en 23 arrastres) y para las que fue posible estimar un valor de densidad expresado en individuos por hectárea. El único organismo obtenido con el nucleador de caja fue considerado dentro de los análisis de abundancia y riqueza específica los cuales toman en cuenta el número de organismos y de especies presentes en la comunidad. Asimismo, se incluyó para los estimadores de riqueza de especies.

5.5.2 Estimadores de la riqueza de especies

Se evaluaron también tres estimadores de la riqueza de especies (Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap), con 100 remuestreos con reemplazamiento, según esfuerzos de muestreo crecientes desde uno hasta seis para la costa sur de la península y desde uno hasta 18 para la costa norte, calculados mediante el programa PRIMER 6 v.6.1.6. Dichos estimadores se seleccionaron dentro de un conjunto de estimadores que son los más comúnmente utilizados en estudios faunísticos (tipo Jackknife, tipo Chao, Bootstrap y la ecuación de Michaelis Menton) siguiendo dos criterios propuestos por González-Oreja *et al.* (2010):

- 1.- Un estimador robusto y exacto no debería ser sensible al tamaño de muestra y por encima de cierto umbral de unidades de muestro debería permanecer más o menos estable alrededor de un valor.
- 2.- Un estimador debería acercarse a la curva de acumulación de especies observadas de un modo no sesgado, y si este es ideal, debería alcanzar su propia asíntota mucho antes que la curva de acumulación de especies.

5.5.3 Distribución batimétrica y latitudinal de las especies

Para determinar si la distribución de las especies podía ser explicada por un gradiente batimétrico, se describió y analizó a la comunidad en número de individuos, riqueza específica y densidad para cuatro estratos batimétricos. Los mismos parámetros comunitarios fueron comparados entre la zona norte versus la zona sur de la península.

Los estratos batimétricos fueron tomados de un estudio anterior en el que se trabajó con datos de la costa oeste de Baja California y el sur del Pacífico mexicano y en el cual se evaluaron cambios latitudinales en la zona del mínimo de oxígeno y su influencia en la distribución de decápodos bentónicos batiales (Papiol *et al.*, 2016b). Estos correspondieron a:

Estrato 1: de 300 a 900 m de profundidad

Estrato 2: de 901 a \leq 1300 m

Estrato 3: de 1301 a \leq 1700 m

Estrato 4: de 1701 a \leq 2124 m

Durante la campaña TALUD XV las muestras con holoturias provinieron solamente de estaciones incluidas en los estratos 1, 2 y 3, por lo que el estrato más profundo (de 1701 a \leq 2124 m) fue representado únicamente por estaciones en las que se recuperaron holoturias del TALUD XVI-B.

Los valores medios de densidad fueron calculados por estrato tanto para la zona norte como para la zona sur. Con los valores de densidad de cada especie que se presentó en cada uno de los estratos (anexo 5) se realizaron gráficos de boxplot para ambas zonas, norte y sur de la península utilizando el programa R-project 3.5.1. Un gráfico de este tipo permite ver la

dispersión interna de los datos entre distintos grupos o por intervalos de datos. En cada caja se representa aproximadamente el 50% de la distribución más probable que abarcan los datos; los puntos que salen del ancho de la caja del boxplot representan a los valores más extremos (los llamados *outliers*, o valores en un conjunto de datos que son muy diferentes del resto de los otros valores).

Para determinar si existían diferencias significativas entre valores de densidad por estrato para toda el área de la península y entre valores de densidad por estrato únicamente del TALUD XVI-B, se realizó, para cada caso, una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mediante el programa R-project 3.5.1 (los valores de densidad por estación a partir de los que se realizaron dichos análisis se incluyen en el anexo 5). Debido al reducido número de estaciones del TALUD XV en las que se recolectaron muestras de holoturias, no se realizó una prueba de comparación de medias para la zona sur de la península.

Debido a que en valores de densidad y número de organismos cuatro especies dominaron toda el área frente a la costa oeste de Baja California, se describieron los valores de densidad para estas especies y a partir de éstos se realizó un gráfico de barras mediante el programa Excel.

5.5.4 Análisis de agrupamiento de datos

a) Análisis de correlación

Para determinar posibles relaciones significativas entre pares de variables ambientales y tres de los parámetros medidos en la comunidad (densidad, número de especies y diversidad de Shannon) se realizó un análisis de correlación de Spearman (por tratarse de datos no normales) en el programa R-project 3.5.1. Lo anterior con la finalidad de eliminar información redundante para los análisis posteriores y al mismo tiempo reducir el número de factores que pudieran explicar la presencia de las especies. A consecuencia, cuando dos variables se encontraron fuertemente correlacionadas de forma positiva o negativa se seleccionó una de las variables. Para conocer si la correlación entre pares de variables relacionados era significativa ($p < 0.05$) se realizó una prueba de “T” de dos colas para cada par evaluado en la correlación.

b) Análisis de componentes principales

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) mediante el programa PRIMER 6 v.6.1.6., con la matriz de datos ambientales normalizada y utilizando los valores medidos de las siguientes variables: el oxígeno disuelto, la salinidad, los porcentajes de arcillas, arenas, limos y materia orgánica en sedimento. La matriz incluyó el total de estaciones muestreadas (con y sin holoturias) para las que se contaba con parámetros ambientales tanto de la columna de agua como de muestras de sedimento. Del análisis se obtuvo una gráfica a partir

de la que se describieron patrones de ordenamiento de las estaciones con las variables ambientales; ésta se analizó en referencia a un gradiente batimétrico.

c) Análisis de correspondencias canónicas

Se realizó un análisis de correspondencias canónicas (CCA) mediante el programa Canoco 5, con los valores de densidad de las especies y los valores de las variables ambientales, con el objetivo de identificar relaciones entre las especies y estas variables. Los valores de densidad fueron tratados con transformación logarítmica ($Y' = 1 * Y + 1$) y se realizó un test de permutación basado en 1000 permutaciones para evaluar si el conjunto de variables ambientales podía explicar significativamente cambios observados en la densidad de las especies.

d) Análisis de similitud

Para determinar si las estaciones podían agruparse a partir de los valores de abundancia, se realizaron análisis de agrupamiento mediante el programa PRIMER 6 v.6.1.6. Se aplicó la transformación de raíz cuarta a los valores de abundancia de las especies, transformación con la que se disminuye el efecto de las especies raras o dominantes (Field *et al.*, 1982). Se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis y la distancia de ligamiento promedio (“group average link”).

Diferentes análisis de agrupamiento fueron realizados con diferentes ajustes, con la finalidad de encontrar un dendograma que mostrara el menor número de grupos homogéneos. El primer análisis incluyó datos de todas las estaciones (con y sin holoturias). Debido al alto número de estaciones sin ejemplares, que no se agrupaban, se generó un segundo dendograma con únicamente datos de las estaciones en las que se obtuvieron holoturias. Los siguientes ajustes correspondieron a: 1) eliminar de la serie de datos iniciales (que incluyó datos de abundancia) las estaciones del TALUD XV (zona sur), debido al escaso material de holoturias que se obtuvo durante esta campaña; 2) eliminar de manera individual los datos de las tres especies más abundantes (*P. moseleyi*, *S. virgulasolida* y *A. albatrossi*) y 3) eliminar los datos de las especies que se habían presentado en una única estación (“especies únicas”); este último ajuste se hizo siguiendo la propuesta de Suárez-Mozo (2016).

5.6 Elaboración del catálogo taxonómico

A partir de una búsqueda robusta en la bibliografía especializada, se elaboró el catálogo de las especies identificadas. Este sigue una secuencia jerárquica basada en las clasificaciones actualmente válidas y es una herramienta que corrobora la identificación de las especies. El catálogo quedó conformado por una ficha informativa de cada especie, que incluyó los siguientes datos:

- Nombre científico y autoridad taxonómica.
- Sinónimos de la especie.

- Referencia del material examinado en la que se incluyó el número de ejemplares revisados por especie/ por estación de muestreo y número de catálogo asignado dentro de la colección ICML-EMU.
- Descripción de la morfología y coloración de los organismos fijados.
- Localidad tipo y material tipo, cuando estos fueron designados y depositados en colecciones científicas.
- Distribuciones geográfica y batimétrica globales registradas en la literatura.
- Resumen de los datos ambientales registrados para la especie durante las campañas TALUD.
- Mapa de distribución.

Además, se realizó una lámina con fotografías de las características externas e internas de las especies y fotografías de MEB de las espículas. Las fotografías de la anatomía externa fueron tomadas con una cámara Cannon Power Shot S3I5 y los mapas de distribución fueron realizados con la herramienta en línea SimpleMappr (disponible en <https://www.simplemappr.net>. Último acceso el 14 de marzo de 2019). En el anexo 3 se incluyen, en una tabla, los datos ambientales registrados para cada especie y en el anexo 6, un glosario de algunos términos utilizados en la descripción de las especies.

6. RESULTADOS

6.1 Análisis de los parámetros ambientales

6.1.1 Oxígeno disuelto

De manera general, en el área de estudio el oxígeno disuelto presentó valores desde un mínimo de 0.006 ml/l (estación 5A, TALUD XV, 615.5 m) hasta un máximo de 1.83 ml/l en la zona de Baja California (BC, norte de la península) (estación 1, TALUD XVI-B, 2046 m) (fig. 6A; anexo 2). Los organismos se presentaron en estaciones con valores desde 0.11 hasta 1.6 ml/l (fig. 6A). El valor máximo registrado frente a Baja California Sur (BCS, sur de la península) fue de 1.73 ml/l (estación 10, TALUD XV, 2106.5 m); los valores mínimos para BC fueron de 0.22 y 0.23 ml/l (estaciones 5 y 18 del TALUD XVI-B, 774 m y 762.5 m respectivamente). Del total de los 47 puntos de muestreo, 20 correspondieron a estaciones con concentraciones de oxígeno ≤ 0.5 ml/l; en 10 de ellas se presentaron muestras de holoturias que, en conjunto, representaron el 38% del total de organismos recolectados. Los valores del fondo ≤ 0.5 ml/l se presentaron a profundidades de 700 a 1050 m para BC, y desde alrededor de los 500 m hasta cerca de los 1430 m para BCS (anexo 2).

6.1.2 Temperatura

De manera general, los valores de temperatura cubrieron un intervalo de 2.06 °C (estación 10 del TALUD XV, 2107 m) a 10.6 °C (estación 6 del TALUD XV, 304 m) (fig. 6B; anexo 2). En BC, zona norte de la península, el intervalo de temperatura estuvo más reducido e incluyó temperaturas relativamente más bajas, éste osciló entre 2.10 °C (estación 1, 2046 m) y 5.81 °C (estación 7, 730 m) (anexo 2). Las estaciones en las que se presentaron muestras de holoturias estuvieron en un intervalo de 2.93 a 8.38 °C (fig. 6B).

6.1.3 Salinidad

En cuanto a la salinidad, los valores registrados a lo largo de las campañas variaron poco. Se observó un intervalo general desde 34.40 ups en BC (estación 18, TALUD XVI-B, 762.5 m) hasta 34.70 ups en BCS (estación 6, TALUD XV, 304 m) (fig. 6C). El valor máximo en BC fue de 34.63 ups (estación 1, TALUD XVI-B), y el mínimo para BCS fue de 34.47 ups (estación 5D, TALUD XV) (anexo 2). Los organismos se encontraron en un intervalo de 34.40 ups a 34.63 ups (fig. 6C).

6.1.4 Composición de los sedimentos

Para las estaciones 5E, 7 y 10 del TALUD XV, y 28 del TALUD XVI-B no se obtuvieron muestras de sedimento. De manera general, las zonas de BC y BCS presentaron sedimentos de composición diferente. El contenido de arcillas a lo largo de la península osciló entre 2.59% (estación 3, TALUD XVI-B, 1357.5 m) y 16.21% (estación 17, TALUD XV, 2123.5 m) (fig. 6D); el contenido de limos fue desde 18.35% (estación 18, TALUD XV, 1516 m)

hasta 87.51% (estación 25, TALUD XVI-B, 810.5 m) (fig. 6E), mientras que las arenas presentaron valores desde 0% en la región de BC (estación 9, 1854 m) hasta 78.18% en BCS (estación 18, 1516 m) (fig. 5F). Los organismos se presentaron casi en la totalidad de los intervalos medidos para estas variables (figs. 6D-F), en estaciones que presentaron valores entre 3.39% y 15.50% de arcillas, entre 21.59% y 87.08% de limos y entre 0 y 74.81% de arenas.

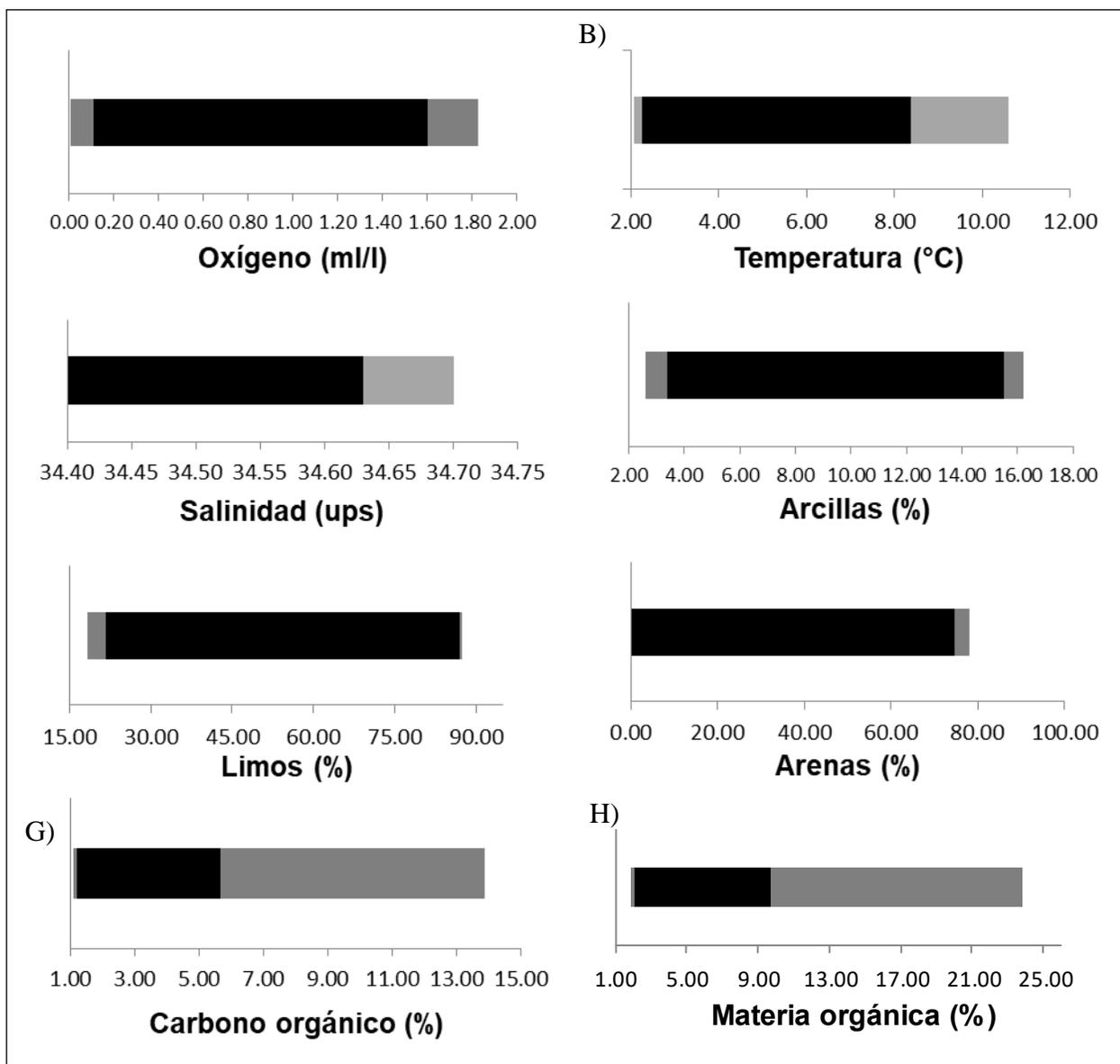


Figura 6. Intervalos de oxígeno disuelto (A), temperatura (B), salinidad (C), contenido de arcillas (D), limos (E), arenas (F), carbono orgánico (G) y materia orgánica (H) medidos en todas las estaciones (barras grises) e intervalos correspondientes a las estaciones con holoturias (negro).

En cuanto al contenido de materia y carbono orgánicos, los valores extremos fueron registrados en la zona de BCS y correspondieron en los valores mínimos a 1.90% y 1.11% respectivamente (estación 6D, TALUD XV, 657.5 m) y en los valores máximos a 23.85% y 13.87% (estación 5A, TALUD XV, 615.5 m) (figs. 6G-H). El intervalo que ocuparon los organismos en relación a estos parámetros ambientales fue de 2.07% a 9.78% en contenido de MO, y de 1.20% a 5.68% en contenido de CO (figs. 6G-H).

6.2 Composición faunística

Se obtuvieron un total de 1214 organismos. La lista sistemática de las holoturias estuvo integrada por 18 especies pertenecientes a 14 géneros, 9 familias y 6 órdenes. De estas 18 especies, siete fueron identificadas como morfo especies: cinco a nivel de género, una a nivel de familia y una a nivel de orden. Este material posiblemente representa a especies no descritas.

Elenco sistemático de las holoturias de mar profundo, recolectadas durante las campañas TALUD XV y TALUD XVI-B

ORDEN Synallactida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017

FAMILIA Synallactidae Ludwig, 1894

GÉNERO *Synallactes* Ludwig, 1894

Synallactes alexandri Ludwig, 1894

Synallactes virgulasolida Massin & Hendrickx, 2010

GÉNERO *Bathyplotes* Östergren, 1896

?*Bathyplotes* sp.

GÉNERO Indeterminado

Especie indeterminada

ORDEN Persiculida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017

GÉNERO Indeterminado

Especie indeterminada

FAMILIA Pseudostichopodidae Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017

GÉNERO *Pseudostichopus* Théel, 1886

Pseudostichopus mollis Théel, 1886

ORDEN Elasipodida Théel, 1882

FAMILIA Laetmogonidae Ekman, 1926

GÉNERO *Laetmogone* Théel, 1879

Laetmogone scotoeides (H. L. Clark, 1913)

GÉNERO *Pannychia* Théel, 1882

Pannychia moseleyi Théel, 1882

FAMILIA Psychropodidae Théel, 1882

- GÉNERO *Benthodytes* Théel, 1882
Benthodytes sanguinolenta Théel, 1882
Benthodytes sp. (morfortipo 1)
Benthodytes sp. (morfortipo 2)
- FAMILIA Elpidiidae Théel, 1882
GÉNERO *Scotoplanes* Théel, 1882
Scotoplanes theeli Ohshima, 1915
- GÉNERO *Peniagone* Théel, 1882
Peniagone sp.
- ORDEN Holothuriida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017
- FAMILIA Mesothuriidae Smirnov, 2012
GÉNERO *Mesothuria* Ludwig, 1894
? *Mesothuria* sp.
- ORDEN Molpadida Haeckel, 1896
- FAMILIA Caudinidae Heding, 1931
GÉNERO *Molpadia* Cuvier, 1817
Molpadia intermedia (Ludwig, 1893)
Molpadia musculus Risso, 1826
- ORDEN Dendrochirotida Grube, 1840
- FAMILIA Cucumariidae Ludwig, 1894
GÉNERO *Abyssocucumis* Heding, 1942
Abyssocucumis albatrossi (Cherbonnier, 1941)
- FAMILIA Ypsilothuriidae Heding, 1942
GÉNERO *Ypsilocucumis* Panning, 1949
Ypsilocucumis californiae Massin & Hendrickx, 2011

6.3 Nuevos registros y nuevas especies

La revisión del material que es citado en este trabajo dio paso a la adición de nuevos registros tanto geográficos locales (para la costa oeste de la península de Baja California) como geográficos y batimétricos globales.

De las 18 especies recolectadas por las campañas TALUD XV y XVI-B, aquellas que eran conocidas previamente con distribución en el área de estudio fueron: *Laetmogone scotoeides*, *Benthodytes sanguinolenta*, *Pannychia moseleyi*, *Molpadia intermedia*, *Molpadia musculus* y *Abyssocucumis albatrossi*. Ocho especies contaban con registros previos en localidades dentro del golfo de California: *Synallactes alexandri*, *Synallactes virgulasolida*, *Pseudostichopus mollis*, *Ypsilocucumis californiae*, *P. moseleyi*, *Molpadia intermedia*, *M. musculus* y *A. albatrossi*. Esta es la primera vez que se registran cinco especies en la costa oeste de la península: *Synallactes alexandri*, *S. virgulasolida*, *Pseudostichopus mollis*, *Ypsilocucumis californiae* y *Scotoplanes theeli*. El presente estudio

también permitió presentar la ampliación batimétrica en los límites más somero y más profundo para tres especies, éstas especies fueron: *Synallactes virgulasolida*, *Pseudostichopus mollis* y *Laetmogone scotoeides*.

Además, se obtuvieron ejemplares identificados como siete morfotipos, algunos de los cuales son propuestos como especies potencialmente nuevas para la ciencia, correspondientes a cuatro géneros y dos categorías superiores: *Bathyploetes*, *Peniagone* y *Mesothuria* (1 especie de cada género), *Benthodytes* (2 especies), una especie de la familia Synallactidae y una especie del orden Persiculida

De los morfotipos que posiblemente representan taxones nuevos, tres fueron representados por un único ejemplar: dos especies de la familia Synallactidae, uno de ellos perteneciendo al género *Bathyploetes* Östergren, 1896, y una especie de la familia Messothuridae (género *Mesothuria* Ludwig, 1894). Para un cuarto morfotipo del género *Peniagone* Théel, 1882 se contó con únicamente dos ejemplares. Por desgracia, el material sobre este último resultó fuertemente afectado por los métodos de preservación y de captura, lo que dificultó la observación de las características completas de los organismos, algunas de las cuales son indispensables para la caracterización de las especies del género como son la forma y número de los tentáculos y la disposición, forma y número de las papilas dorsales. Contrario a lo anterior fueron los casos de una especie de la familia Pseudostichopodidae y de dos especies más de la familia Psychropotidae (género *Benthodytes*), especies de las que se obtuvieron un número considerable de ejemplares (23, 16 y 6 ejemplares respectivamente) y que conservaron la mayoría de sus características morfológicas.

6.4 Cambios morfológicos relacionados con el crecimiento

La obtención de un número amplio de representantes de diferentes tallas de la especie *Synallactes virgulasolida*, permitió identificar variaciones morfológicas que no se habían mencionado en la descripción original debido al poco material con el que se contaba en ese momento (tres ejemplares provenientes de una localidad en el golfo de California) (Massin & Hendrickx, 2010). Con el crecimiento de los organismos, se observó la disminución en la abundancia de espículas en forma de cruz presentes en la pared y las papilas dorsales y espículas del tipo tabla de base pequeña presentes en la pared del cuerpo (lám. 3 A, I y II del catálogo de especies).

6.5 Fotografías del MEB

Se tomaron 187 fotografías de MEB de las espículas de especímenes recolectados, de las cuales se seleccionaron 128 para la presentación en el catálogo taxonómico. Las estructuras calcáreas que fueron fotografiadas se obtuvieron principalmente de las siguientes regiones del cuerpo del animal: pared corporal, tentáculos, pies ambulacrales, áreas ambulacrales y cauda. Imágenes para una misma especie se colocaron juntas para formar una lámina. En el

catálogo taxonómico se presentan 14 láminas que incluyen fotografías de MEB. Para seis especies no se presentan fotografías de MEB debido a que los organismos no presentaban estructuras calcáreas o éstas eran muy escasas y se encontraban bastante deterioradas, siendo difícil su extracción y preparación previa para realizar sesiones de MEB.

6.6 Caracterización ecológica

6.6.1 Número de organismos y riqueza de especies por órdenes

Los ejemplares estudiados fueron recolectados en 24 estaciones, correspondientes a seis de las 19 estaciones del cruceo TALUD XV y a 18 de las 23 estaciones del TALUD XVI-B. En 23 estaciones, las muestras fueron obtenidas mediante el trineo bentónico y sólo en una estación un ejemplar fue recolectado con el nucleador de caja. Frente a la costa oeste de BCS se recolectaron únicamente ocho holoturias, mientras que en BC se obtuvo la mayor parte de los ejemplares: 1206 holoturias.

Del total de ejemplares de holoturias recolectadas en ambas zonas (norte y sur de la península de Baja California) la mayoría correspondieron a tres órdenes, siendo Elasipodida el orden que incluyó el mayor número de organismos (687 organismos, 56.59 %), seguido por Dendrochirotida (309 organismos, 25.45%) y Synallactida (123 organismos, 10.13 %). Los órdenes menos abundantes correspondieron a Persiculida (91 organismos, 7.50 %), Molpadida (3 organismos, 0.25 %) y Holothuriida (1 organismo, 0.08%) (fig. 7A).

Los órdenes Elasipodida y Synallactida incluyeron la mayor riqueza de especies con siete y cuatro especies respectivamente, seguidos de Dendrochirotida, Molpadida y Persiculida, con dos especies cada uno, y Holothuriida con una especie (fig. 7B).

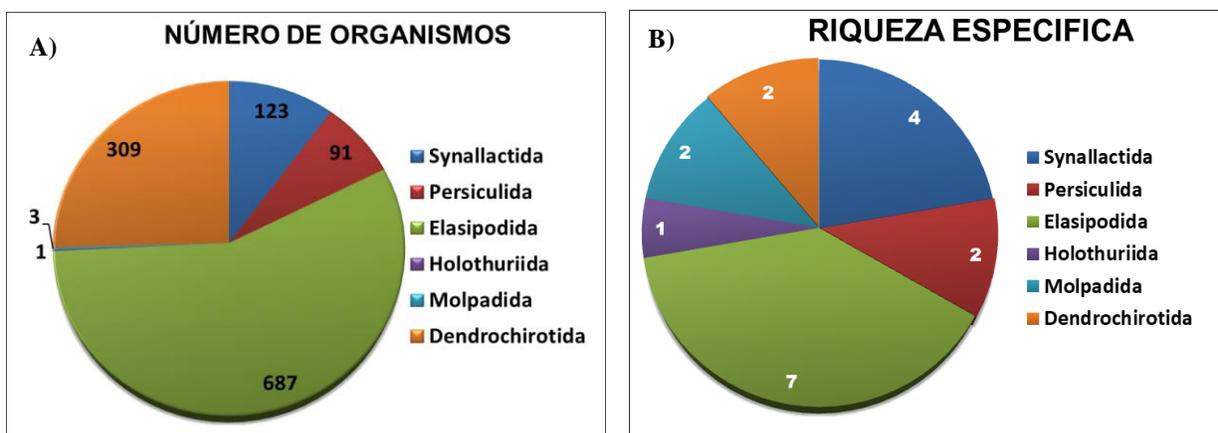


Figura 7. Número de organismos (A) y riqueza específica a nivel de órdenes (B).

6.6.2 Densidad y frecuencia relativas

En el área de estudio, tres especies fueron las que dominaron presentando los más altos valores de densidad relativa: *Panychia moseleyi* (57.96% del material recolectado), *Abyssocucumis albatrossi* (22.26%) y *Synallactes virgulasolida* (9.10%) (fig. 8A). Las especies más frecuentes fueron *Panychia moseleyi*, presente en 11 de 43 estaciones (21.15%), seguida de *Synallactes virgulasolida* y *Pseudostichopus mollis* las cuales se presentaron en seis estaciones cada una (11.54%). Dos especies más fueron capturadas en cuatro estaciones cada una (7.69%): *Laetmogone scotoeides* y *Abyssocucumis albatrossi* (fig. 8B).

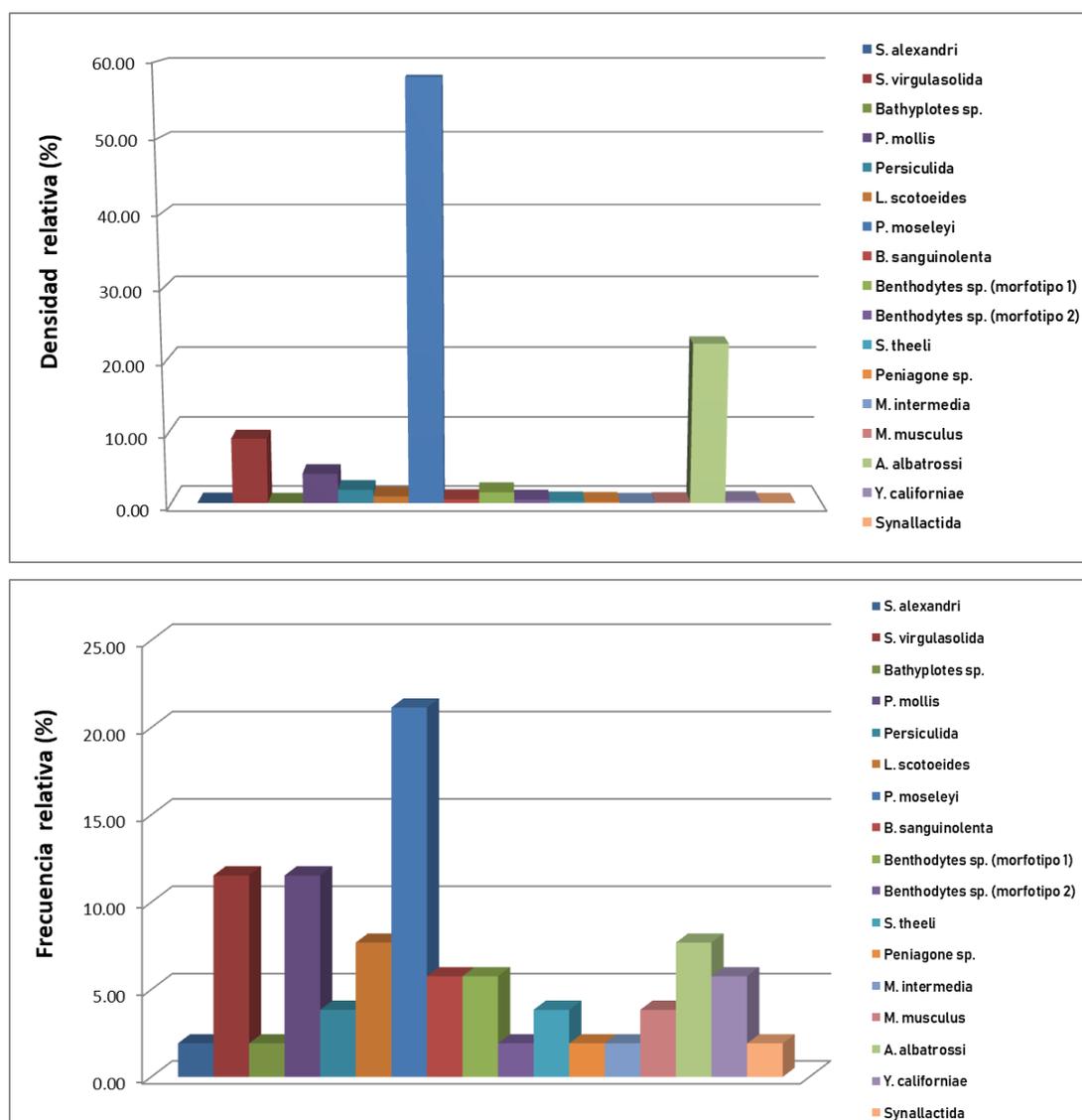


Figura 8. Densidad relativa (%) (A) y frecuencia relativa (%) (B) para las especies que fueron capturadas con el trineo bentónico durante el estudio.

6.6.3 Índices de diversidad

Debido a la escasez del material, en la zona sur de la península (TALUD XV), únicamente pudo ser calculado un valor de diversidad (0.301) para la estación más somera (a 554 m). En las restantes cinco estaciones donde se recolectaron holoturias el valor de diversidad fue cero, esto debido a que sólo se capturó una especie con un único representante (cuadro 2).

En cambio, en la parte norte (TALUD XVI-B), un mayor número de ejemplares recolectados en diferentes estaciones permitió calcular varios índices. Tres estaciones presentaron los valores más altos de diversidad: una estación del estrato de 1301 a ≤ 1700 m, con un valor de diversidad de 1.736; una estación del estrato de 300 a 900 m, con una diversidad de 1.585; y finalmente una estación del estrato de 1701 a ≤ 2124 m, con diversidad de 1.418. En la zona norte de la península se presentaron seis estaciones con valor de diversidad cero; una estación en el estrato de 300 a 900 m, dos en el estrato de 901 a ≤ 1300 m y tres en el estrato de 1301 a ≤ 1700 m (cuadro 2). Por consecuencia, estas estaciones también presentaron el valor máximo posible de dominancia (1) y mínimo de equitatividad (0) (cuadro 2).

Cuadro 8. Índices de diversidad, equitatividad y dominancia calculados por estaciones, para las zonas sur y norte de la costa oeste de la península de Baja California.

Estratos batimétricos	Número de especies	Número de organismos	Profundidad media	Shannon $\log_2(H')$	Equitatividad Pielou (J')	Dominancia de Simpson (λ)
TALUD XV (Baja California Sur)						
300 a 900 m	2	2	554.0	1	1	0.5
	1	1	800.0	0	0	1
901 a ≤ 1300 m	1	1	1071.5	0	0	1
	1	1	1134.0	0	0	1
	1	2	1223.5	0	0	1
1301 a ≤ 1700 m	1	1	1459.5	0	0	1
TALUD XVI-B (Baja California)						
300 a 900 m	6	44	730.0	0.988	0.382	0.713
	3	3	754.0	1.585	1	0.333
	2	378	762.5	0.203	0.203	0.938
	2	23	774.0	0.258	0.258	0.917
	1	1	885.0	0	0	1
901 a ≤ 1300 m	1	1	985.5	0	0	1
	2	89	1053.0	0.922	0.922	0.553
	1	11	1260.5	0	0	1
1301 a ≤ 1700 m	1	6	1318.0	0	0	1
	3	28	1392.5	0.590	0.372	0.803
	1	2	1395.5	0	0	1
	4	201	1409.0	0.509	0.255	0.850
	6	38	1496.5	1.736	0.671	0.384

	1	1	1520.0	0	0	1
1701 a \leq 2124 m	2	42	1854.0	0.973	0.973	0.518
	4	12	2028.0	1.418	0.709	0.486
	3	219	2055.5	0.463	0.292	0.847
	3	106	2082.5	0.973	0.614	0.604

Los estimadores de la diversidad se evaluaron también por estratos batimétricos para las zonas norte y sur de la península de Baja California (cuadro 3). En cuanto a los valores del índice de diversidad de Shannon, tanto el valor más alto como el valor más bajo para toda la península se presentaron para Baja California Sur. El valor más alto (1.585) se presentó en el estrato más somero, de 300 a 900 m, mientras que un valor de diversidad de cero se presentó en el estrato de 1301 a \leq 1700 m. Un valor de diversidad de cero fue reflejo de que en el estrato se presentó una única especie con un único organismo, mientras un valor alto de diversidad fue resultado de que para ese estrato se presentó el mismo número de especies que de organismos. El estrato de 300 a 900 m con el valor más alto de diversidad, presentó también los valores de dominancia más bajo (0.333) y el valor máximo posible de equitatividad (1). Mientras el estrato de 1301 a \leq 1700 m, con el valor más bajo de diversidad, presentó un valor de dominancia de uno y de equitatividad de cero.

Cuadro 9. Índices de diversidad, equitatividad y dominancia calculados por estratos, para las zonas sur y norte de la costa oeste de la península de Baja California.

TALUD XV (Baja California Sur)					
Estratos batimétricos	S (No de especies)	N (No de organismos)	Shannon log ₂ (H')	Equitatividad Pielou (J')	Dominancia de Simpson (λ)
300 a 900 m	3	3	1.585	1	0.333
901 a \leq 1300 m	2	4	0.811	0.811	0.625
1301 a \leq 1700 m	1	1	0	0	1
TALUD XVI-B (Baja California)					
Estratos batimétricos	S (No de especies)	N (No de organismos)	Shannon log ₂ (H')	Equitatividad Pielou (J')	Dominancia de Simpson (λ)
300 a 900 m	7	449	0.660	0.234	0.771
901 a \leq 1300 m	3	101	0.953	0.601	0.569
1301 a \leq 1700 m	7	277	1.289	0.459	0.605
1701 a \leq 2124 m	4	379	0.843	0.421	0.677

En las costas de Baja California (zona norte), el valor más bajo de diversidad (0.660) se presentó en el estrato más somero, de 300 a 900 m, mientras que el valor más alto para la zona (1.289) se presentó en el estrato de 1301 a \leq 1700 m. En ambos estratos se presentó el mismo número de especies (7); sin embargo el índice de diversidad de Shannon no reflejó el mismo valor para ambos estratos debido a que éste considera la sumatoria de cocientes que

son resultado de dividir el número de individuos de cada especie que se presentó en el estrato entre el número total de individuos en el estrato.

En la zona norte el estrato de 300 a 900 m, con el valor más bajo de diversidad, presentó el valor más alto de dominancia (0.771) y más bajo de equitatividad (0.234). Una alta dominancia en este estrato fue determinada por valores altos de densidad de la especie *Pannychia moseleyi*. Por el contrario, los valores más bajo de dominancia (0.569) y más alto de equitatividad (0.601) se presentaron en el estrato de 901 a ≤ 1300 m.

6.6.4 Estimadores de la riqueza de especies

De acuerdo con los valores estimados de riqueza específica tras 100 remuestreos con reemplazamiento, según esfuerzos de muestreo crecientes desde uno hasta seis para la costa sur de la península y desde uno hasta 17 para la costa norte, el número de especies estimado podría incrementarse hasta en un 168 % para la región sur (8 especies) (fig. 9A) y hasta un 156 % para la región norte (26 especies) (fig. 9B) de acuerdo con el estimador de riqueza Jackknife 2.

Los estimadores Jackknife 1 y 2 mostraron una ligera tendencia a la asíntota para la zona norte de la península. El primero lo hizo a partir del muestro número 16 y el segundo a partir del muestro número 15 (fig. 9A). Para la zona sur estos mismos estimadores mostraron una ligera tendencia a la asíntota a partir del muestro número 5 (fig. 9B). Sin embargo, el estimador Bootstrap no evidenció una tendencia a la asíntota para ninguna de las dos regiones (fig. 9A, B).

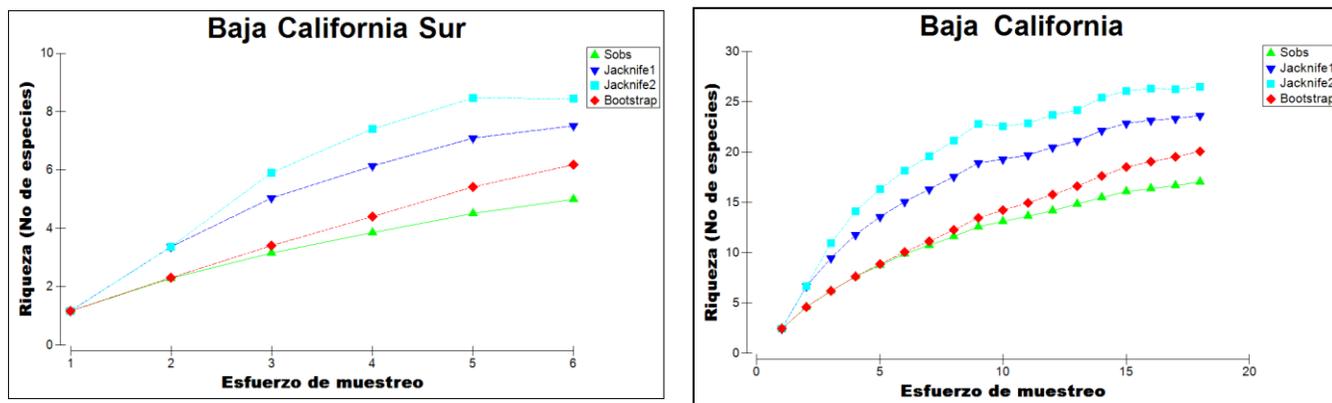


Figura 9. Curvas de acumulación de riqueza de especies según los estimadores Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap y valores observados de las especies de holoturias de la costa oeste de Baja California.

6.6.5 Distribución batimétrica de las especies

a) Número de individuos, riqueza específica y densidad por estratos

Cuadro 10. Número de organismos, riqueza específica y valores de densidad calculados por estratos para la costa oeste de la península de Baja California.

Profundidades	No de estaciones muestreadas	No de estaciones en las que se recolectaron holoturias	No de organismos		Riqueza específica		Total de individuos	Total de especies	Densidad (inds/ha)
			TALUD XV	TALUD XVI-B	TALUD XV	TALUD XVI-B			
300 – 900 m	14	7	3	449	3	7	452	10	1350.31
901 - ≤1300 m	11	6	4	101	2	3	105	5	274.85
1301 - ≤1700 m	14	7	1	277	1	7	278	8	729.15
1701 - ≤2124 m	7	4	0	379	0	4	379	4	865.70

El estrato batimétrico en el que se recolectó el mayor número de individuos para la costa oeste de Baja California fue el más somero (452 individuos, estrato de 300 a 900 m). El siguiente estrato con el mayor número de individuos fue el más profundo (379 individuos, estrato de 1701 a ≤2124 m) (cuadro 4). Al comparar ambas zonas se observaron valores muy diferentes en cuanto al número de individuos, siendo la zona norte la zona que presentó valores más altos para cada estrato (cuadro 4).

El mayor número de especies en toda la península (10 especies) se presentó igualmente en el estrato más somero. En la región norte, dos estratos presentaron el mayor número de especies para la zona (7 especies), estrato de 300 a 900 m y estrato de 1301 a ≤1700 m, mientras en la región sur, el mayor número de especies (3 especies) se presentó en un único estrato, de 300 a ≤900 m (cuadro 4). Los estratos de 300 a 900 m y de 1301 a ≤1700 m fueron también los dos estratos mejor muestreados para toda la península, con 14 estaciones cada uno; sin embargo, en sólo la mitad de estaciones visitadas se obtuvieron muestras de holoturias.

La densidad por estrato registrada a lo largo de la península fue desde 274.85 inds/ha (estrato de 901 a ≤1300 m) hasta 1350.31 inds/ha (estrato de 300 a ≤900 m) (cuadro 4).

b) Densidad media por zonas

Debido a la escasez de material que se obtuvo en la zona sur de la península, el cual provenía de sólo seis estaciones de los tres estratos más someros, los valores de densidad y de densidad media calculados para cada estrato fueron considerablemente más bajos que los calculados para la zona norte. El estrato más profundo (de 1701 a ≤2124 m) estuvo representado con valores de densidad, únicamente por estaciones de la zona norte de la península (TALUD XVI-B).

En la zona sur se muestrearon dos estaciones que correspondían al estrato más profundo: estación 10 (2106.5 m) y estación 17 (2123.5 m) del TALUD XV (cuadro 1); sin embargo, en ninguna de éstas se recuperó material, por lo que no pudieron ser calculados valores de densidad. En la misma zona, para el estrato de 1301 a ≤ 1700 m, en únicamente una estación se recuperó material. Por lo anterior, únicamente en los estratos más someros pudieron ser calculados valores de densidad media: estrato de 300 a 900 m con densidad media de 2.63 inds/ha y estrato de 901 a ≤ 1300 m con densidad media de 3.50 inds/ha.

En la zona norte, el estrato más somero, de 300 a ≤ 900 m, presentó el valor más alto de densidad media para toda la península: 103.25 inds/ha. Los dos siguientes estratos presentaron una disminución con respecto al estrato más somero: estrato de 901 a ≤ 1300 m con densidad media de 66.08 inds/ha y estrato de 1301 a ≤ 1700 m con densidad media de 45.46 inds/ha. Finalmente, el estrato más profundo en esta zona presentó un valor de densidad media de 72.14 inds/ha. Gráficos de “boxplot” mostraron diferente grado de dispersión de los valores de densidad entre las zonas norte y sur, y diferente dispersión entre los estratos de la zona norte (fig. 10).

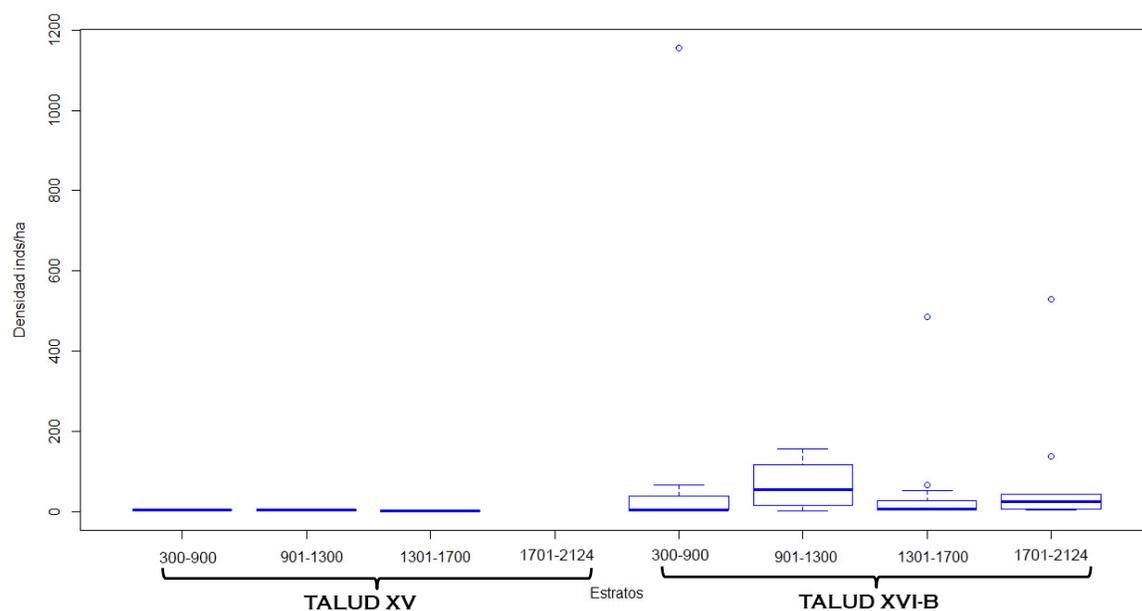


Figura 10. Gráficos de “boxplot” que concentran el 50% de la distribución más probable de los valores de densidad por estrato, para las zonas norte y sur de la costa oeste de Baja

Sin embargo, una prueba de Kruskal-Wallis determinó que no había diferencias significativas al comparar las medias de los estratos para toda la costa oeste de Baja California ($H= 4.3578$, $N= 23$, $p= 0.2253$). De igual forma, una segunda prueba de Kruskal-Wallis mostró que no había diferencias significativas al comparar las medias entre los estratos únicamente de la zona norte ($H= 1.8822$, $N= 17$, $p= 0.5972$). Lo anterior llevó a la

conclusión de que la batimetría no determinó diferencias significativas entre los valores de densidad de organismos para las especies de holoturias.

c) Densidad de las especies más abundantes y su distribución en dos zonas batimétricas

Al analizar los valores de densidad de todas las especies que se presentaron a lo largo de la costa oeste de Baja California, se hizo evidente la dominancia de cuatro especies que presentaron los valores más altos en número de individuos y densidad. Estas especies fueron: *Pannychia moseleyi*, *Synalactes virgulasolida*, *Abyssocucumis albatrossi* y *Pseudostichopus mollis*. Además de ser las especies más abundantes, se distribuyeron en dos franjas batimétricas, determinando una zonación en la que dos especies dominaron los estratos superiores y dos especies dominaron el estrato más profundo (fig. 11). *Pannychia moseleyi* y *Synalactes virgulasolida* se presentaron en un intervalo de profundidad de 730 a 1520 m, y las especies *Abyssocucumis albatrossi* y *Pseudostichopus mollis* se presentaron en un intervalo profundidad de 1395.50 a 2082.50 m (cuadro 5).

Cuadro 11. Valores de densidad para cada estación en las que se recolectaron las cuatro especies más abundantes de la costa oeste de Baja California.

Estrato	Profundidad	Estaciones	<i>P. moseleyi</i> inds/ ha	<i>S. virgulasolida</i> inds/ ha	<i>A. albatrossi</i> inds/ ha	<i>P. mollis</i> inds/ ha
300-900	554.00	st.20 T.XV				
	730.00	st 7 T.XVI-B	3.94	3.94		
	754.00	st 17 T.XVI-B	1155.16	37.87		
	762.50	st 18 T.XVI-B	57.77	2.63		
	774.00	st. 5 T.XI-B	3.50	64.77		
	800.00	st.1 T.XV				
	885.00	st.10 T.XVI-B				
901-1300	985.50	st.26 T.XVI-B		28.89		
	1053.00	st.6 T.XVI-B	78.78	154.93		
	1071.50	st 5F T.XV				
	1134.00	st 2 T.XV	2.63			
	1223.50	st 8 T.XV	5.25			
	1260.50	st 4 T.XVI-B				
1301-1700	1318.00	st 23 T.XVI-B	485.80			
	1392.50	st 16 T.XVI-B				
	1395.50	st 27 T.XVI-B	2.63			5.25
	1409.00	st 19 T.XVI-B	65.65			
	1459.50	st 9 T.XV				
	1496.50	st 28 T.XVI-B				2.63
	1520.00	st 22 T.XVI-B	5.25			
1701-2124	1854.00	st 9 T.XVI-B			29.76	43.77
	2028.00	st. 15 TXVI-B			21.01	2.63
	2055.50	st 21 T.XVI-B			138.30	40.26
	2082.50	st. 20 T.XVI-B			527.81	39.39
Densidad total (inds/ha)			1866.35	293.03	716.88	133.92
Número de organismos			637	121	305	67

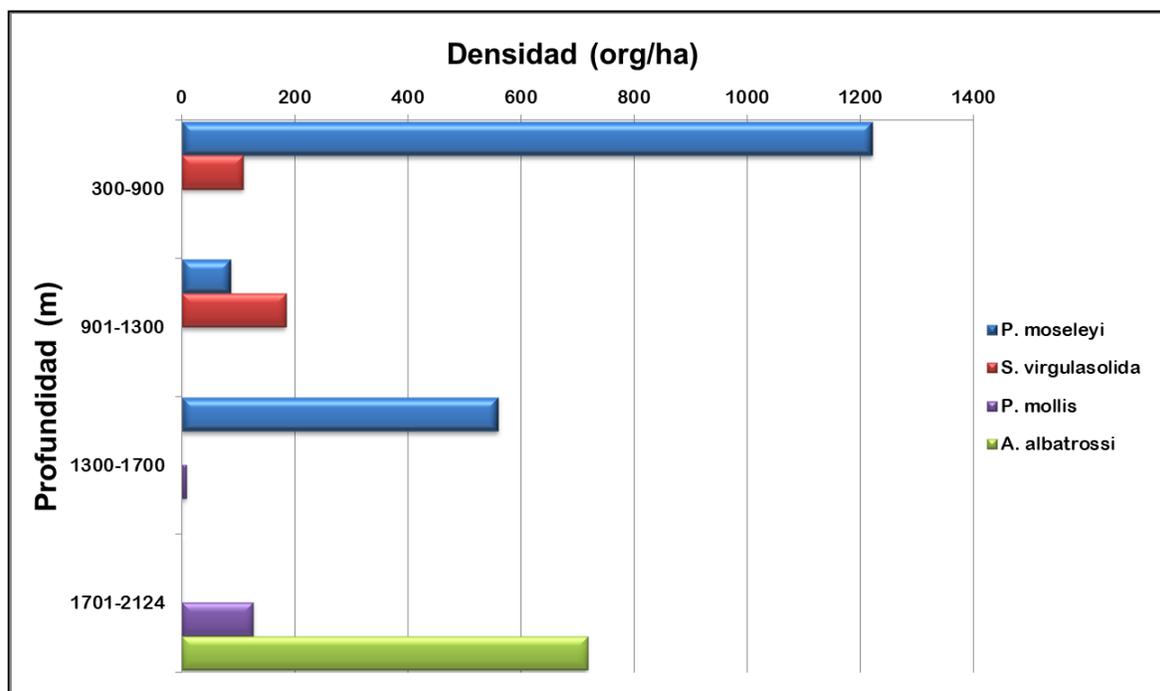


Figura 11. Valores de densidad (inds/ha) por estrato, de las cuatro especies más abundantes de la costa oeste de Baja California.

6.6.6 Análisis de agrupamiento de datos

a) Correlación de Spearman

Cuadro 12. Coeficiente de correlación de Spearman entre variables bióticas y ambientales, * $p < 0.05$

	Prof. media	Oxígeno ml/l	Salinidad	Temp °C	Arcillas %	Limos %	Arenas %	MO %	CO %	Densidad	No especies	Diversidad
Prof. media	1											
Oxígeno ml/l	0.968*	1										
Salinidad	0.644*	0.646*	1									
Temp °C	-0.983*	-0.984*	-0.660*	1								
Arcillas %	0.460*	0.443*	0.319	-0.429*	1							
Limos %	0.328*	0.309	0.063	-0.288	0.493*	1						
Arenas %	-0.566*	-0.521*	-0.228	0.509*	-0.607*	-0.759*	1					
MO %	-0.020	0.0003	-0.032	0.028	0.505*	0.580*	-0.388*	1				
CO %	-0.020	0.0003	-0.032	0.023	0.505*	0.580*	-0.388*	<u>1</u>	1			
Densidad	0.061	0.095	-0.238	-0.063	0.120	0.167	-0.156	-0.123	-0.123	1		
No especies	0.073	0.108	-0.229	-0.077	0.125	0.183	-0.158	-0.109	-0.109	0.997*	1	
Diversidad Shannon	0.035	0.113	-0.192	-0.034	0.036	0.054	-0.262	-0.044	-0.044	0.639*	0.636*	1

De acuerdo con el análisis de Spearman entre pares de variables ambientales se presentaron cinco correlaciones fuertes y significativas (valores subrayados y en negritas); de las tres variables bióticas evaluadas ninguna de ellas mostró una correlación significativa con alguna de las variables ambientales; pero si se presentaron correlaciones significativas entre pares de variables bióticas, al igual que se presentaron correlaciones significativas entre pares de variables abióticas (valores en negritas; cuadro 6).

La profundidad, oxígeno y temperatura estuvieron significativamente correlacionadas entre ellas y con los contenidos de arcillas, limos y arenas. Estas últimas variables también estuvieron significativamente correlacionadas entre ellas y con los contenidos de materia y carbono orgánicos. Los pares de variables que presentaron las mayores correlaciones significativas y positivas se presentaron entre la profundidad y el oxígeno ($r= 0.968$) y entre la materia orgánica y el carbono orgánico ($r= 1$). Correlaciones fuertemente significativas y negativas se presentaron entre la profundidad y la temperatura ($r= -0.983$), el oxígeno y la temperatura ($r= -0.984$) y entre los limos y las arenas ($r= -0.759$) (cuadro 6, negritas) ($p<0.05$).

Del total de variables ambientales que se evaluaron en el análisis de correlación se seleccionaron siete para los análisis posteriores: la profundidad, el oxígeno disuelto, la salinidad, la materia orgánica, el contenido de arcillas, arenas y limos.

Las estaciones y los valores registrados de las variables abióticas y bióticas se encuentran en los anexos 2 y 4.

b) Análisis de componentes principales

El PCA (fig. 12) determinó que los dos primeros componentes principales explicaron una variabilidad de 75.1%. El primer componente explicó 47.5% de la variación, mientras que el segundo componente explicó el 27.5%. El primer componente mostró asociaciones positivas con cinco de las seis variables ambientales excepto con arenas. El segundo componente mostró asociaciones positivas con el oxígeno, la salinidad y las arenas, y negativas con las arcillas, los limos y la materia orgánica.

El gráfico resultante del PCA permitió visualizar la distribución de las estaciones a través de un gradiente batimétrico. En la esquina superior derecha se encontraron las estaciones más profundas (1701–2124 m), relacionadas entre ellas por las variables de salinidad y oxígeno. En la esquina inferior izquierda se localizaron las estaciones con menor profundidad (300–900 m) relacionadas débilmente entre ellas por las variables materia orgánica y por el porcentaje de arenas en el sedimento. Las estaciones de los estratos intermedios (estratos de 901–1300 m y de 1301–1700 m) se localizaron principalmente en los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho, poco relacionadas entre ellas por las cinco variables ambientales que incluyó el PCA

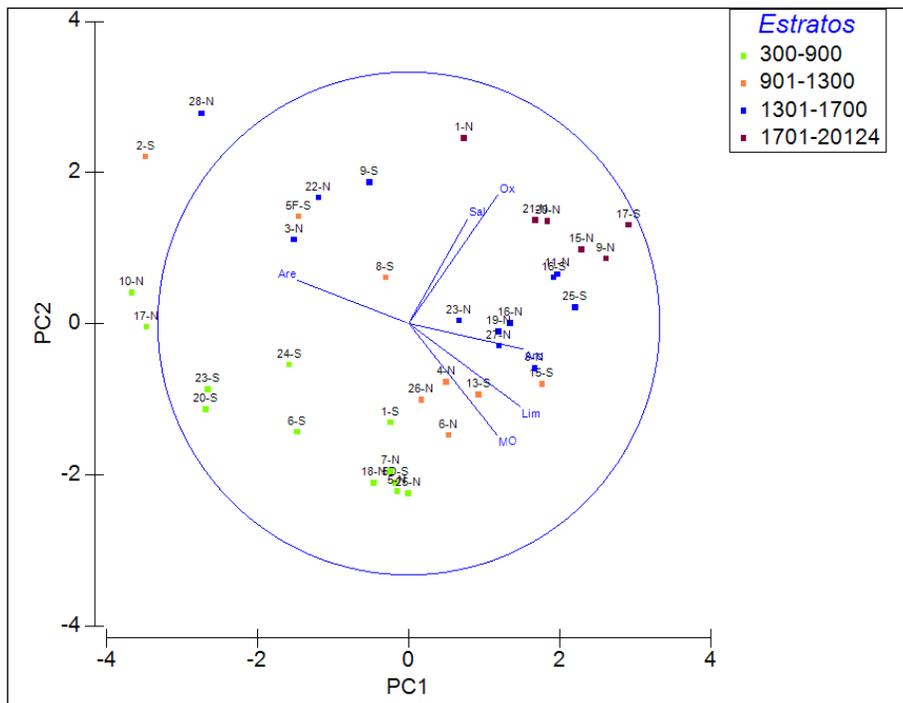


Figura 12. PCA para las variables ambientales y las estaciones de los cruceros TALUD XV y XVI-B con y sin holoturias (Ox= oxígeno, Sal= salinidad, MO= materia orgánica, Ar= arcillas, Lim= limos y Are= arenas; N= norte, S= sur).

Análisis de correspondencias canónicas

Las variables ambientales seleccionadas para el análisis de CCA fueron: porcentajes de arenas, limos y arcillas, profundidad, oxígeno y salinidad. El CCA resultante presentó un nivel de significancia de $p= 0.21$. Las variables explicativas representaron el 34.0 % de la variación.

La distribución espacial de las 18 especies encontradas en el estudio de acuerdo a las variables abióticas indicó que el 13.4% de la variación era explicada por el primer eje canónico (eigen valor= 0.923); la variación acumulada por los dos primeros ejes fue del 21.3 % (eigen valor= 0.544). Una alta correlación fue encontrada entre la composición de especies y las variables ambientales (primer eje= 0.982; segundo eje= 0.808). Las variables más importantes que explicaron la distribución de las especies fueron la profundidad y el oxígeno disuelto y, en tercer lugar, la salinidad. La materia orgánica y en general la granulometría del sedimento fueron las menos importantes. El eje 1 se correlacionó principalmente con la profundidad ($r= 0.9364$) y el oxígeno disuelto ($r= 0.9440$), mientras el eje 2 estuvo principalmente correlacionado con las arcillas ($r= 0.2343$). Las especies *B. sanguinolenta*, *A. albatrossi*, *P. mollis* y *Peniagone* sp. estuvieron asociadas con valores de profundidad máxima muestreada, valores altos de oxígeno y de salinidad, y con un elevado

contenido de limos en el sedimento. El resto de las especies estuvieron más relacionadas con las variables de contenido de arenas y materia orgánica en los sedimentos.

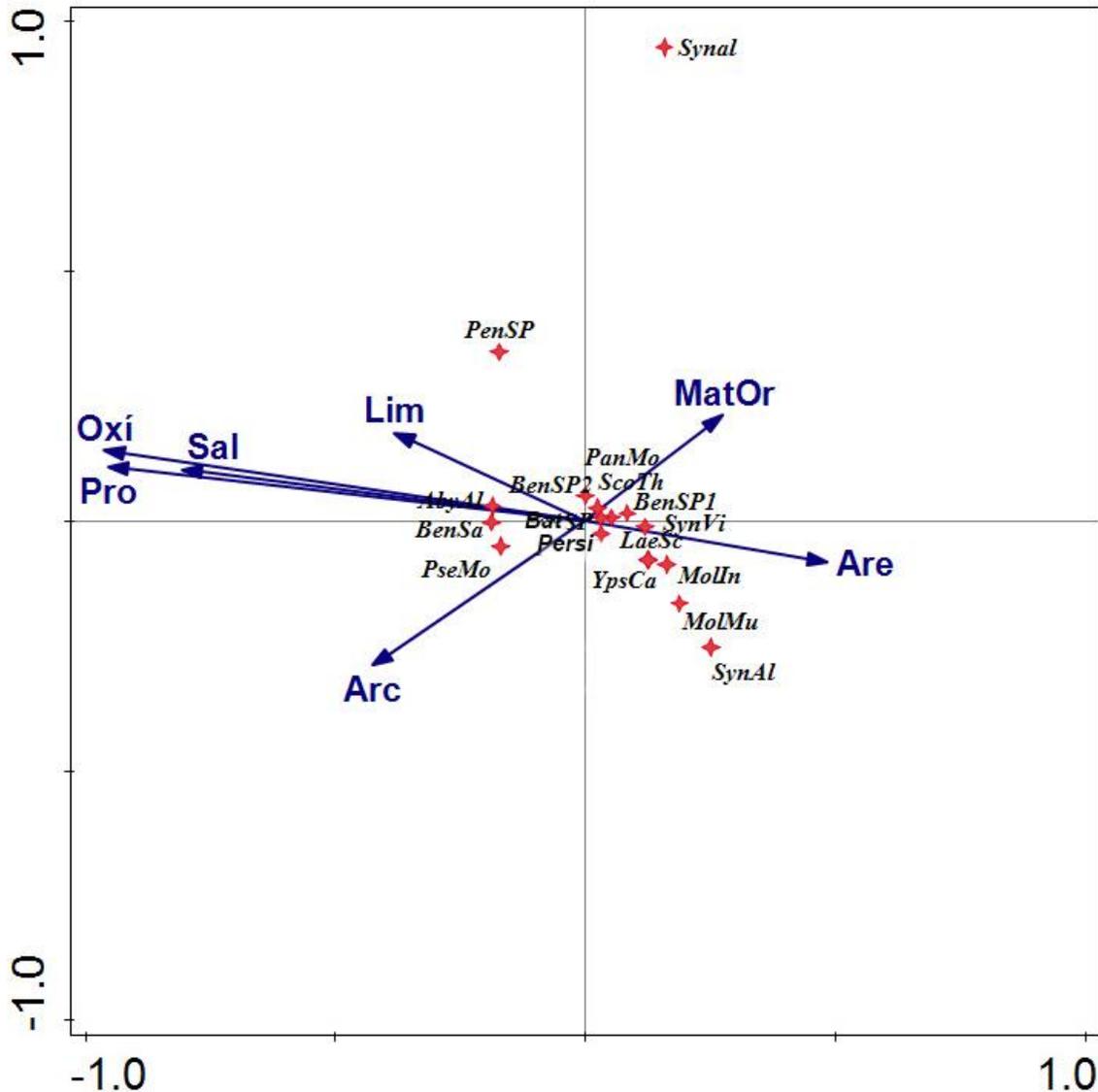


Figura 13. CCA para las variables ambientales y las especies de holoturias que se presentaron en los cruceros TALUD XV y XVI-B, relativo a los ejes 1 y 2. [AbyAl= *Abyssocucumis albatrossi*, BathSP= *Bathyploetes* sp., BenSa= *Benthodytes sanguinolenta*, BenSP1= *Benthodytes* sp. (morfortipo 1), BenSP2= *Benthodytes* sp. (morfortipo 2), LaeSc= *Laetmogone scotoeides*, MesSP= *Mesothuria* sp., MolIn= *Molpadia intermedia*, MolMu= *Molpadia musculus*, PanMo= *Pannychia moseleyi*, PenSP= *Peniagone* sp., PseMo= *Pseudostichopus mollis*, Persi= *Persiculida*, ScoTh= *Scotoplanes theeli*, SynAl= *Synallactes alexandri*, SynVi= *Synallactes virgulasolida*, Synall= *Synallactidae*, YpsCa= *Ypsilocucumis californiae*, Pro= profundidad, Oxi= oxígeno, Sal= salinidad, MatOr= materia orgánica, Arc= arcillas, Lim= limos y Are= arenas en el sedimento].

c) Análisis de similitud

Se realizaron diferentes análisis de agrupamiento para determinar si podían generarse grupos homogéneos de estaciones visitadas a partir de los datos de composición de las comunidades y de la abundancia estandarizada de cada especie. En el primer análisis de agrupamiento que se generó se incluyeron datos de todas las estaciones en las que se realizó un arrastre con el trineo bentónico, incluso aquellas en las que no se obtuvieron holoturias (43 estaciones en total). Lógicamente, el dendograma resultante de este primer análisis mostró un gran número de estaciones no agrupadas que correspondían a aquellas donde no se obtuvieron holoturias (20 estaciones), lo cual lo hacía poco explicativo (dendograma no mostrado).

Por lo anterior, se optó por realizar un segundo análisis en el que se incluyeron únicamente datos de las estaciones en las que se obtuvieron holoturias. Esto resultó en un dendograma con una disminución lógica del número de estaciones no agrupadas y visualmente mejor para detectar cierta agrupación. El dendograma generado de este análisis mostró cinco grupos con porcentaje de similitud mayor al 40% (fig. 14). Un primer grupo con ca. 45% de similitud incluyó a seis estaciones, cuatro estaciones someras (730–774 m) y dos de profundidades intermedias (985.5 y 1053 m), con valores bajos de oxígeno disuelto (0.23–0.48 ml/l O₂) y de salinidad (34.40–34.48), pero con contenidos de arcillas, arenas y carbono orgánico en sedimento muy variables. Las estaciones de este grupo correspondieron a aquellas donde se presentó *S. virgulasolida* y un alto número de organismos de *P. moseleyi*. Un segundo grupo con ca. 53% de similitud incluyó a tres estaciones de profundidades intermedias (1318–1409 m) con valores intermedios de oxígeno disuelto (0.76–0.9 ml/l O₂) y de salinidad (34.54–34.55), con altos contenidos de arcillas (11.07–12.58 %), bajos de arenas (2.44–9.47 %) y valores intermedios de carbono orgánico (3.28–3.96 %). Un tercer grupo con ca. 62% de similitud incluyó a las cuatro estaciones más profundas (1854–2082 m), con los valores más altos de oxígeno disuelto registrados durante el estudio (1.43–1.6 ml/l O₂), altos valores de salinidad (34.6–34.62) y de arcillas (10.87–15.5 %), así como contenidos bajos de arenas (0–2.16 %) y de intermedios a altos en carbono orgánico (2.21–4.57 %), las estaciones de este grupo fueron aquellas donde predominaron las especies *A. albatrossi* y *P. mollis*.

Los dos grupos restantes, uno de tres estaciones con 88% de similitud y otro de dos estaciones con 99% de similitud, se caracterizaron por ser de profundidades intermedias (1134–1459.5 m) y valores muy variables de los demás parámetros abióticos. Ambos grupos con los porcentajes de similitud más altos, incluyeron estaciones en las que se presentó una única especie con bajos valores de abundancia (uno o dos organismos) (cuadro 7). Finalmente, las estaciones que no se agruparon o que se unieron a los grupos con un porcentaje de similitud menor al 40% correspondieron a estaciones donde se presentaron una o dos especies con bajos valores de abundancia (cuadro 7).

Clúster de estaciones en las que se obtuvieron holoturias

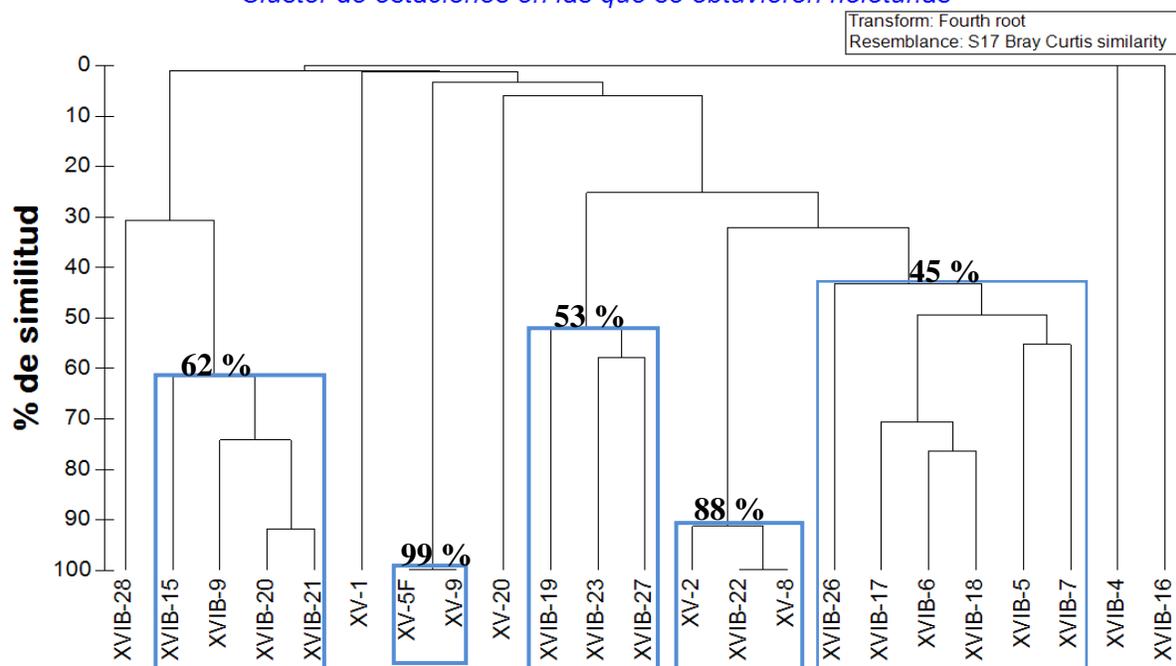


Figura 14. Dendrograma de todas las estaciones de las campañas TALUD XV y XVI-B donde se obtuvieron holoturias.

Cuadro 1. Especies presentes en los diferentes grupos que evidenció el análisis de agrupamiento para las estaciones donde se obtuvieron holoturias (campañas TALUD XV y XVI-B).

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 99% <i>L. scotoeides</i> ▪ 88% <i>P. moseleyi</i> ▪ 62% <i>A albatrossi</i> <i>P. mollis</i> <i>B. sanguinolenta</i> <i>Peniagone</i> sp. ▪ 53% <i>P. moseleyi</i> <i>L. scotoeides</i> <i>P. mollis</i> <i>Bethodythes</i> sp.(morfotipo 1) <i>S. theeli</i> <i>Persiculida</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 45% <i>S. virgulasolida</i> <i>P. moseleyi</i> <i>Y. californiae</i> <i>M. intermedia</i> <i>M. musculus</i> <i>Bathyploetes</i> sp. ▪ <40 % <i>P. mollis</i> (XVI-B 28) <i>S. alexandri</i> (XV-1) <i>M. musculus</i> (XV-1) <i>Y. californiae</i> (XV-20) Synallactidae (XVI-B 4) <i>Bethodythes</i> sp. (morfotipo 2) (XVIB-16) |
|---|--|

Los análisis de similitud que se realizaron posteriormente, probando diferentes ajustes, mostraron lo siguiente: en el dendrograma formado con datos de las estaciones de la zona norte, se logró evidenciar tres grupos (fig. 15) con porcentajes de similitud entre 43 y 61%, lo cual muestra una mayor afinidad entre las comunidades de la zona norte, donde se recolectaron ejemplares de holoturias en un mayor número de estaciones y donde, a consecuencia, se obtuvo una representación más confiable de estas. No se realizó un análisis de agrupamiento con exclusivamente de la zona sur, debido al escaso número de estaciones en las que se recolectaron holoturias en dicha zona.

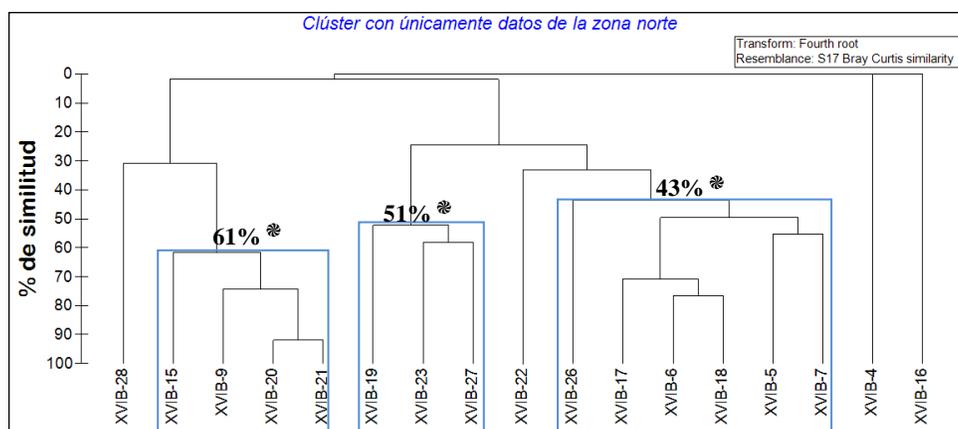


Figura 15. Dendrograma de las estaciones de la campaña TALUD XVI-B (zona norte) donde se recolectaron holoturias. ☼ = grupos que se presentaron en el dendrograma realizado con el total de estaciones donde se presentaron holoturias.

En los casos de eliminación de una de las tres especies dominantes, los dendrogramas obtenidos no fueron muy indicativos y varían poco en comparación con el dendrograma completo (véase fig. 14 vs. figs. 16 a-c). Sin embargo, al eliminar *A. albatrossi* (fig. 16 c) se formaron dos grupos con porcentajes de similitudes superior o igual a 90%. En el caso del dendrograma en el cual se eliminaron las especies con registros únicos (fig. 16 d) nuevamente se obtienen unos agrupamientos muy parecidos a aquel obtenido con todas las especies (fig. 14).

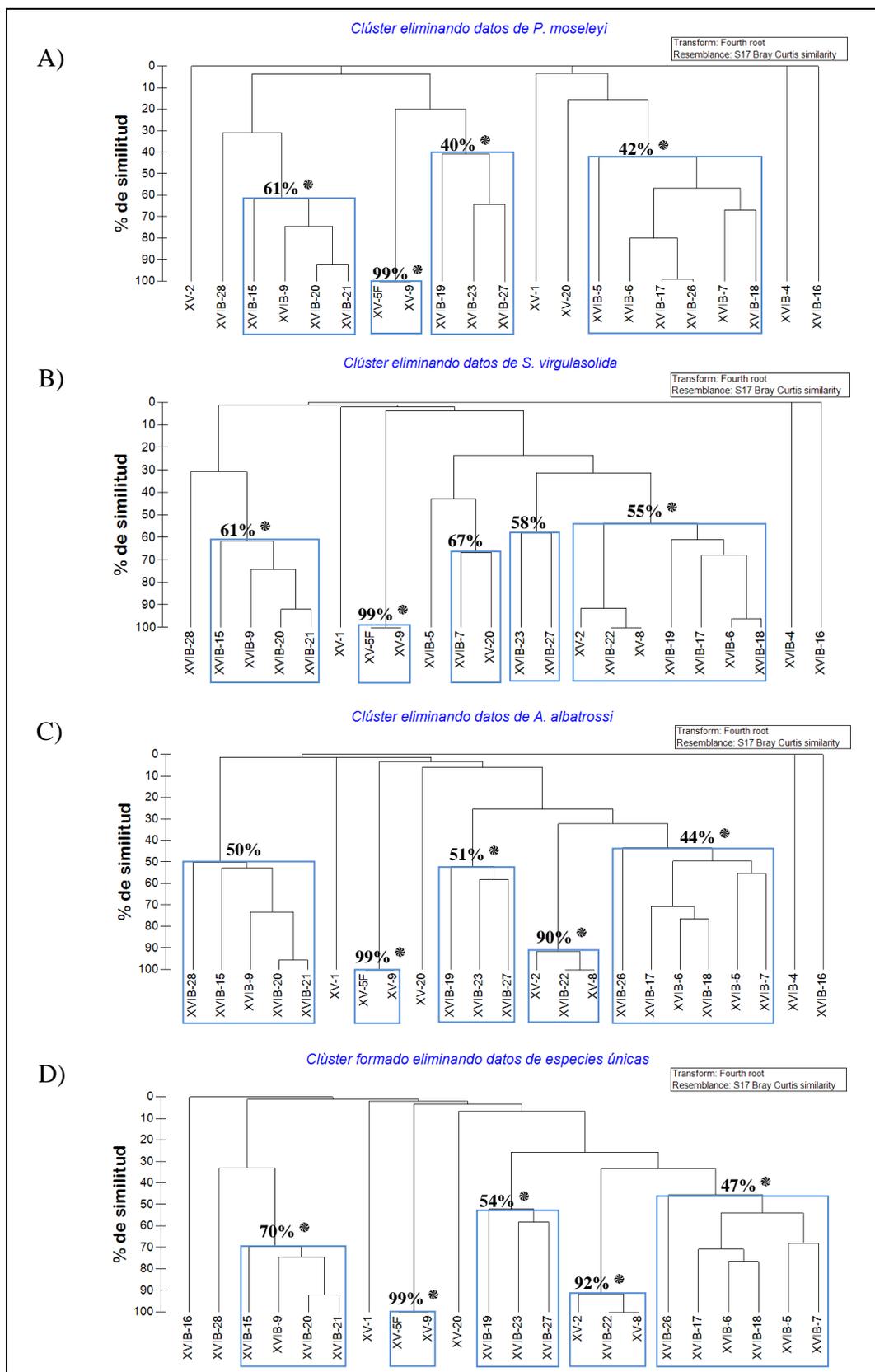


Figura 16. Dendrogramas obtenidos a partir de hacer diferentes ajustes a la matriz de datos inicial: eliminando datos de las estaciones donde se presentó *P. moseleyi* (A), eliminando datos de *S. virgulasolida* (B), eliminando datos de *A. albatrossi* (C) y eliminando datos de especies que se presentaron en una única estación (D). * = grupos que se presentaron en el dendrograma realizado con el total de estaciones donde se presentaron holoturias.

7. DISCUSIÓN

Trabajos que incluyen registros de las holoturias de mar profundo han registrado, para el océano Pacífico mexicano, la presencia de 38 especies (Parker, 1964; Maluf, 1988; Solís-Marín *et al.*, 2009; Massin & Hendrickx, 2011, 2013; Alvarado & Solís-Marín, 2013; Solís-Marín *et al.*, 2014). En la presente investigación, se registraron 18 especies. Para seis especies era conocida su distribución en el área de estudio, pero en el caso de cinco especies es la primera vez que se registran en el área. Además, se presentaron siete morfotipos que solamente fueron identificados a los niveles de género, familia y orden, por diversos motivos (material dañado que perdió estructuras importantes para el reconocimiento a un nivel específico, incongruencia con las descripciones originales y variaciones morfológicas que requieren de un estudio más profundizado).

Esta investigación es importante por diferentes razones. En primer término, los fenómenos oceanográficos que se presentan en la costa oeste de Baja California la hacen una zona exclusiva de condiciones ambientales muy particulares dentro de la franja costera de México, además de que ésta forma parte de la ZMO más grande a nivel mundial. Por otra parte, se aportó una contribución significativa al conocimiento de los invertebrados de mar profundo y se proporcionaron datos que pueden ser comparativos al momento de estudiar otras comunidades faunísticas en la zona. Desde el punto de vista zoogeográfico, se aportaron nuevos datos de distribución geográfica y batimétrica de las especies ya conocidas y se consiguieron registros de un número considerable de especies que podrían representar nuevos taxones para la ciencia. Es por tanto un estudio destacado dentro de los pocos trabajos en ecología de comunidades de holoturias de mar profundo, que además integró datos de la taxonomía del grupo.

7.1 Condiciones ambientales en el área de estudio

Desde hace varios años, diferentes estudios han registrado los fenómenos y las características oceanográficas físicas a lo largo de la costa oeste de la península de Baja California (*e.g.*, Wyrski, 1967; Durazo & Baumgartner, 2002; Helly & Levin, 2004; Durazo *et al.*, 2005; Papiol *et al.*, 2016a, b). Un trabajo reciente que documentó las condiciones ambientales relacionadas con los perfiles verticales en el área de estudio fue realizado por Papiol *et al.* (2016b). Como parte de los resultados, dichos autores registraron que a lo largo de la península el cambio en la temperatura es casi nulo a partir de los 900 m; la isoterma de los 10 °C se presentó alrededor de los 180 m para Baja California y a 281 m para Baja California Sur, mientras la isoterma de los 5 °C se ubicó de manera casi constante a los 870 m de profundidad; a partir de los 800 m, la temperatura disminuyó de manera regular y continua. Valores de salinidad más bajos se registraron en latitudes más al norte; a lo largo de la península dicha variable fue en aumento constante a partir de los 850 m; valores de las isohalinas más altos se presentaron a menor profundidad en Baja California Sur donde la

isohalina de 34.5 se detectó cerca de la superficie, en comparación con Baja California donde la misma isohalina se encontró a profundidades alrededor de los 1100 m.

De igual forma, estos mismos autores registraron en perfiles de oxígeno disuelto un abrupto decrecimiento cercano a la superficie, seguido de valores más bajos en una capa de profundidad intermedia y, finalmente, un gradual aumento conforme aumentaba la profundidad; entre los 1,000 y los 2,000 m de profundidad se presentó una tasa de recuperación del oxígeno mayor para Baja California que para Baja California Sur (0.19 y 0.12 ml/l por cada 100 m, respectivamente). Ligado a lo anterior, la disponibilidad de oxígeno a 2,000 fue mayor para Baja California (2.35 ml/l) comparado con Baja California Sur (1.53 ml/l) (Papiol *et al.*, 2016b).

Adicionalmente, la presencia de una termoclina poco profunda y fuerte ha sido identificada para el área de estudio. Ésta determina un intercambio muy débil entre las aguas superficiales y las que están por debajo de la termoclina, en propiedades como oxígeno disuelto y nutrientes (Lavín *et al.*, 2006).

Se ha documentado que variaciones latitudinales en el espesor de la ZMO del Pacífico oriental son consecuencia de efectos combinados de cambios en la productividad de la superficie, edad de las masas de agua y la circulación de estas masas de agua. En esta región, el aumento de la frecuencia de las surgencias, una mayor productividad y una mayor demanda de oxígeno, con una circulación lenta, contribuyen a una ZMO que se hace más gruesa y más profunda, con una menor concentración de oxígeno hacia latitudes más al sur del Pacífico mexicano (Helly & Levin, 2004). Lo anterior también fue observado frente a las costas de Baja California por Papiol *et al.* (2016b) y coincide con los registros de valores de oxígeno disuelto más bajos a mayor profundidad, frente a la costa sur de la península, registradas por esta investigación.

También frente a las costa norte de la península, se han identificado dos masas de agua que proveen de oxígeno a la región: Agua Subártica y Agua Intermedia del Pacífico Norte (Fiedler & Talley, 2006), la primera a profundidades mayores de los 200 m y la segunda alrededor de los 600 m (Papiol *et al.*, 2016b). Dichas masas de agua se caracterizan por valores bajos de salinidad y temperatura. Adicionalmente, a los 30° N se presenta una lengua de agua mejor oxigenada que se mueve a través del océano Pacífico, en dirección desde el suroeste hacia el extremo este (Reid & Mantyla, 1978). La presencia de estos fenómenos se puso de manifiesto en el registro de valores de salinidad y temperatura ligeramente más bajos, así como de oxígeno más altos para la costa norte, registrados aquí.

Por otra parte, valores de salinidad más altos registrados frente a Baja California Sur pueden deberse a la presencia de masas de agua con valores de salinidad y temperatura mayores a las que se presentan frente a Baja California, denominadas como Agua Superficial Subtropical y Agua Subsuperficial Ecuatorial (Wyrтки, 1967; Papiol *et al.*, 2016b). A su vez,

valores altos de salinidad repercuten en una menor difusión del oxígeno desde la superficie hasta aguas profundas (Papiol *et al.*, 2016b), contribuyendo a un mayor ensanchamiento de la ZMO para esta área. Valores de oxígeno disuelto más bajos pueden deberse también a que se trata de aguas muy antiguas en las que no se presenta una reposición sustancial (Reid & Mantyla, 1978).

En cuanto a las características de los sedimentos, en la costa sur de la península se registraron los valores más altos en contenidos de arenas, arcillas y carbono orgánico, mientras que la región norte de la península se caracterizó por altos contenidos en limos. Relaciones similares entre la composición de los sedimentos y la latitud, para la costa del Pacífico mexicano, fueron registradas por Papiol *et al.* (2016b) y Suárez-Mozo (2016). Dichos autores observaron que los contenidos de limos y de carbono orgánico aumentaban en dirección de sur a norte, mientras que los porcentajes de arenas y arcillas parecían incrementarse en latitudes más al sur.

Aún cuando no se han realizado trabajos que describan y discutan el origen de los sedimentos del fondo oceánico de la costa oeste de Baja California, se sabe que es una combinación de diferentes mecanismos, tales como mareas, olas y corrientes de pendiente, la que determina la resuspensión y dispersión de los mismos en zonas de la plataforma exterior, al mismo tiempo que estos mecanismos contribuyen al suministro de arenas a aguas profundas (Stow & Mayall, 2000).

7.2 Composición faunística

Las familias, géneros y especies que conformaron el listado faunístico coincidieron con taxones representantes del océano profundo registrados en la literatura (*e.g.* Ohshima, 1915; Parker, 1964; Hansen, 1975; Théel, 1882; Massin & Hendrickx, 2011; Solís-Marín *et al.*, 2014).

En cuanto al número de holoturias recolectadas a lo largo de la costa oeste de Baja California (1214 organismos en 24 estaciones) comparado con otras comunidades bentónicas estudiadas a partir de material capturado por las campañas TALUD XV y XVI-B, fue comparativamente menor. En un estudio presentado sobre la comunidad de moluscos bentónicos, se registró la captura de 2657 organismos presentes en 24 estaciones (Suárez-Mozo, 2016). Mientras, la comunidad de equinoideos que se recolectó en el área de estudio incluyó a 3648 organismos, capturados en 12 estaciones (según datos de la ICML-EMU). El número de especies de holoturias (18) fue tanto mayor como menor en comparación con otras comunidades bentónicas presentes en el área de estudio. Por parte de los moluscos, se presentaron 52 especies (Suárez-Mozo, 2016), mientras que los equinoideos estuvieron representados por solamente ocho especies, ocasionalmente muy abundantes (datos de la ICML-EMU). En el caso de los crustáceos decápodos bentónicos, se registró un total de 30 especies en la misma zona de Baja California (Papiol *et al.*, 2016b).

Comparativamente con un estudio sobre las holoturias de ambientes profundos que se presentaron en la costa este del Pacífico mexicano, incluyendo el golfo de California, el número de organismos capturados y el número de especies encontradas fueron mayores en la costa oeste de la península. Dicho estudio incluyó 74 organismos capturados en 25 localidades que correspondieron a 13 especies (Massin & Hendrickx, 2011). Es importante mencionar que tanto el esfuerzo de muestreo como el área muestreada durante este antecedente fue mucho mayor respecto al que se realizó durante las campañas TALUD XV y XVIB: 135 estaciones muestreadas mediante un equipo de arrastre bentónico, en cuatro campañas, versus 43 arrastres bentónicos realizados en esta investigación en solamente dos campañas.

De las 40 especies de holoturias registradas previamente para la costa oeste de Baja California, según datos de la Colección Nacional de Equinodermos, ICML, UNAM (Solís-Marín *et al.*, 2018), 13 cuentan con registros batimétricos mayores a los 350 m (Massin & Hendrickx, 2011) y, de estas, seis fueron encontradas en el presente trabajo.

7.3 Nuevos registros geográficos y batimétricos

Se determinó, a partir de la revisión de datos provenientes de publicaciones y diferentes bases de colecciones científicas, que las especies de holoturias recolectadas durante este estudio tienen una distribución geográfica amplia a lo largo y ancho del océano Pacífico. Seis especies se presentan tanto al norte como al sur de la costa este: *Pseudostichopus mollis* (desde el mar de Bering hasta Chile), *Pannychea moseleyi* (desde el mar de Bering hasta Perú), *Benthodytes sanguinolenta* (desde California central hasta Chile), *Molpadia intermedia* (desde el mar de Bering hasta Panamá) y *M. musculus* (del sur de California a la Patagonia). *Scotoplanes theeli* se presenta más al norte de la península (registrada para las costas de Oregón). Dos tienen una distribución más sureña: *Synallactes alexandri* (frente a Panamá) y *S. virgulasolida* (frente a Chile). Únicamente cinco especies cuentan con registros previos para la costa oeste del océano Pacífico: *P. mollis*, *P. moseleyi*, *M. intermedia*, *M. musculus* y *S. theeli*. También a partir de una búsqueda en la bibliografía, se encontró que tres especies cuentan con registros tanto de ambientes de aguas profundas como someras (<200 m), dichas especies son: *P. mollis* (presente en un intervalo de profundidad 91–1920 m), *M. intermedia* (53–2972 m) y *M. musculus* (35–5205 m).

Específicamente, sobre las especies *Synallactes virgulasolida* y *Scotoplanes theeli*, se encontraron registros adicionales a los presentados por esta investigación y por los descriptores originales de material resguardado en colecciones científicas norteamericanas. En el caso de *S. virgulasolida*, David Pawson (quien es uno de los especialistas en el grupo de las holoturias) encontró material adicional en las colecciones del USNM y la SIO, material sobre el cual él confirmó su identificación y que se utilizó para ampliar la distribución geográfica de la especie. Con los registros confirmados por David Pawson y el

material citado en la presente investigación, la distribución de la especie quedó ahora registrada en una extensión de 52° de latitud, abarcando desde el sur de California, EE. UU. hasta frente a las costas de Chile (Luna-Cruz & Hendrickx, 2018). En el caso de *S. theeli*, su distribución geográfica conocida anterior a este trabajo era para una localidad frente a las costas de Oregón y diferentes localidades frente a la costa sur de California, EE. UU. (datos provenientes de registros de las colecciones científicas del USNM y la SIO). Adicionalmente, el material citado en la descripción original provenía de la costa este de Japón en un punto latitudinalmente más al norte (44°05' N) (Ohshima, 1915) que los dos registros obtenidos para la península de Baja California en la presente investigación (30°39' N). Por lo anterior, los registros de la campaña TALUD XVI-B para esta especie representan una ampliación en el límite sur de su distribución global.

Ypsilocucumis californiae es una especie que anteriormente había sido registrada únicamente para cuatro localidades en el golfo de California (Massin & Hendrickx, 2011). Con el presente estudio, se adicionaron tres localidades en la costa oeste de la península y se sumaron cuatro ejemplares representantes de la especie a los ocho anteriormente citados en la descripción original. Estos nuevos registros representan también una ampliación en el límite norte de la especie, límite que anteriormente correspondía a 28°16'40"N (Massin & Hendrickx, 2011) y ahora corresponde a 29°21'12" N.

De seis especies más su distribución ya era conocida para la costa oeste de la península, por lo que los registros presentados corresponden únicamente a localidades adicionales. Estas especies fueron: *Laetmogone scotoeides* (H. L. Clark, 1913), *Pannychia moseleyi* Théel, 1882, *Benthodytes sanguinolenta* Théel, 1882, *Molpadia intermedia* (Ludwig, 1893), *M. musculus* Risso, 1826 y *Abyssocucumis albatrossi* (Cherbonnier, 1941). Sobre la especie *L. scotoeides*, cabe mencionar que los registros que se conocían anteriores a este trabajo incluían únicamente tres localidades en la costa oeste de México: una localidad en bahía Ballenas, costa oeste de Baja California, y dos frente a Petatlán, Guerrero (H. L. Clark, 1913; Massin & Hendrickx, 2011). Estos registros previos correspondían a un reducido número de ejemplares: tres ejemplares para Baja California y dos para las costas de Guerrero. Con el material obtenido de las campañas TALUD XV y XVI-B se sumaron a los registros conocidos de la especie cuatro localidades y 11 ejemplares.

Adicionalmente, registros de tres especies representaron ampliaciones batimétricas en sus límites más somero y más profundo a lo que había sido reportado anteriormente a este trabajo, por la literatura. Para *S. virgulasolida*, se amplió su distribución en los límites más somero y más profundo. El material tipo fue recolectado a una profundidad de 1030 m (Massin & Hendrickx, 2010); con los nuevos datos presentados la distribución se actualizó a un intervalo de 710 m a 1102 m. Para *Pseudostichopus mollis* los datos de tres estaciones en las que se recolectó un total de 39 ejemplares, correspondieron a estaciones con una profundidad mayor (valores de profundidad media de 2046, 2090 y 2093 m) a lo registrado

como el límite más profundo en el último antecedente publicado para la especie: 1920 m (O'Loughlin & Ahearn, 2005). De igual forma, la especie *Laetmogone scotoeides* había sido registrada con una distribución batimétrica menor en sus límites más somero y más profundo a la que correspondieron los ejemplares citados en la presente investigación. La distribución batimétrica conocida de esta especie pasó de ser 1180–1420 m (Massin & Hendrickx, 2011) a 1035–1494 m.

La costa oeste de Baja California es una región conocida como una zona de transición biogeográfica para muchas especies marinas, incluyendo los invertebrados (Wilkinson *et al.* 2009). La influencia de varias corrientes y surgencias en distintos periodos del año, hacen de la zona un área de encuentro de aguas cálidas del sur y aguas del norte más frías, al igual que la hacen rica en biodiversidad (Wilkinson *et al.* 2009). Es probable que la presencia de corrientes que tienen su origen en el norte y sur del continente americano tenga un papel determinante en la dispersión de larvas y favorezca el asentamiento de organismos con amplia distribución en el océano Pacífico.

Especies con una amplia distribución latitudinal han sido registradas para otros grupos faunísticos marinos presentes en la región. Las comunidades de moluscos bentónicos y equinoideos, capturados por las dos campañas TALUD que se analizan en esta investigación, incluyeron a un amplio número de especies que, de acuerdo con la literatura, presentan una distribución en las partes norte y sur del continente americano (Suárez-Mozo, 2016; Conejeros, 2017). Lo mismo ha sido documentado para varias especies de crustáceos decápodos bentónicos (Hendrickx, 2012a; Hendrickx & Serrano, 2012; Hendrickx & Papiol, 2015; Papiol *et al.*, 2016b).

Al igual que las especies registradas aquí con una distribución batimétrica amplia, de acuerdo con los registros disponibles en la literatura, existen varios casos documentados sobre holoturias presentes en un amplio intervalo de profundidad. Algunos ejemplos pueden encontrarse en los trabajos de Ohshima (1915) y Solís-Marín (2003). Es probable que esto se deba a que presentan historias de vida oportunista (Billet, 1991). Casos particulares podrían deberse a adaptaciones en el comportamiento larval, que permitan la presencia de estas en ambientes con características contrastantes y su posterior crecimiento exitoso, además de que la dispersión de huevos y larvas debería poder vencer los efectos de la termoclina y de cambios hidrográficos (Billet, 1991). Interacciones biológicas, como el efecto de un depredador, es poco probable que tengan un papel determinante en la distribución batimétrica de muchas especies de holoturias, como ocurre en otros grupos faunísticos (Billet, 1991).

7.4 Posibles nuevas especies

A partir de la revisión del material de las campañas TALUD XV y XVI-B se identificaron siete morfotipos: cinco a nivel de género (una del género *Bathyploetes*, dos del género

Benthodytes, una especie de *Peniagone* y una de *Mesothuria*), uno a nivel de familia (Synallactidae) y uno a nivel de orden (Persiculida). Para una especie de la familia Synallactidae y la del género *Peniagone* no fue posible llegar a un nivel taxonómico inferior debido a que los ejemplares presentaron severas afectaciones, y perdieron estructuras importantes para la identificación a nivel específico. Para especies de la familia Synallactidae y las de los géneros *Mesothuria* y *Peniagone*, se recolectó muy poco material (uno o dos ejemplares en total).

A) Synallactidae Ludwig, 1894 (dos morfotipos). De acuerdo con Smirnov (2012), la familia Synallactidae incluye a especies con 10 a 20 tentáculos con formas de escudo o dendritiformes; cuerpo cilíndrico o aplanado con una suela ventral distinguible y papilas dorsales; anillo calcáreo que puede ser bien desarrollado, reducido o completamente ausente; gónadas subdivididas en dos partes, ámpulas tentaculares ausentes y bandas musculares no divididas; las espículas son en forma de tablas, barras y algunas en forma de “C”.

El ejemplar que se recolectó en la estación 5 del TALUD XVI-B fue identificado como miembro de la familia Synallactidae por presentar las siguientes características: cuerpo cilíndrico, pies ambulacrales dorsales en cada costado del cuerpo y los ventrales a lo largo de cuatro líneas de pies abundantes y muy juntos; espículas de la pared del cuerpo con forma de tablas de cuatro brazos muy largos, libres y perforados hacia los extremos terminales; espira larga, central y formada por cuatro pilares que se unen en el extremo terminal y finalizan en cuatro dientes corto; adicionalmente, formas de barras espinosas, curvas o rectas en los tentáculos y placa perforada terminal en los pies ambulacrales. Las características externas de este ejemplar se asemejan a las del género *Synallactes* Ludwig, 1894; sin embargo, la forma de la espira en las espículas del cuerpo es diferente. En *Synallactes* las tablas presentan una espira de pilar simple, dividido o perforado, o ambos, en el extremo superior, mientras que en este ejemplar, la forma de las espiras se asemeja más a la del género *Bathyploetes* Östergren, 1896, en el que la espira de la tabla es compuesta, generalmente por varias vigas transversales (Deichmann, 1930).

El segundo ejemplar identificado como Synallactidae se encontró en la estación 4 del TALUD XVI-B. Las características que lo colocaron en este nivel taxonómico son: el cuerpo alargado, boca ventral y ano terminal; 12 tentáculos con forma de escudo, aunque probablemente hayan sido más; dorsalmente y por arriba de la corona de tentáculos un collar de 11 papilas largas; diminutas papilas circulares y retráctiles, sobre el área de los radios dorsales, adicionalmente papilas más grandes y cónicas; pies ambulacrales en dos hileras sobre los laterales del cuerpo, al igual que en la región ventral central; internamente una vesícula de Poli, dos árboles respiratorios, músculos longitudinales no divididos y sin anillo calcáreo; además, espículas de la pared del cuerpo escasas, como cruces de cuatro brazos

con pequeños dientes en el extremo terminal, barras y formas de tres y cuatro brazos con espinas en el margen.

B) *Benthodytes* Théel, 1882, (dos morfotipos). Este género actualmente incluye 14 especies. La única especie hasta el momento registrada para las costas del Pacífico mexicano es *B. sanguinolenta*. Representantes del género presentan: cuerpo más o menos aplanado, con el borde anterior bastante amplio, boca ventral y ano dorsal, casi terminal; entre 12 y 20 tentáculos; pies ambulacrales ventrales numerosos en dos filas sobre el radio medio ventral y en una línea simple en el margen del cuerpo, papilas dorsales generalmente presentes (Théel, 1882); espículas que pueden ser en forma de cruces con una apófisis central bipartita larga, en forma de barras o estar ausentes; frecuentemente los organismos son en tonos de morado o violeta oscuro (Hansen, 1975).

Uno de los morfotipos, *Benthodytes* sp. 1, estuvo representado por 19 ejemplares recolectados en las estaciones 19, 23 y 27 del TALUD XVI-B. Las principales características que incluyeron a estos dentro del género fueron la forma de las espículas, un margen de pies ambulacrales cortos que rodean el cuerpo incluso por arriba de la corona de tentáculos, boca ventral y ano terminal, aunque orientado dorsalmente, los pies ambulacrales ventrales y las papilas dorsales. Los ejemplares identificados como *Benthodytes* sp. 1 son similares a nueve especies del género por la presencia de cruces regulares espinosas con una apófisis central bipartita; estas especies son *B. gosarsi* Gebruk, 2008, *B. incerta* Ludwig, 1893, *B. lingua* Perrier R., 1896, *B. manusensis* Xiao, Li & Sha, 2018, *B. marianensis* Li, Xiao, Zhang & Zhang, 2018, *B. sibogae* Sluiter, 1901, *B. plana* Hansen, 1975, *B. valdiviae* Hansen, 1975 y *B. violeta* Martínez, Solís-Marín, Penchaszadeh, 2014. Sin embargo, los ejemplares de *Benthodytes* sp. 1 presentan un solo tipo de espículas, tanto dorsal como ventralmente, mientras que *B. incerta* presenta dos tipos de cruces, un tipo de cruces con una apófisis alta, lisa, no bipartita y en la parte superior presenta dos pequeñas ramificaciones horizontales; en *B. marianensis* la espira de las cruces es bi, tri o tetra-partita; en *B. gosarsi*, *B. valdiviae* y *B. plana* las espículas ventrales no están presentes, mientras que en *B. sibogae* son en forma de barras, tripartitas o como cruces con apófisis central ausente y en *B. violeta*, además de las formas de cruces espinosas, se presentan barras espinosas en la región ventral.

Los ejemplares de *Benthodytes* sp. 1 son también diferentes de sus congéneres por el número de tentáculos, la disposición de las papilas dorsales y de los pies ambulacrales ventrales. *Benthodytes* sp. 1 presenta 15 tentáculos, *B. gosarsi* presenta de 12 a 14, *B. lingua* de 12 a 15, *B. manusensis* 12, *B. marianensis* al menos 20 y *B. violeta* 16. La distribución de las papilas dorsales en los ejemplares de las campañas TALUD es sobre los dos radios dorsales, dos líneas de papilas diminutas y juntas hacia el primer tercio anterior del cuerpo; adicionalmente hay de 2–3 pares de papilas cortas y cónicas; *B. lingua* presenta 12 pares (aunque podrían variar entre 10–20 pares), *B. violeta* ocho pares, *B. sibogae* entre 5–6, *B. marianensis* nueve pares y *B. manusensis* tres pares, pero éstas son bastante largas. El

arreglo de los pies ambulacrales ventrales en *Benthodytes* sp. 1 es sobre dos líneas longitudinales, en *B. violeta* es en cuatro líneas y en *B. lingua* están ausentes en los primeros 2–3 cm de la región anterior ventral.

El segundo morfotipo, *Benthodytes* sp. 2, fue representado por seis ejemplares de la estación 16 del TALUD XVI-B. Estos fueron identificados dentro del género por presentar cuerpo ensanchado y ligeramente aplanado, la disposición de la boca (ventral) y el ano (orientado dorsalmente), 15 tentáculos en forma de disco, de 14–25 pares de papilas cónicas y muy sobresalientes, dispuestas a lo largo de los radios dorsales; pies ambulacrales ventrales en líneas longitudinales sobre el área medio ventral, un margen de pies ambulacrales que rodea completamente el cuerpo incluso por arriba de la corona de tentáculos, pared del cuerpo gelatinosa pero consistente y gruesa y coloración del cuerpo morado oscuro con regiones lilas o grises. Estos ejemplares, a diferencia de la mayoría de las especies que integran al género no presentan espículas, característica que es compartida con *B. wolfii*. Las especies *B. típica* y *B. sanguinolenta* pueden no presentar espículas o cuando éstas están presentes son en forma de barras. *Benthodytes* sp. 2 es diferente de estas tres especies debido a que *B. wolfii* presenta 20 tentáculos y siete pares de papilas dorsales; *B. Típica*, de 15–20 tentáculos, comúnmente 20, y papilas dorsales diminutas, escasas y generalmente sobre la región anterior de los radios; es también diferente de *B. sanguinolenta* debido a que dicha especie presenta 18 tentáculos y papilas dorsales diminutas y numerosas.

C) *Peniagone* sp. Dos ejemplares de la estación 15 del TALUD XVI-B fueron identificados bajo el género *Peniagone* Théel, 1882. Este género se caracteriza por incluir organismos con las siguientes características: cuerpo más o menos elongado, algunas veces deprimido posteriormente; 10 tentáculos, un lóbulo (o forma de velo) sobre la superficie dorsal; pies ambulacrales ventrales sobre los laterales, o éstos rodean la mitad o el tercio posterior del cuerpo; espículas con formas de cuatro brazos con 1–4 procesos adicionales, o formas de tres brazos con o sin ramificaciones, además de formas curvas como una “C” (Théel, 1882). Junto con el “velo” dorsal se presentan dos pares de papilas libres o unidas y uno o dos pares posteriores al velo (Deichmann, 1930). El género actualmente incluye 32 especies, tiene una distribución mundial amplia y es común dentro de los ambientes de mar profundo. Sobre este, una revisión taxonómica destacable fue realizada por Hansen (1975), en cuyo trabajo incluyó una clave taxonómica y la descripción o comentarios de 23 especies actualmente reconocidas dentro del género.

Lamentablemente, los dos ejemplares que se obtuvieron frente a la costa oeste de Baja California fueron fuertemente afectados por los métodos de captura y preservación, además de que la pared del cuerpo ya es de por sí muy frágil en estos organismos. Como consecuencia, no se conservaron las estructuras dorsales, las cuales son un carácter importante para la identificación a nivel de especie. Tampoco pudieron distinguirse los pies ambulacrales ni los tentáculos, y no fue posible estimar el número de éstos a partir de las

marcas de donde se originan en el cuerpo. Sin embargo, los ejemplares conservaron una alta cantidad de espículas en el tejido. A partir de las formas de dichas estructuras, observadas a detalle con la MEB, se intentó aproximar a la especie a la cual podrían ser afines. Los ejemplares de la península de Baja California presentan cierta semejanza con *Peniagone azorica* Marenzeller von, 1892; sin embargo, los registros de esta especie provienen únicamente de la trinchera de Kermandec, al noreste del océano Atlántico (Hansen, 1975).

El género *Peniagone* requiere de una revisión a detalle, en parte debido a los múltiples cambios que ha presentado en su clasificación y taxonomía y debido a la gran similitud que presentan las especies de este género, sobre todo en la forma de las espículas. Dicha labor debería contemplar la revisión de material de colecciones científicas y museos, y sería altamente recomendable que se valiera de la MEB.

D) *Mesothuria* sp. Se recolectó un solo ejemplar afín a este género, en la estación 10 del TALUD XVI-B, con el nucleador de caja. Sobre este, se determinó su cercanía al género principalmente por presentar: espículas en la pared del cuerpo predominantemente en forma de tablas de base cuadrada, con seis perforaciones amplias casi del mismo tamaño y una espira central cuadrada, corta y de dos pilares rectos con 2–3 grupos de pequeños dientes en la cúspide. El ejemplar midió apenas 17 mm de longitud y presentó cuerpo curvo, con hileras de pies ambulacrales dispersos sobre las áreas radiales e interradales.

Sin embargo, el ejemplar presentó características muy particulares que no permitieron hacer una confirmación total de su pertenencia al género: la presencia de cinco placas calcáreas con apariencia de dedal en la parte más externa del ano, cada una sosteniendo una papila cilíndrica; por debajo del ano, presentó placas perforadas muy grandes. Estas características no han sido observadas, hasta ahora, en las 26 especies reconocidas dentro del género *Mesothuria* Ludwig, 1894, por lo que existe la posibilidad de que se trate de un género nuevo (Solís-Marín *com. pers.*). La revisión de la anatomía interna podría ayudar a determinar si este ejemplar forma parte o no de *Mesothuria*.

E) Orden Persiculida. En las estaciones 23 y 27, del TALUD-XVI-B, se recuperaron 23 organismos que fueron identificados como parte del orden Persiculida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017. Este taxón incluye a organismos que carecen de espículas en la pared del cuerpo y, en algunos de sus representantes, se observa la presencia de un surco posterior (Miller *et al.*, 2017) que se origina de dos pliegues verticales del perisoma y bajo el que se encuentra el ano. En los organismos recolectados durante las campañas TALUD no se presentaron espículas en la pared del cuerpo, tentáculos, músculos e incluso en órganos internos, al igual que no se presentó un surco posterior como el que caracteriza a la familia Pseudostichopodidae Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017 de este mismo orden. De igual manera, no presentaron papilas pequeñas y esparcidas sobre el cuerpo y pies ambulacrales que dan a este un aspecto granular, al igual que no presentaron pies ambulacrales concentrados en los extremos anterior y posterior del

cuerpo, ni largas papilas filiformes (de 4–10 mm), todas estas características de la familia Gephyrothuriidae (Koehler & Vaney, 1905). Son también diferentes de la familia Molpadiodemidae Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse, 2017 debido a que no presentan pared del cuerpo cubierta por pequeños y discretos pies ambulacrales, ni tentáculos peltados.

Aunque los organismos recolectados frente a la península de Baja California comparten con las tres familias representantes del orden Persiculida la carencia de espículas y algunas de las características de la anatomía interna, no fueron totalmente afines a alguna de ellas, lo que derivó en colocarlos a nivel de orden.

7.5 Cambios morfológicos relacionados con el crecimiento

Al igual que las espículas, el anillo calcáreo es otra estructura que, para diferentes especies de holoturias, presenta variaciones a lo largo del crecimiento del animal; se ha señalado una reducción en el tamaño del anillo hasta su desaparición completa, debido a procesos de reabsorción. Sin embargo, en los ejemplares revisados de *Synallactes virgulasolida* y contrario a lo que se estimaba en la descripción original, no se observaron cambios en el tamaño de las piezas que conforman al anillo calcáreo. Sobre dicha estructura, los descriptores originales de la especie mencionaron que podía reducirse o reabsorberse conforme aumentaba el crecimiento del animal (Massin & Hendrickx, 2010), pero en la presente investigación éste fue observado en ejemplares de tallas aún más grandes (de 163 a 270 mm de largo) que en los ejemplares a partir de los que se describió la especie (de 50 a 85 mm).

7.6 Importancia de la MEB en estudios taxonómicos

La disponibilidad de fotografías de MEB de las espículas para la elaboración del catálogo taxonómico, ha sido de suma importancia debido a que esta técnica permite evidenciar sus características a detalle. Para la mayoría de las especies que se presentan en este trabajo, anteriormente no existía un registro fotográfico de las espículas y sólo para algunas se habían realizado esquemas o dibujos que no siempre llegan a ser una representación minuciosa.

En el grupo de las holoturias hay taxones, como son los géneros *Synallactes* y *Peniagone*, para los que contar con registros de MEB de los diferentes tipos de espículas facilitaría mucho la tarea de discriminar a dos o más especies distintas debido a la gran similitud que hay entre sus integrantes. De la misma manera, contar con un registro fotográfico puede servir a futuras investigaciones que pretendan identificar variaciones morfológicas entre mismas especies de áreas geográficas diferentes, debido a que se ha observado que algunas formas de espículas presentan variaciones posiblemente atribuibles a la presión del ambiente [un ejemplo es la especie *Molpadia musculus*, sobre estas variaciones en las formas de sus espículas, las cuales fueron registradas por Pawson (1977)].

Adicionalmente, para algunos representantes del grupo que habitan a grandes profundidades los registros llegan a ser escasos, al igual que lo es el material depositado en colecciones científicas. De algunos de ellos se cuenta con fotografías o vídeos tomados por vehículos autónomos que suelen ser de gran ayuda para la identificación de las especies a niveles superiores como orden, familia y, en algunos casos, género (*e.g.* Hendrickx *et al.*, 2014), pero estos no siempre son suficientes para la identificación al nivel específico. Además, si los datos no son tratados con cierta precaución, puede originarse una cadena de errores, de menor o mayor impacto dependiendo la naturaleza de los estudios, por ejemplo donde a un cierto grupo de organismos se les identifique por sus características externas como una misma especie siendo en realidad un grupo de varias especies. Así, el hecho de contar con los organismos en físico y obtener fotografías con el detalle que proporciona la técnica de MEB permitió evidenciar muchas de las características que definen a una especie y que la separan de otras, al igual que apoyan las propuestas de morfotipos que pueden llegar a ser especies nuevas para la ciencia.

Un caso específico que se presentó en este trabajo y en el que la MEB ayudó al reconocimiento de un grupo de ejemplares como todos siendo una misma especie, se presentó en *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011. En el género *Ypsilocucumis* Panning, 1949 al igual que en el género *Ypsilothuria* Perrier E. 1886, el cuerpo del animal está cubierto por placas calcáreas perforadas muy similares para ambos géneros, con la diferencia de que para el primero las placas presentan un acomodo de “varias capas de red” (Panning, 1949), mientras que en *Ypsilothuria* las placas forman una “testa real” (Heding, 1942). Ambos géneros son muy similares en la forma del cuerpo, orientación del ano y la boca, arreglo y número de los tentáculos orales y arreglo de los pies ambulacrales, por lo que la principal diferencia se hace evidente con la apariencia de las espículas calcáreas observadas con MEB.

Específicamente para la especie *Ypsilocucumis californiae*, el acomodo de las placas que se encuentran cubriendo el cuerpo es en multicapas y en las placas más grandes se presenta una espira excéntrica (Massin & Hendrickx, 2011). Dicha especie es muy similar y podría llegar a confundirse con *Ypsilothuria bitentaculata* (Ludwig, 1893) pues ambas especies han sido registradas en la parte norte del Pacífico mexicano (Parker, 1964; Maluf, 1988; Maluf & Brusca, 2005; Massin & Hendrickx, 2011).

7.7 Caracterización ecológica de la comunidad

Un aspecto que sobresalió en la comunidad de holoturias fue la marcada diferencia en los valores de abundancia para las zonas sur y norte de la península: 8 ejemplares versus 1206 ejemplares, respectivamente. Al compararla contra las comunidades bentónicas de los moluscos y los equinoideos colectados por las mismas campañas TALUD, resultaron ser casos muy distintos. Tanto para los moluscos como para los equinoideos, un elevado

número de organismos fueron colectados en la zona sur. 2381 moluscos fueron colectados por la campaña TALUD XV, en contraste con los 276 que fueron colectados por la campaña TALUD XVI-B (Suárez-Mozo, 2016). En el caso de los equinoideos se recolectaron 2543 ejemplares frente a la costa sur y 1105 frente a la costa norte (datos de la ICML-EMU).

En número de riqueza de especies el caso de las holoturias fue similar al de los equinoideos, ambos grupos estuvieron representados por un bajo número de especies en la zona sur de la península: cinco especies de holoturias y únicamente dos de equinoideos (datos de la ICML-EMU); siendo la zona norte en donde se presentó la mayor riqueza: 17 especies de holoturias y ocho de equinoideos (datos de la ICML-EMU). En el caso de los moluscos y de los crustáceos decápodos, la riqueza de especies comparativamente entre zonas no presentó valores tan distintos para cada grupo. En el caso de los moluscos, 29 especies se recolectaron en la zona sur y 23 especies en la zona norte (Suárez-Mozo, 2016); mientras para los decápodos 32 especies se colectaron en la zona sur y 24 especies al norte de la península (Papiol *et al.*, 2016b).

La costa oeste de Baja California presentó un número de especies tanto menor como mayor, comparada con ambientes de mar profundo de otras regiones geográficas. La riqueza de especies (18) fue menor comparada con tres zonas de la Antártida: O’Loughlin *et al.* (2010) reportaron 37, 41 y 43 especies en tres localidades con una profundidad aproximada de 1180 m; sin embargo, dichos autores no hace referencia a un esfuerzo de muestreo para las localidades, ya que sus datos provienen de colecciones científicas y registros de la literatura. Fue mayor comparada con las costas de Pakistan, un área del mar Arábigo con una ZMO, en las que se registraron únicamente dos especies de holoturias (Murty *et al.*, 2009), en nueve puntos de muestreo a profundidades entre 140 y 1850 m, estas fueron vistas en imágenes obtenidas con fotografía “gran angular”.

Valores de diversidad comparativamente entre las zonas norte y sur de la península, fueron igualmente muy distintos debido a la baja representatividad de ejemplares de holoturias que se obtuvieron de la zona sur, zona en la que únicamente para una estación pudo ser calculado un valor de diversidad (estación a 554 m, $H' = 1$). Para la zona norte de la península, los valores más altos de diversidad, se presentaron en dos estaciones profundas (a 1496.5 m, $H' = 1.73$ y a 2028 m, $H' = 1.41$) y en una de las estaciones más someras (754 m, $H' = 1.58$), lo cual fue similar a los valores de diversidad más altos reportados para la comunidad de moluscos bentónicos en la misma zona (estaciones con profundidades de 2028 m, $H' = 1.80$; 730 m, $H' = 1.32$ y 774 m, $H' = 1.498$ m) (Suárez-Mozo, 2016). Las estaciones entre 730 y 774 m, donde se reportaron altos valores de diversidad para ambas comunidades corresponden al límite inferior del núcleo de la ZMO, después del cual comienza un gradual aumento en la disponibilidad de oxígeno disuelto (Papiol *et al.*, 2016b).

La diversidad de holoturias, comparativamente entre estratos de la zona norte presentó valores muy distintos. El valor más bajo de diversidad (0.660) se registró en el estrato más somero, para los siguientes dos estratos la diversidad aumento gradualmente hasta un valor máximo (1.289) registrado en el estrato de 1301 a ≤ 1700 m; después de éste aumento vino una disminución, que se reflejó en un valor bajo de diversidad para el estrato de 1701 a ≤ 2124 m (diversidad de 0.843). Sin embargo, este patrón no se observó en la zona sur de la península debido al escaso material que en ésta se recolectó.

En ambientes de mar profundo, valores de la diversidad de especies de la macro y la megafauna bentónica parecen tener patrones parabólicos a lo largo de gradientes de profundidad. La diversidad aumenta desde profundidades que corresponden a la plataforma continental hasta alcanzar un máximo en profundidades batiales, seguido de este aumento la diversidad disminuye continuamente a medida que los ambientes se hacen más profundos, por ejemplo en ambientes abismales (>2800 m de profundidad) (Rex, 1981). Dicha tendencia fue observada en comunidades de gasterópodos, poliquetos, bivalvos protobranquios, crustáceos cumáceos, diferentes grupos de invertebrados y peces del noroeste Atlántico (Rex, 1981).

De acuerdo con Rex (1981) patrones de diversidad de especies en el bentos de aguas profundas pueden ser explicadas por los factores de: 1. la aportación de nutrientes y relaciones tróficas y 2. interacciones biológicas de competencia y depredación. Según este autor, la mayor diversidad de depredadores y de la macro y la megafauna ocurre a profundidades donde los recursos de alimento son adecuados para soportar diversos niveles tróficos superiores y la depredación ejerce un efecto de diversificación significativo. En la pendiente continental superior, la diversidad es menor aun cuando los recursos de alimentos se vuelven más abundantes, estos suelen ser menos estables debido a que la productividad y la escorrentía terrestre son altamente estacionales; para estos ambientes la depredación se vuelve menos importante como un agente estructurante.

Valores de densidad de las holoturias pueden ser ampliamente variables como lo demostró Billet (1991). Este autor recopiló datos de densidad para 22 especies colectadas por redes de arrastre en el noreste Atlántico, a profundidades de 510 m a 4832 m. Valores estimados para una sola especie fueron desde 5 inds/ha hasta 501701 inds/ha, los valores más altos se presentaron en estaciones de la pendiente media (profundidades de 1319-3697 m). En ambientes someros (<1000 m de profundidad) las abundancias fueron menores a 1000 inds/ha, y en profundidades abisales (>4000 m) fueron menores a 50 inds/ha para una sola especie. Sumida *et al.* (2008) estimaron densidades para dos especies de holoturias, vistas en 18 video transectos, en la península del oeste Antártico, a diferentes profundidades que iban de 526 a 641 m. Para la especie *Protelpidia murrayi* se registraron valores de densidad que iban desde 1 hasta 121 inds/ha y para la especie *Peniagone vignoni* valores de densidad iban de 0.7 a 27.5 inds/ha.

Sobre los análisis de agrupamiento de datos, dentro de la correlación de Spearman, una correlación total ($r= 1$) entre los valores de materia y carbono orgánicos se debió a que valores de materia orgánica fueron estimados a partir de multiplicar valores de carbono orgánico por 1.72 (constante de van Bemmelen). Una correlación positiva y fuerte entre la profundidad y el oxígeno disuelto es un patrón observado en ambientes donde, a lo largo de la columna de agua, no se presentan masas intermedias de agua anóxica y en donde la actividad de los productores primarios disminuye gradualmente conforme aumenta la profundidad. Sin embargo una correlación fuerte para un área donde existe influencia de una ZMO, fue debida a que valores de oxígeno disuelto fueron muestreados en una franja batimétrica ubicada por debajo del núcleo de la ZMO y a partir de la cual existe una recuperación gradual del oxígeno en la columna de agua (véase Hendrickx & Serrano, 2012).

8. CONCLUSIONES

Valores de las variables ambientales registradas frente a las costas norte y sur de la península de Baja California fueron muy distintos. Características ambientales distintas entre las zonas pueden deberse a la presencia de diferentes procesos oceanográficos y a diferencias en la intensidad de los mismos, tales como cambios en la productividad de la superficie, en la demanda de oxígeno y en la circulación; aumento en la frecuencia de surgencias y a la presencia de masas de agua con características y orígenes diferentes.

Al igual, la presencia de una ZMO que varía latitudinalmente (se ensancha y se hace más somera hacia latitudes más al sur) modela las características abióticas frente a la costa oeste de Baja California.

Con esta investigación se presenta el registro de 18 especies de holoturias para el área de estudio, algunas de las cuales fueron identificadas a los niveles taxonómicos superiores de género, familia y orden debido a problemas que presentaron los ejemplares (p.e. pérdida de o desgaste en algunas estructuras) y debido también a que algunas representan a posibles especies nuevas para la ciencia. De las especies propuestas como nuevas para la ciencia, para algunas se requiere de una comparación más profunda con las especies a las que posiblemente sean afines.

De igual forma, esta investigación contribuyó en la adición de registros geográficos, tanto locales como para la costa del Pacífico mexicano, y en la ampliación de los límites batimétricos más somero y más profundo de algunas especies.

Varias de las especies reportadas en esta investigación tienen una distribución geográfica amplia a lo largo y ancho del océano Pacífico y algunas también se distribuyen en amplios intervalos de profundidad, de acuerdo con registros en la literatura y en bases de datos de colecciones científicas. Lo anterior puede deberse a estrategias de dispersión y adaptación en las larvas y de colonización de los adultos.

La presentación de un catálogo taxonómico en el que se incluye la descripción de las características morfológicas de los organismos, fotografías de su anatomía y fotografías de MEB de las espículas, respalda la identidad de las especies presentes en la costa oeste de Baja California. Además, puede funcionar como una herramienta comparativa con otros trabajos en taxonomía de holoturias que utilicen caracteres morfológicos.

Un alto número de organismos colectados frente a la costa sur de Baja California, comparado con el bajo número que se presentó frente a la costa norte, es similar a lo que fue reportado para otras comunidades bentónicas en la misma área de estudio. En cuanto a valores de riqueza de especies, el grupo de las holoturias fue similar al caso de los equinoideos, y ambos fueron distintos a las comunidades de los moluscos y los decápodos. Posiblemente, diferencias en el número de organismos y en la riqueza de especies que se

registró para las zonas norte y sur, sean determinadas por las condiciones ambientales distintas que ocurren en las zonas.

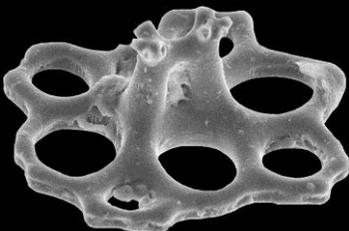
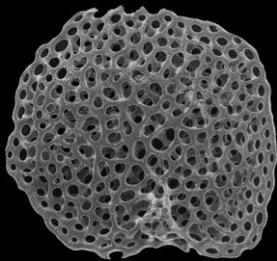
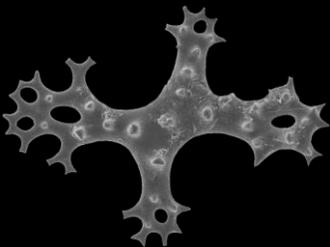
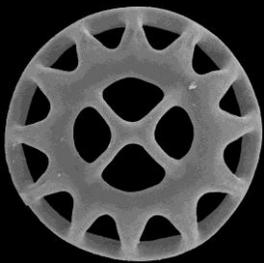
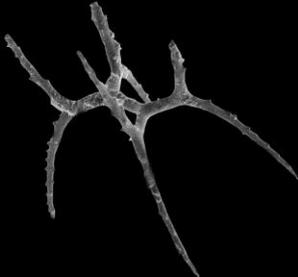
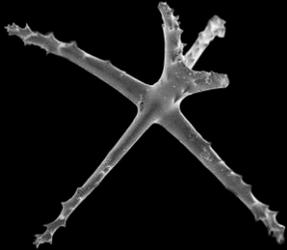
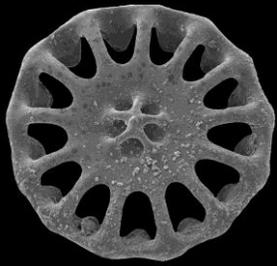
El número de especies de holoturias en la costa oeste de Baja California (18 especies) fue tanto mayor como menor en comparación a otros ambientes de mar profundo. Esto no es solo debido a condiciones ambientales distintas entre áreas geográficas, sino que también es resultado de diferentes esfuerzos de muestreo.

Valores de diversidad de holoturias para la zona norte de la península mostraron un patrón parabólico a lo largo de un gradiente de profundidad, mismo que ha sido registrado para otras comunidades faunísticas de mar profundo, y que puede ser explicado por la interacción de relaciones tróficas, de competencia y depredación.

Valores de densidad de organismos fueron muy distintos comparativamente entre las especies de la costa oeste de Baja California, como también distaron a lo reportado por otras investigaciones que han registrado para una misma especie valores de varios miles de organismos por hectárea.

CATÁLOGO TAXONÓMICO

Las holoturias del mar
profundo de la costa oeste
de Baja California



Synallactes alexandri Ludwig, 1894

Lámina 1 A-C

Synallactes alexandri Ludwig, 1894: 21–24, lám. 9, figs. 10–19; Hansen, 1975: 215; Solís-Marín, 2003: 249–250, figs. 194–200; Massin & Hendrickx, 2011: 425, figs. 11 A-H, 12.

Scotodeima alexandri.- Ludwig, 1894: 21, lám. 9, figs. 10–19.

Bathyplores hancocki.- Domantay, 1953: 136 (nomen nudum).

Bathyplores maccullochae.- Domantay, 1953: 136 (nomen nudum); 1961: 335–336.

Material examinado. 1 ejemplar.

TALUD XV, Est. 1 (23°18'40"N, 111°19'37"W), 4 agosto 2012, 1 ejemplar (LT 87 mm), 750–850 m de profundidad (ICML-EMU-11455).

Descripción. Ejemplar fuertemente contraído, extremos anterior y posterior romos. Piel delgada y gelatinosa. Boca y ano orientados ventralmente. Corona de 19 tentáculos peltados y cortos. Superficie dorsal con papilas cortas esparcidas, en la región anterior y por arriba de la corona de tentáculos son cónicas y más largas que el resto (lám. 1 A, I). Superficie ventral con cinco líneas longitudinales de pies ambulacrales distribuidas equidistantemente (lám. 1 A, II). Espículas de la pared del cuerpo como pequeñas tablas con una base de tres o cuatro brazos cortos que no se unen en sus extremos y una espira corta y central; más abundante en la región ventral. Los brazos que forman la base presentan en sus extremos una perforación grande y una o dos perforaciones accesorias pequeñas. Espira de la tabla sólida con una perforación grande y cuatro dientes cortos en el extremo superior (lám. 1 B, II). Región ventral y pies ambulacrales con barras grandes, curvas y espinosas (lám. 1 B, I). Pies ambulacrales con placa terminal. Tentáculos con barras espinosas curvas (lám. 1 C).

Coloración. Blanco.

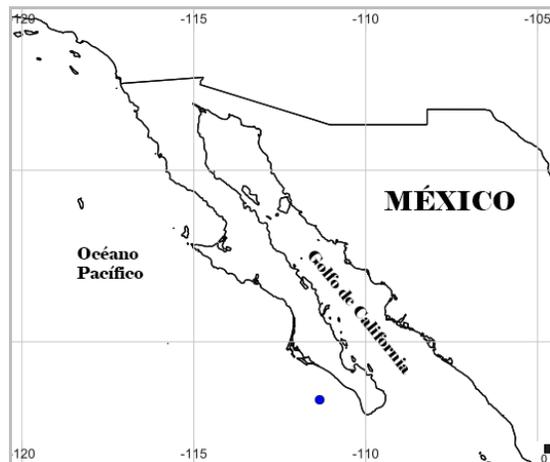
Material tipo. Sintipos de *Synallactes alexandri*, Est. 3354 *Albatross* [2 ejemplares, océano Pacífico frente a las costas de Panamá, 7°9'45"N, 80°50'W, 589 m (322 brazas), 7.8° C, sustrato barro verde] y Est. 3406 *Albatross* [1 ejemplar, este de las islas Galápagos, 0°16'S, 90°21'30"W, 1008 m (551 brazas), 5.2° C, sustrato de roca] (Ludwig, 1894).

Localidades tipo. Frente a las costas de Panamá y este de las islas Galápagos (*Synallactes alexandri*). Isla San Clemente, canal de California, EE. UU. (*Bathyplores hancocki*), material tipo posiblemente perdido (Massin & Hendrickx, 2011).

Distribución batimétrica global. De 585 m a 1018 m (Hansen, 1975).

Distribución geográfica global. En la parte suroeste del golfo de California y frente a la costa oeste de Panamá (Massin & Hendrickx, 2011), al sur de la costa oeste de la península de Baja California (presente estudio).

Datos ambientales	
Profundidad	750–850 m
Temperatura	5.75 °C
Oxígeno disuelto	0.11 ml/l O ₂
Salinidad	34.54 ups
Arcillas	13.35%
Limos	67.94%
Arenas	18.69%
Materia orgánica	6.77 %
Carbono orgánico	3.93 %
Densidad	2.63 inds/ha



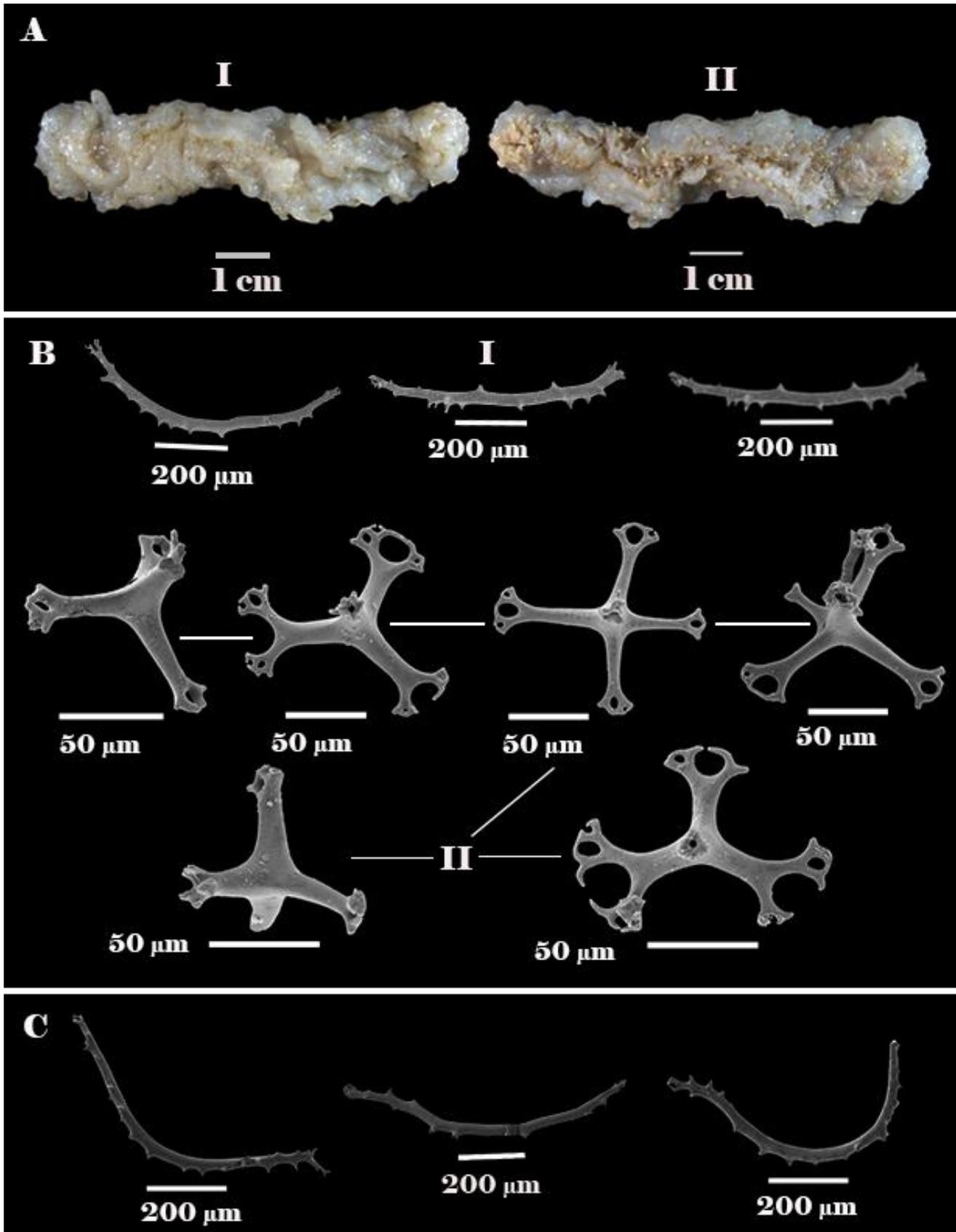


Lámina 1. *Synallactes alexandri* Ludwig, 1894. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). (B) Espículas: barras espinosas de la región ventral (B, I) y tablas de la pared del cuerpo (B, II); barras espinosas de los tentáculos (C) (ICML-EMU-11455).

Synallactes virgulosolida Massin & Hendrickx, 2010

Láminas 2 A-B, 3 A-C

Synallactes alexandri.- Haney, 2004: 3, apéndices 1–4, lám. 1, figs. 1–2, lám. 2, figs. 1–4.

Synallactes virgulosolida Massin & Hendrickx, 2010: 600–602, figs. 1–3.

Material examinado. 121 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 5 (28°48'N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 32 ejemplares, (LT 39–112 mm), 772–776 m de profundidad (ICML-EMU-12095); Est. 6, 29°08'09"N, 115°33'26"W, 24 mayo 2014, 59 ejemplares, (LT 155–285 mm), 1004–1102 m de profundidad (ICML-EMU-12096); Est. 7 (29°21'12"N, 115°39'08"W), 31 mayo 2014, 1 ejemplar, (LT 155 mm), 710–750 m de profundidad (ICML-EMU-12097); Est. 17 (29°54'18"N, 116°01'30"W), 29 mayo 2014, 12 ejemplares, (LT 28–162 mm), 734–774 m de profundidad (ICML-EMU-12098); Est. 18, 30°39'18"N, 116°25'54"W, 25 mayo 2014, 1 ejemplar, (LT 187 mm), 740–785 m de profundidad (ICML-EMU-12099); Est. 26, 31°46'06"N; 116°58'21"W, 26 mayo 2014, 11 ejemplares, (LT 165–290 mm), 982–989 m de profundidad (ICML-EMU-12100).

Descripción. Cuerpo cilíndrico, casi del mismo ancho a lo largo (lám. 2A, I, II). Pared del cuerpo más densa en organismos mayores a 100 mm. Boca ventral, ano terminal. Hasta 20 tentáculos peltados cortos, anchos, acomodados en un círculo, cada uno con 6–9 dígitos distales (lám. 2 A, III). Cuatro grupos de papilas largas en el extremo anterior y por arriba de la corona de tentáculos: dos grupos anteriores, con entre 2–4 papilas cada uno; dos grupos laterales generalmente de dos papilas cada uno (lám. 2 A, III). Papilas delgadas y con terminación puntiaguda cubren toda la superficie dorsal, en organismos grandes siguen un arreglo más o menos de seis filas a lo largo del cuerpo. Pies ambulacrales ventrales cónicos y anchos, generalmente más cortos y menos prominentes hacia el extremo posterior del cuerpo, cubren toda la región ventral. Extremo terminal del pie con un disco suctor. Cinco grupos de papilas, generalmente de tres papilas por grupo, rodean el ano (lám. 2 A, IV). Anillo calcáreo sin prolongaciones posteriores; piezas de diferente robustez dependiendo de su posición en el anillo, pero similares en forma entre las piezas dorsales y ventrales (lám. 2 A, V). Piezas interradales dorsales semicuadradas, ventrales más alargadas; piezas radiales ligeramente más anchas hacia la región media que hacia los extremos anterior y posterior. Músculos longitudinales bífidus. Dos vesículas de Poli largas y sacciformes; hasta tres canales pétreos hacia el radio dorsal derecho, madreporita semiesférica con placa oval. Gónada en un mechón con varios túbulos no ramificados hacia el radio dorsal izquierdo, se extiende en la mitad inferior del cuerpo del animal. Espículas de la pared del cuerpo como tablas en forma de cruz de dos tipos: 1) tablas pequeñas con una base de cuatro brazos cortos, delgados y extremos distales generalmente perforados, unidos a través de un margen circular; espira de la tabla central, alargada, más ancha en la base, en su extremo superior se divide en tres o cuatro ramas cortas que se unen formando una corona y presenta desde una hasta tres perforaciones (lám. 3 A, I; 3 B, I). 2) Tablas muy grandes con una base de tres a cinco brazos largos, ensanchados, perforados y ramificados en el extremo distal, similares a una raqueta, con 4–11 perforaciones por brazo; espira de la tabla central, de forma similar a la de las tablas pequeñas pero ésta es muy larga (lám. 3 A, II; 3 B, II). Ambas formas presentes dorsal y ventralmente, menos frecuentes en los pies ambulacrales. Barras muy grandes, rectas, lisas y con los extremos redondeados o puntiagudos en los pies ambulacrales, o éstas son pequeñas, ligeramente curvas, con espinas, perforaciones o ramificaciones cortas en el margen; también formas de mazo y cacahuete. Placa perforada terminal en los pies ambulacrales (lám. 3 C, II). Tablas en forma de cruz, similares a las de la pared del cuerpo, y barras muy grandes y lisas en las papilas dorsales (lám. 3 A, III). Tentáculos con barras alargadas, curvas, lisas o espinosas y algunas veces con perforaciones (lám. 2 B).

Coloración. Pared del cuerpo café claro o gris, pies ambulacrales y tentáculos amarillos claro, beige o blanco.

Material tipo. Holotipo, ICML-EMU-8608 (Est. 16 del TALUD VIII, 25°24'26"N, 110°37'36"W, 1030 m, 5 °C, 0.20 ml/l O₂, barro negro como sustrato). Paratipos, IG. 31487-HOL 1506 (1 ejemplar, mismos datos del holotipo); ICML-UNAM 5.171.0 (1 ejemplar, mismos datos del holotipo) (Massin & Hendrickx, 2010).

Localidad tipo. Suroeste de Baja California (Massin & Hendrickx, 2010).

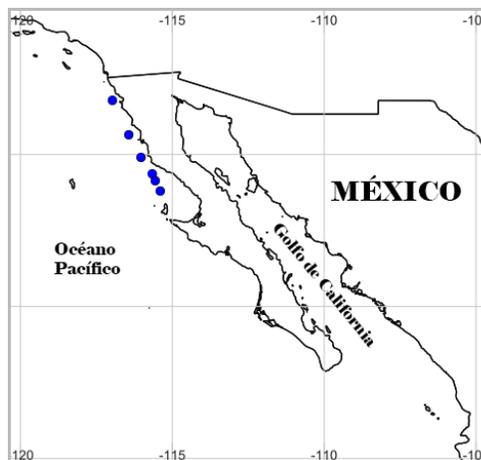
Distribución batimétrica global. De 710 m (material citado en este trabajo) a 1030 m (Massin & Hendrickx, 2010).

Distribución geográfica global. Del sur de California, EE. UU. (32°59'N) a Chile (18°40'30"S) (Luna-Cruz & Hendrickx, 2018).

Comentarios. Previo a este estudio, *S. virgulasolida* era conocida únicamente para la localidad tipo, al sur del golfo de California. Datos no publicados provenientes de la colección de Invertebrados Bentónicos de la Scripps Institution of Oceanography permitieron incrementar el intervalo de distribución geográfica desde el sur de California a Chile, lo cual equivale a un área de distribución aproximada de 52° de latitud. Registros de cuatro lotes (uno frente a las costas de Chile y tres del sur de California, EE. UU.) han sido comentados en el trabajo de Luna-Cruz & Hendrickx (2018).

Con la revisión de un amplio número de organismos recolectados en la costa oeste de la península, que además pertenecían a diferentes tallas, fue posible observar variaciones de la anatomía relacionadas con el crecimiento del animal: reducción en el número de tablas de la pared del cuerpo y tablas de las papilas tentaculares conforme incrementaba el tamaño del animal; todos los tipos de espículas de diferentes tamaños estaban presentes en organismos de todas las tallas, no se observó una relación entre el tamaño de las espículas y el tamaño del animal, el anillo calcáreo no exhibió una transformación (reducción o reabsorción) que pudiera relacionarse al crecimiento del animal y dicha estructura pudo ser observada en especímenes de tallas grandes (largo del cuerpo entre 163 y 270 mm).

Datos ambientales	
Profundidad	710–1102 m
Temperatura	4.17–5.48 °C
Oxígeno disuelto	0.22–0.48 ml/l O ₂
Salinidad	34.40–34.48 ups
Arcillas	3.65–12.08 %
Limos	40.93–84.46 %
Arenas	5.34–55.43 %
Materia orgánica	3.08–8.95 %
Carbono orgánico	1.79–5.20 %
Densidad	2.63–154.93 inds/ha



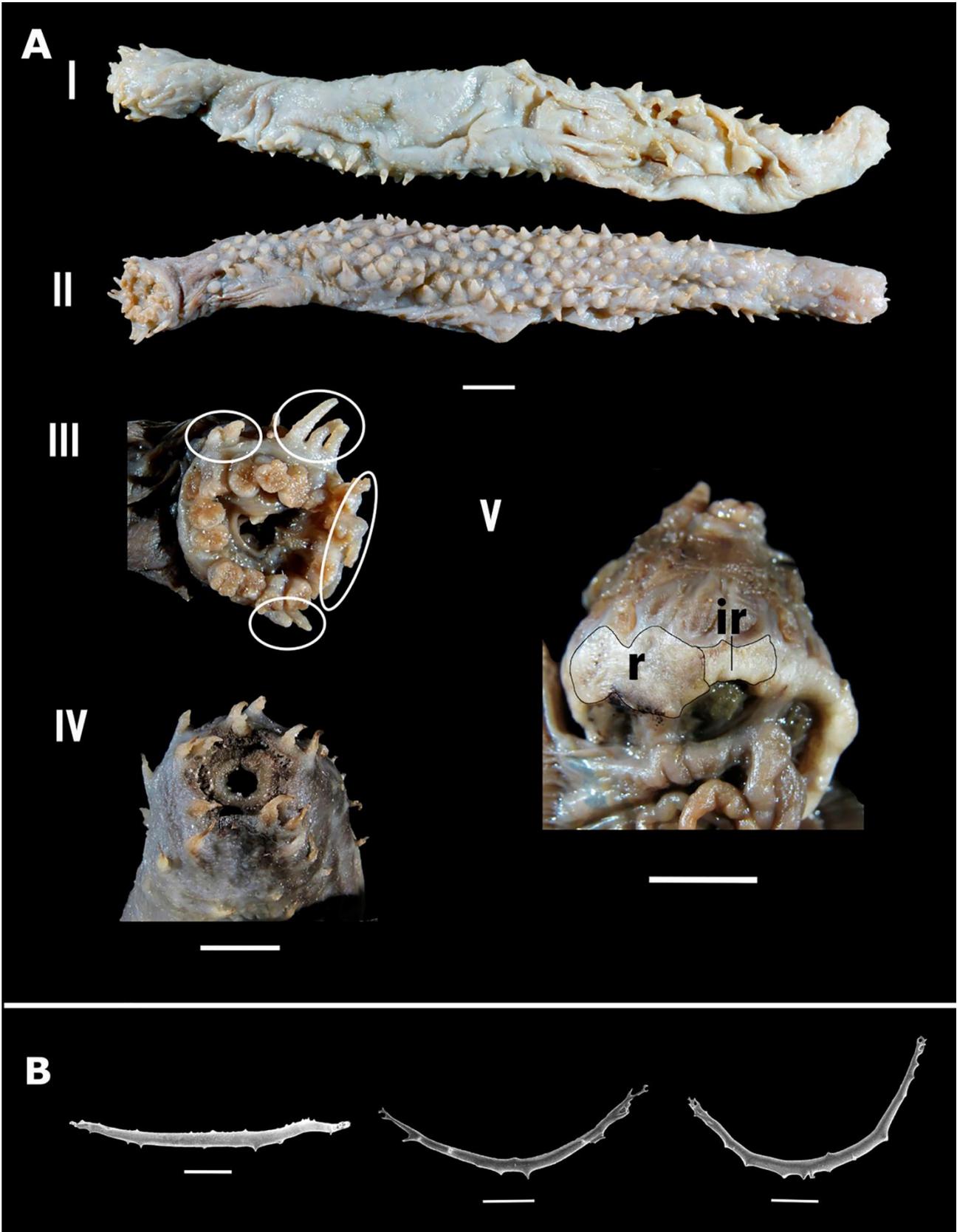


Lámina 2. *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). Tentáculos con forma de disco y papilas largas anteriores señaladas en óvalos blancos (A, III), (A, IV) papilas anales, (A, V) anillo calcáreo (r: piezas radiales; ir: piezas interradiales) y (B) barras espinosas de los tentáculos (ICML-EMU-12096).

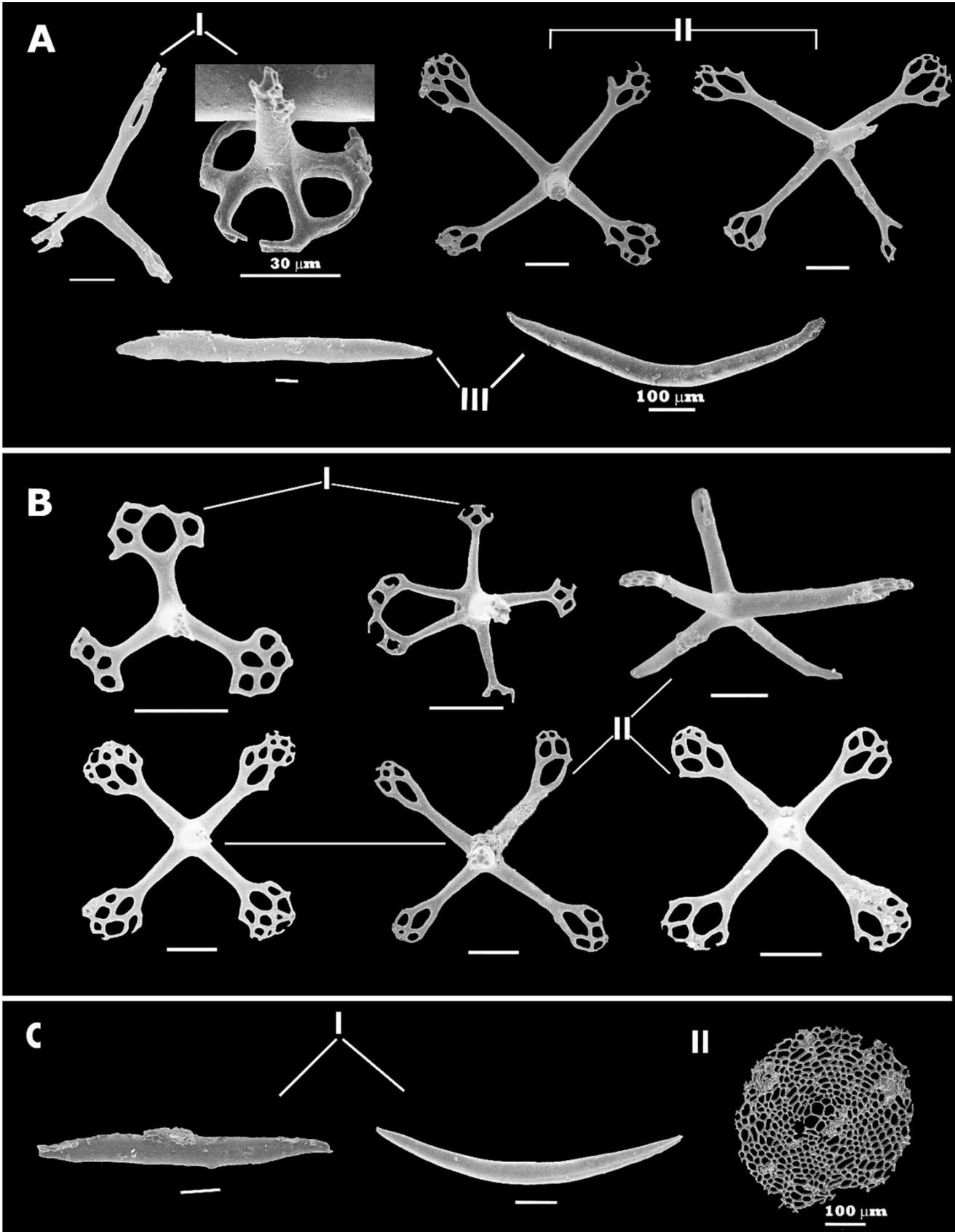


Lámina 3. *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010. Espículas: (A, I, II) tablas de la pared del cuerpo dorsal y (A, III) barras de las papilas dorsales; (B, I, II) tablas de la pared del cuerpo ventral; (C, I) barras y (C, II) placa terminal de los pies ambulacrales (ICML-EMU-12096).

? *Bathyplores* sp.

Lámina 4 A-B

Material examinado. 1 ejemplar.

TALUD XVI-B, Est. 5 (28°48'00"N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 115 mm), 772–777 m de profundidad (ICML-EMU-11456).

Descripción. Cuerpo cilíndrico, casi el mismo ancho a lo largo (lám. 4 A). Ano y boca terminales. Pared del cuerpo delgada y transparente. En cada costado de la región dorsal, una línea de pies ambulacrales cilíndricos y anchos, mejor preservados en el extremo posterior del cuerpo; región ventral cubierta por cuatro líneas de pies ambulacrales abundantes, cilíndricos, anchos y muy juntos. Corona de tentáculos incompleta, por las marcas donde iniciaba cada tubo tentacular se contabilizaron 15 tentáculos, cada tentáculo con seis dígitos largos. Espículas de la pared del cuerpo con forma de tablas de cuatro brazos delgados y muy largos; cada brazo con una perforación ancha y de 1–3 perforaciones accesorias en el extremo terminal. Espira de la tabla larga, central, formada por cuatro pilares que se unen en el extremo terminal y finalizan en cuatro dientes cortos (lám. 4 B, I). Tentáculos con barras delgadas curvas o rectas con pequeñas espinas a lo largo de la barra. Pies ambulacrales con placa terminal (lám. 4 B, II).

Coloración. Blanco.

Datos ambientales	
Profundidad	772–777 m
Temperatura	5.34 °C
Oxígeno disuelto	0.22 ml/l O ₂
Salinidad	34.42 ups
Arcillas	11.82 %
Limos	72.65 %
Arenas	15.53 %
Materia orgánica	8.95 %
Carbono orgánico	5.2 %
Densidad	1.75 inds/ha



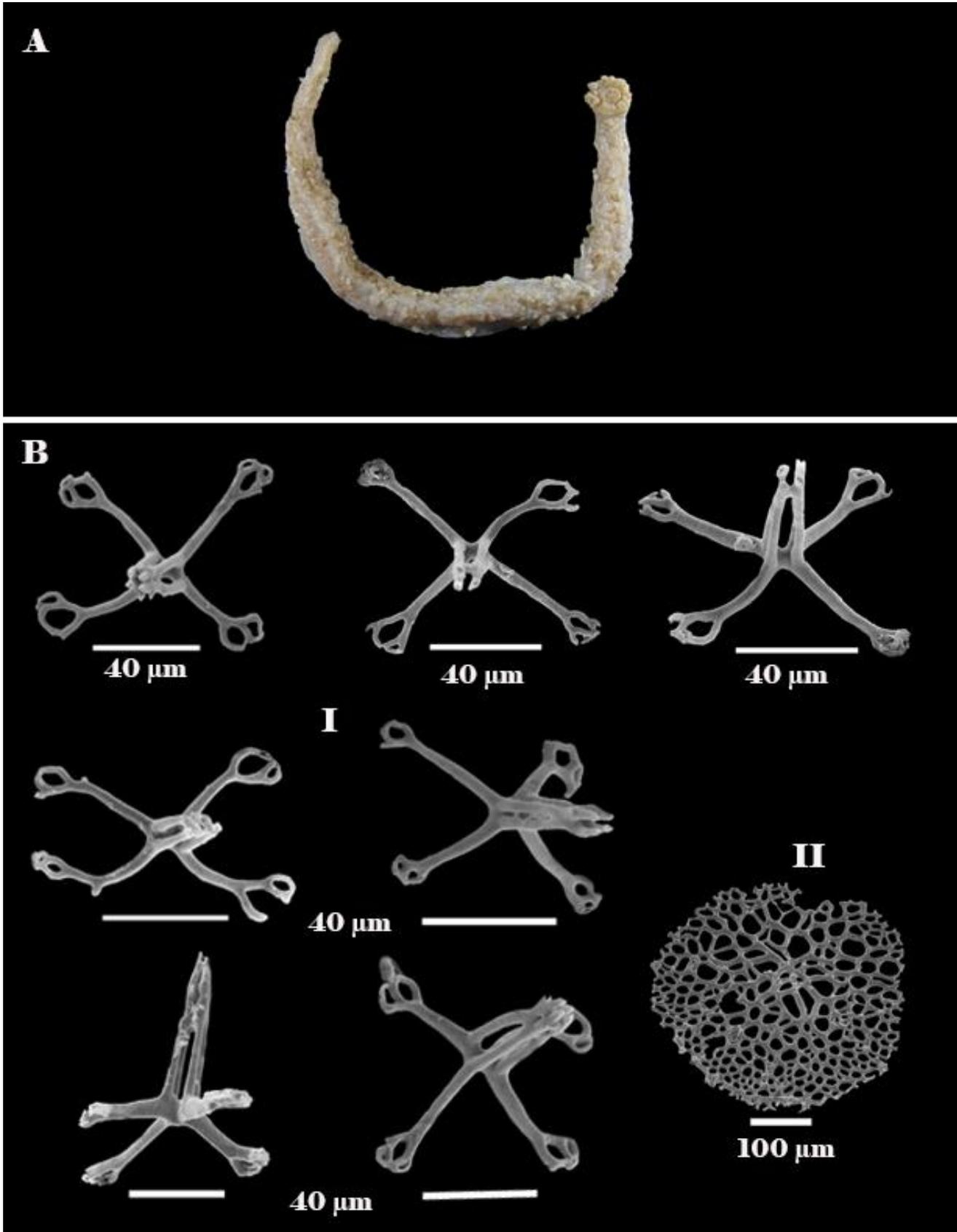


Lámina 4. ? *Bathyploetes* sp. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas: tablas de la pared del cuerpo (B, I) y placa terminal de los pies ambulacrales (B, II) (ICML-EMU-11456).

Género y especie no determinados

Lámina 5 A

Material examinado. 1 ejemplar.

TALUD XVI-B Est. 4 (28°47'05"N, 115°43'47"W), 23 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 170 mm), 1237–1284 m de profundidad (ICML-EMU-11457).

Descripción. Cuerpo alargado, abultado en las regiones media y posterior. Pared del cuerpo contraída, delgada, consistente y firme, fuertemente afectada por el método de preservación (formol). Extremo anterior trunco, posterior ligeramente afilado. Boca ventral, ano terminal. 12 tentáculos (probablemente habían más), anchos, muy cortos y con terminación en forma de escudo, sin lóbulos marginales. Sobre la región dorsal y por arriba de la corona de tentáculos, un collar de 11 papilas largas (es probable que hayan sido más pero no se conservaron en el ejemplar). En cada lateral del cuerpo, dos hileras de pies ambulacrales largos y cilíndricos, dividen la región dorsal de la ventral. En la región ventral central dos líneas de pies ambulacrales contraídos, extremo terminal del pie ambulacral más oscuro que la pared del cuerpo. Sobre los radios dorsales, dos líneas de diminutas papilas circulares y retractiles, mejor preservadas en el primer tercio anterior del cuerpo; en la parte posterior del tercer cuarto del cuerpo, un par de papilas cortas y cónicas; aproximadamente a la mitad del cuerpo y sobre el radio dorsal derecho, una de dos papilas cónicas. Internamente una vesícula de Poli, dos árboles respiratorios cortos de casi 1/5 del largo del animal, uno a cada lado del mesenterio dorsal; músculos longitudinales no divididos y sin anillo calcáreo. Espículas de la pared del cuerpo escasas y fragmentadas, las dorsales como cruces de cuatro brazos largos, delgados y con pequeños dientes en el extremo terminal, aparentemente una espira central bipartita y corta; las ventrales como barras alargadas y formas de tres y cuatro brazos con espinas cortas esparcidas en el margen. Tentáculos con barras delgadas, rectas o ligeramente curvas y con pequeños dientes en el margen; cruces de tres y cuatro brazos en menor presencia.

Coloración. Pared del cuerpo gris con manchas moradas en la región ventral; extremos terminales de los pies ambulacrales de la región ventral-central, corona de tentáculos y boca morado oscuro.

Datos ambientales	
Profundidad	1237–1284 m
Temperatura	3.40 °C
Oxígeno disuelto	0.76 ml/l O ₂
Salinidad	34.53 ups
Arcillas	3.39 %
Limos	87.08 %
Arenas	9.53 %
Materia orgánica	9.78 %
Carbono orgánico	5.68 %
Densidad	1.75 inds/ha



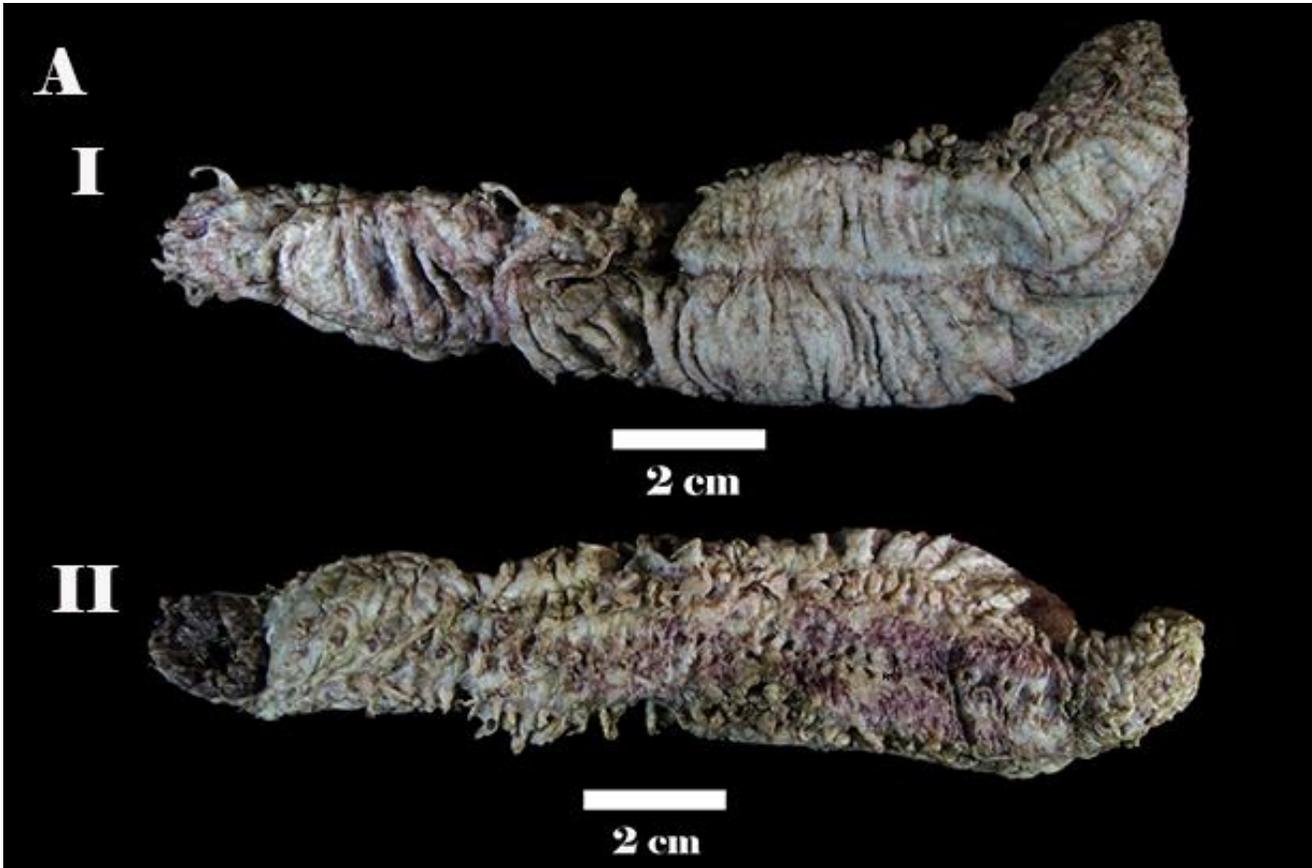


Lámina 5. Synallactidae, género y especie no determinados . Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML-EMU-11457).

Pseudostichopus mollis Théel, 1886

Lámina 6 A

Pseudostichopus mollis Théel, 1886: 169–170, lám. 10, figs. 5–6; H. L. Clark, 1913: 233; 1920: 146–147; Solís-Marín, 2003: 229, figs. 165–168.

Pseudostichopus trachus Sluiter, 1901: 15–16.

Pseudostichopus nudus Ohshima, 1915: 230.

Pseudostichopus (*Pseudostichopus*) *mollis*.- Heding, 1940: 353–360 (passim).

Pseudostichopus (*Trachostichopus*) *trachus*.- Heding, 1940: 353–362 (passim).

Pseudostichopus (*Pseudostichopus*) *dilatatorbis* Imaoka, 1978: 378–380, 384, fig. 1 A–E, tabla 1–1.

Pseudostichopus (*Pseudostichopus*) *alatus* Imaoka, 1990: 146–148, fig. 1 A–E.

Material examinado. 67 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 9 (29°20'53"N, 115°51'00"W), 30 mayo 2014, 25 ejemplares (LT 30–157 mm), 1848–1860 m de profundidad (ICML-EMU-11458); Est. 15 (29°40'24"N, 116°06'00"W), 29 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 80 mm), 2010–2046 m de profundidad (ICML-EMU-11459); Est. 20 (30°51'16"N, 116°42'11"W), 26 mayo 2014, 15 ejemplares (LT 80–127 mm), 2075–2090 m de profundidad (ICML-EMU-11460); Est. 21 (30°49'24"N, 116°47'48"W), 28 mayo 2014, 23 ejemplares (LT 90–140 mm), 2018–2093 m de profundidad (ICML-EMU-11461); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 80–103 mm), 1394–1397 m de profundidad (ICML-EMU-11462); Est. 28 (31°22'00"N, 117°02'00"W), 27 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 35 mm), 1461–1532 m de profundidad (ICML-EMU-11463).

Descripción. Cuerpo alargado, ovalado, con los extremos anterior y posterior marcadamente curvos (lám. 6 A I, II); algunos ejemplares muy contraídos en la región media del cuerpo con apariencia de barril. Pared del cuerpo lisa, suave al tacto, muy flexible, delgada, consistente y firme, en los laterales ventrales puede ser ligeramente más gruesa, en la región ventral central arrugada, muy plegada y algunas veces cubierta por arena; sin ornamentaciones, papilas o proyecciones. Boca ventral (lám. 6 A IV), ano ventral oculto por un surco profundo que se origina de dos pliegues verticales del perisoma (lám. 6 A III). Corona de 20 tentáculos cortos peltados. Pies ambulacrales rudimentarios, redondeados y muy pequeños, apenas distinguibles en la pared del cuerpo; presentes dorsal y ventralmente a lo largo de las áreas ambulacrales. Pies dorsales en dos líneas por cada radio. Pies ventro-laterales tienen la misma disposición que los dorsales, éstos llegan a ser más prominentes y rodean al cuerpo completamente, en ocasiones incluso por arriba de la corona de tentáculos, en donde si se presentan son muy pequeños. Área ventral-central no es completamente desnuda, presenta algunos pies ambulacrales en 2–3 líneas longitudinales distanciadas entre ellas. Extremo posterior ventral, por debajo del surco anal, con algunos pies ambulacrales conglomerados. Anillo calcáreo robusto, sin prolongaciones posteriores, piezas dorsales y ventrales casi del mismo tamaño. Piezas radiales más alargadas que las interradiales, ensanchadas hacia los extremos laterales, en la región media se adelgazan considerablemente, del margen anterior central se proyecta una cuña corta, margen posterior curvo en la parte central. Piezas interradiales semicuadradas con márgenes anterior y posterior ligeramente curvos. Una vesícula de Poli. Bandas musculares longitudinales simples y anchas. Espículas ausentes.

Coloración. Cuerpo del animal beige, tentáculos café o amarillo claro.

Material tipo. Lectotipo de *Pseudostichopus mollis*, BMNH 2002.293 (1 ejemplar, Est. 311 *Challenger*, océano Pacífico sur, costas de Chile, 52°45'S, 73°46'W, 448 m). Paralectotipos, BMNH 86.10.2.143 (3 ejemplares, mismos datos de la localidad tipo), BMNH 1956.10.3.6 (2 ejemplares, mismos datos de la

localidad tipo), BMNH 86.10.2.142 (3 ejemplares, Est. 309A *Challenger*, costas de Chile, 50°56'S, 74°14'W, 256 m) y BMNH 86.10.2.144 (2 ejemplares, Est. 144A *Challenger*, océano Índico sur, isla Marion, 46°48'S, 37°49'E, 91–137 m) (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

Lectotipo de *Pseudostichopus trachus* Sluiter, 1901, ZMA V.Ech.H2496.2 (1 ejemplar, Est. 161 *Siboga*, Indonesia, mar de Ceram, 1°11'S, 130°09'E, 798 m); paralectotipo, ZMA V.Ech.H2496.1 (1 ejemplar, Est. 286 *Siboga*, mar de Timor, 8°50'S, 127°02'E, 883 m) (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

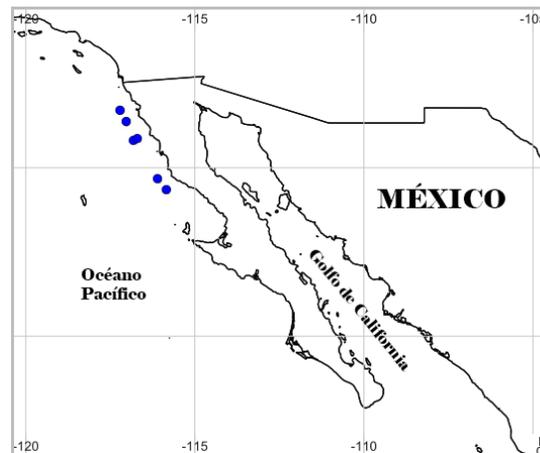
Neotipo de *Pseudostichopus nudus* Ohshima, 1915, USNM E10787 (1 ejemplar, Est. 4774 *Albatross*, océano Pacífico norte, mar de Bering, EE. UU., Alaska, islas Aleutian, banco Bowers, 54°33'N, 178°45'E, 1019–1068 m) (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

Localidades tipo. Costas de Chile e isla Marion en el océano Índico (*Pseudostichopus mollis*). Mar de Ceram y mar de Timor en el océano Índico (*Pseudostichopus trachus*). Mar de Bering, EE. UU. (*Pseudostichopus nudus*) (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

Distribución batimétrica global. De 91–137 a 1920 m (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

Distribución geográfica global. Norte y sur del océano Pacífico este (banco Bowers en el mar de Bering Alaska, frente a las costas de Oregón, sur de California, San Diego, EE. UU.; frente a Costa Rica y Chile), sur del océano Pacífico oeste (costa continental australiana, mar de Tasmania; islas Campbell, Chatham y Antipodes, Nueva Zelanda; isla Macquarie, Tasmania, estrecho de Magallanes) y Antártida (archipiélago Palmer y península Antártica) (O'Loughlin & Ahearn, 2005).

Datos ambientales	
Profundidad	1394–2093 m
Temperatura	2.26–3.32 °C
Oxígeno disuelto	0.78–1.60 ml/l O ₂
Salinidad	34.54–34.62 ups
Arcillas	10.87–15.5 %
Limos	84.5–86.97 %
Arenas	0.00–2.44 %
Materia orgánica	3.81–7.86 %
Carbono orgánico	2.21–4.57 %
Densidad	2.63–43.77 inds/ha



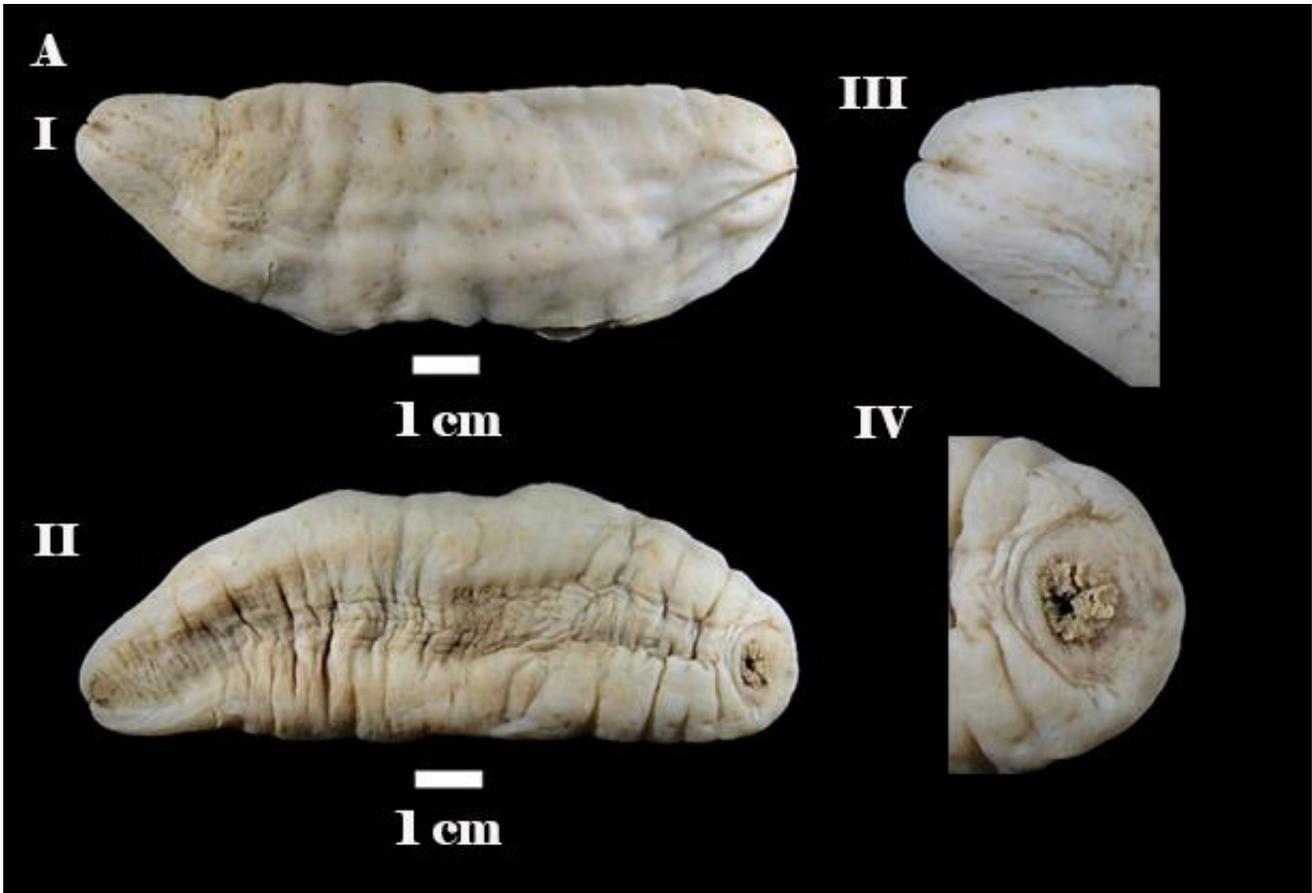


Lámina 6. *Pseudostichopus mollis*. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II), extremos terminales del cuerpo: (A, III) posterior y (A, IV) anterior (ICML-EMU-11460).

Género y especie no determinados

Lámina 7 A

Material examinado. 23 ejemplares.

TALUD XVI-B Est. 23 (30°56'02"N, 116°40'55"W), 27 mayo 2014, 3 ejemplares (LT 45–65 mm), 1296–1340 m de profundidad, (ICML-EMU-11464); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 20 ejemplares (LT 45–125 mm), 1394–1397 m de profundidad, (ICML-EMU-11465).

Descripción. Cuerpo alargado, con forma de saco o barril, extremos anterior y posterior romos, casi el mismo ancho a lo largo. Pared del cuerpo suave al tacto, delgada y muy plisada. Sin ornamentaciones, papilas, ni pies ambulacrales (lám. 7 A I, II). Ano y boca terminales. Región circundante al ano sin dientes, papilas o placas calcáreas; surco del género *Pseudostichopus* ausente. Corona de 14–15 tentáculos cortos, anchos, en forma de copa con cuatro dígitos cortos. Internamente todos los órganos, incluyendo las bandas musculares longitudinales y transversales, están recubiertos por un saco de tejido transparente, delgado, flexible y pegajoso. Bandas musculares longitudinales simples (no divididas), delgadas y blanquecinas; bandas transversales numerosas y de color café. Estómago grande, ocupa casi el 70% del espacio del saco que envuelve a los órganos internos. Dos árboles respiratorios tan largos como 3/4 de la longitud total del animal; cada árbol presenta un eje principal a lo largo del cual se desarrollan ejes secundarios con apariencia de pequeños arbustos cortos y siempre en pares. Árboles respiratorios y sistema digestivo desembocan en un tubo rectal que es casi 1/5 parte de la longitud del animal. Una vesícula de Poli con una placa madreporica semicircular plana. Anillo calcáreo de piezas sólidas, cortas y sin prolongaciones posteriores, casi del mismo tamaño entre las piezas dorsales de las ventrales. Piezas radiales con los extremos laterales semicuadrados, extremo central anterior con dos proyecciones cortas como dientes romos con un espacio entre ellas, extremo posterior casi plano. Piezas interradiales alargadas y rectangulares, extremos laterales y posterior de la pieza casi planos. Espículas ausentes.

Coloración. Beige o amarillo claro.

Datos ambientales	
Profundidad	1296–1397 m
Temperatura	3.15–3.32 °C
Oxígeno disuelto	0.76–0.78 ml/l O ₂
Salinidad	34.54 ups
Arcillas	11.07–12.58 %
Limos	79.46–84.99 %
Arenas	2.44–9.47 %
Materia orgánica	5.64–6.32 %
Carbono orgánico	3.28–3.68 %
Densidad	7.88–52.52 inds/ha

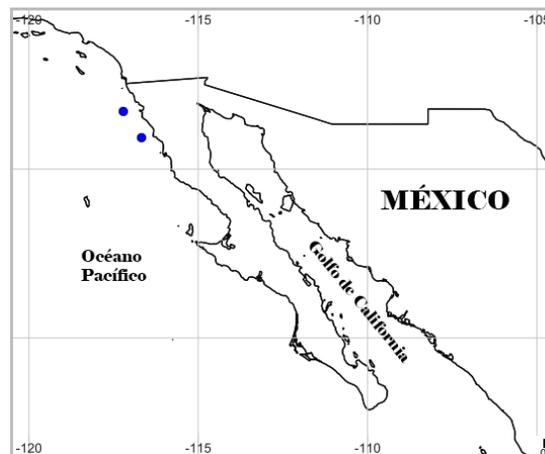




Lámina 7. Persiculida, género y especie no determinados. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML-EMU-11465).

Laetmogone scotoeides (H. L. Clark, 1913)

Lámina 8 A-C

Laetmenoceus scotoeides H. L. Clark, 1913: 231.

Laetmogone scotoeides.- Hansen, 1975: 53, 61–63, fig. 23; Maluf, 1988: 100, 160; Massin & Hendrickx, 2011: 416–417, 423–424, figs. 9, 10.

Material examinado. 12 ejemplares.

TALUD XV, Est. 5F (22°58'15"N, 110°40'17"W), 5 agosto 2012, 1 ejemplar (LT 215 mm), 1035–1108 m de profundidad (ICML-EMU-11466); Est. 9 (24°25'12"N, 112°52'48"W), 30 julio 2012, 1 ejemplar (LT 110 mm), 1425–1494 m de profundidad (ICML-EMU-11467).

TALUD XVI-B, Est. 23 (30°56'02"N, 116°40'55"W), 27 mayo 2014, 9 ejemplares (LT 83–110 mm), 1296–1340 m de profundidad (ICML-EMU-11468); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 190 mm), 1394–1397 m de profundidad (ICML-EMU-11469).

Descripción. Cuerpo subcilíndrico, casi del mismo ancho a lo largo, extremo posterior ligeramente afilado (lám. 8 A). Pared del cuerpo delgada y consistente. Boca y ano terminales. Corona de 15 tentáculos peltados y anchos en un círculo alrededor de la boca. Pies ambulacrales ventrales anchos, cónicos, retráctiles y con un pequeño disco suctor en el extremo terminal, dispuestos en dos hileras, una a cada costado del cuerpo, de 20–24 pies por costado. La mayoría de los ejemplares presenta pies contraídos y rodeados por pliegues de piel, difíciles de observar. Región ventral central desprovista de pies ambulacrales. Sobre los radios dorsales papilas redondas y pequeñas, separadas una de otra. Espículas de la pared del cuerpo con forma de ruedas de margen liso, carentes de dientes o algún tipo de ornamentación, más abundantes en la región dorsal (lám. 8 B, I). Ruedas pequeñas con 5–6 rayos centrales, generalmente 5, y 10–14 radios periféricos, frecuentemente 10. Ruedas grandes con 4–6 rayos centrales y 8–12 radios periféricos. En la región ventral barras cortas y delgadas, con o sin pequeños dientes a lo largo de la barra (lám. 8 B, II). Pies ambulacrales con barras espinosas y placa perforada en la parte terminal. Tentáculos con barras espinosas (lám. 8 C).

Coloración: uniformemente morado oscuro o lila grisáceo con tonos más oscuros en las áreas de las papilas, los pies ambulacrales y los tentáculos.

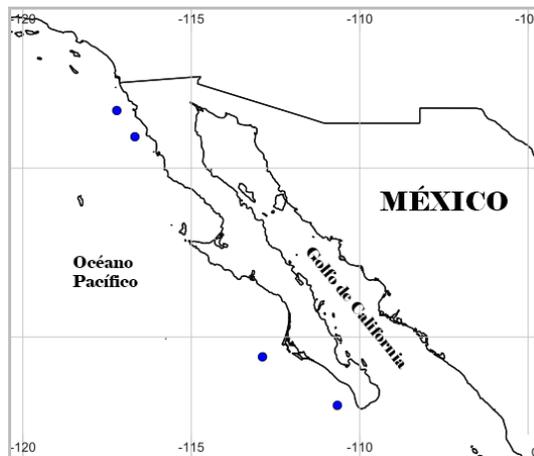
Material tipo. Holotipo de *Laetmenoceus scotoeides*, USNM 32408 (1 ejemplar, Est. 5685 *Albatross*, océano Pacífico este, suroeste de bahía Ballenas, México, 25°42'45"N, 113°38'30"W, 1180 m) (H. L. Clark, 1913).

Localidad tipo. Bahía Ballenas, costa oeste de Baja California, México (H. L. Clark, 1913).

Distribución batimétrica global. 1180 m (H. L. Clark, 1913); 1180–1299 m y 1392–1420 m (Massin & Hendrickx, 2011).

Distribución geográfica global. Bahía Ballenas, costa oeste de Baja California (H. L. Clark, 1913); Petatlán, Guerrero (17°11'18"N, 101°28'30"W y 17°10'15"N, 101°37'23"W), suroeste de México (Massin & Hendrickx, 2011).

Datos ambientales	
Profundidad	1035–1494 m
Temperatura	2.93–3.5 °C
Oxígeno disuelto	0.61–0.97 ml/l O ₂
Salinidad	34.54–34.63 ups
Arcillas	7.43–11.07 %
Limos	45.61–79.46 %
Arenas	9.47–46.96 %
Materia orgánica	3.52–6.32 %
Carbono orgánico	2.05–3.68 %
Densidad	2.63–23.63 inds/ha



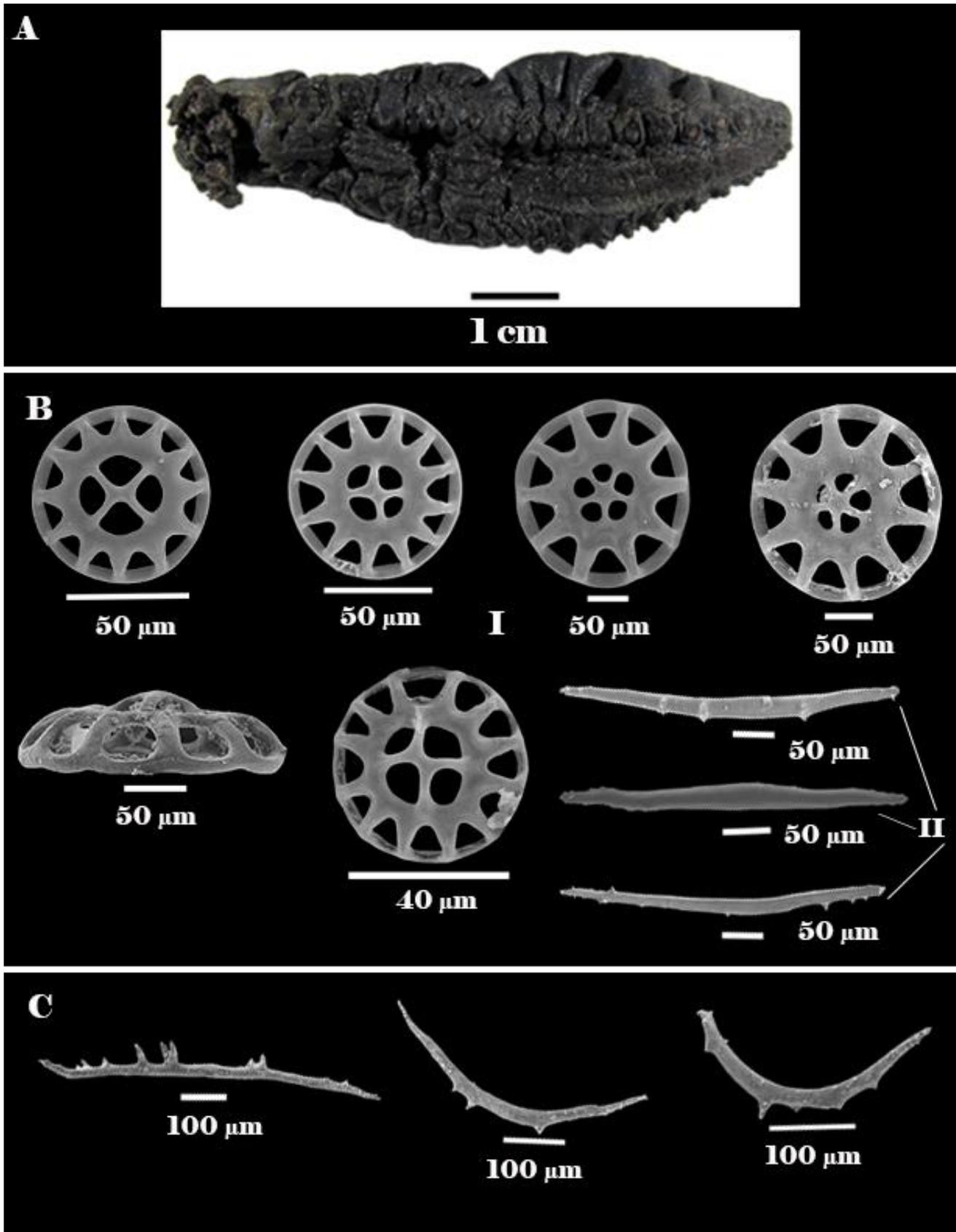


Lámina 8. *Laetmogone scotoeides* (H. L. Clark, 1913). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas: ruedas de la pared del cuerpo (B, I), barras de la región ventral (B, II), barras espinosas de los tentáculos (C) (ICML-EMU-11468).

Pannychia moseleyi Théel, 1882

Lámina 9 A-C

Pannychia moseleyi Théel, 1882: 7, 88–90, lám. 17, figs. 1–2, lám. 32, figs. 1–13; Ohshima, 1915: 235–236; Hansen, 1975: 72–75, fig. 26; O’Loughlin *et al.*, 2013: 43; Solís-Marín *et al.*, 2009: 144–145, lám. 47; Massin & Hendrickx, 2011: 423, fig. 9.

Laetmophasma fecundum Ludwig, 1894: 85–95, lám. X, figs. 3–14, lám. XI, figs. 1–13.

Pannychia moseleyi var. *henrici* Ludwig, 1894: 95–100, lám. X, figs. 1–2.

Pannychia moseleyi virgulifera Ohshima, 1915: 236, lám. 8, figs. 8 a, b.

Pannychia multiradiata Sluiter, 1901: 25–26.

Pannychia pallida Fisher, 1907: 709–711, lám. 8, figs. 2, 2 a-h.

Material examinado. 637 ejemplares.

TALUD XV, Est. 2 (23°12'02"N, 111°20'50"W), 4 agosto 2012, 1 ejemplar (LT 193 mm), 1118–1150 m de profundidad (ICML-EMU-11470); Est. 8 (24°25'48"N, 112°38'06"W), 30 julio 2012, 2 ejemplares (LT 80–148 mm), 1212–1235 m de profundidad (ICML-EMU-11471).

TALUD XVI-B, Est. 5 (20°48'00"N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 75–107 mm), 772–777 m de profundidad (ICML-EMU-11472); Est. 6 (29°08'09"N, 115°33'26"W), 24 mayo 2014, 30 ejemplares (LT 84–220 mm), 1004–1102 m de profundidad (ICML-EMU-11473); Est. 7 (29°21'12"N, 115°39'08"W), 31 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 80 mm), 710–750 m de profundidad (ICML-EMU-11474); Est. 17 (29°54'18"N, 116°01'30"W), 29 mayo 2014, 366 ejemplares (LT 40–150 mm), 734–774 m de profundidad (ICML-EMU-11475, 11476, 11477); Est. 18 (30°39'18"N, 116°25'54"W), 25 mayo 2014, 22 ejemplares (LT 25–10 mm), 740–785 m de profundidad (ICML-EMU-11478, 11479); Est. 19 (30°39'00"N, 116°31'40" W), 25 mayo 2014, 25 ejemplares (LT 85–173 mm), 1385–1433 m de profundidad (ICML-EMU-11480); Est. 22 (30°49'47"N, 116°35'54"W), 28 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 45–63 mm), 1480–1560 m de profundidad (ICML-EMU-11481); Est. 23 (30°56'02"N, 116°40'55"W), 27 mayo 2014, 185 ejemplares (LT 63–187 mm), 1296–1340 m de profundidad (ICML-EMU-11482, 11483); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 50–60 mm), 1394–1397 m de profundidad (ICML-EMU-1184).

Descripción. Cuerpo cilíndrico con los extremos anterior y posterior romos. Boca y ano terminales, o la boca orientada ventralmente (lám. 9 A, I, II). Perisoma suave y liso al tacto. Corona de 19–20 tentáculos peltados en un círculo alrededor de la boca. Pies ambulacrales dorsales cortos, delgados y cilíndricos, en líneas longitudinales; en ejemplares de tallas grandes estos son afilados hacia el extremo terminal. Pies ambulacrales largos y puntiagudos con forma de ganchos, menos abundantes y dispersos en la región central dorsal, en pares o en zig-zag y distanciados uno de otro. Pies ambulacrales ventro-laterales cortos, anchos y cilíndricos, 20–28 pies por línea lateral. Una fila de pies más pequeños en la región ventro-central. En ejemplares en los que el tejido había sufrido una contracción por el proceso de fijación (formol) el arreglo de los pies ambulacrales no era fácil de apreciar. Espículas de la pared del cuerpo con forma de ruedas de diferentes tamaños con un margen externo de dientes romos cortos que apuntan al centro de la rueda y dos grupos de rayos al interior: rayos periféricos generalmente de 12–16 pero pueden presentarse hasta 19; rayos centrales más cortos y delgados generalmente de 4–6, raramente 7 (lám. 9 B; C, I). El tamaño de las ruedas y el número de radios que presentan no están relacionados. Además, placas perforadas pequeñas, de circulares a ovales, lisas y sin ornamentaciones. Tentáculos con barras delgadas, alargadas, de extremos puntiagudos y con pequeños dientes a lo largo (lám. 9 C, II).

Coloración. Morado oscuro, en ocasiones con la región ventral y el extremo terminal de los tentáculos más claros o ejemplares completamente en tonos claros de gris, crema y blanco.

Material tipo. Sintipos de *Pannychia moseleyi*, Est. 164 *Challenger* [1 ejemplar, este de Australia, 34°8'S, 152°0'E, 1739 m (950 brazas), 2.2 °C, sustrato de lama gris] y Est. 169 *Challenger* [1 ejemplar, este de Nueva Zelanda, 37°34'S, 179°22'E, 1281 (700 brazas), 4.2 °C, sustrato de lama gris] (Théel, 1882).

Sintipos de *Laetmophasma fecundum*, USNM 18208 [4 ejemplares, Est. 3425 *Albatross*, isla María Magdalena, Nayarit, México, 21°19'N, 106°24'W, 1244 m (680 brazas), 3.9° C], USNM 18209 [1 ejemplar, Est. 3435 *Albatross*, bahía Concepción, Baja California, México, 26°48'N, 110°45'20"W, 1571 m (859 brazas), 2.9° C], USNM 18210 [2 ejemplares, Est. 3436 *Albatross*, este de San Marcos, Baja California, México, 27°34'N, 110°53'40"W, 1655 m (905 brazas), 2.9° C] y USNM 18211 [2 ejemplares, Est. 3418 *Albatross*, Acapulco, Guerrero, México, 16°33'N, 99°52'30"W, 1207 m (660 brazas), 3.9° C] (Ludwig, 1894).

Sintipos de *Pannychia moseleyi* var. *henrici*, USNM 18221 [1 ejemplar, Est. 3371 *Albatross*, isla Cocos, Costa Rica, 5°26'20"N, 86°55'W, 1408 m (770 brazas), 3.9 °C], USNM 1822 [14 ejemplares, Est. 3431 *Albatross*, bahía Ventana, golfo de California, 23°59'N, 108°40'W, 1820 m (955 brazas), 2.8 °C], USNM 1823 [1 ejemplar, Est 3436 *Albatross*, este de San Marcos, Baja California, México, 27°34'N, 110°53'40"W, 1655 m (905 brazas)] (Ludwig, 1894).

Sintipos de *Pannychia moseleyi virgulifera*, USNM 34155 (1 ejemplar, península de Kamchatka, mar de Bering, Rusia), USNM E 16973 (7 ejemplares, Est. 4769 *Albatross*, banco Bowers, Alaska, EE. UU., 433–446 m), USNM E 16974 (6 ejemplares, Est. 4781 *Albatross*, suroeste de la isla Attu, islas Near y Aleutian, Alaska, EE. UU. 549–881 m), USNM E 16975 (2 ejemplares, Est. 5039 *Albatross*, suroeste de la isla Hokkaido, Tomakomai, Japón, 492–596 m) (Ohshima, 1915).

Holotipo de *Pannychia pallida*, USNM 21222 (1 ejemplar, punto Malae, Hawái, 463–699 m) (Fisher, 1907).

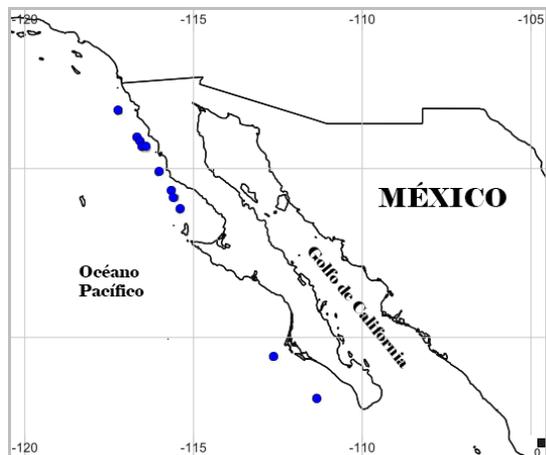
Localidades tipo. Este de Nueva Zelanda (34°8'S, 152°0'E; 37°34'S, 179°22'E) (*Pannychia moseleyi*); Isla María Magdalena, Nayarit; bahía Concepción, Baja California; este de San Marcos, Baja California y Acapulco, Guerrero (*Laetmophasma fecundum*); isla Cocos, Costa Rica; bahía Ventana, golfo de California y este de San Marcos, Baja California, México (*Pannychia moseleyi* var. *henrici*); islas Attu, Near y Aleutianas, Alaska, EE. UU.; isla Hokkaido, Tomakomai (*Pannychia moseleyi virgulifera*), punto Malae, Hawái (*Pannychia pallida*).

Distribución batimétrica global. De 212 a 2599 m (Massin & Hendrickx, 2011).

Distribución geográfica global. En diferentes localidades del océano Pacífico costa oeste (península de Kamchatka, Rusia; Hawái, noreste de Japón, este de Australia y este de Nueva Zelanda) y costa este (desde Alaska, EE. UU. hasta el norte de Perú), y océano Índico [de acuerdo con la revisión de registros para la especie que presentaron Massin y Hendrickx (2011)].

Comentarios. En la descripción original de la especie se incluyeron los siguientes datos ambientales para dos estaciones: 2.2 y 4.2 °C y lama gris como tipo de sedimento. Adicionalmente, la base de datos del USNM cuenta con diferentes registros de ejemplares que fueron recolectados a una profundidad menor a la registrada por la literatura: 202.3 m (USNM E 2124, islas Aleutian, islas Fox, isla Unalaskar, Alaska, EE. UU) y 199 m (USNM E 17064, mar de Bering, Alaska, EE. UU.), así como diferentes registros que podrían haber sido obtenidos a una profundidad alrededor de los 50 y 150 m (USNM 1101527, E 17020, E 16969, E 16958, E 16956); igualmente cuenta con registros que amplían la distribución geográfica de la especie: latitudinal norte en el mar de Bering, Pacífico norte, (USNM E 28864 681–818 m) y latitudinal sur en Tasmania, Australia (USNM E 27902, 910–915 m).

Datos ambientales	
Profundidad	710–1560 m
Temperatura	3.15–5.48 °C
Oxígeno disuelto	0.22–0.90 ml/l O ₂
Salinidad	34.40–34.60 ups
Arcillas	3.61–12.08 %
Limos	21.59–84.62 %
Arenas	4.31–74.81 %
Materia orgánica	2.07–8.95 %
Carbono orgánico	1.20–5.20 %
Densidad	2.63–1155.16 inds/ha



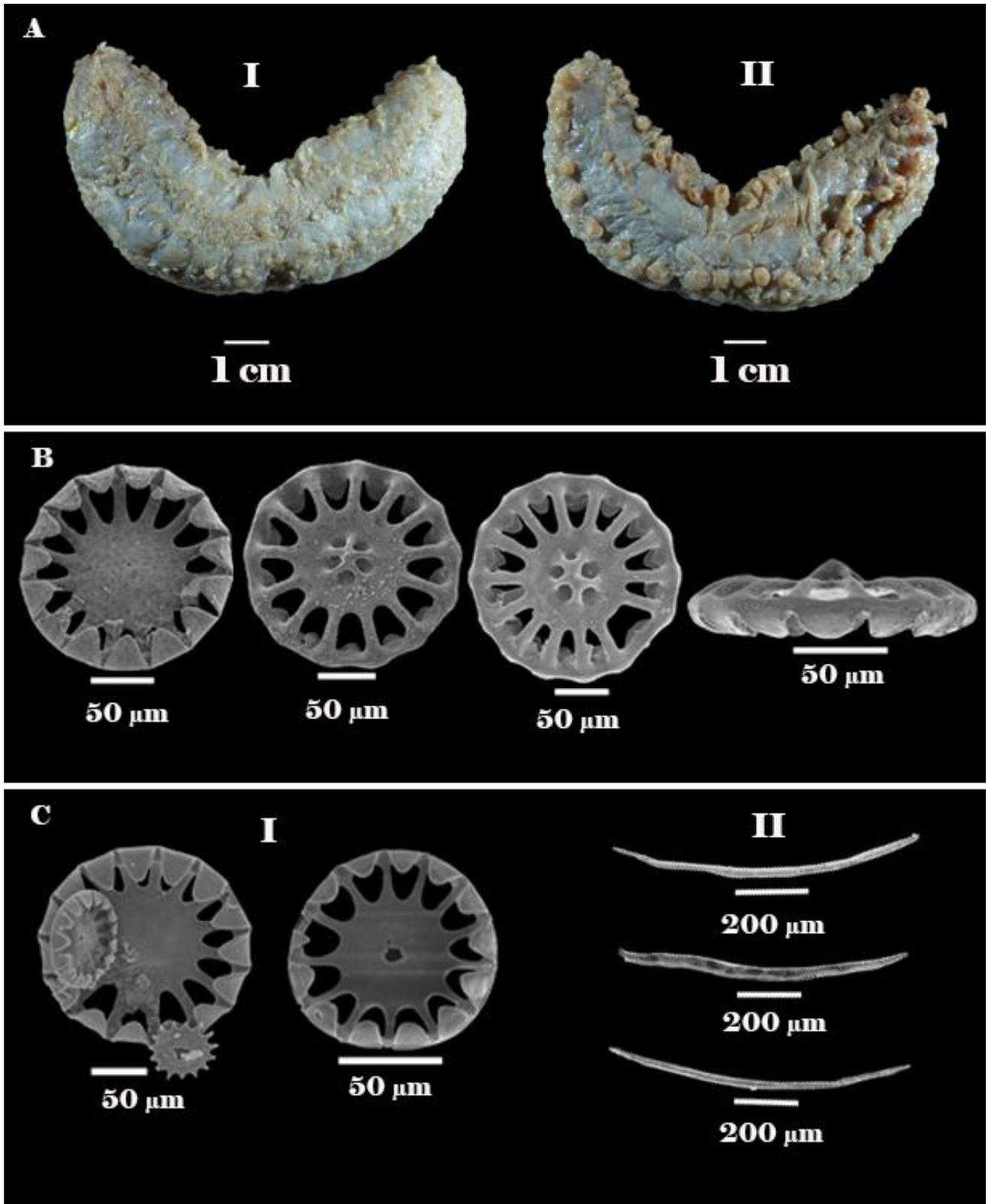


Lámina 9. *Pannychia moseleyi* Théel, 1882. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). Espículas: (B) ruedas de la pared del cuerpo dorsal, (C, I) ruedas de la pared del cuerpo ventral y (C, II) barras de los pies ambulacrales (A: ICML-EMU-11471; B-C: ICML-EMU-11482).

Benthodytes sanguinolenta Théel, 1882

Lámina 10, A

Benthodytes sanguinolenta Théel, 1882: 3–4, 104, lám. XXIII, lám. XL, figs. 4–5, lám. XLII, fig. 6; Ludwig, 1894: 53–60, lám. 1, figs. 1–8; Clark, 1920: 142; Parker, 1964: 165 (listado); Hansen, 1975: 94–96, láms. III–VI, IX figs. 6–7, XII figs 4–5; Maluf, 1988: 101–161; Nybakken *et al.*, 1998: 1778; Honey-Escandón *et al.*, 2008: 58 (listado); Massin & Hendrickx, 2011: 424–425, fig. 9.

Material examinado. 8 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 15 (29°40'24"N, 116°06'00"W), 30 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 175 mm), 2010–2046 m de profundidad (ICML-EMU-11485); Est. 20 (30°51'16"N, 116°42'11"W), 26 mayo 2014, 3 ejemplares (LT 185–195 mm), 2075–2090 m de profundidad (ICML-EMU-11486); Est. 21, (30°49'24"N, 116°47'48"W), 28 mayo 2014, 4 ejemplares (LT 127–212 mm), 2018–2093 m de profundidad (ICML-EMU-11487).

Descripción. Cuerpo alargado, cilíndrico, de extremos posterior ligeramente afilado y anterior ensanchado y aplanado dorsalmente, con forma de medio círculo. Pared del cuerpo gelatinosa pero consistente y suave al tacto, dorsalmente sin ornamentaciones (lám. 10 A, I). Ventralmente dos hileras longitudinales centrales de pies ambulacrales pequeños, cortos, delgados y muy juntos uno de otro, más de 30 pares y se incrementan conforme aumenta el tamaño del animal (lám. 10 A, II). Boca ventral y ano terminal. Corona de 17–18 tentáculos peltados, en un círculo alrededor de la boca (lám. 10 A, III). Un margen de pliegues del perisoma dorsal, con apariencia de una solapa, rodea completamente el cuerpo y pasa por arriba de la corona de tentáculos; en su borde externo presenta una hilera de pies ambulacrales pequeños y cilíndricos. Ejemplares sin espículas.

Coloración. Dorsalmente rosa claro o lila, ventralmente rojizo, marrón o morado oscuro. Corona de tentáculos morado oscuro, rojizo o café claro. Pies ambulacrales ventrales morado oscuro o rojizos.

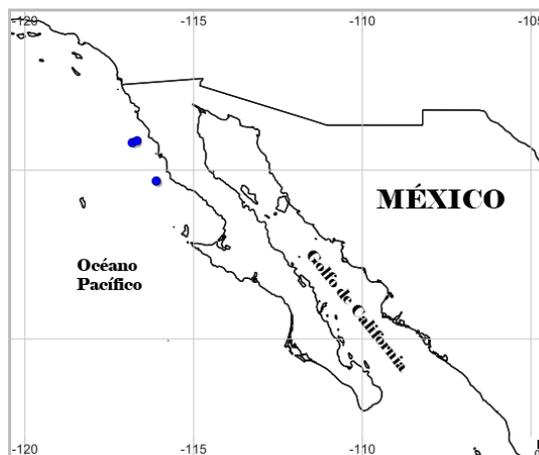
Material tipo. Sintipos, Est. 298 *Challenger* [3 ejemplares, 34°7'S, 73°56'W, 2745 m (2225 brazas), 1.3°C, sustrato de barro gris] y Est. 295 *Challenger* [1 ejemplar, 38°7'S, 94°4'W, 4072 m (1500 brazas), 1.4 °C, sustrato de arcilla roja] (Théel, 1882).

Localidades tipo. Frente a las costas de Chile (34°7'S, 73°56'W; 38°7'S, 94°4'W) (Théel, 1882).

Distribución batimétrica global. De 768 a 7250 m (Hansen, 1975).

Distribución geográfica global. A través de casi toda la región del Indo Pacífico (Hansen, 1975). En el océano Pacífico, desde California central y el canal de las Islas, EE. UU. hasta Chile (Maluf, 1988; Nybakken *et al.*, 1988).

Datos ambientales	
Profundidad	2010–2093 m
Temperatura	2.26–2.43 °C
Oxígeno disuelto	1.43–1.60 ml/l O ₂
Salinidad	34.60–34.62 ups
Arcillas	10.87–12.54 %
Limos	86.29–86.97 %
Arenas	1.08–2.16 %
Materia orgánica	3.81–7.86 %
Carbono orgánico	2.21–4.57 %
Densidad	2.63–7.88 inds/ha



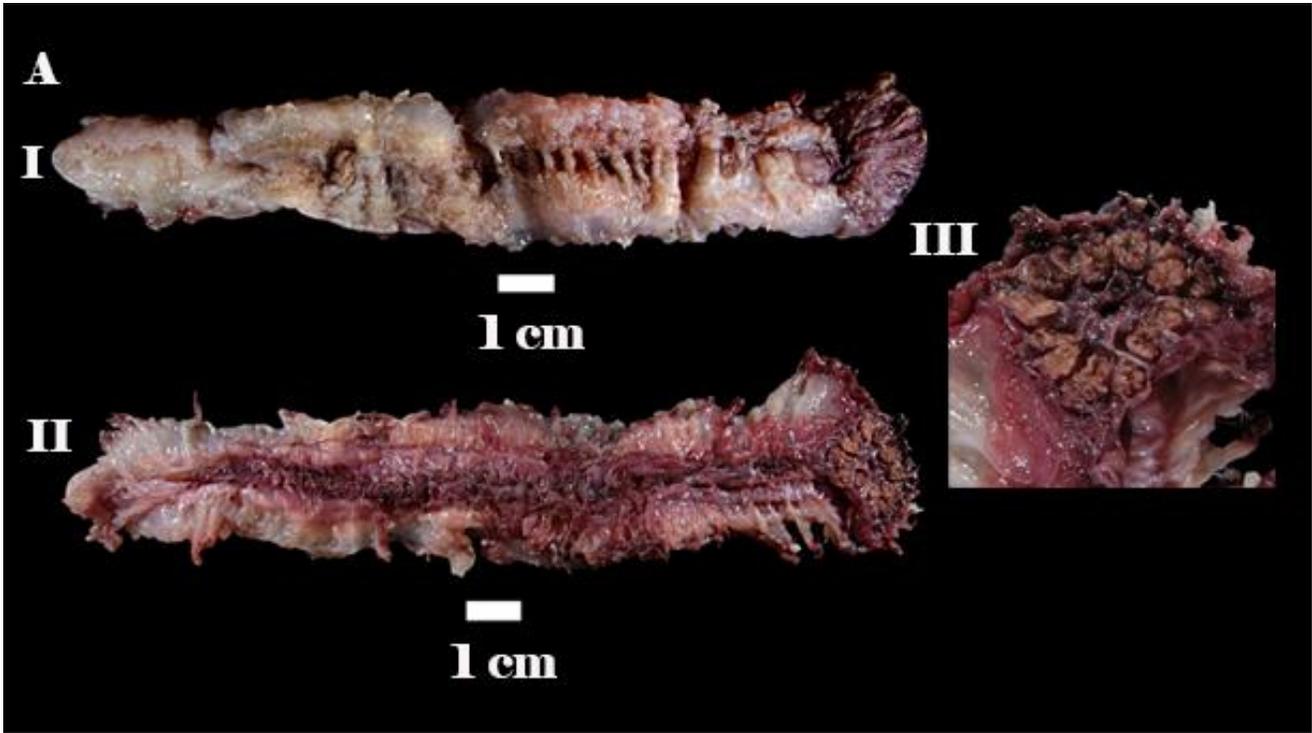


Lámina 10. *Benthodytes sanguinolenta* Thélal, 1882. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I), en vista ventral (A, II) y corona de tentáculos (A, III) (ICML-EMU-11485).

Benthodytes sp. (morfotipo 1)

Lámina 11 A-B

Material examinado. 19 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 19 (30°39'00"N, 116°31'40"W), 25 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 88–128 mm), 1385–1433 m de profundidad (ICML-EMU-11488); Est. 23 (30°56'02"N, 116°40'55"W), 27 mayo 2014, 5 ejemplares (LT 55–210 mm), 1296–1340 m de profundidad (ICML-EMU-11489); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 12 ejemplares (LT 3.5–28.5 mm), 1394–1397 m de profundidad (ICML-EMU-11490).

Descripción. Cuerpo cilíndrico, extremo anterior ensanchado y aplanado dorsalmente; extremo posterior se adelgaza, con terminación trunca (lám. 11 A, I, II). Boca ventral y ano terminal, orientado dorsalmente. Corona de 15 tentáculos cortos, anchos, con terminación en forma de disco y en un círculo alrededor de la boca; muy cerca del borde anterior del cuerpo. Sin papilas tentaculares. Pared del cuerpo gruesa. Sobre los radios dorsales dos líneas de papilas diminutas y circulares, más juntas hacia el primer tercio anterior del cuerpo; adicionalmente papilas cortas, cónicas y contraídas en 2–3 pares separados uno del otro, el primer par presente por detrás del primer tercio anterior del cuerpo. Pies ambulacrales cilíndricos, cortos, delgados, retráctiles y muy juntos uno de otro, bordean el cuerpo y forman un margen completo que pasa por arriba de la corona de tentáculos. Pies ambulacrales cortos y cilíndricos en dos hileras a lo largo del área media-ventral, en su mayoría contraídos. Espículas del cuerpo como cruces grandes de cuatro brazos largos con una apófisis central bipartita ancha y muy corta en comparación al largo de los brazos; extremos terminales de los brazos y apófisis con pequeñas espinas (lám. 11 B). Misma forma y tamaño de espículas tanto dorsal como ventralmente. Espículas de los tentáculos como barras cortas, delgadas, ligeramente curvas y de margen liso o con pequeñas espinas.

Coloración. Lila grisáceo, morado oscuro o negro. Si el cuerpo es en tono claro los extremos terminales de los pies ambulacrales y de las papilas dorsales, así como la corona de tentáculos, la región circundante de la boca y del ano, se conservan morado oscuro.

Comentarios. Todos los ejemplares fueron fuertemente afectados por el método de preservación (formol) de tal forma que la pared del cuerpo se rasgaba, rompía o desprendía fácilmente. Los dos ejemplares de la Est. 19 del TALUD XVI-B fueron los más afectados externamente; sin embargo, estos conservaron espículas de la pared del cuerpo abundantes y con un menor grado de deterioro, lo que facilitó la extracción de dichas estructuras para la toma de fotografías de MEB. En los ejemplares de tallas más pequeñas y más grandes las espículas eran escasas. Pares de papilas cónicas dorsales fueron igualmente afectados por el método de preservación, en algunos ejemplares se presentaba una de cada par de papilas pero se podían observar las marcas donde en algún momento se encontraron dichas estructuras. Aún cuando los ejemplares fueron afectados por el método de preservación, en todos se observó el mismo tipo de espículas, el cual es característico del género *Benthodytes*.

Datos ambientales	
Profundidad	1318–1409 m
Temperatura	3.14–3.32 °C
Oxígeno disuelto	0.76–0.97 ml/l O ₂
Salinidad	34.54–34.56 ups
Arcillas	11.07–11.94 %
Limos	79.46–84.99 %
Arenas	4.31–9.47 %
Materia orgánica	5.64–6.81 %
Carbono orgánico	3.28–4.08 %
Densidad	5.25–31.51 inds/ha

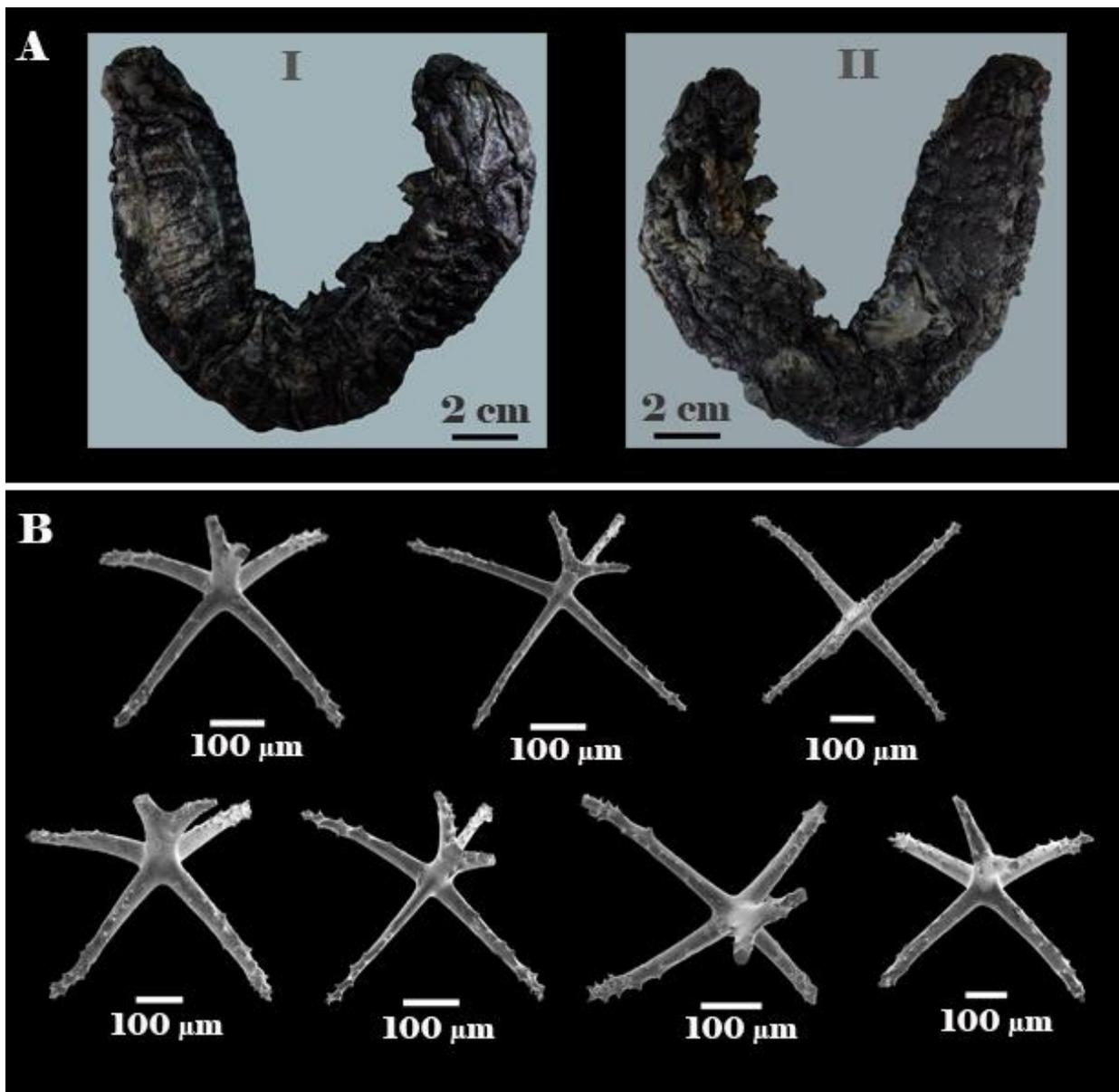
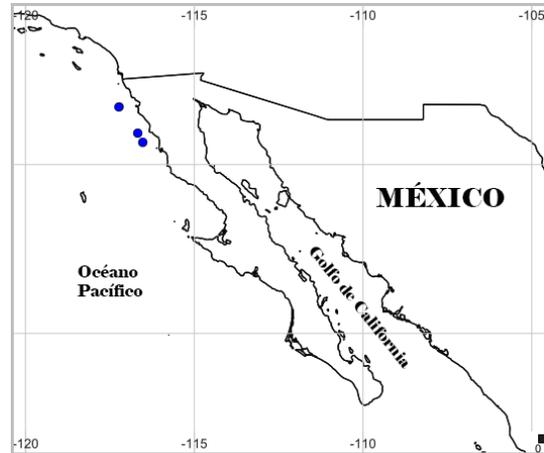


Lámina 11. *Benthodytes* sp. (morfortipo 1). Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II). (B) Espículas de la pared del cuerpo con forma de cruces de cuatro brazos (A: ICML-EMU-11490; B: ICML-EMU-11488).

Benthodytes sp. (morfotipo 2)

Lámina 12 A

Material examinado. 6 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 16 (29°51'24"N, 116°09'06"W), 29 mayo 2014, 6 ejemplares (LT 162–240 mm), 1360–1425 m de profundidad (ICML-EMU-11491).

Descripción. Cuerpo alargado y cilíndrico; extremo anterior ensanchado y ligeramente aplanado, extremo posterior se adelgaza (Lám. 12 A, I, II). Boca ventral, ano terminal orientado dorsalmente. Corona de 15 tentáculos en forma de disco, anchos y cortos, en un círculo alrededor de la boca. Pared del cuerpo gelatinosa pero consistente y muy gruesa; ventralmente la pared corporal es de mayor grosor y el tejido es más denso. De 14–25 pares de papilas grandes, retráctiles y cónicas sobre los radios dorsales, aumentan en número conforme aumenta el tamaño del animal. Dos hileras longitudinales ventrales de 30–40 pies ambulacrales cilíndricos, cortos y retráctiles, muy juntos uno de otro, aumentan en número según aumenta el tamaño del animal. Incluso cuando estos se presentaron retraídos, se distinguían de la pared del cuerpo por ser más oscuros en su extremo terminal. Un margen de pies ambulacrales cónicos, alargados, grandes y muy juntos uno de otro rodea completamente el cuerpo y pasa por arriba de la corona de tentáculos, de 130–140 o más. Todos los ejemplares sin espículas.

Coloración. Pared del cuerpo dorsal, tentáculos, boca y extremo terminal de los pies ambulacrales morado oscuro, ventralmente tanto la suela como los pies ambulacrales lilas o grises; o cuerpo del animal dorsalmente lila con manchas moradas.

Datos ambientales	
Profundidad	1360–1425 m
Temperatura	3.14 °C
Oxígeno disuelto	0.97 ml/l O ₂
Salinidad	34.56 ups
Arcillas	11.94 %
Limos	82.61 %
Arenas	5.45 %
Materia orgánica	7.01 %
Carbono orgánico	4.08 %
Densidad	15.76 inds/ha



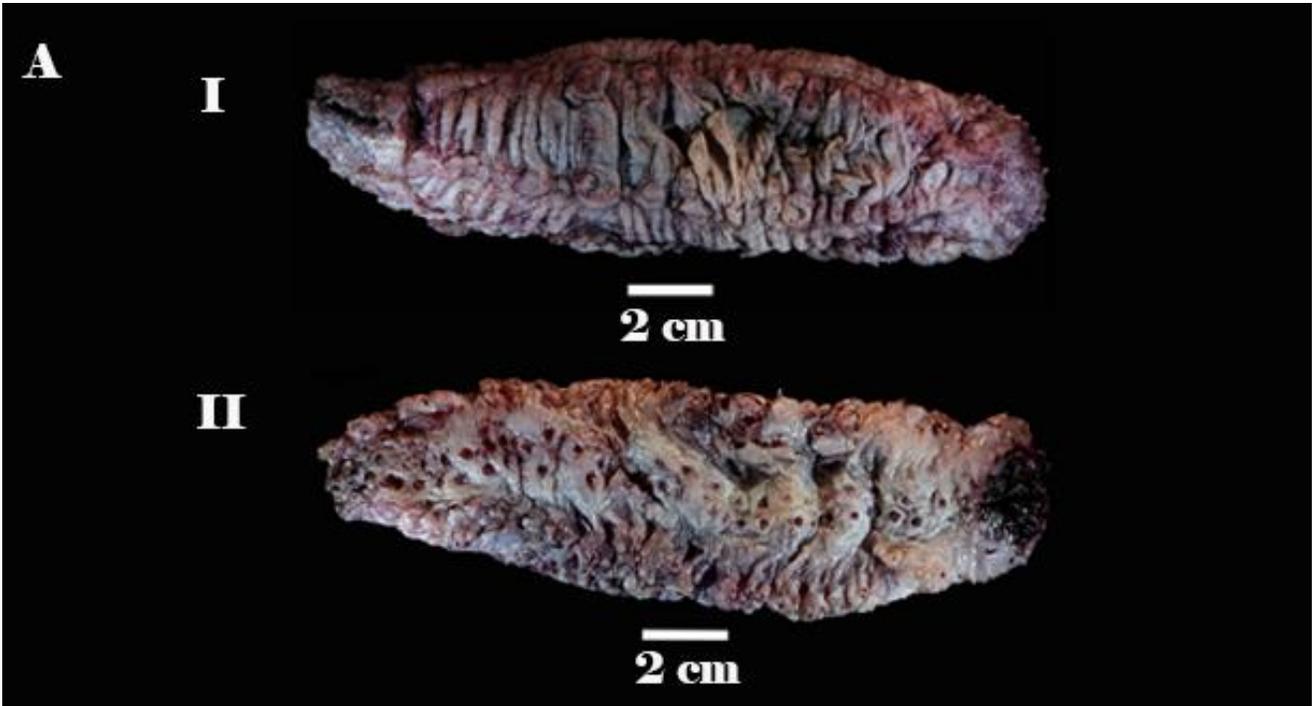


Lámina 12. *Benthodytes* sp. (morfortipo2). Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A, I) y en vista ventral (A, II) (ICML-EMU-11491).

Scotoplanes theeli Ohshima, 1915

Lámina 13 A-D

Scotoplanes theeli Ohshima, 1915: 242–243.

Material examinado. 3 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 19 (30°39'00"N, 116°31'40"W), 25 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 27 mm), 1385–1433 m de profundidad (ICML-EMU-11492); Est. 27 (31°42'36"N, 117°13'00"W), 27 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 27–57 mm), 1394–1397 m de profundidad (ICML-EMU-11493).

Descripción. Cuerpo oval o alargado, con casi el mismo ancho a lo largo, superficie ventral aplanada y extremos anterior y posterior curvos o el extremo posterior ligeramente afilado (lám. 13 A). Pared del cuerpo delgada y suave al tacto. Boca ventral y ano terminal. Corona de 10 tentáculos digitados, largos y con 9–10 lóbulos en el margen de cada tentáculo. Pies ambulacrales ventrales anchos, tubulares y con el extremo terminal puntiagudo, en una línea de seis pies a cada costado del cuerpo (lám. 13 B). Los dos últimos pares de pies del extremo posterior comparativamente de menor tamaño que el resto. Tres pares de papilas puntiagudas sobre la mitad anterior dorsal: el primer par muy próximo del extremo anterior y por detrás del adelgazamiento del cuerpo que da origen a la corona de tentáculos; el segundo par aproximadamente a la mitad del largo del cuerpo; y el tercer par en la base e inmediatamente detrás del segundo par de papilas (lám. 13 C). Los dos primeros pares son muy largos pero menos que la mitad del largo del cuerpo; el tercer par muy corto, de apenas unos milímetros (cuadro A). Espículas de la pared del cuerpo con forma de “C”, escasas y siendo las únicas formas presentes (lám. 13 D). Tentáculos con barras rectas o curvas, espinosas en sus extremos y de diferentes tamaños, algunas en forma de “C”.

Coloración. Gris claro.

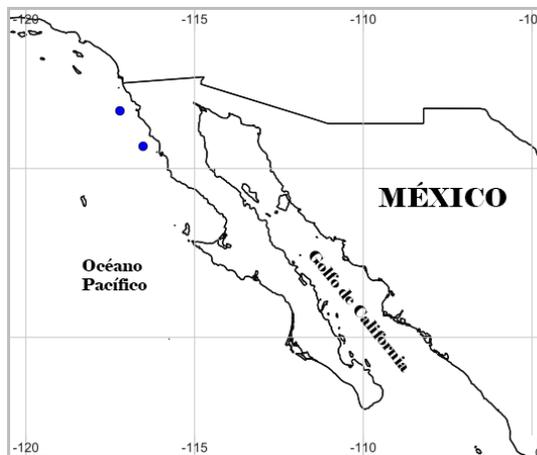
Material tipo. Sintipo, USNM 34159 [1 ejemplar, Est. 5032 *Albatross*, este de la isla Hokkaido, Japón, 44°05'N 145°30'E, 549–975 m (300–533 brazas), 34.9° C; sustratos de barro café, arena negra y grava] (Ohshima, 1915).

Localidad tipo. Este de la isla Hokkaido, Japón (Ohshima, 1915).

Distribución batimétrica global. De 549 a 975 m (Ohshima, 1915).

Distribución geográfica global. Este de la isla Hokkaido, Japón (Ohshima, 1915) y frente a las costas de Oregón, EE. UU. (fuente: base de datos del USNM con número de catálogo E 17033).

Datos ambientales	
Profundidad	1385–1433 m
Temperatura	3.16–3.32 °C
Oxígeno disuelto	0.78–0.90 ml/l O ₂
Salinidad	34.54–34.55 ups
Arcillas	11.07–12.58 %
Limos	84.62–84.99 %
Arenas	2.44–4.31 %
Materia orgánica	6.32–6.81 %
Carbono orgánico	3.68–3.96 %
Densidad	2.63–5.25 inds/ha



Cuadro A. Largo de las papilas dorsales y de los ejemplares de *Scotoplanes theeli*.

	Organismo 1, estación 19, TALUD XVI-B	Organismo 1, estación 27, TALUD XVI-B	Organismo 2, estación 27, TALUD XVI-B
1er par de papilas	12 mm	25 mm	10 mm
2do par de papilas	13 mm	22 mm	13 mm
3er par de papilas	1.5 mm	3 mm	2 mm
Largo total del organismo	27 mm	57 mm	27 mm

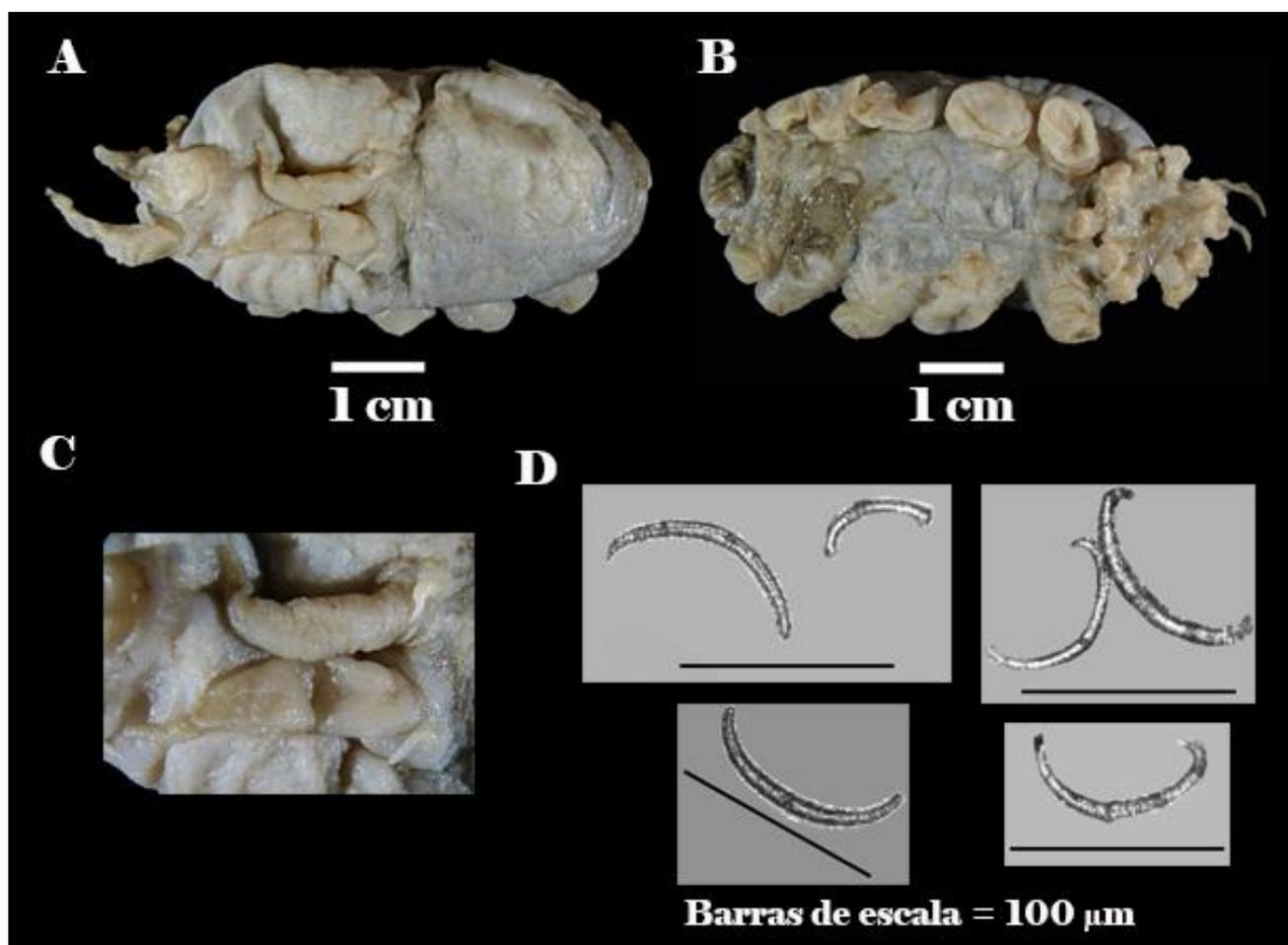


Lámina 13. *Scotoplanes theeli* Ohshima, 1915. Morfología externa de un ejemplar preservado en vista dorsal (A) y en vista ventral (B). (C) Detalle del segundo y tercer par de papilas dorsales. (D) Espículas curvas de la pared del cuerpo (ICML-EMU-11493).

Peniagone sp.

Lámina 14 A

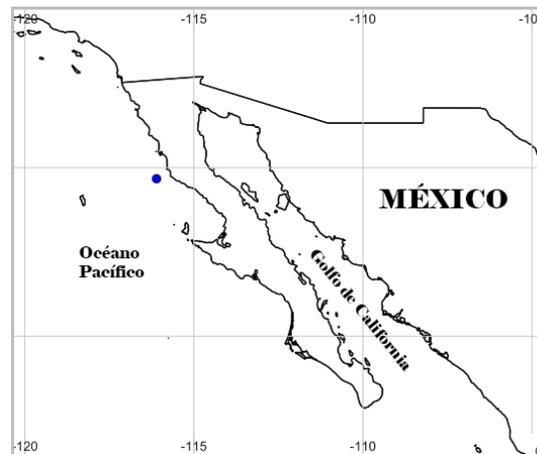
Material examinado: 2 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 15 (29°40'24"N, 116°06'00"W), 29 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 26–31mm), 2010–2046 m de profundidad (ICML-EMU-11494).

Descripción. Cuerpo ovalado, del mismo ancho a lo largo, extremo posterior marcadamente redondeado. Boca ventral, ano sub-dorsal. Un pliegue del persioma dorsal, delgado y corto, rodea el cuerpo. Pared del cuerpo fuertemente deteriorada. Sin pies ambulacrales. El ejemplar más grande con dos proyecciones tubulares muy cortas (~3 mm) y pequeñas, sobre el primer y tercer tercio del radio derecho dorsal, posiblemente fueron parte de papilas dorsales; en este ejemplar una parte del tubo digestivo (5 mm) salía del cuerpo del organismo dándole una apariencia de cauda corta como la presente en el género *Molpadia*. Corona de tentáculos contraída en ambos ejemplares, no fue posible observar la forma y número de estos. Espículas de la pared del cuerpo como cruces de cuatro brazos que apuntan hacia afuera, con brazos unidos en pares por una barra transversal; dos cruces se unen por medio de una barra perpendicular. Cada cruz formada por dos brazos cortos y dos largos que terminan en punta y presentan pequeños dientes aserrados a lo largo (lám. 14 A). Espículas ventrales cortas, más aplanadas y esparcidas que las dorsales. Dorsalmente espículas abundantes, muy juntas unas de otras y formando una especie de entramado cubierto por un epitelio muy denso.

Coloración. Gris claro.

Datos ambientales	
Profundidad	2010–2046 m
Temperatura	2.26 °C
Oxígeno disuelto	1.60 ml/l O ₂
Salinidad	34.62 ups
Arcillas	10.87 %
Limos	86.97 %
Arenas	2.16 %
Materia orgánica	7.86 %
Carbono orgánico	4.57 %
Densidad total	5.25 inds/ha



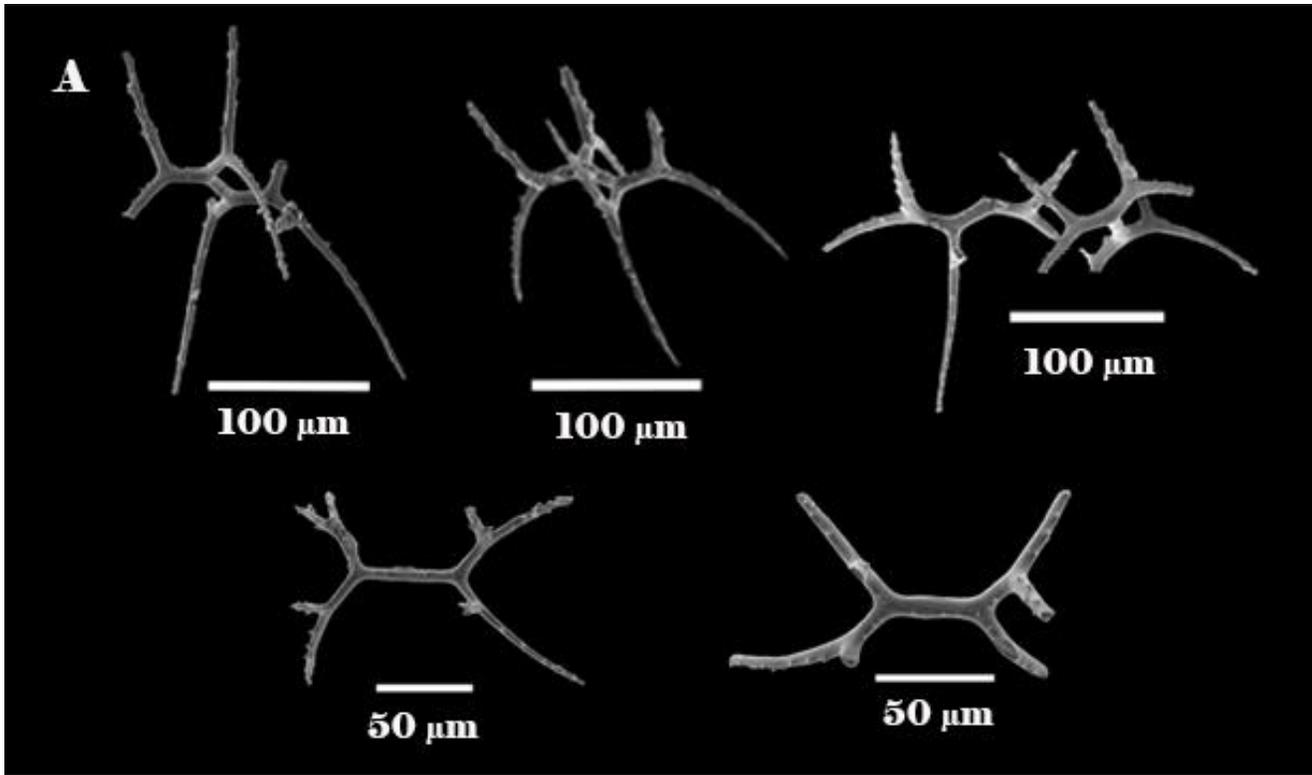


Lámina 14. *Peniagone* sp. (A) Espículas de la pared del cuerpo como pares de cruces de cuatro brazos (ICML-EMU-11494).

? *Mesothuria* sp.

Lámina 15 A-B

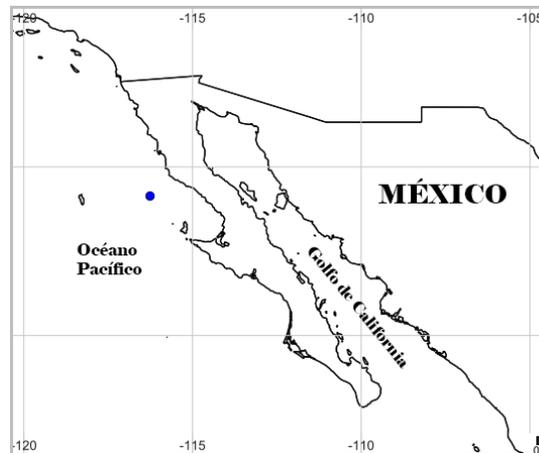
Material examinado. 1 ejemplar.

TALUD XVI-B, Est. 10 (29°07'50"N, 116°15'30"W), 30 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 17 mm), 860–910 m de profundidad (ICML-EMU-11495).

Descripción. Cuerpo curvo adelgazado hacia los extremos, extremos terminales romos (lám. 15 A I, II). Hileras de pies ambulacrales largos y cilíndricos cubre las áreas de los radios y de los interradios. Ano y boca terminales. En el extremo posterior del cuerpo, placas calcáreas muy grandes y alineadas rodean la región circundante al ano; además cinco placas calcáreas con apariencia de dedal rodean por arriba del ano, cada una sostiene una papila cilíndrica. Corona de tentáculos retraída al interior del cuerpo, no pudieron observarse los tentáculos. Espículas predominantemente en forma de tablas de base cuadrada y margen dentado, con seis perforaciones amplias casi del mismo tamaño; espira de la tabla de dos pilares rectos, cuadrada y corta, en la cúspide de la espira con 2–3 grupos de pequeños dientes (lám. 15 B). En menor presencia, espículas como tablas de base alargada, margen dentado, ligeramente curvas, con cuatro perforaciones amplias y espira central cuadrada, corta y con pequeños dientes en la cúspide; así como barras con hasta 10 perforaciones, de margen dentado y ligeramente curvas.

Coloración. Amarillo claro.

Datos ambientales	
Profundidad	860–910 m
Temperatura	5.02 °C
Oxígeno disuelto	0.25 ml/l O ₂
Salinidad	34.43 ups
Arcillas	5.42 %
Limos	31.62 %
Arenas	62.96 %
Materia orgánica	2.27 %
Carbono orgánico	1.32 %
Densidad	No fue posible estimarse



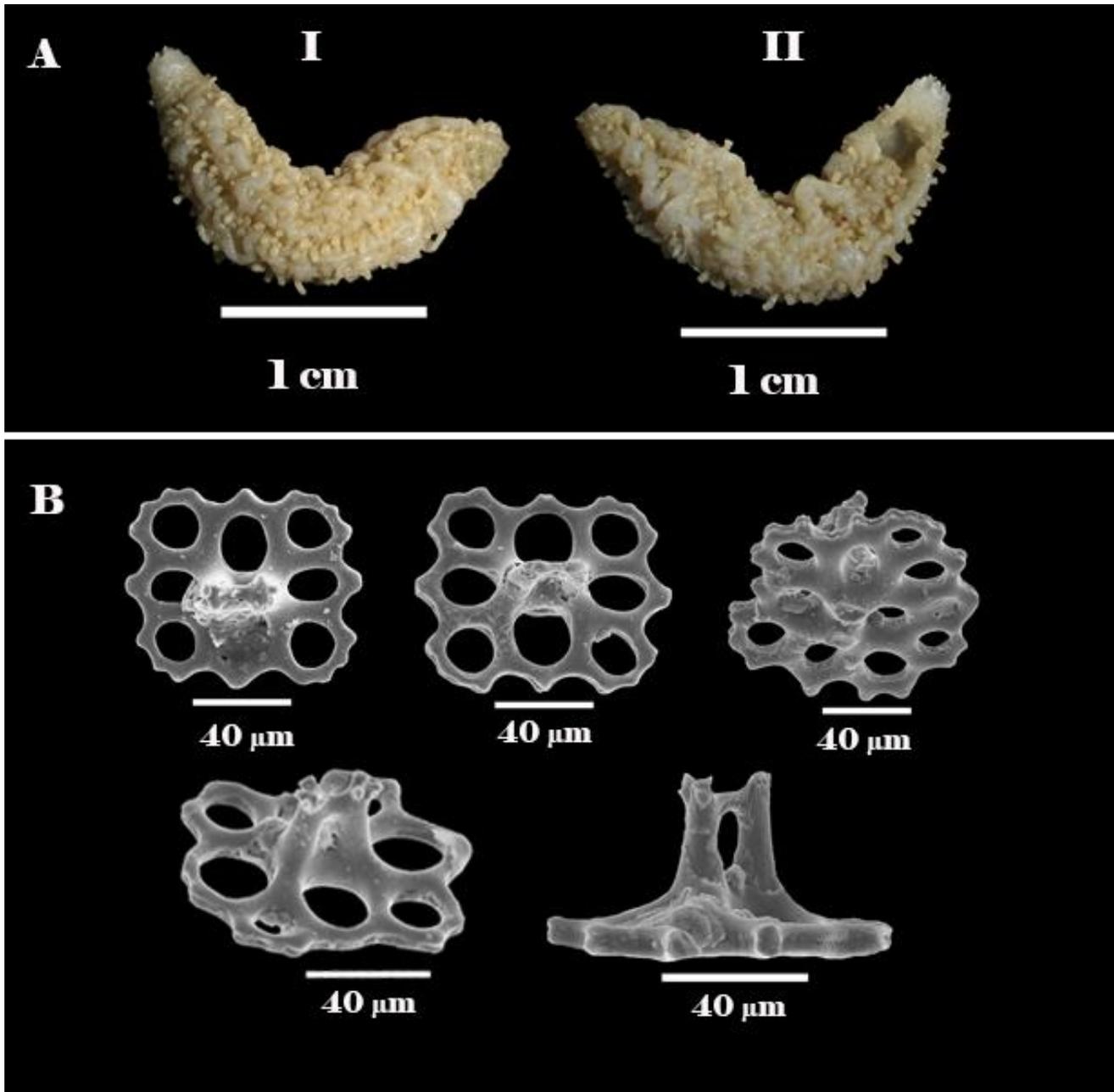


Lámina 15. ? *Mesothuria* sp. (A, I, II) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas de la pared del cuerpo como tablas de base cuadrada (ICML-EMU-11495).

Molpadia intermedia (Ludwig, 1894)

Lámina 16 A-C

Trochostoma intermedium Ludwig, 1894: 161, lám. XVI, figs. 7–21.

Molpadia intermedia.- H. L. Clark, 1907: 33, lám. XII, figs. 5–15; 1913: 228; Ohshima, 1915: 250; Maluf, 1988: 105, 163 (listado); Nybakken *et al.* 1988: 1778 (listado); Honey-Escandón *et al.*, 2008: 68 (listado); Solís-Marín *et al.*, 2009: 148–149, lám. 49; Massin & Hendrickx, 2011: 426, figs. 13–14.

Haplodactyla intermedia.- Heding, 1931: 280.

Material examinado. 1 ejemplar

TALUD XVI-B, Est. 5 (20°48'00"N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 109 mm, LC 4 mm), 772–777 m de profundidad (ICML-EMU-11496).

Descripción. Cuerpo subcilíndrico, extremo anterior trunco y posterior romo (lám. 16 A). Ano y boca terminales. Corona de 15 tentáculos acomodados en un círculo. En el extremo posterior, una prolongación muy corta a manera de cauda. Perisoma suave al tacto, con numerosos pliegues transversales, más pronunciados hacia los extremos anterior y posterior. Espículas de la pared del cuerpo abundantes, como tablas de base perforada por amplios agujeros, con forma de estrella, semicuadrada o alargada (lám. 16 B); espira de la tabla formada por tres pilares rectos que terminan en dientes cortos y romos (lám. 16 C, I). Además, placas perforadas amplias y con cortas prolongaciones en el margen. Cuerpos fosfáticos abundantes (lám. 16 C, II).

Coloración: Lila con manchas moradas que se agrupan principalmente en los laterales del cuerpo.

Material tipo. Sintipos de *Trochostoma intermedium*, USNM 18203 [1 ejemplar, Est. 3431 *Albatross*, sur del golfo de California, 23°58'59"N, 108°40'1"W, 1820 m (995 brazas), 2.8 °C, sustrato barro marrón]; USNM 18204 [2 ejemplares, Est. 3395 *Albatross*, golfo de Panamá, 7°30'36"N, 78°39'0"W, 1335 m (730 brazas), 3.6 °C, sustrato de roca]; USNM 18202, océano Pacífico norte (Ludwig, 1894).

Localidad tipo. No designada

Distribución batimétrica global. De 53 a 2972 m (Solís-Marín *et al.*, 2009).

Distribución geográfica global. Varias estaciones del *Albatross* en el Pacífico Este, desde el mar de Bering (54°54'N, 168°59'W) hasta frente a las costas del sur de Panamá (7°30'N, 78°39'W), e islas Honshu, Japón, 79–2925 m (H. L. Clark, 1907); Hitaka, sur de Hokkaido, Japón, 602 m (329 brazas) (Ohshima, 1915); condado de Monterey, California, 869–2013.5 m (475–1101 brazas) y diferentes puntos de la costa oeste de Baja California (San Juanico, Cabo San Lucas, isla Cedros, bahía del Rosario, suroeste de la isla Santa Cruz) (H. L. Clark, 1913); frente a la costa de bahía La Ventana, golfo de California y al oeste de Jaque, golfo de Panamá (Ludwig, 1894); costa oeste de México incluyendo el golfo de California: este de la isla Cedros, Baja California, 79 m (Deichmann, 1937), varias localidades frente a la costa del estado de Sinaloa (Honey-Escandón *et al.*, 2008; Solís-Marín *et al.* 2009) y sur de la corriente de California (24°51'41"N, 108°57'53"W), 830–850 m (Massin & Hendrickx, 2011).

Datos ambientales	
Profundidad	772-777 m
Temperatura	5.34 °C
Oxígeno disuelto	0.22 ml/l O ₂
Salinidad	34.42 ups
Arcillas	11.82 %
Limos	72.65 %
Arenas	15.53 %
Materia orgánica	8.95 %
Carbono orgánico	5.20 %
Densidad	1.75 inds/ha



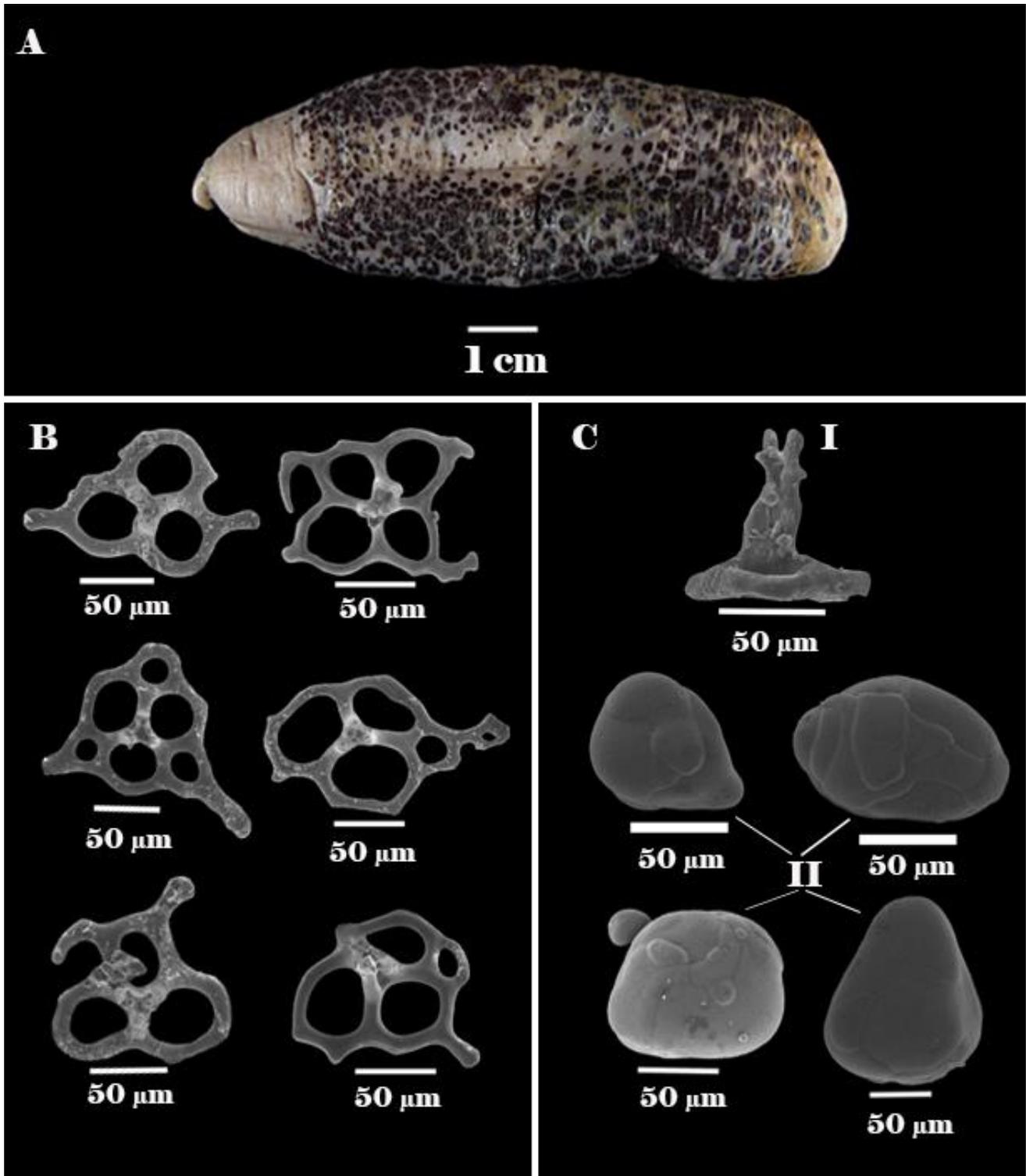


Lámina 16. *Molpadia intermedia* (Ludwig, 1894). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas: (B) tablas de la pared del cuerpo, (C) tabla y cuerpos fosfáticos de la cauda (ICML-EMU-11496).

Molpadia musculus Risso, 1826

Lámina 17 A-C

Molpadia musculus Risso, 1826: 293, lám. V; H. L. Clark, 1907: 35, 158, 165, 166, lám. XI; 1913: 228; Ohshima, 1915: 250–251; Heding, 1931: 279; Pawson, 1977: 100–107, figs. 1b, d-f, h, k; 2g, i, j; 3a, b mapa 1; Maluf, 1988: 105, 163 (listado); Nybakken *et al.*, 1998: 1778; Pawson *et al.*, 2001: 314, 317–319, figs. 2 a-b; Solís-Marín *et al.*, 2005: 132 (listado); Honey-Escandón *et al.*, 2008: 68 (listado); Solís-Marín *et al.*, 2009: 150–151, lám. 50.

Molpadia musculus forma *musculus* Parker, 1964: 85, 87, 165 (listado).

Molpadia musculus forma *violaceum* Parker, 1964: 85, 87, 165 (listado).

Molpadia musculus forma *spinosum* Parker, 1964: 87, 165 (listado).

Material examinado. 2 ejemplares.

TALUD XV, Est. 1 (23°18'40"N; 111°19'37"W), 4 agosto 2012, 1 ejemplar (LT 51 mm, LC 10 mm), 750–850 m de profundidad (ICML-EMU-11497). TALUD XVI-B, Est. 5 (20°48'00"N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 33 mm, LC 4 mm), 772–777 m de profundidad (ICML-EMU-11498).

Descripción. Cuerpo subcilíndrico con los extremos anterior y posterior romos (lám. 17 A). Ano y boca terminales. Corona de tentáculos contraída en ambos ejemplares, aproximadamente 16 tentáculos en un círculo (ejemplar de la estación 1 del TALUD XV). Ejemplar de la estación 1 del TALUD XV de perisoma delgado y rugoso, con delgados pliegues transversales; espículas de la pared del cuerpo exclusivamente como barras alargadas, ensanchadas y perforadas por 3–5 agujeros en la parte media y una espira central corta en forma de “T”. Cuerpos fosfáticos presentes. Ejemplar de la estación 5 del TALUD XVI-B con espículas de la pared del cuerpo como raquetas, anclas, barras perforadas y ensanchadas en la parte media (lám. 17 C, I), en menor presencia tablas de base con tres perforaciones y espira corta (lám. 17 C, III). Cuerpos fosfáticos presentes (lám. 17 C, II). Barras y raquetas como las de la pared del cuerpo presentes en la cauda (lám. 17 B). Perisoma en este ejemplar más delgado y afectado por el método de preservación (formol).

Coloración: lila con manchas moradas predominantemente sobre las áreas de los interradios (estación 1 del TALUD XV); café grisáceo (estación 5 del TALUD XVI-B)

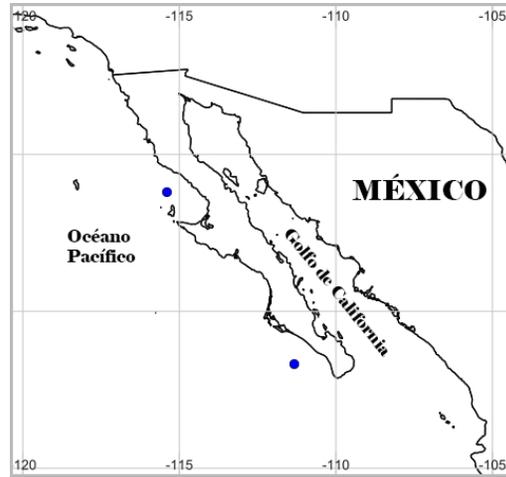
Material tipo. No designado.

Localidad tipo. Sintipos de *Molpadia musculus*, Golfo de Nice, mar Mediterráneo (Massín & Hendrickx, 2011).

Distribución batimétrica global. De 35 a 5205 m (Pawson, 1977).

Distribución geográfica global. Cosmopolita, pero sin registros para el círculo ártico (Pawson, 1977). Varias estaciones del *Albatross* en la costa este del océano Pacífico, desde la costa sur de California, EE. UU. (32°44'N, 119°32'W) hasta el sur de la Patagonia (51°52'S, 73°41'W), 349–3229 m (H. L. Clark, 1907); bahía Magdalena, oeste de Baja California, 3218 m (1760 brazas) (H. L. Clark, 1913); varios puntos de la costa oeste de México, incluyendo el golfo de California (Solís-Marín *et al.*, 2005; Honey-Escandón *et al.*, 2008); sureste de Sakhalin, Japón, 3291 m (1800 brazas) (Ohshima, 1915) [otras localidades fuera del Pacífico este fueron citadas en los trabajos de Ohshima (1915) y Pawson (1977)].

Datos ambientales	
Profundidad	750–850 m
Temperatura	5.34–5.75 °C
Oxígeno disuelto	0.11–0.22 ml/l O ₂
Salinidad	34.42–34.54 ups
Arcillas	11.82–13.37 %
Limos	67.94–72.65 %
Arenas	15.53–18.69 %
Materia orgánica	1.75–2.63 %
Carbono orgánico	6.77–8.95 %
Densidad	1.75–2.63 inds/ha



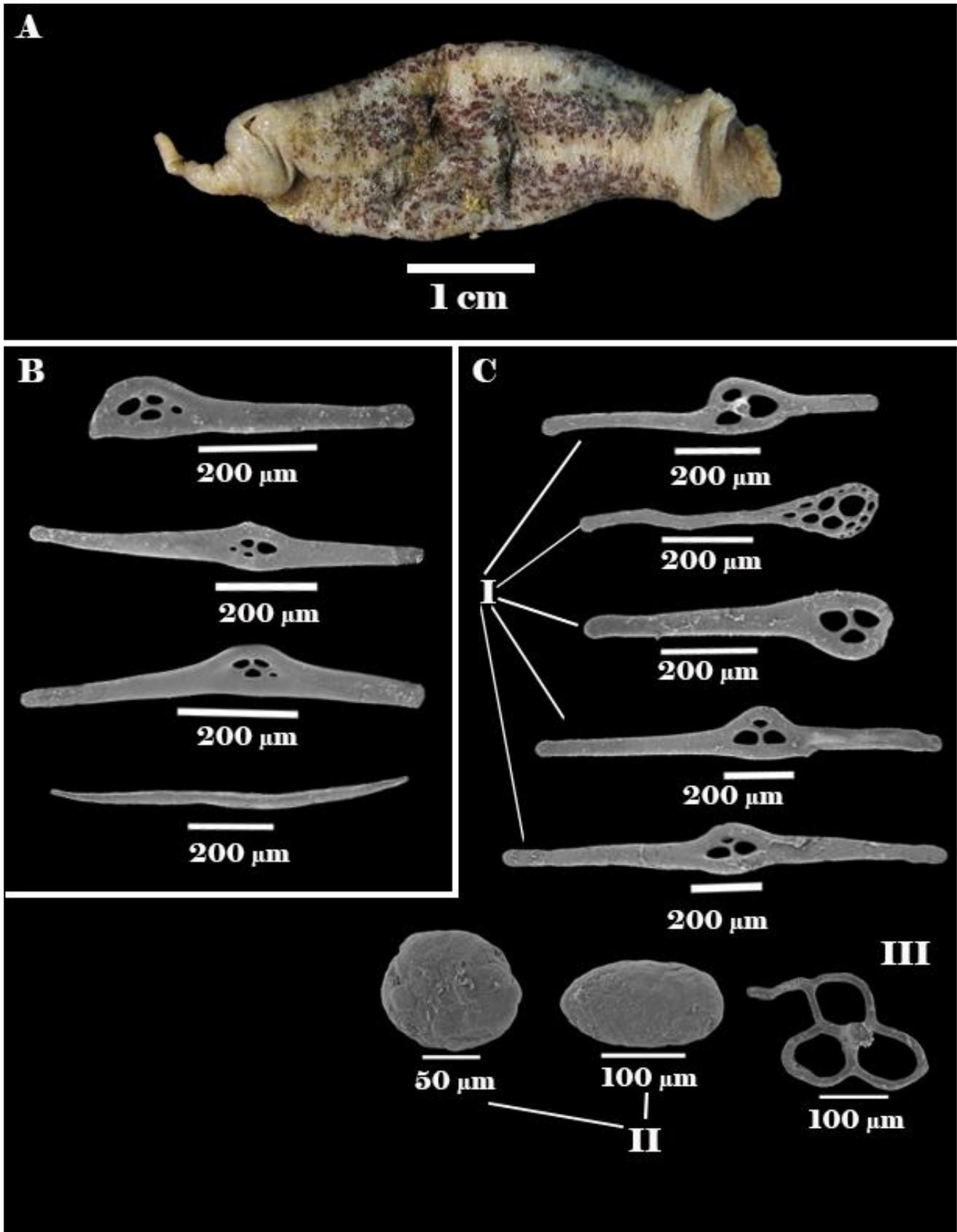


Lámina 17. *Molpadia musculus* Risso, 1826. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. (B) Espículas de la cauda como barras y raquetas. (C) Espículas de la pared del cuerpo: barras y raquetas (C, I), cuerpos fosfáticos (C, II) y tabla perforada (C, III) (A: ICML-EMU-11497; B-C: ICML-EMU-11498).

Abyssocucumis albatrossi (Cherbonnier, 1941)

Lámina 18 A-D

Cucumaria albatrossi Cherbonnier, 1941: 93–103, fig. 2, fig. 3 a-h, i, k-m.

Abyssocucumis albatrossi.- Cherbonnier, 1947: 462; Maluf, 1988: 92, 155; Nybakken *et al.*, 1998: 1778; Massin & Hendrickx, 2011: 415, 418–419, figs. 1 A-F, 2.

Cucumaria abyssorum.- Ludwig, 1894: 122, lám. 9, figs. 28–29, lám. 13, figs. 1–5

Staurocucumis abyssorum.- Hansen, 1988: 302, fig. 1; Solís-Marín *et al.*, 2009: 84–85, lám. 17; Rogacheva *et al.*, 2013: 590, fig. 17 A; Stepanov & Panina, 2016: 80, fig. 1 d.

Material examinado. 305 ejemplares.

TALUD XVI-B, Est. 9 (29°20'53"N, 115°51'00"W), 30 mayo 2014, 17 ejemplares (LT 27–95 mm), 1848–1860 m de profundidad (ICML-EMU-11499); Est. 15 (29°40'24"N, 116°06'00"W), 29 mayo 2014, 8 ejemplares (LT 19–50 mm), 2010–2046 m de profundidad (ICML-EMU-11500); Est. 20 (30°51'16"N, 116°42'11"W), 26 mayo 2014, 201 ejemplares (LT 22–73 mm), 2075–2090 m de profundidad (ICML-EMU-11501); Est. 21 (30°49'24"N, 116°47'48"W), 28 mayo 2014, 79 ejemplares (LT 33–60 mm), 2018–2093 m de profundidad (ICML-EMU-11502).

Descripción. Cuerpo subcilíndrico con el extremo anterior trunco y el posterior curvo (lám. 18 A), generalmente conserva el mismo ancho a lo largo pero en ocasiones la región terminal se adelgaza y forma una proyección corta. Perisoma grueso, áspero o ligeramente áspero al tacto. Mayoría de ejemplares contraídos por la fijación, con numerosos pliegues transversales y longitudinales vistos como pequeños surcos marcados sobre el cuerpo. Ano y boca terminales. Tentáculos pinados y cortos, generalmente 10 u 11. Pies ambulacrales cilíndricos y delgados sobre papilas cónicas. Papilas redondeadas, únicamente sobre las áreas ambulacrales, formadas muy juntas en “zig-zag”, en pares o en una sola fila. Por debajo de la corona tentacular pies ambulacrales sin papilas cónicas, pero con el mismo arreglo que éstas están presentes a lo largo del cuerpo. Papilas delgadas, cortas y cilíndricas rodean el ano. Espículas de la pared del cuerpo como cruces espinosas con los extremos perforados o no perforados (lám. 18 B, C); placas o barras espinosas amorfas con cuatro o más ejes principales a partir de los cuales se originan varias bifurcaciones cortas, con apariencia de dendritas o formas semicirculares. Placas perforadas de los pies ambulacrales con cortas ramificaciones en el margen. Tentáculos con barras espinosas (lám. 18 D).

Coloración. Cuerpo beige, café claro o amarillo pálido, tentáculos y pies ambulacrales amarillos.

Material tipo. Sintipos de *Cucumaria albatrossi*, Est. 3414 del *Albatross* (2 ejemplares, frente a las costas de Chiapas, suroeste de México, 10°14'N, 96°28'W, 3615 m) (Cherbonnier, 1941).

Localidad tipo. Frente a las costas de Chiapas, México (Cherbonnier, 1941).

Distribución batimétrica global. De 385 m (Stepanov & Panina, 2016) a 5690 m (Madsen, 1955).

Distribución geográfica global. Al norte y sur del océano Pacífico, en los océanos Atlántico (cerca de Azores) e Índico y aguas antárticas (bahía Oliyutorskii, cerca de las islas del Comandante) (Stepanov & Panina, 2016). Pacífico Este, desde las costas de Oregón y California, EE. UU. (Carey Jr., 1990) hasta Panamá (Stepanov & Panina, 2016) incluyendo el sur del golfo de California, México (Est. 37 del TALUD XIII, 25°59'30"N, 110°19'21"W) (Massin & Hendrickx, 2011). En diferentes estaciones del *Albatross* en el área de Cojimies, desde bahía de Guaymas, Sonora, México hasta Ecuador (Ests. 3398 y 3399 en Cojimies, Ecuador; Est. 3381, noroeste de isla Malpelo, Colombia; Ests. 3362, 3360, 3382 y 3392, frente a Panamá; Ests. 3414, 3415, 3434 y 3436, costa oeste de México) (Ludwig, 1894).

Comentarios. Los ejemplares revisados en el presente trabajo corresponden a un intervalo de tallas amplio (19–95 mm). En todas las tallas se presentan espículas en forma de cruces, barras y placas fuertemente espinosas, con la diferencia de que en ejemplares de mayor tamaño predominan placas espinosas muy anchas, algunas con formas circulares.

Abyssocucumis albatrossi es muy similar a *A. abyssorum* (Théel, 1886). Ambas especies presentan espículas en forma de cruces en la pared del cuerpo (Massin & Hendrickx, 2011) y son similares en la forma del cuerpo, la orientación de la boca y del ano, la forma y el número de los tentáculos y el arreglo de los pies ambulacrales; internamente, ambas especies se caracterizan por la presencia de un canal hidroporo, una vesícula de Poli, la forma de las gónadas y la forma de las piezas radiales e interradales del anillo calcáreo (Cherbonnier, 1941, 1947). Diferencias entre ambas especies están en la presencia de árboles respiratorios muy desarrollados (representan 2/3 partes de la longitud del cuerpo del animal) y mucho más ramificados, así como espículas muy espinosas en todo el cuerpo en *A. Albatrossi*; mientras que en *A. abyssorum* los brazos de las espículas en forma de cruz son más lisos (Cherbonnier, 1941). Se ha sugerido que ambas especies podrían tener una distribución geográfica similar (Carey Jr., 1990).

Datos ambientales	
Profundidad	1848–2093 m
Temperatura	2.26–2.43 °C
Oxígeno disuelto	1.43–1.60 ml/l O ₂
Salinidad	34.60–34.62 ups
Arcillas	10.87–15.50 %
Limos	84.50–86.97 %
Arenas	0.00–2.16 %
Materia orgánica	3.81–7.86 %
Carbono orgánico	2.21–4.57 %
Densidad	21.01–527.81 inds/ha



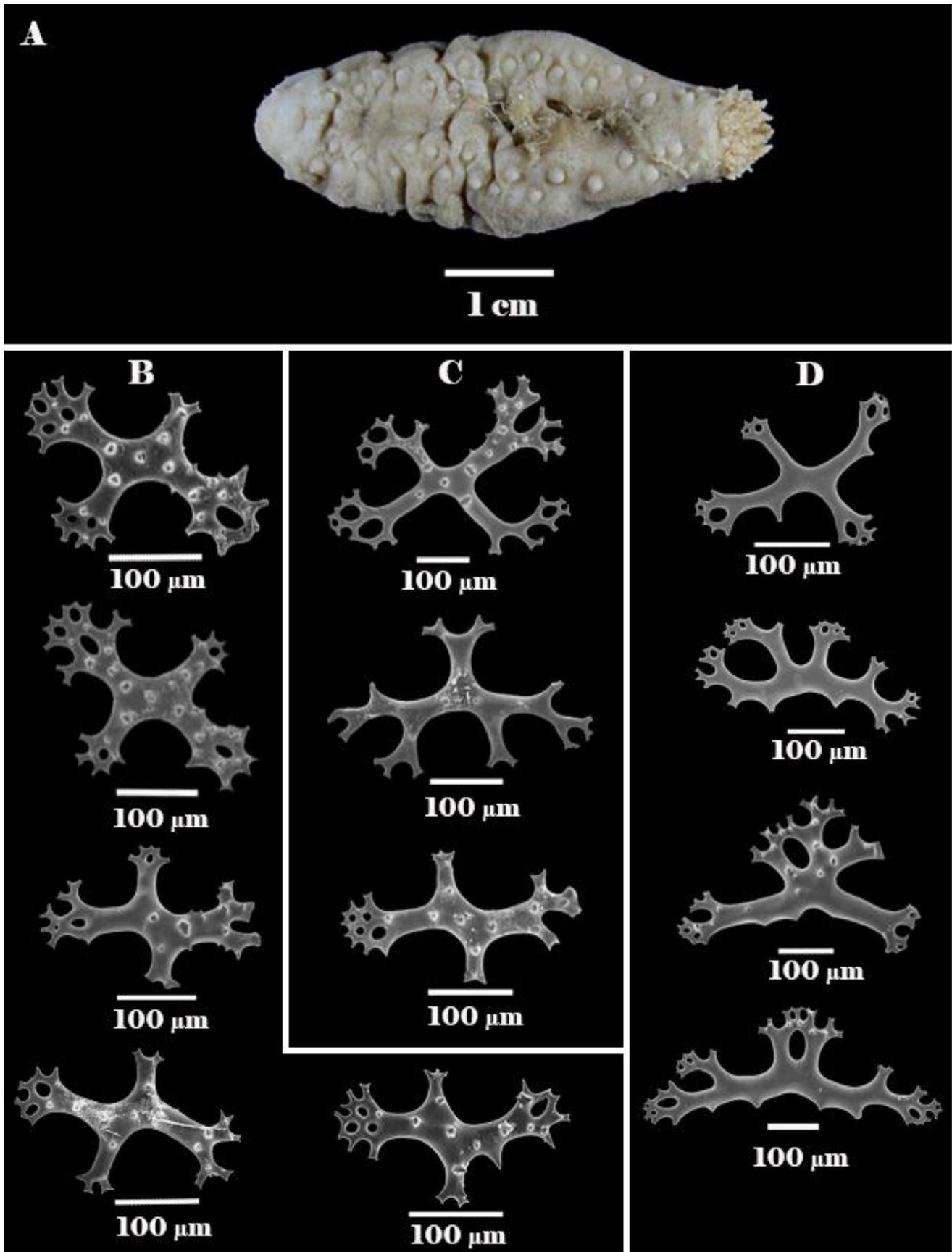


Lámina 18. *Abyssocucumis albatrossi* (Cherbonnier, 1941). (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas de la pared del cuerpo: (B) cruces espinosas del extremo posterior; (C) cruz y barras espinosas del extremo anterior. (D) Barras de los tentáculos (ICML-EMU-11501).

Ypsilocucumis californiae Massin & Hendrickx, 2011

Láminas 19 A-B, 20 A-B

Ypsilocucumis californiae Massin & Hendrickx, 2011: 421–422, figs. 7, 8 A-F, lám. 1 H.

Material examinado. 4 ejemplares.

TALUD XV Est. 20 (26°30'42"N; 113°56'0"W), 1 agosto 2012, 1 ejemplar (LT 150 mm, ancho 9.55 mm), 540–568 m de profundidad (ICML-EMU-11503). TALUD XVI-B Est. 5 (28°48'00"N, 115°24'06"W), 24 mayo 2014, 2 ejemplares (LT 150 y 100 mm, ancho 9.93 y 9.28 mm), 772–776 m de profundidad (ICML-EMU-11504); Est. 7, 29°21'12" N, 115°39'08" W), 31 mayo 2014, 1 ejemplar (LT 170 mm, ancho 12.27 mm), 710–750 m de profundidad (ICML-EMU-11505).

Descripción. Cuerpo semiesférico o con forma de “U”, ligeramente aplanado (lám. 19 A), cubierto por tablas y placas perforadas, organizadas en dos capas sobrepuestas como tejas de un techo (lám. 20 B); extremos anterior y posterior afilados. Perisoma áspero por las espiras de las placas que apuntan hacia afuera. Pies ambulacrales dispersos, pequeños y redondeados. Dos tentáculos largos, digitiformes y cubiertos por pequeños gránulos observados en el ejemplar de la estación 7 del TALUD XVI-B, en los ejemplares restantes éstos fueron contraídos al interior del cuerpo, todos los ejemplares con la corona de tentáculos igualmente contraída. Espículas que recubren el cuerpo similares en la región dorsal y ventral; placas en los extremos terminales más pequeñas y sin espira. Tablas anchas, de base perforada (lám. 19 B, I, II, VI) y una espira excéntrica, cónica, muy larga y hecha de una red de barras (lám. 20 A, I). Entre varias tablas grandes, a manera de unión, placas pequeñas ovales, semicuadradas o con forma de dedal carentes de espira (lám. 19 B, III–V, VII–X). Tentáculos con barras curvas perforadas en los extremos y con pequeños dientes en el margen (lám. 20 A, II).

Coloración. Blanco.

Material tipo. Holotipo, ICML-EMU-8613 (1 ejemplar, TALUD VI, Est. 26, 24°56'17"N, 109°6'39"W, 1190–1270 m, 3.7°C, 1.4 ml/l O₂). Paratipos, ICML-EMU-8614 (2 ejemplares, Est. 11 TALUD VIII, 24°54'24"N, 110°25'30"W, 920 m, 5 °C, 0.2 ml/l O₂); ICML-UNAM 5.177.0 (3 ejemplares, Est. 16 TALUD VIII, 25°24'48"N, 110°34'48"W, 1030 m, 5 °C, 0.2 ml/l O₂); IG 31487/HOL 1514 RBINS/HOL/738995 (2 ejemplares, Est. 3 TALUD X, 28°16'40"N, 112°35'10"W, 377–379 m, 10.52 °C, 1.05 ml/l O₂) (Massin & Hendrickx, 2011).

Localidad tipo. 24°56'17"N, 109°6'39"W, golfo de California (Massin & Hendrickx, 2011).

Distribución batimétrica global. De 377 a 1270 m (Massin & Hendrickx, 2011).

Distribución geográfica global. Centro y sur del golfo de California (Massin & Hendrickx, 2011) y costa oeste de la península de Baja California (presente estudio).

Comentario. Restos de algas o tejidos que no pertenecen al animal cubrían partes del cuerpo, debido a que se adhieren a éste por la disposición de las placas y las espiras de las placas.

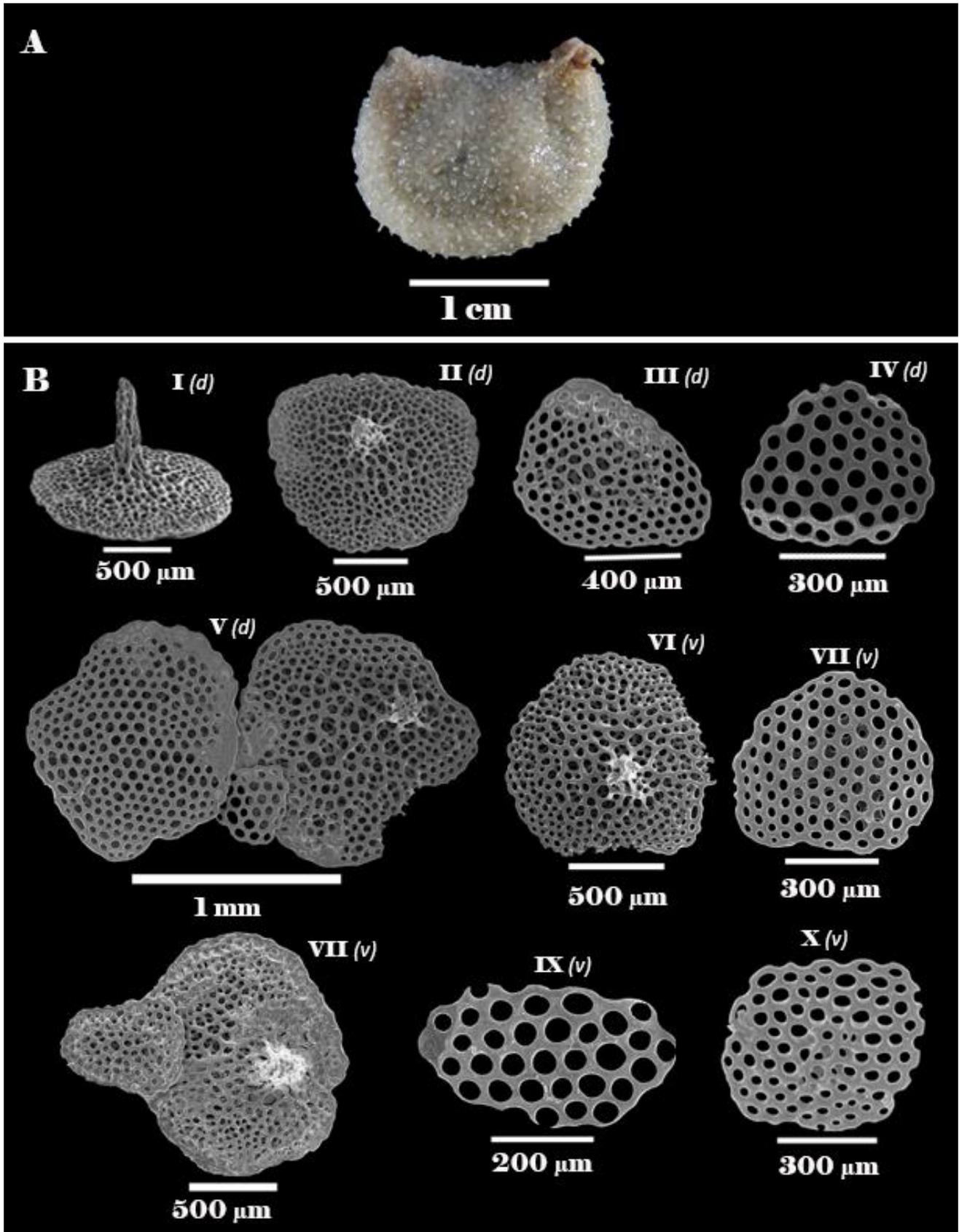


Lámina 19. *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011. (A) Morfología externa de un ejemplar preservado. Espículas de la pared del cuerpo: (B, I, II, VI) tablas perforadas con espira excéntrica, (B, III, IV, VII, IX, X) placas perforadas sin espira. (B V, VII) Arreglo de las tablas con espira y placas perforadas sobre el cuerpo (*d*= de la región dorsal, *v*= de la región ventral) (A: ICML-EMU-11505; B: ICML-EMU-11504).

Datos ambientales	
Profundidad	540–776 m
Temperatura	5.34–8.38 °C
Oxígeno disuelto	0.15–0.28 ml/l O ₂
Salinidad	34.42–34.51 ups
Arcillas	7.75–11.82 %
Limos	45.16–77.67 %
Arenas	11.09–47.08 %
Materia orgánica	5.47–8.95 %
Carbono orgánico	3.18–5.20 %
Densidad	2.63–3.94 inds/ha

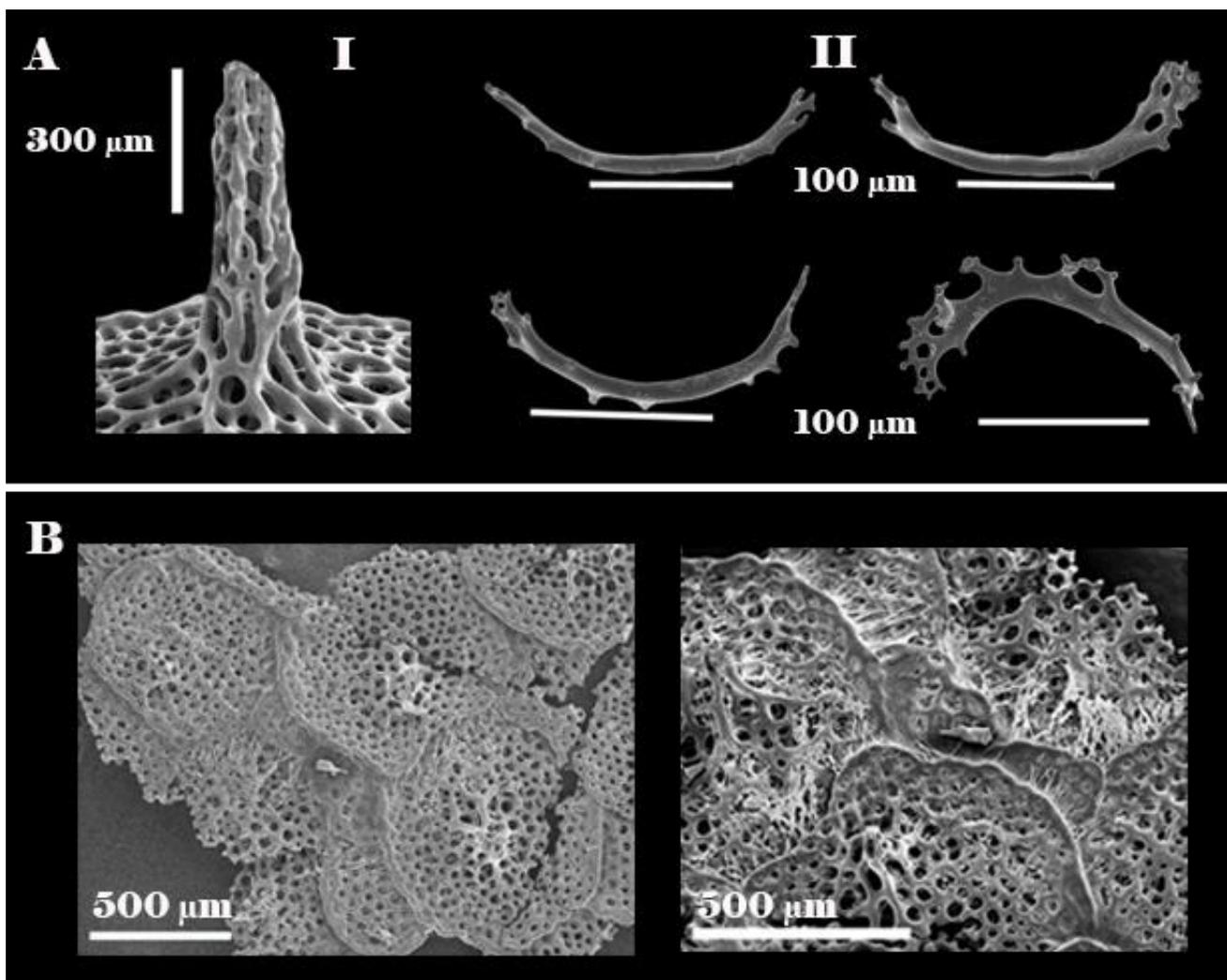


Lámina 20. *Ypsilocucumis californiae* Massin & Hendrickx, 2011. Espículas: (A, I) Espira de una tabla. (A, II) Barrotes de los tentáculos. (B) Acomodo de varias tablas y placas superpuestas (A, I: ICML-EMU-11504; A, 2: ICML-EMU-11505; B: ICML-EMU-11503).

ANEXOS

ANEXO 1. PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y TÉCNICA DE MEB.

1.1 Determinación de oxígeno disuelto por el método de Winkler

La descripción de la técnica ha sido tomada de Strickland & Parsons (1972).

Material y reactivos

- Bureta digital
- Botellas Winkler de 300 ml
- Matraces Erlenmeyer de 125 ml
- Pipetas
- Balones aforados de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml
- Vaso de precipitado de 1000 ml
- Sulfato de manganeso ($MnSO_4$)
- Solución yoduro-alcalina
- Ácido sulfúrico al 70%
- Solución de almidón al 3%
- Tiosulfato de sodio 1N ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)
- Solución estándar de yodato de potasio 0.01 N

Procedimiento y tratamiento de las muestras

Las muestras fueron tomadas de las botellas de la roseta siendo estas las primeras de todas las muestras en tomarse. Se colocó la botella Winkler en posición invertida sobre la manguera de caucho que presenta cada botella y procurando que la manguera llegara al fondo de la botella. Se abrieron la válvula superior de la botella y la de la manguera de caucho y se dejó correr el agua por las paredes internas de la botella alrededor de siete segundos para generar que el agua enjuagara la botella. Regresando la botella a una posición normal se permitió que la muestra se trasegara lentamente, introduciendo la manguera de caucho hasta el fondo de la botella y dejando que el agua rebosara. Luego la manguera se sacó lentamente.

Posteriormente se adicionó de forma rápida 2 ml de solución de sulfato de manganeso, para “fijar” el oxígeno de la muestra, para esto se colocó la punta del dosificador (o pipeta) bajo la superficie de modo que la salida del reactivo se ubicara cerca de la base del cuello de la botella, y 2 ml de solución yoduro-alcalina cuidando que la punta de la pipeta no se introdujera en el líquido sino que apenas tocara la superficie cerca del borde del matraz. Se le colocó el tapón a la botella, se agitó fuertemente y se dejó reposar por 15 minutos. Pasado este tiempo se agitó nuevamente la botella y se adicionaron a la muestra 2 ml de solución de ácido sulfúrico, éste se mezcló hasta la disolución del precipitado. Se continuó con otro período de reposo de 10 minutos, tras el cual se tomaron alícuotas de 50 ml por triplicado.

Se procedió con la titulación con solución de tiosulfato 0.01N hasta obtener en la muestra el color amarillo pálido. Se adicionaron dos gotas de solución de almidón y se continuó titulando hasta la desaparición del color azul y la obtención de una solución transparente. Fueron anotados los volúmenes de tiosulfato y se obtuvo un promedio de las tres submuestras.

1.2 Análisis granulométrico utilizando un difractor láser

La descripción de la técnica y las particularidades de los equipos fueron tomadas de Suárez-Mozo (2016).

Material y reactivos

- Balanza analítica Ohaus® modelo Voyager
- Plancha de calentamiento
- Granulómetro láser Malven® modelo Hydro 2000 MU
- Vasos de precipitados de 200 y 1000 ml
- Espátula
- Gotero
- H₂O₂ al 30% v/v
- Agua destilada

Procedimiento y tratamiento de las muestras

Se pesaron entre 0.130 y 0.150 g de cada muestra en un vaso de precipitados, a ésta se añadieron de 5 a 10 ml de H₂O₂ al 30% con la finalidad de eliminar la materia orgánica que contenían. Se secaron a 60 °C sobre la plancha hasta haberse evaporado el H₂O₂ y ya no se presentaran burbujas. Posteriormente, las muestras fueron lavadas con agua destilada y nuevamente se secaron sobre la plancha a la misma temperatura.

Una vez que el láser se había estabilizado, se encendió y programó el sistema de bombeo a una velocidad de 2500 y 3000 rpm. A través del programa MASTERIZER 2000-E se generó el archivo SOP (Standard Operating Procedure). Se introdujeron los datos generales de la muestra, se inició la calibración del equipo de forma automática y una vez que el equipo estaba limpio (cuando en el monitor apareció un gráfico mostrando una curva exponencial) se agregó la muestra diluida en agua destilada utilizando un gotero. Pasados 30 segundos se inició la lectura de las muestras. Entre cada lectura de muestras se limpiaron con agua destilada, como mínimo tres veces, tanto el equipo como el vaso que contenía la muestra analizada.

Las lecturas del granulómetro se obtuvieron como una curva exponencial inversa con el primer valor por debajo de 200.

1.3 Análisis de contenido de carbono orgánico oxidable por el método de Walkey-Black modificado de Jackson (1958)

La descripción de la técnica ha sido tomada de Loring & Rantala (1992) y las particularidades de los equipos fueron previamente citadas en el trabajo de Suárez-Mozo (2016).

Material y reactivos

- Pipetas automáticas 1 y 10 ml Nichipipette EX®
- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- Espátula
- Agitador magnético
- Plancha de calentamiento Thermo Scientific® modelo 2200
- Balanza analítica Ohaus® modelo Voyager
- Titulador Metrohm® modelo Dosimat
- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 0.5 N
- Solución de nitrato de plata (Ag_2NO_3) con ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85%
- Fluoruro de sodio (NaF) sólido
- Difenilamina como indicador
- Sulfato ferroso amoniacal [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$] 0.5 N
- Dextrosa ($C_6H_{12}O_{16}$) previamente secada en una estufa a 60°C por dos horas
- Agua mili-Q

Procedimiento y tratamiento de las muestras

Se colocaron 5 g de muestra de sedimento seco en un matraz Erlenmeyer de 500 ml al cual se agregaron 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 0.5 N y posteriormente 20 ml de solución de Ag_2NO_3 con H_2SO_4 [Loring & Rantala (1992) mencionan en la descripción de la técnica que la mezcla debe agitarse suavemente rotando el matraz por aproximadamente un minuto, y para asegurar la mezcla completa de los reactivos con el sedimento debe evitar salpicar los sedimentos en los lados del frasco fuera del contacto con los reactivos]. Se calentó la mezcla en una plancha a 140 °C durante 30 minutos. Una vez enfriada la muestra se agregaron 200 ml de agua mili-Q, 20 ml de H_3PO_4 al 85% y 0.2 g de NaF. Después se agregaron 15 gotas de difenilamina y se tituló con $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ 0.5 N, hasta obtener un viraje de color entre negro y verde brillante. Finalmente, se registraron los mililitros gastados de sulfato ferroso amoniacal. La curva de calibración se preparó utilizando dextrosa y a concentraciones de 0, 2.5, 5, 10 y 20 mg de carbono orgánico.

Nota: el color de la solución pasa de marrón verde opaco a verde sobre la adición de aproximadamente 10 ml de solución ferrosa. El color continuará cambiando después de la titulación a un gris azulado-negro; a este punto, la adición de 10-20 gotas de solución ferrosa cambiará el color a verde brillante, dando una gota el punto final.

Fórmula para el cálculo de los resultados

% materia orgánica (fácilmente oxidable) = $10(1-T/S) \times F$

Donde:

S = titulación en blanco de estandarización, ml de solución ferrosa

T = titulación en la muestra, ml de solución ferrosa

F = $(1.0 N) \times 12/4000 \times 1.72 \times 100/$ peso de la muestra

= 1.03 cuando el peso de la muestra es exactamente de 0.5 g; dónde 12/400 peso mili equivalente de carbón y 1.72 = factor de materia orgánica de carbón.

1.4 Técnica para la toma de fotografías de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

De un ejemplar representante de cada especie se tomaron muestras de tejido de aproximadamente 5 mm² de los principales órganos que contienen a las espículas, principalmente de la pared del cuerpo, tentáculos, pies ambulacrales, papilas y ornamentaciones.

Cada una de las muestras de tejido se colocó en un recipiente de cristal con fondo cóncavo de 2.5 cm x 2.5 cm de lado o en una caja de Petri pequeña. Se adicionaron de 2 a 3 gotas de hipoclorito de sodio (cloro comercial) a la muestra y se dejó reposar entre 10 y 15 minutos hasta que el tejido estaba casi totalmente disuelto dejando visibles a las espículas. Posteriormente, el cloro y los restos de tejido se extrajeron con una pipeta, la muestra con espículas fue lavada hasta dos veces con agua destilada y posteriormente con alcohol etílico a concentraciones graduales de 50, 70, 80 y 100 %. Antes de cada lavado con alcohol se retiró con una pipeta el exceso de agua destilada y alcohol de la concentración anterior. Una vez que se extrajo el último lavado en alcohol etílico al 100%, o que éste se evaporó casi en su totalidad, se procedió al montaje sobre placas de carbón que eran sostenidas por un portamuestras metálico para microscopía electrónica.

Para el montaje se tomó de una por una las espículas con una aguja o pincel de un pelo (recomendable usar agujas entomológicas o las utilizadas en acupuntura) y éstas se pasaron del recipiente de cristal al portamuestras de metal. Finalmente, una vez realizado el montaje se procedió al recubrimiento en oro de las muestras en el Ionizador Polaron E300, a 2.5 KV por tres minutos.

ANEXO 2. PARÁMETROS AMBIENTALES REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE LOS CRUCEROS TALUD XV, XVI Y XVI-B

Estaciones	Profundidad media (m)	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (ml/l O ₂)	% de materia orgánica	% de carbono orgánico	% de arcillas	% de limos	% de arenas	Estación con holoturias
TALUD XV										
1	800	34.54	5.75	0.11	6.77	3.93	13.37	67.94	18.69	SI
2	1134	34.59	3.75	0.5	2.07	1.20	3.61	21.59	74.81	SI
5F	1071.5	34.61	3.5	0.61	4.05	2.36	7.43	45.61	46.96	SI
8	1223.5	34.6	3.44	0.65	6.10	3.54	8.48	61.92	29.59	SI
9	1459.5	34.63	2.93	0.97	3.52	2.05	9.00	54.82	36.18	SI
20	554	34.51	8.38	0.15	5.47	3.18	7.75	45.16	47.08	SI
3	1430	34.63	3.02	0.9	/	/	/	/	/	NO
5A	615.5	34.55	6.82	0.006	23.85	13.87	14.26	75.09	10.65	NO
5C	1008	34.56	4.71	0.22	2.08	1.21	5.73	33.72	60.56	NO
5D	657.5	34.55	6.15	0.08	10.03	5.83	5.99	82.96	11.04	NO
5E	951	34.57	4.36	0.29	/	/	/	/	/	NO
6	304	34.7	10.6	0.05	5.04	2.93	5.18	79.95	14.88	NO
7	534	34.59	8.49	0.06	/	/	/	/	/	NO
10	2106.5	34.68	2.06	1.73	/	/	/	/	/	NO
13	1227.5	34.57	3.98	0.44	8.70	5.06	11.33	80.31	8.36	NO
15	1277.5	34.59	3.51	0.62	9.35	5.44	14.00	82.92	3.08	NO
16	1790	34.63	2.77	1.07	6.53	3.80	14.30	82.17	3.53	NO
17	2123.5	34.67	2.15	1.62	7.64	4.44	16.21	80.97	2.82	NO
18	1516	34.63	2.93	0.95	1.90	1.11	3.47	18.35	78.18	NO
19	1409	34.61	3.22	0.78	6.41	64.13	13.45	80.63	5.92	NO
23	577.5	34.47	6.44	0.068	5.13	2.98	6.82	46.56	46.62	NO
24	779	34.53	5.24	0.12	5.60	3.26	7.95	56.52	35.53	NO

25	1444	34.63	2.81	1.02	8.50	4.94	15.47	79.14	5.39	NO
26	985.5	34.66	2.26	1.5	9.68	5.63	14.81	80.34	4.85	NO
TALUD XVI										
3	1402.5	34.56	3.14	0.92	/	/	/	/	/	NO
TALUD XVI-B										
4	1260.5	34.53	3.4	0.76	9.78	5.68	3.39	87.08	9.53	SI
5	774	34.42	5.34	0.22	8.95	5.20	11.82	72.65	15.53	SI
6	1053	34.47	4.38	0.4	7.45	4.33	12.08	82.58	5.34	SI
7	730	34.44	5.81	0.28	7.27	4.23	11.23	77.67	11.09	SI
9	1854	34.61	2.31	1.52	7.16	4.16	15.50	84.50	0.00	SI
10	885	34.43	5.02	0.25	2.27	1.32	5.42	31.62	62.96	SI *
15	2028	34.62	2.26	1.6	7.86	4.57	10.87	86.97	2.16	SI
16	1392.5	34.56	3.14	0.97	7.01	4.08	11.94	82.61	5.45	SI
17	754	34.42	5.33	0.25	3.08	1.79	3.65	40.93	55.43	SI
18	762.5	34.4	5.48	0.23	6.63	3.86	8.96	84.46	6.58	SI
19	1409	34.55	3.16	0.9	6.81	3.96	11.07	84.62	4.31	SI
20	2082.5	34.61	2.37	1.47	4.48	2.60	12.53	86.29	1.18	SI
21	2055.5	34.6	2.43	1.43	3.81	2.21	12.54	86.38	1.08	SI
22	1520	34.56	3.05	0.96	2.30	1.34	5.56	59.97	34.47	SI
23	1318	34.54	3.15	0.76	5.64	3.28	11.07	79.46	9.47	SI
26	985.5	34.48	4.17	0.48	6.37	3.70	9.47	83.26	7.27	SI
27	1395.5	34.54	3.32	0.78	6.32	3.68	12.58	84.99	2.44	SI
28	1496.5	34.55	3.11	0.93	/	/	/	/	/	SI
1	2046	34.63	2.1	1.83	6.29	3.66	10.51	52.11	37.38	NO
3	1357.5	34.54	3.4	0.78	3.14	1.82	2.59	64.72	32.69	NO
8	1448	34.55	3.14	0.9	9.26	5.38	11.79	84.89	3.32	NO
11	1688.5	34.59	2.62	1.26	5.98	3.47	13.91	85.63	0.46	NO
25	810.5	34.4	5.26	0.25	7.17	4.17	10.36	87.51	2.13	NO

Nota: El único ejemplar que fue recuperado en la estación 10 TALUD XVI-B se obtuvo con una muestra de núcleo. Las filas marcadas en azul corresponden a las estaciones donde se recolectaron holoturias..

ANEXO 3. LISTADO DE ESPECIES CON SUS CORRESPONDIENTES PARÁMETROS AMBIENTALES

Familia	Género	Especie	Organismos	Crucero	Estaciones	Profundidad (m)	S	Temperatura (°C)	ml O ₂ /l	% arcillas	% limos	%arenas	% C.O.	% M.O.
Synallactidae	<i>Synallactes</i>	<i>alexandri</i>	1	XV	1	750 -850	34.54	5.75	0.11	13.37	67.94	18.69	3.93	6.77
Synallactidae	<i>Synallactes</i>	<i>virgulasolida</i>	121	XVI-B	5,6,7,17,18,26	710 - 1102	34.40 - 34.48	4.17 - 5.81	0.22 - 0.48	3.65- 12.08	40.93- 84.46	5.34 - 55.430	1.79 - 5.20	3.08 - 8.95
Synallactidae	<i>Bathyploetes</i>	sp.	1	XVI-B	5	772 - 777	34.42	5.34	0.22	11.82	72.65	15.53	5.2	8.95
Synallactidae	Indeterminado	Indeterminado	1	XVI-B	4	1237 - 1284	34.53	3.40	0.76	3.39	87.08	9.53	5.68	9.78
Pseudostichopodidae	<i>Pseudostichopus</i>	<i>mollis</i>	69	XVI-B	9,15,20,21,27,28	1394 - 2093	34.54 - 34.62	2.26 - 3.32	0.78 - 1.60	10.87 - 15.50	84.50 - 86.97	0.00 - 2.44	2.21 - 4.57	3.81 - 7.86
Indeterminado (orden Persiculida)	Indeterminado	Indeterminado	23	XVI-B	23,27	1296 - 1397	34.54	3.15 - 3.32	0.76 - 0.78	11.07 - 12.58	79.46 - 84.99	2.44 - 9.47	3.28 - 3.68	5.64 - 6.32
Laetmogonidae	<i>Laetmogone</i>	<i>scotoeides</i>	2	XV	5F,9	1035- 1494	34.61 - 34.63	2.93 - 3.5	0.61 - 0.97	7.43 - 9.00	45.61 - 54.82	36.18 - 46.96	2.05 - 2.36	3.52 - 4.05
Laetmogonidae	<i>Laetmogone</i>	<i>scotoeides</i>	10	XVI-B	23,27	1296 - 1397	34.54	3.15 - 3.32	0.76 - 0.78	11.07 - 12.58	79.46 - 84.99	2.44 - 9.47	3.28 - 3.68	5.64 - 6.32
Laetmogonidae	<i>Pannychia</i>	<i>moseleyi</i>	3	XV	2,8	1118 - 1235	34.59 - 34.60	3.44 - 3.75	0.50 - 0.65	3.61 - 8.48	21.59 - 61.92	29.59 - 74.81	1.2 - 3.54	2.07 - 6.1
Laetmogonidae	<i>Pannychia</i>	<i>moseleyi</i>	620	XI-B	5,6,7,17,18,19,22,23,27	710 - 1560	34.40 - 34.56	3.05 - 5.81	0.22 - 0.96	3.65 - 12.58	40.93 - 84.99	4.31 - 55.43	1.79 - 5.20	2.3 - 8.95
Psychropotidae	<i>Benthodytes</i>	<i>sanguinolenta</i>	8	XI-B	15,20,21	2010 - 2093	34.60 - 34.62	2.26 - 2.43	1.43 - 1.6	10.87 - 12.54	86.29 - 86.97	1.08 - 2.16	2.21 - 4.57	3.81 - 7.86
Psychropotidae	<i>Benthodytes</i>	sp. (morfortipo 1)	19	XI-B	19,23,27	1318 - 1409	34.54 - 34.56	3.14 - 3.32	0.76 - 0.97	11.07 - 11.94	79.46 - 84.99	4.31 - 9.47	3.28 - 4.08	5.64 - 6.81
Psychropotidae	<i>Benthodytes</i>	sp. (morfortipo 2)	6	XI-B	16	1360 - 1425	34.56	3.14	0.97	11.94	82.61	5.45	4.08	7.01
Elpidiidae	<i>Scotoplanes</i>	<i>theeli</i>	3	XI-B	19,27	1385- 1433	34.54 - 34.55	3.16 - 3.32	0.78 - 0.90	11.07 - 12.58	84.62 - 84.99	2.44 - 4.31	3.68 - 3.96	6.32 - 6.81
Elpidiidae	<i>Peniagone</i>	sp.	2	XI-B	15	2010 - 2046	34.62	2.26	1.6	10.87	86.97	2.16	4.57	7.86
Mesothuriidae	<i>Mesothuria</i>	sp.	1	XVI-B	10	860 - 910	34.43	5.02	0.25	5.42	31.62	62.96	1.32	2.27
Caudinidae	<i>Molpadia</i>	<i>intermedia</i>	1	XI-B	5	772 - 777	34.42	5.34	0.22	11.82	72.65	15.53	5.20	8.95
Caudinidae	<i>Molpadia</i>	<i>musculus</i>	1	XV	1	750 - 850	34.54	5.75	0.11	13.37	67.94	18.69	2.63	6.77
Caudinidae	<i>Molpadia</i>	<i>musculus</i>	1	XI-B	5	772 - 777	34.42	5.34	0.22	11.82	72.65	15.53	1.75	8.95
Cucumariidae	<i>Abyssocucumis</i>	<i>albatrossi</i>	305	XVI-B	9,15,20,21	1848- 2093	34.60 - 34.62	2.26 - 2.43	1.43 - 1.60	10.87 - 15.50	84.50 - 86.97	0.00 - 2.16	2.21 - 4.57	3.81 - 7.86
Ypsilothuriidae	<i>Ypsilocucumis</i>	<i>californiae</i>	3	XVI-B	5,7	710 - 776	34.42 - 34.44	5.34 - 5.81	0.22 - 0.28	11.23 - 11.82	72.65 - 77.67	11.09 - 15.53	4.23 - 5.20	7.27 - 8.95
Ypsilothuriidae	<i>Ypsilocucumis</i>	<i>californiae</i>	1	XV	20	540 - 568	34.51	8.38	0.15	7.75	45.16	47.08	3.18	5.47

ANEXO 4. VALORES USADOS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD; FRECUENCIA DE APARICIÓN, DENSIDAD Y FRECUENCIAS RELATIVAS POR ESPECIE.

Estación	Velocidad (m/h)	Tiempo arrastre (h)	Anchura (m)	Área barrida (m ²)	No. individuos	Densidad (inds/ha)	Densidad por especie (inds/ha)	Densidad relativa %	Frecuencia de aparición	Frecuencia relativa %
<i>Synallactes virgulasolida</i>										
T.XVI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	37	64.77	293.03	9.1008	11.54	
T.XVI-B st.6	3241	0.5	2.35	3808.18	59	154.93				
T.XVI-B st.7	3241	0.333	2.35	2536.24	1	3.94				
T.XVI-B st.17	3241	0.416	2.35	3168.40	12	37.87				
T.XVI-B st.18	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63				
T.XVI-B st.26	3241	0.5	2.35	3808.18	11	28.89				
<i>Synallactes alexandri</i>										
T.XV st. 1	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	2.63	0.0816	0.02325581	1.92
<i>Bathyploetes sp.</i>										
T.VXI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	1	1.75	1.75	0.0544	0.02325581	1.92
<i>Pseudostichopus mollis</i>										
T.XVI-B st.9	3241	0.75	2.35	5712.26	25	43.77	133.92	4.1593	0.13953488	11.54
T.XVI-B st.15	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63				
T.XVI-B st.20	3241	0.5	2.35	3808.18	15	39.39				
T.XVI-B st.21	3241	0.75	2.35	5712.26	23	40.26				
T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25				
T.XVI-B st.28	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63				
<i>Persiculida</i>										
T.XVI-B st.23	3241	0.5	2.35	3808.18	3	7.88	60.40	1.8758	0.04651163	3.85
T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	20	52.52				
<i>Laetmogone scotoeides</i>										
T.XV st.5F	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	30.64	0.9515	0.09302326	7.69

T.XV st.9	3241	0.75	2.35	5712.26	1	1.75				
T.XVI-B st.23	3241	0.5	2.35	3808.18	9	23.63				
T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63				
<i>Pannychia moseleyi</i>										
T.XV st.2	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	1866.35	57.9644	0.25581395	21.15
T.XV st.8	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25				
T.XVI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	2	3.50				
T.XVI-B st.6	3241	0.5	2.35	3808.18	30	78.78				
T.XVI-B st.7	3241	0.333	2.35	2536.24	1	3.94				
T.XVI-B st.17	3241	0.416	2.35	3168.40	366	1155.16				
T.XVI-B st.18	3241	0.5	2.35	3808.18	22	57.77				
T.XVI-B st.19	3241	0.5	2.35	3808.18	25	65.65				
T.XVI-B st.22	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25				
T.XVI-B st.23	3241	0.5	2.35	3808.18	185	485.80				
T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63				
<i>Benthodytes sp. (morfortipo 2)</i>										
T.XVI-B st.16	3241	0.5	2.35	3808.18	6	15.76	15.76	0.4893	0.02325581	1.92
<i>Benthodytes sp. (morfortipo 1)</i>										
T.XVI-B st.19	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25	49.89	1.5495	0.06976744	5.77
T.XVI-B st.23	3241	0.5	2.35	3808.18	5	13.13				
T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	12	31.51				
<i>Benthodytes sanguinolenta</i>										
T.XVI-B st.15	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	17.51	0.5437	0.06976744	5.77
T.XVI-B, st.20	3241	0.5	2.35	3808.18	3	7.88				
T.XVI-B, st.21	3241	0.75	2.35	5712.26	4	7.00				
<i>Peniagone sp.</i>										
T.XVI-B st.15	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25	5.25	0.1631	0.02325581	1.92
<i>Scotoplanes theeli</i>										
T.XVI-B st.19	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	7.88	0.2447	0.04651163	3.85

T.XVI-B st.27	3241	0.5	2.35	3808.18	2	5.25				
<i>Molpadia intermedia</i>										
T.XVI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	1	1.75	1.75	0.0544	0.02325581	1.92
<i>Molpadia musculus</i>										
T.XV st.1	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	4.38	0.1359	0.04651163	3.85
T.XVI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	1	1.75				
<i>Abyssocucumis albatrossi</i>										
T.XVI-B st.9	3241	0.75	2.35	5712.26	17	29.76	716.88	22.2645	0.09302326	7.69
T.XVI-B st.20	3241	0.5	2.35	3808.18	201	527.81				
T.XVI-B st.21	3241	0.75	2.35	5712.26	79	138.30				
T.XVI-B st.15	3241	0.5	2.35	3808.18	8	21.01				
<i>Ypsilocucumis californiae</i>										
T.XV st.20	3241	0.5	2.35	3808.18	1	2.63	10.07	0.3128	0.06976744	5.77
T.XVI-B st.5	3241	0.75	2.35	5712.26	2	3.50				
T.XVI-B st.7	3241	0.333	2.35	2536.24	1	3.94				
<i>Synallactidae</i>										
T.VXI-B st.4	3241	0.75	2.35	5712.26	1	1.75	1.75	0.0544	0.02325581	1.92
				Sumatorias	1213.00	3219.82	3219.82	100.000	1.20930233	100.0000

ANEXO 5. VALORES DE DENSIDAD (INDS/HA) POR ESTACIÓN DONDE SE PRESENTÓ CADA UNA DE LAS ESPECIES DE HOLOTURIAS.

	TALUD XVI-B (zona norte)																TALUD XV (zona sur)						
Estaciones	5	7	17	18	4	6	26	16	19	22	23	27	28	9	15	20	21	1	20	2	8	5F	9
Profundidad en metros	774	730	754	762.5	1260.5	1053	985.5	1392.5	1409	1520	1318	1395.5	1496.5	1854	2028	2082.5	2055.5	800	554	1134	1071.5	1223.5	1459.5
<i>Synallactes alexandri</i>																		2.63					
<i>Synallactes virgulasolida</i>	64.77	3.94	37.87	2.63		154.93	28.89																
<i>Bathyplores</i> sp.	1.75																						
Indeterminado-Synallactidae					1.75																		
<i>Pseudostichopus mollis</i>												5.25	2.63	43.77	2.63	39.39	40.26						
Indeterminado-Persiculida											7.88	52.52											
<i>Laetmogone scotoeides</i>											23.63	2.63										2.63	1.75
<i>Pannychia moseleyi</i>	3.50	3.94	1155.16	57.77		78.78			65.65	5.25	485.80	2.63								2.63	5.25		
<i>Benthodytes sanguinolenta</i>															2.63	7.88	7.00						
<i>Benthodytes</i> sp. (morfortipo 1)									5.25		13.13	31.51											
<i>Benthodytes</i> (morfortipo 2)								15.76															
<i>Peniagone</i> sp.															5.25								
<i>Scotoplanes theeli</i>									2.63			5.25											
<i>Molpadia intermedia</i>	1.75																						
<i>Molpadia musculus</i>	1.75																	2.63					
<i>Abyssocucumis albatrossi</i>														29.76	21.01	527.81	138.30						
<i>Ypsilocucumis californiae</i>	3.50	3.94																	2.63				
Densidad total (inds/ha) por estación	77.02	11.82	1193.03	60.4	1.75	233.71	28.89	15.76	73.53	5.25	530.44	99.79	2.63	73.53	31.52	575.08	185.56	5.26	2.63	2.63	5.25	2.63	1.75

Nota:

Estaciones marcadas en azul corresponden al estrato 1 (de 552 a 900 m), marcadas en verde corresponden al estrato 2 (de 901 a 1300 m), marcadas en rosa corresponden al estrato 3 (de 1301 a 1700 m) y marcadas en naranja corresponden al estrato 4 (de 1701 a 2100 m).

ANEXO 6. GLOSARIO

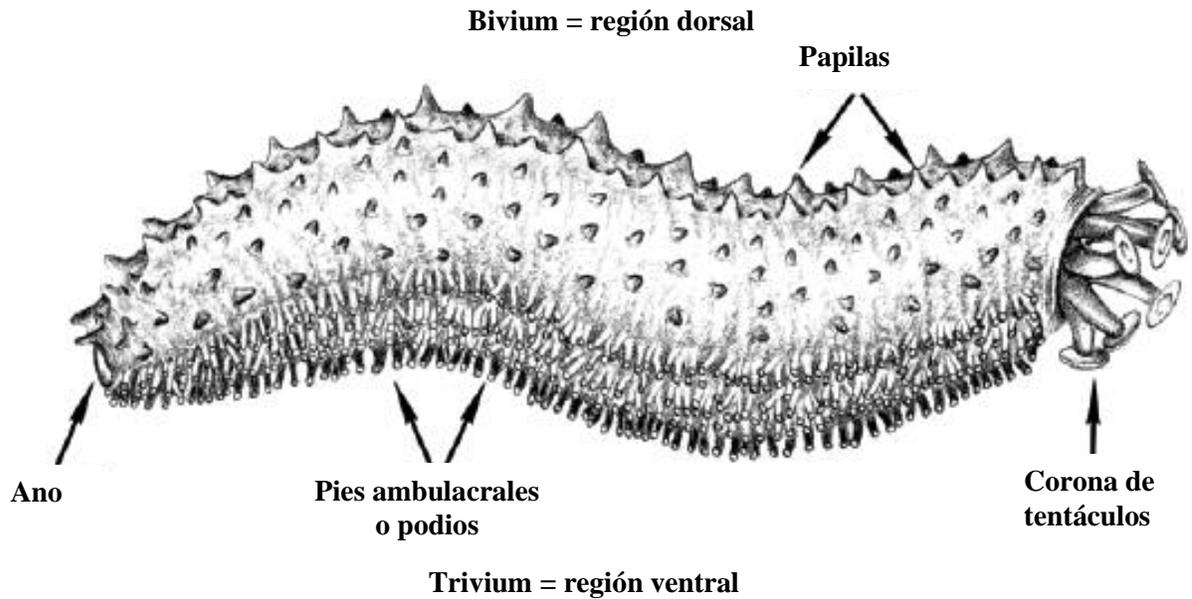


Figura I. Anatomía externa de una holoturia (modificada de Samyn *et al.*, 2006).

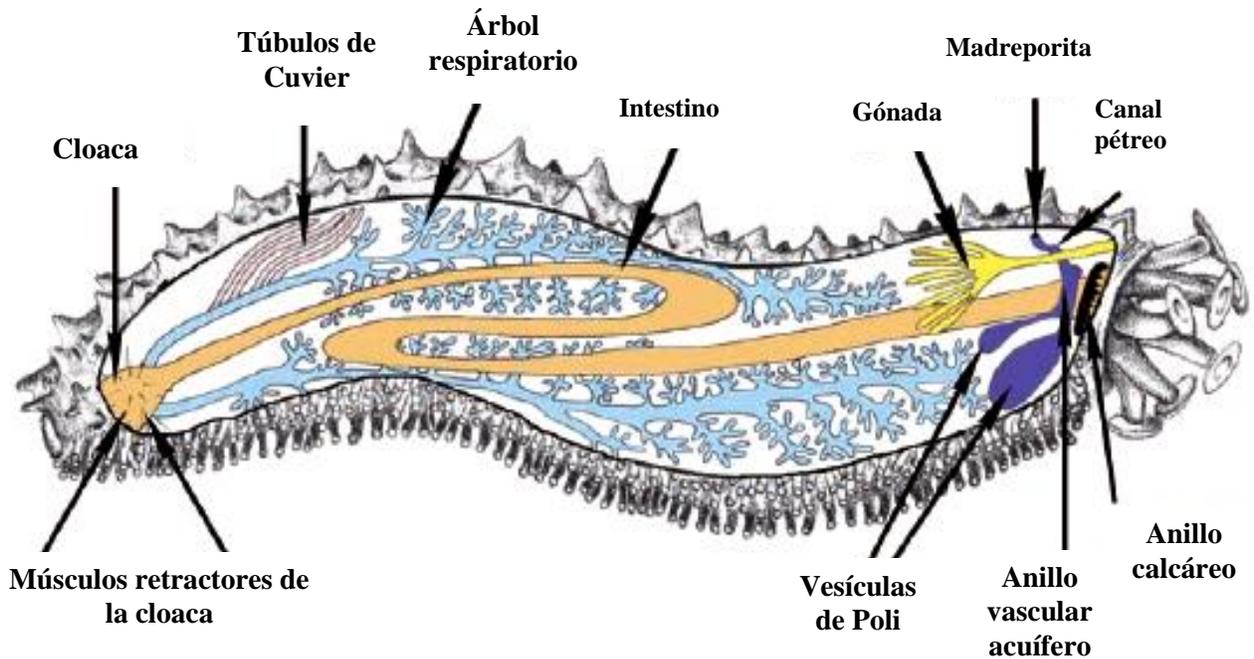


Figura II. Anatomía interna de una holoturia (modificada de Samyn *et al.*, 2006).

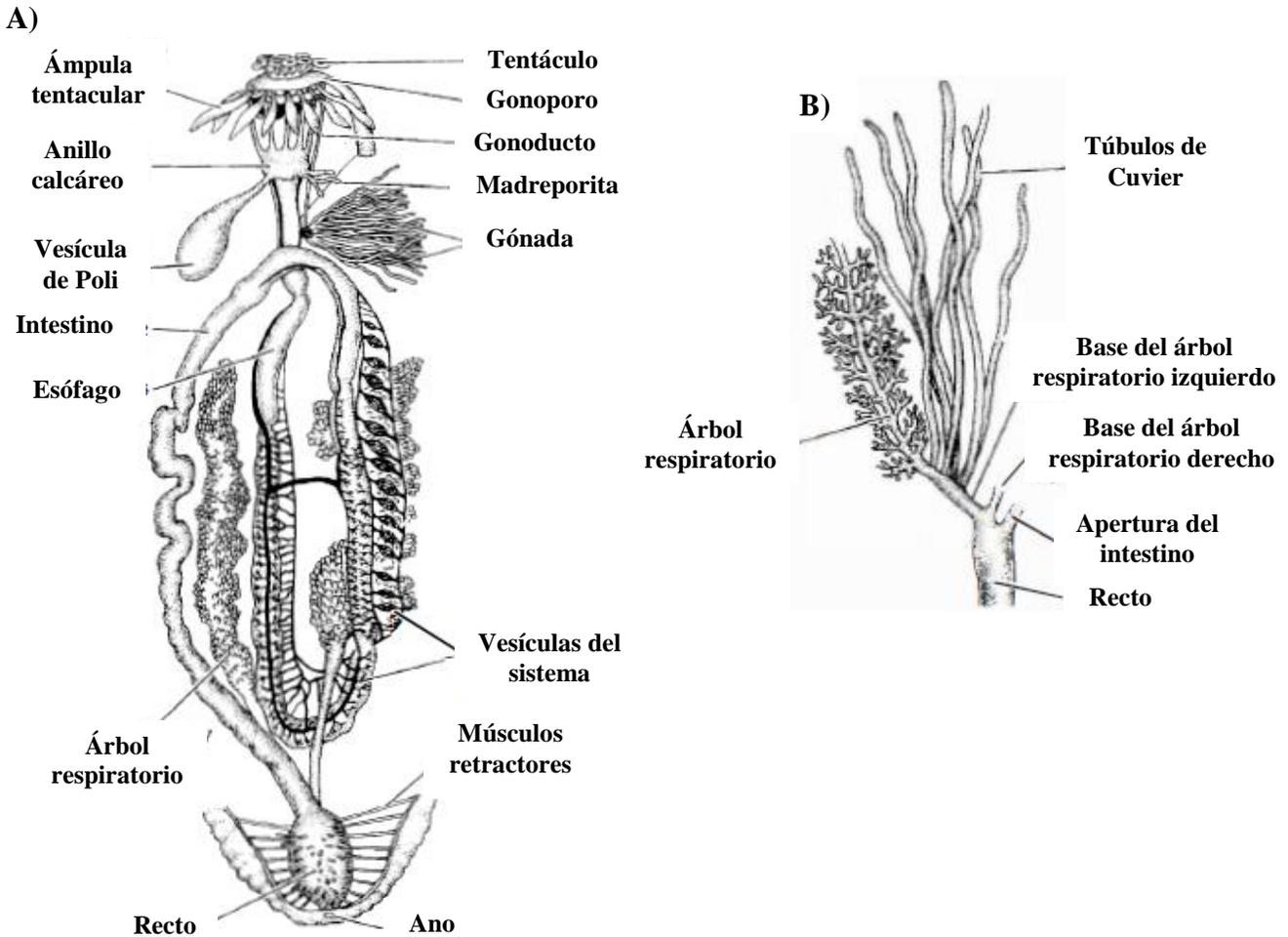


Figura III. (A) Órganos internos de una holoturia y (B) árboles respiratorios y túbulos de Cuvier en *Holothuria impatiens* (modificada de Brusca & Brusca, 2003).

Los términos abajo descritos están basados en la información que presentan los trabajos de Cherbonnier (1988), Borrero-Pérez *et al.* (2012) y Brusca & Brusca (2003).

Ambulacros. Cinco secciones de la pared del cuerpo que corren longitudinalmente. Cada ambulacro se constituye por músculos longitudinales, un nervio y un canal del sistema vascular acuífero. En algunas especies (por ejemplo de géneros de la familia Cucumariidae) la distribución de los pies ambulacrales se restringe a estas cinco secciones. También son nombrados radios.

Ámpulas tentaculares. En los aspidoquirótidos, vesículas de tamaño variable que permiten la turgencia o extensión de los tentáculos.

Anillo calcáreo. Corona calcárea faríngea formada generalmente de cinco piezas radiales y cinco interradales. Es una zona de inserción anterior para los músculos longitudinales de la pared del cuerpo y los músculos retractores de los tentáculos.

Anillo cartilaginoso. Entre los sínaptidos, corona no calcificada que rodea, y a menudo enmascara, al anillo calcáreo, o se encuentra en la base de este.

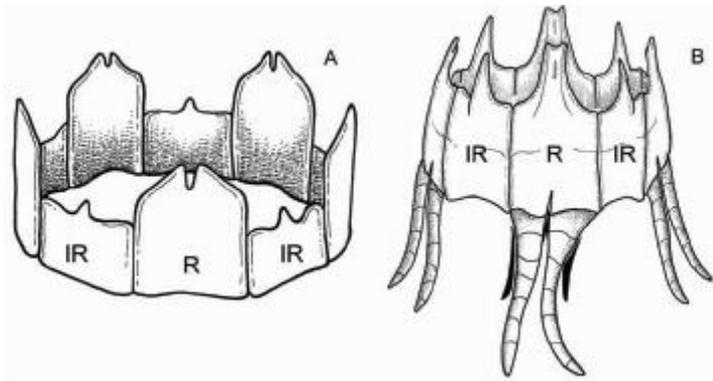


Figura IV. Tipos de anillo calcáreo: A) anillo simple, sin prolongaciones posteriores; B) anillo complejo, con prolongaciones posteriores y piezas que lo forman: radiales (R) e interradales (IR) (tomado de Samyn *et al.*, 2006).

Anillo vascular acuífero. Anillo oral del sistema vascular acuífero localizado en la base de la corona tentacular, a partir del cual se originan las vesículas de Poli, el canal pétreo y los canales radiales.

Ano. Extremidad posterior terminal, subdorsal o dorsal, que se abre al intestino.

Árboles respiratorios. Estructuras ramificadas, con apariencia de mechones, con abertura en la parte anterior de la cloaca, se localizan en la cavidad celómica, a la derecha y/o a la izquierda del tubo digestivo. Tienen como función el intercambio de gases.

Bivium. Parte dorsal del tronco del animal, comprende dos radios y tres interradales.

Canal pétreo. Tubo corto que se localiza en la parte dorsal del anillo vascular acuífero, en la parte terminal presenta una placa madreporica (o madreporita) generalmente calcificada. También llamado canal hidropóro.

Cloaca. Bolsa anal que se abre en su extremo anterior al intestino.

Dientes calcáreos. Papilas calcificadas que algunas veces se encuentran rodeando el ano.

Espículas (u osículos). Estructuras calcáreas embebidas en la pared del cuerpo, pies ambulacrales, papilas, tentáculos, y algunos órganos internos (músculos longitudinales, músculos transversales, músculos retractores de la cloaca, árboles respiratorios y gónadas). Las principales formas son:

- Ancla. Forma típica entre los sináptidos.
- Barrotes. Pueden ser lisos, espinosos, simples o ramificados, comunes en las papilas, podios y tentáculos.
- Botón. Placa de redonda a ovalada, perforada, de superficie lisa o nodulosa.
- Canasta. Aproximadamente medio cuerpo esférico, perforada, hueca, de borde liso o dentado.
- Cuerpo sigmoideo. Cuerpo tridimensional en forma de "S" torcida que se presenta en el orden Chiridotida.
- Elipsoide fenestrado. Botón transformado tridimensionalmente, a menudo en forma de esfera perforada, con o sin trabéculas y anastomosis internas.
- Ganchos sigmoides. Espícula en forma de barrotes con las puntas curvadas. Presente en especies del orden Apodida.
- Gránulos calcáreos. Minúsculos granos calcáreos a menudo sobre el tegumento de algunas especies de la familia Stichopodidae.
- Nódulo. Pequeñas embotaduras que pueden presentarse en la superficie de los botones o el disco de las torres.

- Placa de anclaje. Dentro de los Sinápticos, placa multiperforada que sostiene al ancla.
- Placa perforada. Placa multiperforada, enrejada, de diversas formas: trirradiadas, triangulares, alargadas u ovaladas. Un tipo de placa perforada amplia y redonda se encuentra en los pies ambulacrales y da soporte al disco suctor (o ventosa) de estos, también mencionado por algunos autores como disco calcáreo.
- Placas oblongas. Placas más largas que anchas.
- Roseta. Espícula muy rizada, los rizos en la espícula crean perforaciones en toda su superficie o en la periferia. De borde festoneado o ramificados, si es ramificado las ramas frecuentemente son dicotómicas o muy elaboradas.
- Rueda: cuerpo circular, de su región central hacia la periferia pueden surgir diferente número de rayos. El margen puede ser liso o con ornamentaciones como dientes puntiagudos o redondeados.
- Torre. Formadas por una base que sostiene a una espira o fuste. La base puede ser amplia o reducida, circular, cuadrada, ovalada, en forma de cruz o como espinas que se proyectan perpendicularmente a la espira, perforada, lisa o nodulosa. Espira de formas y tamaños variables.

Gónadas. Mechón de tubos ramificados o no ramificados, que contiene a los gametos sexuales, situados en un lado solamente o a ambos lados del interrradio dorsal.

Interambulacro o interrradio. Una de las cinco zonas entre los radios sobre la que pueden o no encontrarse pies ambulacrales o papilas.

Introverso. Parte invaginable de la pared del cuerpo que se ubica por debajo de la corona de tentáculos y permite la inversión de esta. Presente en el orden Dendrochirotida.

Madreporita. Estructura del sistema vascular acuífero a manera de rejilla que permite el intercambio gaseoso mediante el paso de agua de mar, es sostenida por un canal pétreo y comunica a la cavidad celómica. En la clase Holothuroidea, a diferencia de las otras clases del *phylum*, no tiene una salida al exterior del cuerpo.

Mesenterio. Delicada membrana que soporta al intestino.

Músculo longitudinal. Uno de cinco músculos radiales que corren desde la boca hasta el ano.

Músculo retractor. Dentro de los dendroquirótidos, músculo que conecta cada pieza radial de la corona calcárea al músculo longitudinal correspondiente. Los cinco músculos presentes en una holoturia permiten la retracción del introverso y los tentáculos.

Papila. Pie ambulacral modificado, sin ventosa ni disco calcáreo. Generalmente se ubican en las partes dorsal y/o laterales del animal.

Perisoma. Tejido más externo en el cuerpo de un invertebrado.

Pies ambulacrales (o podios). Pequeños apéndices retráctiles, cilíndricos, con una ventosa en la parte terminal sostenida o no por un disco calcáreo. En general en los equinodermos representan estructuras especializadas para el desplazamiento, adherencia al sustrato, excavación, respiración, manipulación de objetos, alimentación y percepción sensorial o una combinación de tareas.

Radio. Cada una de cinco secciones que va desde la boca hasta el ano, y se hace visible externamente al estar cubierto de hileras de pies o papilas. En conjunto dividen longitudinalmente al cuerpo del animal en partes iguales.

Sistema vascular acuífero. Integrado por un canal anular, el cual rodea al esófago y conecta con uno o varios canales pétreos, y por cinco canales radiales. El canal anular también da origen a sacos ciegos denominados vesículas de Poli y cuerpos de Tiedman. Los canales radiales en algunos géneros dan sostén a los pies ambulacrales. Los canales pétreos mantienen comunicación con el medio exterior a través de la madreporita.

Suela. Superficie ventral (trívium) que se distingue externamente al estar ocupada por múltiples líneas de pies ambulacrales.

Tentáculos. Podios modificados que rodean la boca, en número y forma variable. La forma que estos presentan establece los diferentes órdenes dentro de la clase.

Trivium. Parte ventral del cuerpo que comprende tres radios y dos interradios.

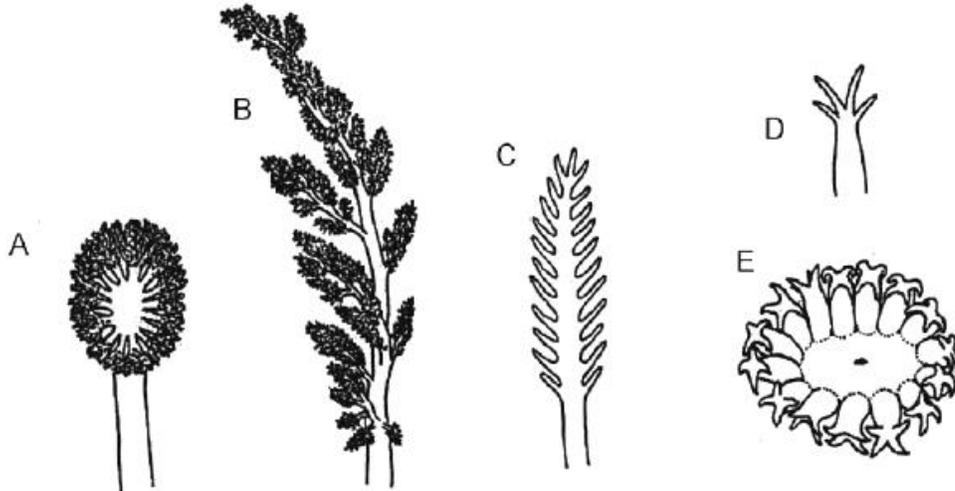


Figura V. Tipos de tentáculos que se presentan en los diferentes órdenes: con forma de escudo (ordenese Holothuria, Persiculida y Synallactida) (A), ramificado (orden Dendrochirotida) (B), pinado (orden Apodida) (C), digitados (ordenes Apodida y Molpadida) (D) y digitado (orden Molpadida) (E) (tomado de Pawson *et al.*, 2010).

Túbulos de Cuvier. Túbulos insertados en la base de los árboles respiratorios en algunos grupos del orden Aspidochirotida. Estos son usados por algunas holoturias como estructuras de defensa que expulsan por el ano en forma de túbulos pegajosos, posteriormente el animal los regenera.

Vesículas de Poli. Vesículas suspendidas del anillo acuífero en la cual se almacena el exceso de fluido.

ANEXO 7. ARTÍCULO

Luna-Cruz, A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the eastern Pacific.- Zootaxa 4444 (4): 491-500. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4444.4.9>

 Zootaxa 4444 (4): 491–500
<http://www.mapress.com/j/zt/>
Copyright © 2018 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4444.4.9>
<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:2BB0031E-B4F0-47C6-8D45-3E4FB37D6744>

New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the eastern Pacific

ANA K. LUNA-CRUZ^{1,3} & MICHEL E. HENDRICKX²

¹Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, México

²Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, Unidad Académica Mazatlán Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, México

³Corresponding author. E-mail: analun93@gmail.com

Abstract

Specimens of the sea cucumber *Synallactes virgulasolida* were obtained during sampling operations off western Mexico. Based on a total of 190 specimens and on additional records available in the Scripps Institution of Oceanography collections, new geographical (southern California to Chile) and bathymetric (712–1300 m) distributions are provided. SEM photographs of ossicles are provided for the first time for this species. New ecological data associated with the presence of this species are also provided: 4.17–5.81 °C, 0.15–0.48 ml O₂/l, and in 34.40–34.48 ups. The species occurs in a wide variety of sediments with an organic carbon content of 17.93–52.02 mg/g (1.79–5.20 % of organic matter) and is occasionally very dense (up to 170.32 orgs/ha). All Mexican records correspond to a bathymetric fringe located below the Oxygen Minimum Zone, thus indicating that *S. virgulasolida* is able to tolerate hypoxic conditions.

Key words: Holothuroidea, *Synallactes*, deep water, oxygen minimum zone, western Mexico

Introduction

Holothuroidea (sea cucumbers) occur from the intertidal zone to great depths, the deepest known greater than 10000 m in the Philippine Trench (Hansen, 1956). Up to 2013, 53 species of holothuroids had been recorded from western Mexico (Honey-Escandón *et al.*, 2008; Solís-Marín *et al.*, 2013a, b). Only a few deepwater holothuroids, however, have been studied in this area. Available records are based on studies prior to 1988 when a complete list of echinoderms occurring in the eastern central Pacific was compiled by Maluf (1988). Recent studies based on deep-water samples (Massin & Hendrickx, 2010, 2011, 2013) and on remotely obtained videos (Hendrickx *et al.*, 2014) led to the addition of three new species and provided new data on several genera and species from the Gulf of California. A compilation of records by Hendrickx (2012) indicated the presence of 31 species of deep-water holothuroids in western Mexico.

In 2012 and 2014 a large series of specimens of deep-water holothuroids was obtained during research cruises off western Baja California on board the R.V. "El Puma", of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The species *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 was found in several samples collected in that area, thus indicating that it is more widely distributed than previously thought. In addition, a series of samples of the same species is present in the holdings of the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, USA, and is also reported herein. This contribution represents a significant increase of geographical and bathymetric records for this species, previously known only from its type locality, and provides new ecological data.

Material and methods

The material on which this study is based was collected by the R/V "El Puma", UNAM, in 2012 and 2014. During

ANEXO 8. TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS

Luna-Cruz A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the Eastern Pacific. Presentación poster. XVth Deep-Sea Biology Symposium, 10-14 de septiembre, Monterey California, EE.UU.

NEW RECORDS OF *SYNALLACTES VIRGULASOLIDA* MASSIN & HENDRICKX, 2010 (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) FROM THE EASTERN PACIFIC

ANA K. LUNA-CRUZ¹ & MICHEL E. HENDRICKX²

¹ *Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, México*

² *Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, Unidad Académica Mazatlán Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, Mexico*

Up to 2013, 53 species of holothuroids had been registered from western Mexico (Alvarado & Solís-Marín 2013). Deep-water holothuroids have been poorly studied in this area and available records are based on studies realized prior to 1988 when a complete list of echinoderms occurring in the eastern central Pacific was compiled by Maluf (1988). A recent compilation of records indicated the presence of 31 species of deep-water holothuroids in western Mexico (Hendrickx 2012). Specimens of the sea cucumber *Synallactes virgulasolida* were obtained during sampling operations off western Mexico from oceanographic campaigns as part of TALUD project, on board the R/V *El Puma*, UNAM, at different times (August 1991, July-August 2012, May-June 2014). Based on a total of 185 specimens and on additional records available in the Scripps Institution of Oceanography collections, new geographical (southern California to Chile) and bathymetric (712–1300 m) distributions are provided. SEM photographs of ossicles are provided for the first time for this species. New ecological data associated with the presence of this species are also provided: 4.17–5.81 °C, 0.15–0.48 ml O₂/l, and in 34.40–34.48 ups. The species occurs in a wide variety of sediments with an organic carbon content of 17.93–52.02 mg/g (1.79–5.20 % of organic matter) and is occasionally very dense (up to 170.32 orgs/ha). All Mexican records correspond to a bathymetric fringe locates below the Oxygen Minimum Zone, thus indicating that *S. virgulasolida* is able to tolerate hypoxic conditions.

Key words: Holothuroidea, *Synallactes*, Deep water, Oxygen Minimum Zone, Western Mexico.

Luna-Cruz A.K. & Hendrickx, M.E. 2018. Deep holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) from the west coast of Baja California, Mexico, taxonomy and some aspect of its ecology. Presentación poster. XVth Deep-Sea Biology Symposium, 10-14 de septiembre, Monterey California, EE.UU.

DEEP HOLOTHUROIDS (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) FROM THE WEST COAST OF BAJA CALIFORNIA, MEXICO, TAXONOMY AND SOME ASPECT OF ITS ECOLOGY

ANA K. LUNA-CRUZ¹ & MICHEL E. HENDRICKX²

¹ *Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, Mexico*

² *Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, Unidad Académica Mazatlán Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, Mexico*

Until recently deep-ocean research off western Mexico was extremely scarce and the knowledge of communities and environmental conditions in these ecosystems was very limited. The present study is a contribution to the updating of the systematic list of deep-sea species of the class Holothuroidea (Echinodermata) occurring off the west coast of the Baja California Peninsula, Mexico. A total of 45 deep-water samples were obtained during two oceanographic campaigns (TALUD XV, July-August 2012; TALUD XVI-B, May-June 2014) on board the R/V *El Puma*, UNAM and 1223 specimens were collected in 23 stations in a bathymetrical range from 530-625 to 2075-2090 m. At each station, environmental data (salinity, temperature, dissolved oxygen, sediments type and composition) were recorded and used to characterize the area. The new data provide information on the geographical and bathymetric distributions of XX (CUANTAS?) species. The holothuroids community that was sampled occur below the Oxygen Minimum Zone (OMZ), with 38% of the samples obtained in stations with dissolved oxygen values <0.5 ml O₂/l. The three dominant species were: *Pannychia mosseleyi* (up to 1136.22 orgs/ha), *Abyssocucumis albatrossi* (up to 504.18 orgs/ha) and *Synallactes virgulasolida* (up to 170.32 orgs/ha). Presence of a wide OMZ in the area generate hypoxic values at bottom level which species well adapted to oxygen deficiency and reduce competition for food. Because they are mostly deposit or suspension feeders, holothuroids abundance is linked to the fact that OMZ areas are known to be rich in organic deposits, which favor even more species adapted to hypoxia.

Key words: Holothuroidea, Deep water, Oxygen Minimum Zone, Western Mexico,

LAS HOLOTURIAS DE MAR PROFUNDO DE LA COSTA OESTE DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO. UN ESTUDIO DE COMUNIDAD.

ANA K. LUNA-CRUZ^{1,3} & MICHEL E. HENDRICKX²

¹ *Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, México*

² *Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, Unidad Académica Mazatlán Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, P.O. Box 811, Mazatlán Sinaloa, 82000, México*

Poblaciones de holoturias llegan a representar hasta 90% de la biomasa de la megafauna. Son un componente importante de las especies de aguas profundas y es común que exhiban distribución en parches. En México hay aproximadamente 113 especies de la clase Holothuroidea, 53 con presencia en el Pacífico este tropical. Dos campañas oceanográficas se desarrollaron en la costa oeste de la península de Baja California: campañas TALUD XV (julio-agosto 2012) y TALUD XVI-B (mayo-junio 2014) a bordo del B/O *El Puma*, UNAM y se visitaron 45 estaciones. Mediante muestreos de arrastre con un trineo bentónico y un nucleador de caja se obtuvieron 1243 ejemplares de holoturias en 24 estaciones, entre 540–568 y 2075–2090 m de profundidad. En cada estación se registraron datos ambientales en la columna de agua y cerca del fondo con un CTD-O₂. Se estimaron valores de oxígeno disuelto epibentónicos con el método de titulación de Winkler. En muestras de sedimento se evaluó el tamaño del grano así como el contenido de materia y carbono orgánicos. El listado faunístico se conformó por 15 especies, de 5 órdenes, 8 familias y 12 géneros. Las especies *Pannychia moseleyi*, *Abyssocucumis albatrossi* y *Synallactes virgulasolida* predominaron en el área, siendo el orden Elasipodida el de mayor riqueza específica con 6 especies. Las estaciones con muestras de holoturias presentaron de 0.068–1.6 ml/l de oxígeno disuelto, 2.26–8.38 °C de temperatura, 34.40–34.63 ups de salinidad y 2.07–9.78 % de materia orgánica. Un análisis de similitud se realizó para detectar posibles patrones de variación espacial y temporal de las comunidades y posibles relaciones significativas entre los parámetros ambientales y los cambios en la densidad de las especies. Este trabajo permite analizar la forma en como las condiciones ambientales modelan la presencia de las especies de holoturias en esta zona del Pacífico mexicano.

Palabras clave: Holothuroidea, aguas profundas, comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo-Camargo, J.E. & A. Carranza-Edwards. 1991. Geología marina. Carta geográfica, Serie Naturaleza/Oceanografía. Escala: 1: 4,000,000. Proyección cónica de Lambert. Instituto de Geografía, UNAM, México. Versión electrónica. [Disponible en: http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-19901992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TII-IV-9-5.jpg, consultada el 19 de septiembre de 2016].
- Alvarado, J.J. & F.A. Solís-Marín (eds.). 2013. Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer, Berlín. 658 pp.
- Beaudoin, A. 2003. A comparison of two methods for estimating the organic content of sediments.– *Journal of Paleolimnology*, 29(3): 387-390.
- Billet M., D.S. 1991. Deep-Sea Holothurians.– *Oceanography Marine Biology Annual Review* 29: 259-317.
- Borrero-Pérez, G.H., Benavides-Serrato, M. & C.M. Díaz-Sánchez. 2012. Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Serie de Publicaciones Especiales del Invemar No. 30, Santa Marta, Colombia. 250 pp.
- Brusca, R.C. & G.J. Brusca. 2003. Invertebrates. McGraw-Hill Interamericana, España. 2a edición. 1005 pp.
- Carey Jr. A.G. 1990. Distributional ecology of selected megaepifauna on abyssal plains adjacent to Gorda Ridge, Northeast Pacific Ocean. Pp. 241-252 in McMurray, G.R., ed., Gorda ridge, a seafloor Spreading Center in the United States' Exclusive Economic Zone. Spinger-Verlag, New-York. 311 pp, 89 illus.
- Cherbonnier, G. 1941. Étude anatomique et biogéographique sur deux *Cucumaria* abyssaux: *C. abyssorum* Théel et *C. albatrossi* n. sp.– *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) ser. 2*, 13: 93-103.
- Cherbonnier, G. 1947. Note sur une holothurie abyssale: *Abyssocucumis ingolfi* (Deichmann, 1927).– *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) ser. 2*, 19: 459-463.
- Cherbonnier, G. 1988. Echinodermes: Holothurides. Publiée sous les auspices du Gouvernement de la République Malgache (Faune de Madagascar). ORSTOM, Paris. 292 pp.
- Clark, H.L. 1907. A monograph of the Synaptidae and Molpadiidae. Including report on the representatives of these families in the Collection of the United States National Museum. Smithsonian Institution, Washington, 231 pp.
- Clark, H.L. 1913. Echinoderms from Lower California, with descriptions of new species.– *Bulletin of the American Museum of Natural History* 32: 185-236.
- Clark, H.L. 1920. Holothuroidea. XXXIII. 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.– *Memoirs of the Museum Comparative Zoology at Harvard College* 39(4): 119-154.

- Clark, H.L. 1923. The echinoderm fauna of South Africa.– *Annals of the South Africa Museum* 13: 221-435.
- Conejeros V. & C.A. 2017. Taxonomía de los equinoideos de mar profundo (Echinodermata: Echinoidea) reportados para el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 256 pp.
- Deichmann, E. 1930. The holothurians of the western part of the Atlantic Ocean.– *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard* 71 (3): 41-226.
- Deichmann, E. 1937. Holothurians from the Gulf of California, the west coast of Lower California and Clarion Island.– *Zoologica, N.Y.* 22: 161-176.
- Díaz, R.J. & R. Rosenberg. 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna.– *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 33: 245-203.
- Domantay, J.S. 1953. A brief summary of the Pacific and Atlantic Holothuroidea of the Allan Hancock Foundation Collections.– *Philippine Journal of Science* 82:133-140.
- Domantay, J.S. 1961. New forms of Holothuroidea from the vicinity of Southern California and Mexico in the collection of the Allan Hancock Foundation, University of Southern California in Los Angeles California.– *Philippine Journal of Science* 90: 333-346.
- Durazo, R. & T.R. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997-1999.– *Progress in Oceanography* 54: 7-31.
- Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B., Castro-Valdez, R., Gómez-Valdés, J. & A.D.S. Mascarenhas Jr. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002–2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement.– *Ciencias Marinas* 31(3): 537-552.
- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A.M., Miranda, L.E. & L.A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de variables hidrográficas. Pp. 25-58 *in* Gaxiola-Castro G. & R. Durazo, eds., *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México, 501 pp.
- Escobar-Briones, E. 2012. Prólogo. Pp.11-15 *in* Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México, 468 pp.
- Fiedler, P.C. & L.D. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: a review.– *Progress in Oceanography* 69: 143-180.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns.– *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.

- Fisher, W.K. 1907. The holothurians of the Hawaiian Islands.– Proceedings of the United States National Museum 32(1555): 637-744.
- Glemarec, M. 1964. Bionomie benthique de la partie orientale du golfe du Morbihan.– Cahiers de Biologie Marine 5: 33-96.
- Grassle J.F. & N.J. Maciolek. 1992. Regional and Local Diversity Estimates from Quantitative Bottom Samples.– The American Naturalist 139(2): 313-341.
- González-Oreja J.A., de la Fuente-Díaz Ordaz, A.A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D. & C. Bonache-Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México.– Animal Biodiversity and Conservation 33.1: 31-45.
- Haney, L. 2004. SCAMIT Meeting. SCAMIT Newsletter 23(5): 1-8, Appendix 1-4.
- Hansen, B. 1975. Systematics and biology of the deep-sea holothurians. Part I. Elaspoda. Scientific Results of the Danish Deep-Sea Expedition Round the World 1950-52.– Galathea Report 13: 1-262.
- Hansen, B. 1988. The genus *Staurocucumis* Ekman and its possible affinity with *Echinocucumis sars* (Holothuroidea, Dendrochirota). Pp. 301-308 in Burke, R.D., Mladenov, P.V., Lambert, P. & Parsley, R.I., eds., Echinoderm Biology. Balkema, Rotterdam.
- Heding, S.G. 1931. On the classification of the Molpadids.– Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i Kóbenhavn 92: 275-284.
- Heding, S.G. 1940. Die Holothurien der Deutschen Tiefsee-Expedition. II Aspidochirote und Elaspode Formen.– Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer “Valdivia” 1898-1899 24: 317-375.
- Heding, S.G. 1942. Holothuroidea. Part II. Aspidochirothida, Elaspodida, Dendrochirota.– The Danish Ingolf-Expedition 4: 1-39.
- Helly, J.J. & L.A. Levin. 2004. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins.– Deep-Sea Research I 51: 1159-1168.
- Hendler, G., Miller, J.E., Pawson, D.L. & P.M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Hong Kong. 390 pp.
- Hendrickx, M.E. 2012a. Operaciones oceanográficas realizadas durante el proyecto TALUD en el Pacífico mexicano (1989-2009). Pp. 23-104 in Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México, 468 pp.
- Hendrickx, M.E. 2012b. Listado sistemático de los equinodermos de aguas profundas del Pacífico mexicano. Pp. 373-395 in Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México, 468 pp.

- Hendrickx, M.E. 2012c. Operaciones oceanográficas realizadas durante el proyecto TALUD en el Pacífico mexicano (1989-2009). Pp. 23-104 in Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México, 468 pp.
- Hendrickx, M.E., Mah, C. & C.M. Zárate-Montes. 2011. Deep-water Asteroidea (Echinodermata) collected during the TALUD cruises in the Gulf of California, Mexico.– *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 798-824.
- Hendrickx, M.E. & V. Papiol. 2015. Insights on the biology and ecology of the deep-water shrimp *Parapontophilus occidentalis* (Faxon, 1893) (Crustacea, Caridea, Crangonidae) in the eastern Pacific with notes on its morphology.– *Zootaxa* 4007 (3): 370-388.
- Hendrickx, M.E., Pawson, D.L., Mejía-Mercado, B.E., Ayón-Parente, M. & A. Hinojosa-Corona. 2014. Registro de especies de Holothuroidea (Echinodermata). Capítulo 5. Pp. 191-205 in Mejía-Mercado, B.E., Hinojosa-Corona, A. & M.E. Hendrickx, eds., Explorando el mar profundo del golfo de California 2008-2014. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), México, 245 pp.
- Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2010. Impacto de la zona de mínimo de oxígeno sobre los corredores pesqueros en el Pacífico mexicano.– *Interciencia* 35(1): 12-18.
- Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2012. Influencia de la Zona del Mínimo de Oxígeno sobre la distribución de *Stereomastis pacifica* (Faxon, 1893) y primer registro para México de *Pentacheles laevis* Spence Bate, 1878 (Crustacea; Decapoda; Polychelidae).– *Ciencia y Mar* 16(46): 29-36.
- Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2013. Effects of the oxygen minimum zone on squat lobsters distribution in the Gulf of California, Mexico.– *Central European Journal of Biology* 9(1): 92-103.
- Hendrickx, M.E. & N.Y. Suárez-Mozo. 2018. *Bathybembix bairdii* (Mollusca: Gastropoda: Calliotropidae) as a potential fishery resource off western Mexico.– *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53(2): 251-260.
- Hendrickx, M.E., Valentin-Scott, P. & N.Y. Suárez-Mozo. 2016. Deep-water bivalve mollusks collected during the TALUD XV cruise off the west coast of the southern Baja California peninsula, Mexico.– *Biodiversity Data Journal* 4: 1-22.
- Hernández-Payán, J.C. 2015. Distribución y abundancia del género *Nematocarcinus* A. Milne-Edwards, 1881 (Crustacea: Decapoda: Caridea: Nematocarcinidae) en el Pacífico mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México, 108 pp.
- Honey-Escandón, M.H., Solís-Marín, F.A. & A. Laguarda-Figueras. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico mexicano.– *Revista de Biología Tropical* 56(supl. 3): 57-73.

- Imaoka, T. 1978. Three new species of the genus *Pseudostichopus* from the Japanese waters. (Holothuroidea: Gephyrothuriidae).– Seto Marine Biological Laboratory 24(4/6): 377–385, tpls. 1-1, 1-2.
- Imaoka, T. 1990. Holothuroidea. Pp. 131–154 in Oguro, C., Okutani, T. & H. Horikawa, eds., Echinoderms from continental shelf and slope around Japan. The intensive research of unexploited fishery resources on continental slopes, vol. 1. Japan Fisheries Resource Conservation Association, Tosho, Tokyo. 159 pp.
- Kamykowski, D. & Z. Sara-Joan. 1990. Hypoxia in the world ocean as recorded in the historical data set.– Deep-Sea Research 37(12): 1861-1874.
- Koehler R. & C. Vaney. 1905. An account of the deep-sea Holothuroidea collected by the Royal Indian Marine Survey Ship Investigator. Indian Museum, Calcutta. 123 pp, index i, ii, láms. I-XV.
- Lanza, G. de la. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor, México, 569 pp.
- Lavín M.F., Fiedler, P.C., Amador, J.A., Balance, L.T., Farber-Lorda, J. & A.M. Mestas-Núñez. 2006. A review of Eastern tropical Pacific oceanography: Summary.– Progress in Oceanography 69: 391-398.
- Levin, L.A., Huggett, C.L. & K.F. Wishner. 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic-matter gradients in the eastern Pacific Ocean.– Journal of Marine Research 49: 763-800.
- Levin, L.A., Whitcraft, C.R., Mendoza, G.F., González, J.P. & G. Cowie. 2009. Oxygen and organic matter thresholds for benthic faunal activity on the Pakistan margin oxygen minimum zone (700-1100 m).– Deep-Sea Research II, 56: 449-471.
- Loring, D.H. & R.T.T. Rantala. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter.– Earth-Science Reviews 32: 235-283.
- Ludwig, H.L. 1893. Verzeichnifs der Holothurien des Kieler Museums.– Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur-und Heilkunde 4(10): 156-176.
- Ludwig, H.L. 1894. The Holothuroidea. Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central and South America, and off Galapagos Island, in charge of Alexander Agassiz by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross" during 1891, Lieut. Commander Z.L. Tanner, U.S.N. Commanding. XII.– Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College 17(3): 1-183.
- Luna-Cruz, A.K. & M.E. Hendrickx. 2018. New records of *Synallactes virgulasolida* Massin & Hendrickx, 2010 (Echinodermata: Holothuroidea) from the eastern Pacific.– Zootaxa 4444(4): 491-500.
- Lynn, R.J. & J.J. Simpson. 1987. The California Current System: the seasonal variability of its physical characteristics.– Journal of Geophysical Research 92: 12947-12966.
- Madsen, F.J. 1955. Reports of the Swedish DeepSea Expedition, Part II. Holothuroidea.– Zoology 12: 151-173.
- Maluf, L.I. 1988. Composition and distribution of the Central Eastern Pacific echinoderms.– Technical Report, Natural History Museum of Los Angeles County 2: 1-242.

- Maluf, L.I. & R.C. Brusca. 2005. Echinodermata. Pp. 327-343 in Hendrickx, M.E., Brusca, R.C. & L.T. Findley, eds., A distributional checklist of the macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part I. Invertebrates. Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, AZ. USA. 429 pp.
- Massin, C. & M.E. Hendrickx. 2010. A new species of deep-water Holothuroidea (Echinodermata) of the genus *Synallactes* from off western Mexico.– *Scientia Marina* 74(3): 599-603.
- Massin, C. & M.E. Hendrickx. 2011. Deep-water Holothuroidea (Echinodermata) collected during the TALUD cruises off the Pacific coast of Mexico, with the description of the two new species.– *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 413-443.
- Massin, C. & M.E. Hendrickx. 2013. On two Psolidae (Echinodermata: Holothuroidea) from the Gulf of California, Mexico.– *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 94-99.
- McClintock, J.B., Amsler, M.O., Angus, R.A., Challener, R.C., Schram, J.B., Amsler, C.D., Mah, C.L., Cuce, J. & B.J. Baker. 2011. The Mg-Calcite composition of antarctic echinoderms: important implications for predicting the impacts of ocean acidification.– *The Journal of Geology* 119(5): 457-466.
- Mecho, A., Billet, D.S.M., Ramírez-Llodra, E., Aguzzi, J., Tyler, P.A. & J.B. Company. 2014. First records, rediscovery and compilation of deep-sea echinoderms in the middle and lower continental slope of the Mediterranean Sea.– *Scientia Marina* 78(2): 281-302.
- Méndez, N. 2013. Trophic categories of soft-bottoms epibenthic deep-sea polychaetes from the southeastern Gulf of California (Mexico) in relation with environmental variables.– *Pan-Americana Journal of Aquatic Sciences* 8(4): 299-311.
- Méndez, N. & M.E. Hendrickx. 2012. Recolección y cuantificación de macrofauna de mar profundo: el caso de estudio del poliqueto *Melinnampharete gracilis* Hartman, 1969 (Ampharetidae), in Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México, 468 pp.
- Miller, A.K., Kerr, A.M., Paulay, G., Reich, M., Wilson, N.G., Carvajal, J.I. & G.W. Rouse. 2017. Molecular phylogeny of extant Holothuroidea (Echinodermata).– *Molecular Phylogenetics and Evolution* 111: 110-131.
- Miller, J.E. & D.L. Pawson. 1989. *Hansenothuria benti*, new genus, new species (Echinodermata: Holothuroidea) from the Tropical Western Atlantic: a bathyal, epibenthic holothurian with swimming abilities.– *Proceedings of the Biological Society Washington*. 102(4): 977-986.
- Murty-Hughes, S.J., Ruhl, H.A., Hawkins, L.E., Hauton, C., Boorman, B. & D.S.M. Billett. 2011. Deep-sea echinoderm oxygen consumption rates and an interclass comparison of metabolic rates in Asteroidea, Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea and Ophiuroidea.– *The Journal of Experimental Biology* 214: 2512-2521.

- Nybakken, J., Craig, S., Smith-Beasley, L., Moreno, G., Summers, A. & L. Weetman. 1998. Distribution density and relative abundance of benthic invertebrate megafauna from three sites at the base of the continental slope off central California as determined by camera sled and beam trawl.– *Deep-Sea Research II* 45: 1753-1780.
- Ohshima, H. 1915. Report on the Holothurians collected by the United States Fisheries steamer “Albatros” in the northwestern Pacific during the summer of 1906.– *Proceedings of the United States National Museum* 48(207): 213-292.
- O’Loughlin, P.M. & Ahearn, C. 2005. A review of pygal-furrowed Synallactidae (Echinodermata: Holothuroidea), with new species from Antarctic, Atlantic and Pacific oceans.– *Memoirs of Museum Victoria* 62(2): 147-179.
- O’Loughlin, P.M., Paulay G., Davey, N. & M. François. The Antarctic region as a marine biodiversity hotspot for echinoderms: diversity and diversification of sea cucumbers.– *Deep-Sea Research II* 58: 264-275.
- O’Loughlin, P.M., Mackenzie, M. & D. VanDenSpiegel. 2013. New sea cucumber species from the seamounts on the Southwest Indian Ocean Ridge (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida, Elaspodida, Dendrochirotida).– *Memoirs of Museum Victoria* 70: 37-50.
- Panning, A. 1949. Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothuroidea, Dendrochirotida).– *Zool. Jb., Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere* 78 (4): 404-470.
- Papiol, V. & M.E. Hendrickx. 2016. Ecology of *Benthesicymus tanneri* Faxon, 1893 (Dendrobranchiata: Benthesicymidae) from the Mexican Pacific slope.– *Journal of Crustacean Biology* 36(1): 50-60.
- Papiol, V., Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2016a. Distribution and ecology of the Pacific lobsterette *Nephropsis occidentalis* Faxon, 1893 (Crustacea, Decapoda) in the continental slope off western Mexico. Pp. 197-223, *in* Riosmena-Rodriguez, R., ed., *Marine Benthos: Biology, Ecosystem Functions and Environmental Impact*. Nova Science Publishers, Inc. New York. 289 pp.
- Papiol, V., Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2016b. Effects of latitudinal changes in the oxygen minimum zone on the northeast Pacific on the distribution of bathyal benthic decapod crustaceans.– *Deep-Sea Research II: Topical studies in Oceanography* 137: 113-130.
- Parker, R.H. 1964. Zoogeography and ecology of some macro-invertebrates, particularly mollusk, in the Gulf of California and the continental slope off Mexico.– *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i København* 126: 1-178.
- Pawson, D.L. 1977. Molpadiids sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) of the Southern Atlantic, Pacific and Indian Oceans.– *Biology of the Antarctic Seas VI* 26: 97-126.

- Pawson, D.L. 1983. *Psychronaetes hanseni*, a new genus and species of Elaspodida sea cucumber from the Eastern Central Pacific (Echinodermata: Holothuroidea).– Proceedings of the Biological Society of Washington 96(1): 154-159.
- Pawson, D.L., Pawson, D.J. & R. King. 2010. A taxonomic guide to the Echinodermata of the South Atlantic Bight, USA. Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea).– Zootaxa 2449: 1-48.
- Pawson, D.L., Vance, D.J. & C. Ahearn. 2001. Western Atlantic sea cucumbers of the Order Molpadiida (Echinodermata: Holothuroidea).– Bulletin of the Biological Society of Washington 10: 311-327.
- Reid, J.L. & A.W. Mantyla. 1978. On the mid-depth circulation of the north Pacific Ocean.– Journal of Physical Oceanography 8: 946-951.
- Rex, M.A. 1981. Community structure in the deep-sea benthos.– Annual Review of Ecology and Systematics 12: 331-353.
- Risso, A. 1826. Histoire naturelle des principales productions de l'Europe Méridionale et particulièrement de celles des environs de Nice et des Alpes Maritimes. F.G. Levrault, Vol. 3, VIII, Paris. 403 pp.
- Rogacheva, A., Gebruck, A. & C.H.S. Alt. 2013. Holothuroidea of the Carlie Gibbs Fracture Zone area, northern Mid-Atlantic Ridge.– Marine Biology Research 9: 587-623.
- Ruhl, H.A. 2007. Abundance and size distribution dynamics of abyssal epibenthic megafauna in the Northeast Pacific.– Ecology 88(5): 1250-1262.
- Ruhl, H.A. 2008. Community changes in the variable resource habitat of the abyssal Northeast Pacific.– Ecology 89(4): 991-1000.
- Samyn, Y., Vandenspiegel, D. & C. Massin. 2006. Taxonomies des holothuries des Comores. ABC Taxa, Bruxelles Vol. 1. 130 pp.
- Serrano, D. 2012. La zona del mínimo de oxígeno en el Pacífico Mexicano. Pp. 105-119 in Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México. 468 pp.
- Simpson, J.J., Dickey, T.D. & C.J. Koblinsky. 1984. An offshore eddy in the California Current system. I, Interior dynamics.– Progress in Oceanography 13: 5-49.
- Sluiter, C.P. 1901. Neue Holothurien aus der Tiefsee des Indischen Archipels gesammelt durch die Siboga-Expedition.– Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging 2, 7(1): 1–28.
- Smirnov, A.V. 2012. System of the class Holothuroidea.– Paleontological Journal 46 (8): 793-832.
- Solís-Marín, F.A. 2003. Systematics and phylogeny of the holoturian Family Synallactidae. Tesis doctoral, University of Southampton. 361 pp.
- Solís-Marín, F.A., Arriaga-Ochoa, J., Laguarda-Figueras, A., Frontana-Uribe, S. & A. Durán-González. 2009. Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del golfo de California. Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de

- Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. 177 pp.
- Solís-Marín, F.A., Honey-Escandón, M., Herrero-Perézrul, M., Benítez-Villalobos, F., Díaz-Martínez, J., Buitrón-Sánchez, B., Palleiro-Nayar, J. & A. Durán-González. 2013. The echinoderms of Mexico: biodiversity, distribution and current state of knowledge. Pp. 11-65 *in* Alvarado, J.J. & F.A. Solís-Marín, eds., Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer, Berlín. 658 pp.
- Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A. & A. Durán-González. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del golfo de California, México.– *Revista de Biología Tropical* 53, suppl. 3: 123-127.
- Solís-Marín F.A., Laguarda-Figueras, A., Durán G., A., Vázquez-Bader, A.R. & A. García. 2014. Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano. Pp. 215-253 *in* Low Pfeng, A. & E.M. Peters Recagno, eds., La Frontera Final: El Océano Profundo. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México. 293 pp.
- Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras A., Honey-Escandón, M.B.I., López-Luján, L., Zúñiga-Arellano, B., Caballero-Ochoa, A.A., Conejeros-Vargas, C.A., Cao-Romero, C.M., Durán-González A. & Ma. E. Diupotex-Chong. 2018. Equinodermos (Echinodermata) de México: estado actual del conocimiento de su biodiversidad, biogeografía, estudios bioquímicos y nuevos descubrimientos arqueozoológicos.– *Revista Biología y Sociedad* 1(2): 6-21.
- Stepanov, V.G. & E.G. Panina. 2016. List of species of sea cucumbers (Holothuroidea) in the Far-Eastern seas of Russia, VII. Family Cucumariidae (Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida).– *HAMPER Universidad Técnica Estatal de Kamchatka* 35: 74-90.
- Stow, D.A.V. & M. Mayall. 2000. Deep-water sedimentary systems: New models for the 21 st century. *Marine and Petroleum Geology* 17: 125-135.
- Stramma, L., Schmidtko, S., Levi, L.A. & G.C. Johnson. 2010. Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts.– *Deep-sea Research I*: 587-595.
- Strickland, J.D.H., & T.R. Parsons 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310 pp.
- Suárez-Mozo, N.Y. 2016. Taxonomía y aspectos ecológicos de los moluscos de profundidad en la costa oeste de Baja California. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 217 pp.
- Suárez-Mozo, N.Y. & M.E. Hendrickx. 2016. New record for the deep-sea genus *Tripoplax* (Mollusca: Polyplacophora) in the eastern Pacific.– *Marine Biodiversity Records* 9/10: 1-6.
- Sumida P.Y.G., Bernardino, A.F., Stedall, V.P., Glover, A.G. & Smith C.R. 2008. Temporal changes in benthic megafaunal abundance and composition across the West Antarctic Peninsula shelf: result from video surveys.–*Deep-Sea Research II* 55: 2465-2477.

- Sverdrup, H.U., Johnson, M.W. & R.H. Fleming. 1942. The oceans. Their physics, chemistry, and general biology. Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs, New York. 1087 pp.
- Thandar, A.S. 1999. Deep-sea holothuroids taken by the R.V. Africana II in 1959, from off the west coast of the Cape Peninsula, South Africa.– *Annals of the South African Museum*. 105(9): 363-409.
- Thandar, A.S. & R. Rambaran. 2015. On some sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from off the south and west coast of South Africa collected by the South Africa Environmental and Observation Network (SAEON).– *Zootaxa* 3999 (1): 41-61.
- Théel, H. 1879. Preliminary report on the Holothuridea, of the exploring voyage of H.M.S. “Challenger”. Part I.– *Bihang Till Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 5(19): 1-20.
- Théel, H. 1882. Report on the Holothuroidea, dredged by H.M.S. “Challenger” during the year 1873-1876 Part I.– *Report on the Scientific Results of the Voyage “Challenger”, Zoology* 4: 1-176.
- Théel, H. 1886. Report on the Holothuroidea, dredged by the H.M.S. “Challenger” during the years 1873-1876 Part II.– *Report of the Scientific Results of the Voyage “Challenger”, Zoology* 14: 1-290.
- Tomczak, M. & J.S. Godfrey. 2003. *Regional Oceanography: an Introduction*. 2da ed. Daya Publishing House, Delhi. xi+390 pp. [Disponible en <https://www.mt-oceanography.info/regoc/pdfversion.html>, consultado el 22 de marzo de 2019].
- Wilkinson T., Wiken, E., Bezaury-Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L. & M. Padilla. 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal. 200 pp. [Disponible en <http://www3.cec.org/islandora/es/item/3256-marine-ecoregions-north-america-es.pdf>, consultado el 22 de marzo de 2019].
- Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern Pacific Ocean.– *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 4: 33-68.
- Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the eastern Equatorial Pacific Ocean.– *International Journal Oceanology and Limnology* 1(2): 117-147.
- Zamorano, P., Hendrickx, M.E. & M. Caso, eds., 2012. *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), México. 468 pp.
- Zamorano, P., Hendrickx, M.E., Méndez, N., Gómez, S., Serrano, D., Aguirre, H., Madrid, J. & N. Morales-Serna. 2014. La exploración de las aguas profundas del Pacífico mexicano: el proyecto TALUD. Pp. 105-147 *in* Low Pfeng, A. & E.M. Peters Recagno, eds., *La Frontera Final: El Océano Profundo*. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México. 293 pp.

Zárate M., C.M. 2011. Biocenosis y distribución de los Asteroidea en el talud continental del golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 122 pp.

<http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/reference?id=2578>

<http://www.19thcenturyscience.org/HMSC/HMSC-Reports/Zool-39/htm/doc.html>