



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO TAXONÓMICO DE LOS
SIPUNCULA ASOCIADOS A ROCA DE CORAL
EN MAJAHUAL Y BANCO CHINCHORRO, Q.
ROO, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A
P R E S E N T A**

MARCELA MARTÍNEZ LÓPEZ



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. VIVIANNE SOLÍS WEISS
2011**



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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Martínez

López

Marcela

55 69 60 70

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

303120317

2. Datos del tutor

Dra.

Vivianne

Solís-Weiss

Wolfowitz

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Rosaura

Mayén

Estrada

4. Datos del sinodal 2

Dra.

María Ana

Fernández

Álamo

5. Datos del sinodal 3

Dra.

María Luisa Andrea

Raz-Guzmán

Macbeth

6. Datos del sinodal 4

Biól.

Víctor

Ochoa

Rivera

7. Datos del trabajo escrito

Estudio taxonómico de los Sipuncula asociados a roca de coral en Majahual y Banco

Chinchorro, Q. Roo, México

85 p

2011

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Ciencias por brindarme una formación académica.

A la Dra. Vivianne Solís Weiss, por dirigir esta tesis y por permitirme ser parte del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

A los sinodales: Dra. Rosaura Mayén Estrada, Dra. Andrea Raz-Guzmán Macbeth, Dra. María Ana Fernández Álamo y al Biól. Víctor Ochoa Rivera por su revisión y valiosos comentarios respecto a este trabajo.

A todo el personal que participó en el proyecto “Estudio de la macrofauna de los litorales del Caribe Mexicano”

A la Bióloga Yolanda Hornelas Orozco por las imágenes de microscopía electrónica de barrido que se realizaron para algunas especies de este trabajo.

A todo el personal del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del ICMYL.

A la Dra. Margarita Hermoso Salazar por su ayuda constante y valiosa asesoría.

A la Secretaría de Marina, en especial al Almirante CGM Mariano Saynez Mendoza, Secretario de Marina por las facilidades prestadas para la realización de varios muestreos.

Quisiera agradecer muy especialmente la intervención del Almirante Mariano Francisco Saynez Mendoza, Secretario de Marina, por su apoyo al proyecto en el que se tomaron las muestras, así como a los responsables de las zonas navales del Caribe mexicano por el apoyo brindado cuando se visitaron durante las expediciones de muestreo, incluyendo a todos los oficiales de la SEMAR y elementos de marina que intervinieron en los mismos.

Asimismo se agradece al Biol. David Reza Mendoza, de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) quien otorgó los permisos correspondientes.

Se agradece también a la M. en C. María del Carmen García Rivas directora de la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro de la CONANP, por el apoyo con el traslado al Banco y facilidades otorgadas para el alojamiento en la isla.

A la Dra. Laura Sanvicente Añorve mi agradecimiento por su apoyo financiero a parte del muestreo y trabajo subsiguiente en el laboratorio.

Finalmente agradezco al proyecto PAPIIT-DGAPA con clave IN229010 por el apoyo otorgado a través de insumos y materiales.

Índice

Resumen	1
1. Introducción	2
1.1. Aspectos morfológicos	2
1.2. Aspectos reproductivos	7
1.3. Aspectos ecológicos	7
1.4. Aspectos filogenéticos	10
2. Antecedentes	12
3. Objetivos	14
3.1. Objetivo general	14
3.2. Objetivos particulares	14
4. Área de estudio	15
4.1. Mar Caribe mexicano	15
4.2. Arrecife de Majahual	16
4.2.1. Aspectos climatológicos	17
4.2.2. Corrientes	17
4.3. Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro	17
4.3.1. Aspectos climatológicos	19
4.3.2. Corrientes	19
5. Método	19
5.1. Trabajo en campo	19
5.2. Trabajo de laboratorio	22
5.3. Trabajo taxonómico	22

5.4. Análisis de datos	24
5.4.1. Abundancia	24
5.4.2. Riqueza específica	24
5.4.3. Densidad	24
5.4.4. Diversidad (por estación de muestreo)	24
5.4.5. Equidad	25
5.5. Presentación de resultados	26
6. Resultados	27
6.1. Composición faunística	27
6.2. Descripción de especies	29
6.3. Problemas con la identificación taxonómica	58
6.4. Abundancia	58
6.5. Riqueza específica	60
6.6. Densidad	62
6.7. Diversidad	63
6.8. Equidad	63
7. Discusión	65
8. Conclusión	71
9. Glosario	72
10. Referencias bibliográficas	76

Resumen

En este trabajo el objetivo fue estudiar a los sipúnculos de dos localidades del Caribe mexicano. Este phylum representa uno de los grupos de invertebrados bentónicos menos estudiados en México. Los sipúnculos, también conocidos como gusanos cacahuete, habitan todos los ambientes marinos desde la zona intermareal hasta la abisal, y principalmente, galerías de rocas de coral, sedimentos suaves y vegetación sumergida. Participan además, en el proceso de bioerosión de las rocas coralinas. Por tanto, es de suma importancia realizar trabajos taxonómicos en los litorales mexicanos, para que posteriormente, se realicen trabajos ecológicos del grupo y se conozca más acerca de la biología del phylum.

En este estudio se trabajó con el material biológico proveniente de rocas de coral obtenidas de cinco estaciones del arrecife de Majahual y ocho del arrecife de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México. Las muestras fueron obtenidas en un intervalo de 0.25 a 16.2 m de profundidad con buceo libre y SCUBA, en el marco del proyecto “Estudio de la macrofauna de los litorales del Caribe Mexicano” realizado en tres etapas de 2006 a 2008. Se separaron 611 ejemplares del phylum Sipuncula y se realizó un listado taxonómico donde se identificaron 12 especies pertenecientes a ocho géneros. Para cada especie se presenta la diagnosis correspondiente y se incluyen imágenes de microscopía óptica y electrónica de barrido de aquellos caracteres que son diagnósticos. Finalmente, se obtuvieron datos de densidad expresada en individuos por kg de roca y de diversidad biológica de ambas localidades a través del Índice de Diversidad de Simpson (H') y el Índice de Equidad de Pielou (J').

Los resultados muestran que hay mayor riqueza específica en el arrecife de Majahual con 13 especies, mientras que en el Banco Chinchorro se presentaron 11. Las especies más abundantes en Majahual fueron *Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens*, *P. (Phascolosoma) perlucens*, ambas con 129 individuos, *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans* y *A. (Paraspidosiphon) fischeri* con 63 y 42, respectivamente; *Nephasoma* sp, y *Phascolion* sp con un individuo cada una y *Golfingia (Golfingia) elongata* con dos, fueron las menos abundantes. En Banco Chinchorro *Lithacrosiphon cristatus cristatus*, *A. (Paraspidosiphon) laevis*, *P. (Phascolosoma) nigrescens*, y *A. (Aspidosiphon) elegans* fueron las más abundantes con 59, 28, 23 y 17 individuos, respectivamente; *Phascolion (Isomya) gerardi* y *Antillesoma antillarum* con un individuo cada una y *P. (Phascolosoma) perlucens* con dos, fueron las especies con los valores más bajos de abundancia.

La mayor densidad se presentó en la estación Punta Gavilán 2007 con 29.4 ind/kg. El valor más alto de diversidad (H') se registró en la estación Majahual 2007, con un valor cercano a 3 bits. Los valores de equidad (J') fueron superiores a 0.7 para todas las estaciones, lo que indica una homogeneidad en la abundancia de las especies que se distribuyen a lo largo del arrecife de Majahual.

En el arrecife de Banco Chinchorro el valor más alto de densidad se presentó en la estación La Baliza con 8.1 ind/kg. El valor más alto de diversidad se registró en la estación Punto Norte de Cayo Norte, con un valor cercano a 3 bits, que junto con la estación Punto Norte de Cayo Centro, registraron los valores más altos de equidad (J'). No obstante, los valores de J' fluctuaron entre 0.6 y 0.8.

El presente estudio contribuye al conocimiento de este grupo con el primer listado taxonómico de sipúnculos del Caribe mexicano. Es además el primer trabajo del phylum que se realiza únicamente en litoral mexicano y en el que se presentan datos de densidad, diversidad y equidad de sipúnculos para los arrecifes de Majahual y Banco Chinchorro.

1. Introducción

El nombre del phylum Sipuncula se deriva del vocablo latín *siphon* que significa *tubo*. En este grupo taxonómico se incluyen los invertebrados marinos vermiformes con simetría bilateral, protostomados y esquizocelomados. Debido a su pigmentación café y a su textura granulosa, los sipúnculos son conocidos comúnmente como *gusanos cacahuete* (Rice, 1980; Cutler, 1994; Edmonds, 2000).

De acuerdo con la revisión taxonómica de Cutler (1994), el phylum Sipuncula cuenta con dos clases, cuatro órdenes, seis familias y 17 géneros en los que se incluyen 149 especies. Su distribución abarca todos los océanos del mundo y zonas estuarinas (Murina, 1984) aunque un gran número de especies se concentra en las regiones tropicales (Murina, 1975). Estos invertebrados presentan una distribución batimétrica y latitudinal muy amplia: desde la zona intermareal hasta la abisal a 6860 m de profundidad y desde los polos hasta las regiones ecuatoriales (Cutler, 1977; Murina, 1984; Edmonds, 2000; Rice, 2009).

1.1. Aspectos morfológicos

Las características que distinguen a los Sipuncula de otros phyla son: la presencia de un celoma amplio atravesado por los músculos retractores del introverto, un cordón nervioso ventral no pareado, una proboscis o introverto retráctil donde se localiza la boca, un esófago alargado y un intestino en espiral que se une al ano localizado en la región antero-dorsal del cuerpo (Figura 1a) (Rice, 1982; Cutler, 1994; Rice 2009).

En el cuerpo de los sipúnculos se pueden reconocer dos regiones principales: un tronco de pared muscular que contiene la mayor parte o todos los órganos y, en la región anterior, una proboscis retráctil o introverto donde se localizan los tentáculos y la boca (Figura 1b) (Rice, 1980; Cutler, 1994; Edmonds, 2000; Schulze, *et al.* 2005).

El tronco de estos organismos contiene una gran cavidad o esquizoceloma. A lo largo del tronco se localizan los músculos retractores que unen el extremo anterior del introverto con

la pared del tronco y cruzan la cavidad corporal (Figura 1a). Dichos músculos tienen aspecto de bandas musculares libres y presentan distintos niveles de fusión con el tronco, pueden ser dos o cuatro y representan un carácter taxonómico útil para la identificación de géneros y subgéneros (Rice 1986; Saiz, 1993; Cutler, 1994).

En la cavidad celómica se aloja el aparato digestivo, con un esófago que está unido por el mesenterio a los músculos retractores, un intestino formado por dos asas, una descendente y una ascendente que se enrolla sobre la primera formando una espiral, y un recto corto y vertical (Figura 1a). En el esófago se une una vesícula contráctil tubular también llamada vesícula compensatoria, que contiene células y fluidos sanguíneos (Edmonds, 2000).

El ano se sitúa en la región antero-dorsal del tronco, excepto en el género *Onchnesoma* y en cuatro especies del género *Phascolion*, en las que se sitúa sobre el introverto (Schulze *et al.*, 2005).

Los metanefridios (uno o dos, unilobulados o bilobulados dependiendo del género) participan en funciones de excreción y osmorregulación; sus nefridioporos están situados ventro-lateralmente en la región anterior del tronco (Edmonds, 2000).

En algunas especies de los géneros *Sipunculus* y *Phascolosoma*, los desechos celulares y bacterias son removidos del fluido celómico a través de las células de la urna, que pueden estar fijas al peritoneo o libres en el celoma. Las células de la urna, que presenten cilios en la parte basal, secretan una sustancia mucosa a la que se adhiere el material de desecho. Este material atrapado se encuentra frecuentemente en el celoma y es posiblemente excretado a través de los metanefridios. Otras células como los amebocitos, celomocitos y las células que contienen hemeritina son encontrados también en el celoma.

En el tronco se presentan glándulas o escudos calcáreos, tanto en la parte anterior como en la posterior (Figura 1b). Dependiendo de qué especie se trate, el color y el aspecto del tronco son muy variados: café, amarillo, grisáceo, rojizo y liso, rugoso o reticular (Rice, 1980; Cutler, 1994; Edmonds, 2000).

Las papilas del tronco o del introverto pueden ser alargadas, cónicas, redondeadas, en forma de pera o domo, y pueden ser más prominentes en la parte anterior y posterior del tronco. En el extremo de cada papila se localiza un poro que permite la comunicación de la dermis y la epidermis con las células glandulares. Estas últimas secretan sustancias con funciones de lubricación, o de degradación del sustrato en el caso de especies excavadoras (Figura 1b) (Edmonds, 2000).

Generalmente, la pared corporal es delgada y está constituida por una serie de capas que son la cutícula, la epidermis, la dermis, los músculos circulares, los músculos longitudinales y el peritoneo. Edmonds (2000) mencionó que la pared corporal de los sipúnculos desempeña múltiples funciones: protectora, secretora, sensitiva, locomotora y de osmorregulación, mientras que en algunas especies participa también en la respiración y posiblemente en la excreción.

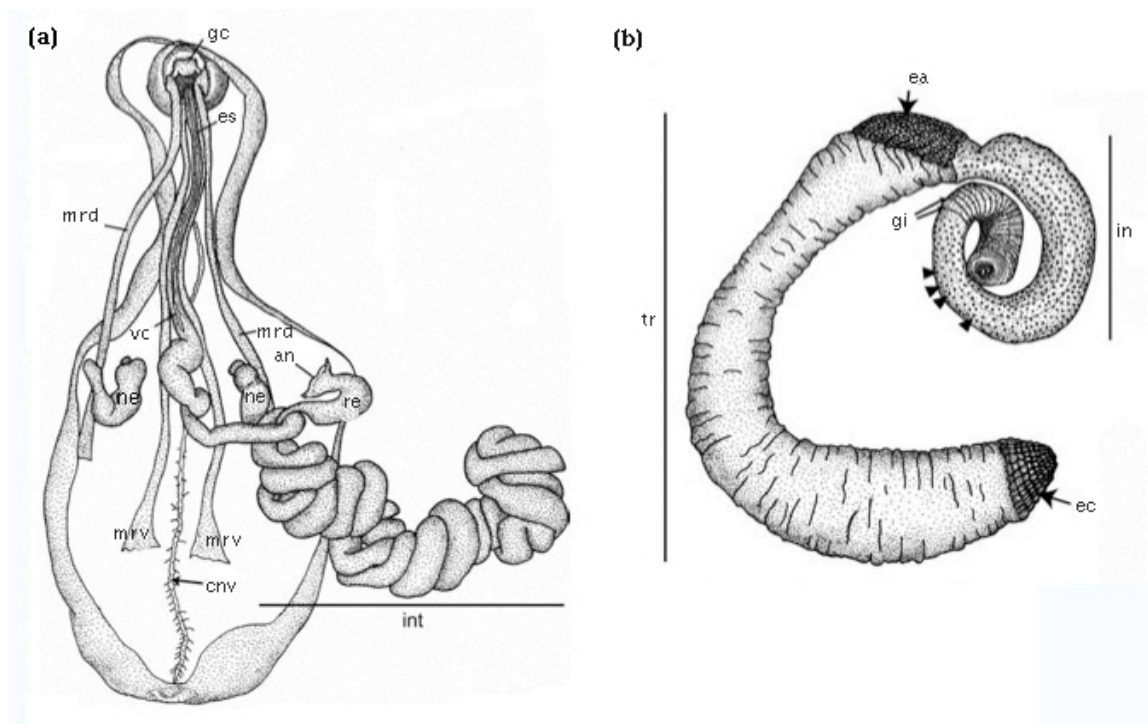


Figura 1. Morfología y anatomía de dos sipúnculos. a) Anatomía interna de un sipúnculo (*Golfingia margaritacea*). an-ano; b-boca; cnv-cordón nervioso ventral; es-esófago; gc-ganglio cerebral; int-intestino; mrd-músculo retractor dorsal; mrv-músculo retractor ventral; ne-nefridio; on-órgano nual; re-recto; vc-vesícula contráctil; b) *Aspidosiphon fischeri*, vista lateral; ea-escudo anal; ec-escudo caudal; gi-ganchos del introverto; in-introverto; tr-tronco; papilas señaladas con flechas. (Modificado de Schulze *et al.* 2005).

La musculatura longitudinal de la pared del tronco se divide en franjas (en algunas especies de los géneros *Sipunculus*, *Siphonosoma* y *Phascolosoma*), o bien puede formar una capa continua (en algunas especies de los géneros *Golfingia*, *Nephasoma*, *Phascolion* y *Themiste*) (Cutler, 1994; Edmonds, 2000). La musculatura circular puede presentarse en franjas (géneros *Sipunculus* y *Xenosiphon*), en una capa continua, o en fascículos en las especies del género *Siphonosoma* (Edmonds, 2000). La disposición de los músculos longitudinales y circulares es un carácter importante para la clasificación taxonómica (Cutler, 1994).

El introvertido es un órgano muy elástico capaz de alcanzar extensiones considerables fuera del cuerpo, además de contraerse total o parcialmente dentro de la cavidad corporal (Edmonds, 2000). Éste emerge del tronco debido a la relajación de la musculatura y al aumento de la presión hidrostática del fluido celómico. Cuando los músculos retractores se contraen el introvertido es jalado hacia el interior del tronco (Rice, 1980; Saiz, 1993; Cutler, 1994; Edmonds, 2000).

Los ganchos y las espinas, que se localizan en la parte distal del introvertido (1b) participan en la recolección de algas para alimentarse a través del raspado de las rocas (Rice, 1976). También participan en la sujeción del cuerpo de ciertas especies del género *Phascolion* que excavan en arena, limo o roca (Goreau y Yonge, 1968).

Los ganchos pueden ser simples en forma de espinas y presentar una distribución irregular (Clase Sipunculidea) o bien, curvados y distribuidos en forma de anillos con una estructura interna (Clase Phascolosomatidea). La forma y las características internas de los ganchos son caracteres de suma importancia para la identificación de las especies (Cutler, 1994; Edmonds, 2000).

La boca, localizada en la parte distal del introvertido, está rodeada de tentáculos en la Clase Sipunculidea (Figura 2 a y b). En la Clase Phascolosomatidea los tentáculos forman un arco que rodea el órgano nupal (localizado también en la parte distal del introvertido) (Figura 2c, d, e y f) (Cutler, 1994; Schulze *et al.*, 2005). Los tentáculos están involucrados en el

intercambio de gases respiratorios, así como en la recolección de partículas alimenticias (Rice, 1976; Edmonds, 2000).

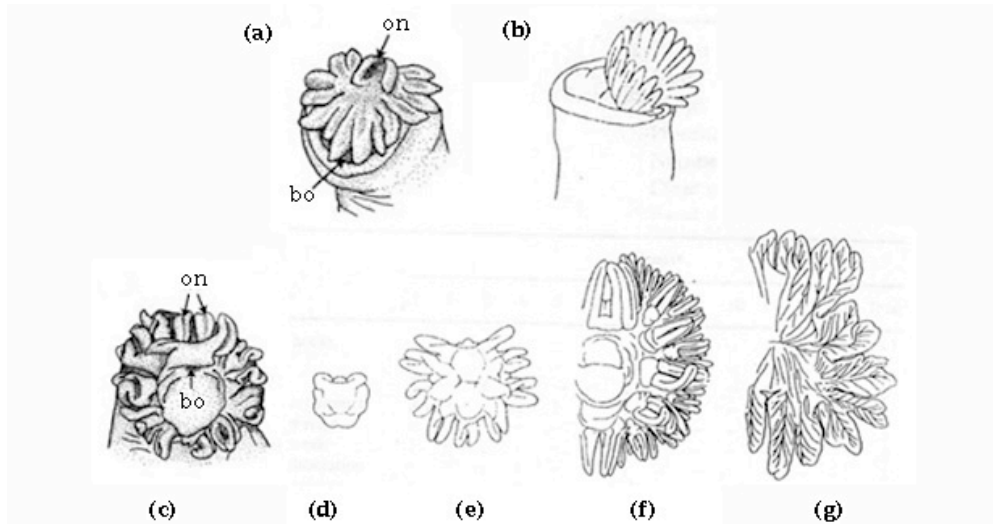


Figura 2. Arreglo de los tentáculos en la Clase Sipunculidea (sin tentáculos periféricos) (a y b) y en la Clase Phascolosomatidea (c, d, e, f, g). (Modificado de Cutler, 1994 y de Schulze, *et al.* 2005).

El sistema nervioso de estos organismos es de tipo anelidiano, aunque no presenta segmentación; consiste en un ganglio cerebral bilobulado (localizado en la parte dorsal), del que se desprenden nervios en forma de anillo, un cordón nervioso ventral que corre desde la parte anterior del cerebro así como nervios laterales, nucales y tentaculares (Cutler, 1994) (Figura 3 a y b).

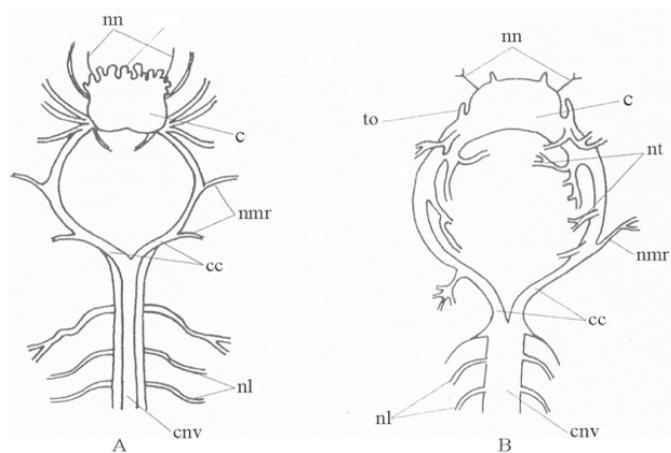


Figura 3. Sistema nervioso central de dos sipúnculos: *Sipunculus nudus* (A) y *Golfingia vulgaris* (B). c, cerebro; cc, nervios conectivos; cnv, cordón nervioso ventral; nmr, nervio músculo retractor; nn, nervio nucal; nl, nervio lateral; nt, nervio tentacular; to, tubo ocular (Modificado de Cutler, 1994).

1.2. Aspectos reproductivos

Generalmente, los sipúnculos son dioicos y carecen de dimorfismo sexual (Rice, 1980; Cutler, 1994; Edmonds, 2000). Los nefridioporos son la vía para la liberación de los gametos hacia el agua circundante, donde se lleva a cabo la fertilización.

Themiste lageniformis (Baird, 1868) es monoica y se reproduce a través de partenogénesis facultativa (Pilger, 1987). La especie *Aspidosiphon elegans* (Chamisso y Eysenhardt, 1821) y otras especies de la familia Sipunculidae son capaces de reproducirse asexualmente a través de fisión transversa (Rice, 1970; Cutler, 1994).

Rice (1980) mencionó que los gametos femeninos son muy diversos en cuanto a tamaño, forma y contenido de material de reserva, de tal forma que se constituyen por células esféricas o elipsoides con diámetros de 100 a 280 μm . Por otra parte, existe una correlación entre la cantidad de reserva de los huevos y la forma de desarrollo; es decir, que los que presentan mayor cantidad de reservas no tienen etapas natatorias libres, sino que se desarrollan directamente en gusanos juveniles. Los que tienen una menor cantidad presentan dos etapas larvales: primero una trocófora, similar a la de los poliquetos y moluscos, y posteriormente una larva pelagófera que cuenta con un sistema muy desarrollado de bandas locomotoras con cilios metatrocales. Esta larva puede permanecer por algunos meses en el plancton, antes de lograr establecerse y poder llevar a cabo la metamorfosis (Rice 1989 in Cutler, 1994).

1.3. Aspectos ecológicos

Los sipúnculos son organismos bentónicos con poca movilidad, cuyo cuerpo vermiforme les permite ocupar una amplia variedad de hábitats. Se establecen frecuentemente en comunidades de rocas de coral muerto, en rocas de playa, en sedimentos que rodean la base de corales en crecimiento, o en galerías que son producto de su actividad excavadora dentro del coral, en sedimentos calcáreos, dentro de las esponjas, conchas de gasterópodos y tubos de otros animales, en sedimentos blandos como la arena, en áreas donde hay restos de moluscos, entre los rizomas de pastos marinos y algas o en zonas de limo y arcilla en las

lagunas (Fisher, 1952; Rice, 1969; Murina, 1984; Cutler, 1994; Edmonds, 2000). Una sola especie vive asociada con coral vivo (Rice, 1976).

De acuerdo con la movilidad y el tipo de alimentación de los sipúnculos, Murina (1984) reconoce cuatro grupos ecológicos: (1) excavadores, aquellos que se desplazan activamente a través de cualquier sustrato (infauna); (2) detritívoros, individuos semimóviles que habitan conchas o tubos vacíos (inquilinos); (3) sestonófagos o filtradores, gusanos de vida libre o semimóviles (epifauna y criptofauna), y finalmente (4) aquellos individuos sésiles que raspan el alimento del sustrato.

La mayoría de estos organismos se alimentan de depósitos (detritos y materia orgánica), otros, de bacterias, fragmentos de algas y pastos, exoesqueletos de equinodermos (Edmonds, 2000), dinoflagelados, así como testas de diatomeas y foraminíferos (Chin y Wu, 1950 in Edmonds, 2000; Rice, 1976). Por otro lado, son pocos los trabajos que refieren cuáles son los depredadores específicos de estos gusanos; sin embargo, se sabe que sus depredadores principales son los peces, cangrejos y estrellas de mar (Kohn, 1975; Murina, 1984) y que son depredados con intensidad por algunos gasterópodos, al grado que, por ejemplo, constituyen la principal fuente de alimento para el molusco de la especie *Mitra litterata* (Lamarck, 1811) que se distribuye en aguas hawaianas (Kohn, 1970). Asimismo, se ha mencionado que los sipúnculos son un elemento importante en la dieta de las mojarras que se distribuyen en las lagunas mexicanas (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1986).

Rice (1976) describió dos formas de alimentación de las especies que son excavadoras. Algunas que poseen un introverto largo, el cual extienden para raspar la superficie de la roca, y tentáculos digitiformes cortos donde se adhieren las partículas alimenticias. Otras especies presentan tentáculos filiformes y largos e introverto corto, utilizan un mecanismo ciliar-mucoso para atrapar las partículas, es decir que se generan corrientes ciliares con lo cual se adhieren partículas a los tentáculos viscosos.

Las especies que son excavadoras forman galerías en el coral muerto o en las partes recientemente muertas de los corales, contribuyendo de esta forma al proceso de bioerosión (degradación *in situ* del carbonato contenido en el coral) en muchas zonas arrecifales (Williams y Margolis, 1974; Perry, 1998). En este proceso se combina la exudación de fluidos ácidos (contenidos en el mucus secretado por los sipúnculos) con la abrasión mecánica (Rice y MacIntyre, 1972; Williams y Margolis, 1974). Es importante destacar que la composición de las especies que participan en el proceso de bioerosión es muy dinámica (peces, poliquetos, crustáceos y sipúnculos). Por ejemplo, cuando la abundancia de peces damisela aumenta, el sipuncúlido *Cloosiphon aspergillus* (de Quatrefages, 1865) domina la comunidad mientras que la abundancia de poliquetos disminuye (Sammarco *et al.*, 1987). Asimismo, la velocidad de bioerosión en un sustrato coralino donde haya sipúnculos varía de acuerdo al lugar y la especie del coral (Cutler, 1994). De acuerdo con trabajos recientes (Perry, 1998; Hutchings y Peyrot-Clausade, 2002), existen variaciones en espacio y tiempo respecto a la abundancia, riqueza específica y el lugar de establecimiento de los sipúnculos en una comunidad coralina. Los sipúnculos se establecen tempranamente en la sucesión ecológica en sitios de coral recién muerto y van incrementando en número de especies y abundancia a través del tiempo, siendo la fuerza erosiva más importante en ciertas comunidades coralinas. Peyrot *et al.* (1995) señalaron que los sipúnculos y los poliquetos son los grupos perforadores dominantes en los arrecifes coralinos.

En un arrecife las variaciones en la distribución espacial de las especies de sipúnculos perforadores pueden estar relacionadas con la cantidad de algas y materia orgánica disponible. Peyrot *et al.* (1995) estudiaron este tipo de variaciones en islas y atolones cercanos entre sí. Los autores refirieron que en las islas con mayor densidad de algas epilíticas, la cantidad de materia orgánica y nutrientes asociados es mayor, por lo que se ve favorecido el establecimiento de especies que se alimentan de depósitos. Por el contrario, en los atolones, donde la densidad de algas epilíticas es menor (y hay mayor densidad de algas endolíticas), el establecimiento de las especies filtradoras se ve favorecido en detrimento de las especies detritívoras.

Perry (1998) analizó la distribución y abundancia de las macrofauna horadadora en una comunidad coralina de Jamaica, y encontró que *Phascolosoma perlucens* Baird, 1868 se estableció generalmente en las zonas someras de los arrecifes. Por otro lado, en profundidades que van de 12 a 30 m en la parte frontal del arrecife las abundancias de sipúnculos fueron bajas. El mismo autor mencionó que los restos de coral fragmentado son perforados principalmente por esponjas, poliquetos y los sipúnculos *Lithacrosiphon cristatus cristatus* (Sluiter, 1902) y *Ph. perlucens*.

Respecto a las relaciones ecológicas de los sipúnculos, se ha documentado la relación comensalista que mantiene *Aspidosiphon muelleri muelleri* Diesing, 1851 con corales solitarios de los géneros *Heteropsamia* y *Heterocyathus* (Goreau y Yonge, 1968). Del mismo modo, muchos bivalvos viven asociados a la superficie externa del tronco de *Siphonosoma cumanense* (Keferstein, 1867) (Rice, 1976; Lützen *et al.*, 2001).

En la perspectiva socioeconómica, estos individuos han sido utilizados como fuente de alimento para los humanos desde hace más de 200 años. En las poblaciones nativas de Malasia, Islas Carolina y el sur de China se consumen sipúnculos que alcanzan 60 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro (Satô, 1935 en Murina 1984; Saiz, 1993).

1.4. Aspectos filogenéticos

Hoy en día, las relaciones filogenéticas del phylum con otros grupos no están totalmente esclarecidas y hay distintos puntos de vista al respecto. Hasta hace poco tiempo, se sostenía que los sipuncúlidos eran un phylum (Cutler, 1994; Schulze *et al.*, 2005; 2007), y que junto con los poliquetos y los moluscos compartían un ancestro común, que en el Paleozoico Temprano (542 m.d.a.) dio lugar al grupo Annelida y a un taxón hermano que derivó en Sipuncula y Mollusca. Cutler (1994).

Sin embargo, existen varias líneas de investigación que utilizan como principal herramienta a la sistemática molecular para esclarecer las afinidades de los sipúnculos con otros phyla. Estos trabajos refieren que los Sipuncula son un grupo natural separado de los moluscos, coinciden además, en la estrecha relación que tienen los sipuncúlidos con los gusanos

poliquetos (Clase Polychaeta) (Bleidorn *et al.*, 2006; Zhong *et al.*, 2008) y apoyan la hipótesis de que podrían ser grupos hermanos (Boore y Staton, 2002; Jennings y Halanych, 2005; Mwinyi *et al.*, 2009; Sperling *et al.*, 2009). De forma similar, Struck *et al.* (2007), basados en análisis filogenéticos de genes mitocondriales y nucleares, rechazan que los moluscos y los sipuncúlidos compartan un ancestro común y consideran que estos últimos deben incluirse en la Clase Polychaeta; además, argumentan que los Sipuncula y el grupo Terebelliformia (Familias Alvinellidae, Trichobranchidae, Ampharetidae y Terebellidae) son grupos hermanos. Análogamente, Shen *et al.* (2009) consideran que los Sipuncula forman, junto con los Annelida (incluyendo equiuros y pogonóforos), un grupo monofilético.

Otros estudios, que han utilizado análisis combinados de morfología y biología molecular, también apoyan la hipótesis de relación filogenética estrecha entre los Sipuncula y los Annelida, aunque no logran dar a los sipúnculos una posición exacta dentro de los anélidos (Zrzavý *et al.*, 2009).

Recientemente, Dordel *et al.* (2010) refirieron que los Sipuncula se ubican dentro del phylum Annelida y rechazan que estos phyla sean grupos hermanos. Algunas características como las etapas de segmentación durante la formación del cordón nervioso ventral de los sipúnculos y el revestimiento de los podocitos nefridiales, sugieren posibles sinapomorfias estructurales entre estos dos phyla (Wanninger *et al.*, 2005; Struck *et al.*, 2007; Kristof *et al.*, 2008), apoyando la hipótesis de que los Sipuncula son anélidos modificados.

Schulze y Rice (2009) mencionaron que además de los análisis filogenéticos actuales, es necesario entender las transformaciones evolutivas de un plan corporal de anélido a sipúnculo, conocer las características ancestrales de cada grupo y la ontogenia de la musculatura de los poliquetos.

Actualmente, los Sipuncula se consideran anélidos modificados, aunque no se les ha asignado una posición taxonómica dentro del phylum Annelida. Asimismo, se rechazan

tanto una relación de grupos hermanos entre los poliquetos y los sipúnculos, como una relación filogenética cercana entre los moluscos y los sipuncúlidos.

2. Antecedentes

Aunque el número de estudios acerca del phylum Sipuncula se ha incrementado en los últimos 40 años, el conocimiento de este grupo aún tiene muchas omisiones y es mucho menor en comparación con otros grupos bentónicos. En particular, la carencia de información para algunas regiones del mundo es considerable. Asimismo, existen muchas características de la biología y ecología de este phylum que aún se desconocen, mientras que la posición filogenética y la historia evolutiva del grupo no están totalmente esclarecidas.

En cuanto a los trabajos de taxonomía y distribución del phylum, [Murina \(1975\)](#) realizó uno de los trabajos más importantes acerca de la distribución geográfica de los Sipuncula. En dicho trabajo se presentan mapas con la distribución geográfica de los 14 géneros (correspondientes a la clasificación del phylum en ese momento). De forma general, se señala la presencia de 10 géneros en el Caribe, cinco en el Golfo de México y ocho en el Pacífico mexicano. No obstante, la distribución de estos géneros señalada en los mapas es poco precisa, debido a las dimensiones y al diseño del mapa.

[Rice \(1975a\)](#) realizó un estudio en 36 localidades de las costas de Florida y el Mar Caribe (Bimini, Jamaica, Puerto Rico, Barbados, Venezuela y Curaçao), obteniendo datos de abundancia, hábitat, distribución y alimentación de 10 especies de sipúnculos de los géneros *Themiste*, *Aspidosiphon*, *Paraspidosiphon*, *Lithacrosiphon* y *Phascolosoma*. Asimismo, [Rice \(1975b\)](#) desarrolló otra investigación en las costas de Florida y el Mar Caribe (Isla Margarita, Cubagua y Puerto Rico), donde estudió la ontogenia de seis especies, además de los diferentes tipos de larvas y formas de desarrollo dentro del phylum.

Otros trabajos de los Sipuncula en el Caribe están enfocados a sus relaciones ecológicas con otros phyla. Por ejemplo, el trabajo de [Jones y Schiess \(1975\)](#), que se desarrolló en una

localidad al sur de Puerto Rico y tuvo como objetivo el estudio a los parásitos asociados a *Phascolosoma nigrescens* (Keferstein, 1865). Del mismo modo, [Jones \(1975\)](#) estudió los parásitos asociados a *Antillesoma antillarum* (Grube, 1858) proveniente de las costas de Florida (Key Biscayne) y del Mar Caribe (Haití, Puerto Rico, Islas Vírgenes y Curaçao).

[Rice y MacIntyre \(1982\)](#) analizaron la distribución y la densidad de los Sipuncula a lo largo de una comunidad arrecifal en Cayo Carrie Bow, Belice, durante tres años. En ese trabajo registraron ocho especies pertenecientes a los géneros *Aspidosiphon*, *Golfingia*, *Lithacrosiphon*, *Paraspidosiphon* y *Phascolosoma*, en donde las especies más abundantes fueron *Lithacrosiphon cristatus* (Sluiter, 1902), *Phascolosoma perlucens* Baird, 1868 y *Paraspidosiphon steenstrupii* Diesing, 1859.

[Dean \(2001\)](#) realizó una revisión de los sipúnculos de Costa Rica donde mencionó dos especies para las costas del Caribe. Por otro lado, [Schulze \(2005\)](#) registró 14 especies y cinco no determinadas en Bocas del Toro, Panamá. [Varela y Schulze \(2008\)](#) realizaron una revisión de los sipuncúlidos de Cuba y mencionaron 19 especies, por lo que los autores señalaron que de todas las áreas del Caribe conocidas, Cuba cuenta con la mayor riqueza específica de sipúnculos.

En México, los trabajos del phylum son escasos y abarcan únicamente aspectos de distribución geográfica. [Fisher \(1952\)](#) realizó una revisión de la distribución de sipúnculos a lo largo de las costas del Pacífico, desde Alaska hasta Panamá incluyendo México. En dicho trabajo, se registraron siete especies de los géneros *Phascolosoma*, *Themiste*, *Siphonosoma* y *Sipunculus*, para las costas del Pacífico mexicano (Bahía de San Quintín y Baja California).

El trabajo de [Murina \(1967a\)](#) ha sido pionero en la investigación de sipúnculos en el Golfo de México; en dicho trabajo se enlistaron nueve especies en las costas mexicanas. Recientemente, [Rice \(2009\)](#) publicó un listado de las especies de sipúnculos que se distribuyen a lo largo de las costas del Golfo de México. La distribución de cada especie mencionada fue documentada de registros previos o proviene de la información del material biológico de diferentes colecciones científicas. Sin embargo, la autora refirió que los

estudios en esta zona están restringidos al noreste y sureste del Golfo, por lo que resalta la falta de información en áreas del Golfo de México aún no exploradas.

Por otra parte [Rice \(1993\)](#) describió una nueva especie para el Atlántico, *Phascolion gerardi*, que se distribuye en zonas arrecifales del Mar Caribe, incluyendo la zona de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Por lo anterior, se destaca la importancia de conocer la riqueza específica y densidad de sipuncúlidos en las zonas arrecifales del Caribe mexicano. Este trabajo, por tanto, contribuye al conocimiento de la diversidad de sipunculos en áreas de rocas de coral, y es además, el primer trabajo taxonómico del phylum para el Mar Caribe mexicano.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general:

Realizar un estudio de taxonomía, densidad y riqueza específica de sipunculos asociados a rocas de coral en Majahual y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México.

3.2. Objetivos particulares:

- Determinar a nivel de especie todos los sipunculos de las dos localidades de la zona de estudio y elaborar un listado faunístico de los sipunculos.
- Estimar la riqueza específica y abundancia de los sipunculos asociados a las rocas de coral muerto, para posteriormente estimar su densidad (ind/kg).
- Hacer una estimación de la diversidad en el área de estudio con ayuda del índice de diversidad de Shannon (H') y del índice de Equidad (J').

4. Área de estudio

4.1. Mar Caribe mexicano

El Caribe mexicano se ubica frente al margen oriental de la Península de Yucatán hasta la porción noroccidental del Mar Caimán en el límite internacional con Belice (Parr, 1937 en Merino, 1986) entre los $17^{\circ} 47'$ y $21^{\circ} 42' 14.70''$ N y los $84^{\circ} 55' 24.34''$ W y $87^{\circ} 53' 54''$ W (Figura 4). La plataforma continental del Mar Caribe mexicano es estrecha en el área cercana a Cancún donde alcanza unos 20 km, misma que disminuye hacia el sur.

Esta zona se caracteriza por su clima de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación que se incrementa en la franja costera con respecto al resto de la superficie de la península de Yucatán. La temperatura del agua superficial tiene variaciones en invierno, donde llega a los 25.5°C y en verano alcanza los 28°C (Richards y Bohnsack, 1990).

Cerca de las costas del Caribe mexicano se presentan contracorrientes de baja intensidad con dirección hacia el sur que al encontrarse con otra corriente, cuyo flujo se dirige hacia el norte, producen giros de forma alargada. Sin embargo, la circulación costera del Mar Caribe mexicano también se ve afectada por la topografía de la costa, donde se pueden generar giros de menor magnitud con dirección al sur (Merino, 1986).

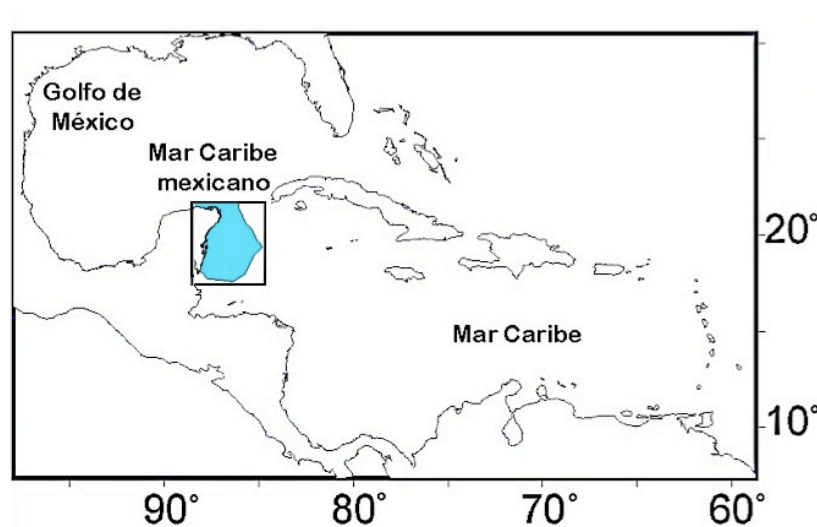


Figura 4. Ubicación geográfica del Mar Caribe y del Mar Caribe mexicano (resaltado en azul) (Modificado de Escobar y Machain, 2005).

4.2. Arrecife de Majahual

Majahual es un pequeño pueblo de desarrollo reciente que se localiza en el sur del estado de Quintana Roo, entre los $18^{\circ} 41' 45''$ N y $87^{\circ} 42' 50''$ W y los $18^{\circ} 43' 33''$ N y $87^{\circ} 42' 03''$ W. Este lugar se comunica con la ciudad de Chetumal a través de 150 km de carretera, y al pueblo de Xcalak a través de un camino de terracería de 55 km paralelo a la costa (Camarena-Luhrs y Salazar-Vallejo, 1991).

Majahual cuenta con un sistema arrecifal que se localiza entre los $18^{\circ} 43'$ y $18^{\circ} 46'$ N y los $87^{\circ} 42'$ y $87^{\circ} 42' 27''$ W. Este sistema forma parte de una cadena arrecifal, de 3600 m de longitud, que inicia en el noreste de la Península de Yucatán y continúa hasta Honduras (Jordán-Dahlgren, 1993; Castellanos y Suárez-Morales, 1997) (Figura 5).

El arrecife de Majahual tiene dos canales que comunican la laguna arrecifal con la zona nerítica. La laguna arrecifal tiene una profundidad media de 1.5 m y una longitud que varía de 30 a 180 m y los canales y el arrecife anterior tienen una profundidad de 7 m y 10 m, respectivamente (Jordán-Dahlgren, 1993). Por otro lado, Majahual cuenta con zonas de pastos marinos y mangles (Jordán-Dahlgren, 1993; Bastida-Zavala *et al.*, 2000).

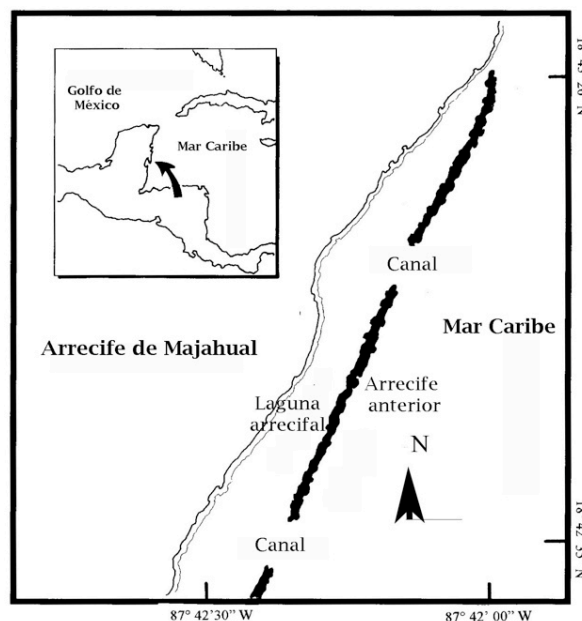


Figura 5. Ubicación geográfica del arrecife de Majahual (Modificado de Suárez-Morales y Gasca, 2000).

4.2.1. Aspectos climatológicos

Majahual presenta un clima cálido subhúmedo tipo Aw_2 x'i, (García, 1973) y la temperatura media anual es superior a los 22 °C. La precipitación varía entre 1009 y 1489 mm, disminuyendo de la costa hacia el continente (Hernández-Becerril y Pérez-Castillo, 1991). La salinidad varía entre 32 y 36 unidades. La temperatura superficial es de 32 °C en verano y de 21 °C en invierno, con un valor medio de 26 °C (Castellanos y Suárez-Morales, 1997; Merino, 1986).

4.2.2. Corrientes

En la zona arrecifal de Majahual fluyen dos corrientes superficiales: de sur a norte la Corriente de Yucatán y una contracorriente que fluye hacia el sur de la costa, por lo que la interacción de ambas corrientes produce trayectorias que se dirigen hacia la costa (Merino, 1986).

4.3. Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro

Banco Chinchorro es un complejo arrecifal localizado a 30 km de la costa sur de Quintana Roo, entre los 18° 47' y 18° 23' N y los 87° 14' y 87° 27' W (Jordán y Martín, 1987); está separado del continente por un amplio canal de 1000 m de profundidad (UNEP-IUCN, 1988) (Figura 6).

Este complejo arrecifal, pertenece a la provincia biogeográfica del Caribe (que se extiende desde Cabo Rojo, México, hasta el este de Venezuela y el norte del delta Orinoco) (Briggs, 1995).

El 19 de julio de 1996 Banco Chinchorro adquirió, junto con sus aguas adyacentes, la categoría de Reserva de la Biósfera (CONANP, 2000). Majahual y Banco Chinchorro forman parte del segundo arrecife más grande del mundo: el Sistema Arrecifal Mesoamericano, donde se alberga un gran número de especies marinas y terrestres de gran importancia ecológica y económica (Jordán y Martín, 1987).

Banco Chinchorro ha sido catalogado como un arrecife en plataforma porque emergió del fondo marino, está alejado de la costa y forma una explanada subsuperficial con varios cayos arenosos, contiene una laguna poco profunda en su interior y presenta una barrera discontinua (Chávez e Hidalgo, 1988). Asimismo, está constituido por diversas formaciones arrecifales y cuatro cayos: al norte dos pequeños cayos separados por un canal: Cayo Norte (0.9 km²), hacia el centro el cayo mayor: Cayo Centro (6.1 km²), y cerca del margen de barlovento al sur: Cayo Lobos (<0.1 km²) (Jordán y Martín, 1987). Alcanza un área total de 800 km² que cubren una extensión de 47 km de norte a sur y 18 km de este a oeste (Jordán y Martín, 1987; Aguilar-Perera y Aguila-Dávila, 1993).

El arrecife, con forma elíptica, presenta en el margen de barlovento una plataforma coralina conspicua de poca pendiente; mientras que en el margen occidental o de sotavento el crecimiento coralino es semicontinuo (Jordán, 1979). Las playas están constituidas por fragmentos de coral muerto (Jordán y Martín, 1987).

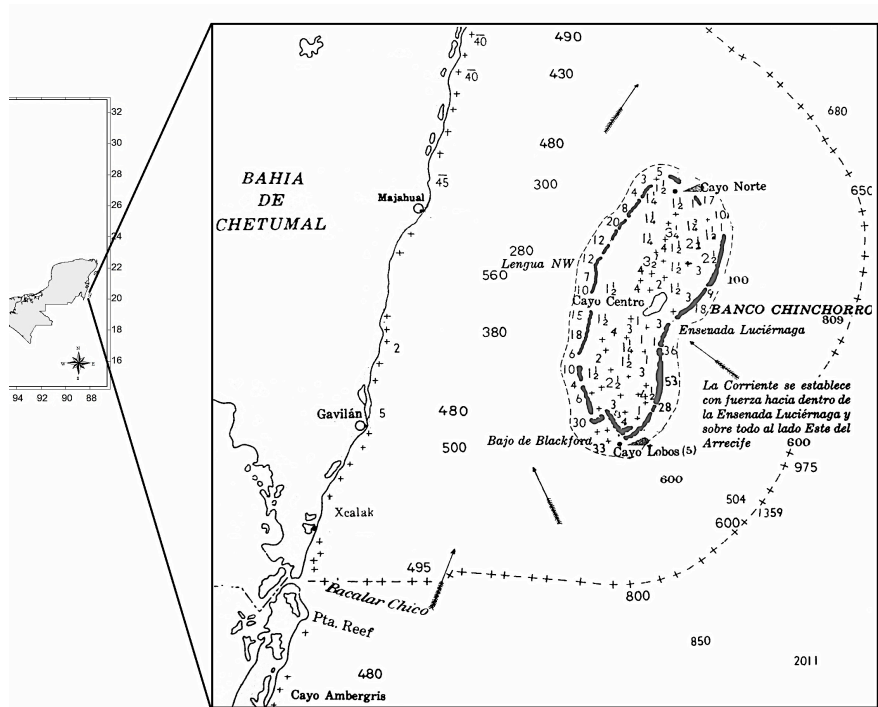


Figura 6. Ubicación geográfica de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro y batimetría de la zona en brazas. Modificado de INEGI, 1999.

La laguna arrecifal se caracteriza por fondos arenosos cubiertos de pastos marinos, algas en el norte y centro y parches coralinos al sur (Aguilar-Perera y Aguilar-Dávila, 1993).

Muy cerca de la cresta del arrecife los fragmentos de coral muerto son abundantes sobre el sustrato calcáreo que está cubierto de una capa fina de arena. En Cayo Centro y en la laguna interior de Cayo Norte el sedimento es, principalmente, lodo fino y arena debido a la comunicación que existe entre las lagunas y el mar a través de canales sujetos a las mareas (Jordán y Martín, 1987).

La profundidad de Banco Chinchorro varía de 1 a 2 m en la parte norte, 3 a 7 m en la parte central y de 8 a 10 m en la parte sur. En el margen occidental del atolón la plataforma desciende hasta 60 m de profundidad (CONANP, 2000).

4.3.1. Aspectos climatológicos

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973), Banco Chinchorro presenta un clima subhúmedo $Aw_2 x'i$, con una temperatura media anual de 25.7 °C. La época de lluvias se presenta de junio a octubre y el promedio anual de lluvia es de 1400 mm aproximadamente, mientras que los vientos denominados nortes acontecen de octubre a mayo, y el periodo de huracanes ocurre de junio a noviembre (Jordán y Martín, 1987; Hernández-Becerril y Pérez-Castillo, 1991).

4.3.2. Corrientes

En Banco Chinchorro la corriente superficial se desvía hacia el Canal de Yucatán debido al margen continental. Por otro lado, las contracorrientes no son muy comunes pero sí de gran intensidad, sobre todo en el frente del arrecife en los márgenes de barlovento y sotavento.

5. Método

5.1. Trabajo de campo

La recolección de muestras se realizó bajo el marco del proyecto “Estudio de la macrofauna de los litorales del Caribe Mexicano” en el estado de Quintana Roo por parte del personal

del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Los muestreos se efectuaron en tres etapas: la primera, el 16 de noviembre de 2006 en Majahual; la segunda el 19 y 20 de abril de 2007 en Majahual y la tercera el 13 y 14 de abril de 2008 en diferentes localidades a lo largo de la costa del Caribe. El material biológico de este trabajo (Phylum Sipuncula) proviene únicamente de las localidades de Majahual y de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro (Tabla 1, Figura 7).

El sustrato considerado para este trabajo fue el de coral muerto (Tabla 1). Las muestras se tomaron manualmente, mediante buceo libre y SCUBA, de la zona intermareal a 0.25 m hasta la zona submareal a 16.2 m de profundidad (Tabla 2). Se obtuvieron rocas con gran cobertura algal hasta alcanzar un peso aproximado de 10 kg. En cada estación se registraron parámetros fisicoquímicos como: temperatura superficial y de fondo, profundidad y salinidad con ayuda de una sonda Hidrolab *DataSonde 3* (Tabla 2). Los datos de las rocas de coral y los parámetros fisicoquímicos fueron registrados en hojas de campo.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en Majahual y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México.

Estación	Nombre de la estación	Fecha de colecta	Ubicación geográfica	Sustrato	Profundidad (m)
	MAJAHUAL (I)				
1	Punta Gavilán 2006	Nov 16, 2006	18°32.348' N 87°44.522' W	coralino	0.4
1	Majahual	Abr 19, 2007	18°42' 19" N 87°42' 34" W	coralino	1.8
2	Punta Gavilán 2007	Abr 20, 2007	18°32.365' N 87°44.492' W	coralino	1.8
3	Majahual, cerca al faro	Abr 20, 2007	18°43.390' N 87°42.112' W	coralino	0.5
4	Norte del Río Indio	Abr 20, 2007	18°50.340' N 87°39.255' W	coralino	0.25
	BANCO CHINCHORRO (S)				
3	La Baliza	Abr 13, 2008	18°45' 29.7" N 87°25' 07.5" W	coralino	16.2
4	Baliza posterior oeste	Abr 13, 2008	18°35' 25.9" N 87°24' 43.8" W	arenoso, coralino	4-5
5	Oeste de Cayo Centro	Abr 13, 2008	18°35' 01.1" N 87°22' 28.3" W	arenoso, coralino	4-5
6	San Andrés Frontal	Abr 13, 2008	18°33' 13.8" N 87°17' 57.3" W	coralino	8-9
7	San Andrés Posterior	Abr 13, 2008	18°33' 48.2" N 87°18' 35.6" W	coralino	7
8	Punto Norte de Cayo Centro	Abr 14, 2008	18°45' 59.9" N 87°19' 52.7" W	coralino	10-15
9	Punto Norte de Cayo Norte	Abr 14, 2008	18°45' 25.6" N 87°19' 51.1" W	coralino	8
10	La Caldera en Cayo Norte	Abr 14, 2008	18°41' 58.8" N 87°18' 46" W	arenoso, coralino	7-8

(I) Intermareal (S) Submareal

El coral se fragmentó con ayuda de un cincel y martillo, los fragmentos se depositaron en bolsas de plástico, se fijaron con formol al 10% en el campo y se depositaron en contenedores herméticos para su transporte al laboratorio.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y peso de la roca de coral de las estaciones del área de estudio.

Estación	Temperatura de Fondo (°C)	Salinidad	Peso (kg)
MAJAHUAL			
1	-	-	15
1a	28.0	36.9	10
2	-	-	5
3a	-	-	9
4a	-	-	7
BANCO CHINCHORRO			
3b	26.15	35.77	10.800
4b	26.41	35.76	11
5	26.6	35.79	8.8
6	26.57	35.69	10
7	26.87	35.68	10.300
8	26.35	35.74	10
9	27.03	35.65	8.8
10	26.76	35.75	12.400

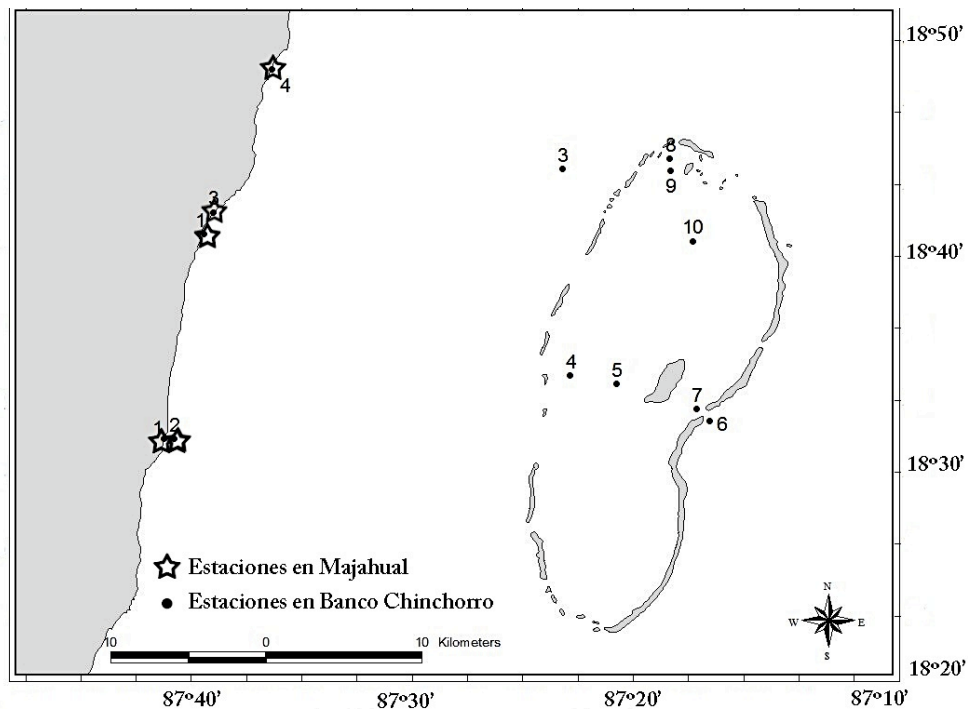


Figura 7. Estaciones de muestreo en Majahual y Banco Chinchorro.

5.2. Trabajo de laboratorio

Las muestras se lavaron en el laboratorio con agua dulce sobre un tamiz metálico de luz de malla de 0.5 mm para retener toda la macrofauna, y al mismo tiempo eliminar el fijador. Los organismos retenidos en el tamiz se preservaron en alcohol al 70% en frascos debidamente etiquetados. Posteriormente, las rocas de coral se fraccionaron cuidadosamente con ayuda de un martillo y un cincel para extraer los organismos que se encontraban en las galerías. Después de este procedimiento, el material biológico se preservó en alcohol al 70%, etiquetándose con los datos de campo correspondientes para su posterior análisis.

5.3. Trabajo taxonómico

Para realizar la identificación taxonómica de los sipúnculos es necesario observar su morfología externa e interna utilizando un microscopio estereoscópico y uno compuesto; para ello, se realizó la disección (en posición ventral) de cada uno de los individuos para observar las características internas de cada ejemplar. Consecutivamente, se realizaron preparaciones fijas de los ganchos del introverto de cada especie para observar su estructura interna en el microscopio óptico y obtener el registro microfotográfico de los mismos. Para los ejemplares de la familia Phascolosomatidae se observó la estructura interna de los ganchos del introverto, la presencia de procesos basales (*verrugas* o *dedos*), el ángulo del gancho y la morfología interna del mismo (Figura 8).

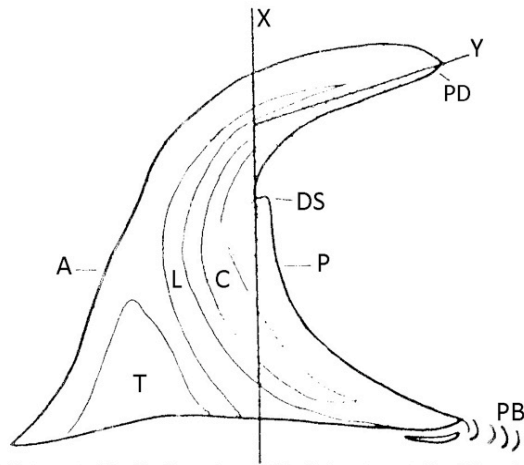


Figura 8. Gancho del introvertido (Familia Phascolosomatidae). A, parte anterior del gancho; C, creciente; DS, diente secundario; L, línea clara; P, parte posterior; PB, procesos basales; PD, parte distal; T, triángulo. El ángulo formado por las líneas X y Y determinan el ángulo de la punta en la parte distal (Modificada de Cutler y Cutler, 1990).

Asimismo, se obtuvieron imágenes de microscopía electrónica de barrido de los caracteres diagnósticos de algunas especies, principalmente de morfología externa, para observarlos a detalle e identificarlos a nivel de especie. La técnica utilizada consistió en la desecación paulatina de cada ejemplar hasta llegar a punto crítico y posteriormente, el recubrimiento con una capa de oro (Ojeda, 1997). Las imágenes fueron obtenidas con un microscopio de barrido modelo JEOLJSM-6360LV Scanning Electron Microscope.

Los ejemplares fueron registrados con los siguientes números: 1165-1184, 1275-1314, 1324-1327, 1401-1403, 1616-1627, 1943-1947, en el Catálogo General de Invertebrados de la Colección del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Los Sipuncula fueron identificados a nivel de familia con ayuda de la clave taxonómica de [Edmonds \(2000\)](#), y a nivel de género, subgénero y especie con la de [Cutler \(1994\)](#), corroborando con revisiones a nivel de género como la de [Cutler y Cutler \(1987; 1989; 1990\)](#), [Murina \(1967a\)](#) y [Saiz \(1993\)](#), así como la base de datos electrónica [WoRMS \(2010\)](#) (World Register of Marine Species) para corroborar o actualizar las jerarquías dentro del phylum.

Con la revisión del material biológico se completaron las descripciones de la clave taxonómica, en los casos necesarios, con base en las características observadas en los ejemplares de esta área del Caribe mexicano.

5.4. Análisis de datos

5.4.1. Abundancia por especie

Con base en el número de individuos cuantificados en cada estación de muestreo se realizaron gráficas de la abundancia de cada especie.

5.4.2. Riqueza específica

La riqueza específica fue definida como el número de especies presentes en cada localidad de muestreo, es decir en Majahual y Banco Chinchorro.

5.4.3. Densidad por estación de muestreo

Los valores discretos de abundancia se transformaron a valores de densidad, expresada en individuos por kilogramo de roca de coral (ind/kg) para cada estación de muestreo.

5.4.4. Diversidad

A la postre, se estudió la diversidad biológica en Majahual y Banco Chinchorro a través del Índice de Diversidad de Shannon (H') y el índice de Equidad de Pielou (J'), utilizando el programa PRIMER versión 6.0 (Clarke y Warwick, 2001).

La riqueza específica de una área determinada se ha utilizado para muchos estudios de diversidad; sin embargo, el número de especies no describe totalmente la estructura comunitaria porque el número de individuos de las especies varía. Por esta razón, se utilizan aquellos índices basados en la distribución de los individuos entre las especies para medir la diversidad de una comunidad (Gray, 2000).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener ha sido ampliamente utilizado para estos fines; se define como la medida de la incertidumbre acerca de la especie a la que puede pertenecer

un individuo con base en la proporción de especies que presentan las comunidades (Clarke y Warwick, 2001). Este índice fue calculado con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde: H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener

p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i): $\frac{ni}{N}$

S representa la riqueza específica

ni el número de individuos de la especie i (abundancia de la especie i) N el número de todos los individuos de todas las especies (abundancia total)

Los valores de este índice indican qué tan diversa es una comunidad, siendo la máxima diversidad representada por 5 y la mínima por 1, aunque los valores pueden ser mayores o menores dependiendo del ecosistema del que se trate (Begon, *et al.* 2006). Un valor de cero indicaría que todos los individuos pertenecen a la misma especie; mientras que un valor máximo de $\log_2 S$ se da cuando cada una de las S especies presenta el mismo número de individuos (Clarke y Warwick, 2001).

5.4.5. Equidad

Para aportar información respecto a la composición de la fauna, e inferir que tan homogénea es la distribución de los individuos de cada especie, y si hay especies dominantes, es el índice de Equidad que se define con la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde: J' es el índice de equidad

H' es la diversidad de una comunidad determinada (valor obtenido del índice de Shannon)
 $H'_{máx}$ es el valor máximo de diversidad si todas las especies fueran igualmente abundantes, es decir $\log_2 S$

S es el número total de especies.

Los valores de J' fluctúan entre 0 y 1, siendo los más altos los que indican una comunidad más diversa porque las abundancias de sus especies son similares (Begon, *et al.* 2006). Por tanto, este índice indica qué tan equitativa es la comunidad numéricamente hablando.

5.5. Presentación de resultados

Se presenta una lista faunística de los sipúnculos de Majahual y la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

El arreglo sistemático que se siguió para el listado taxonómico es el propuesto por Cutler (1994). Sin embargo, se actualizó el nombre de cada Orden de acuerdo a la base de datos WoRMS Database (2010).

Se expone un apartado para cada clase, familia, género y subgénero, con información de las características taxonómicas distintivas y algunos aspectos de su biología, basadas en observaciones propias y en las descripciones de Saiz (1993), Cutler (1994) y Edmonds (2000). Para las especies identificadas en este estudio se presenta un apartado más extenso.

Para cada especie se presenta la siguiente información:

Nombre científico, autor y año.

Sinonimias: Se enlistan las sinonimias más relevantes y las referencias bibliográficas correspondientes, considerando aquellas que presentan diagnosis, ilustraciones o revisiones taxonómicas recientes.

Material examinado: Se presenta el número de individuos de la especie en Majahual y posteriormente en Banco Chinchorro.

Diagnosis: Se presentan las características morfológicas externas e internas más relevantes para el reconocimiento de cada especie, con base en las descripciones correspondientes de la literatura especializada y en las observaciones realizadas en el presente estudio.

Observaciones: Se presentan diferencias taxonómicas observadas en los ejemplares, o algunos aspectos relevantes referentes a la reproducción de la especie.

Hábitat: De acuerdo con la literatura y los datos obtenidos de campo, se tipifican las características ambientales correspondientes al hábitat de la especie.

Registro en México: Se incluye si la especie es nuevo registro para México y/o si representa ampliación de distribución.

Distribución geográfica: Se indica de acuerdo con las revisiones de la literatura especializada, el intervalo geográfico de distribución de la especie en el siguiente orden: Pacífico Este, Pacífico Central, Indo Pacífico Oeste, Atlántico Oeste, Atlántico Central, Atlántico Este. En el caso de ampliación de distribución se integraron la localidades de este estudio.

Imágenes: Se presentan imágenes obtenidas de microscopía óptica y/o microscopía electrónica de barrido, que muestran las características más importantes de cada especie y en algunos casos, las variaciones observadas con respecto a la diagnosis de la especie.

6. Resultados

6.1. Composición faunística

Para el presente estudio se revisaron 611 sipúnculos provenientes de dos localidades del Mar Caribe mexicano (cinco estaciones en Majahual y ocho en Banco Chinchorro). Se identificaron 12 especies quedando tres más como sp, agrupadas en ocho géneros, cuatro familias, tres órdenes y dos clases, que se presentan en el siguiente listado taxonómico (Tabla 3).

Tabla 3. Lista sistemática de los sipúnculos asociados a roca de coral en Majahual y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, de acuerdo a Cutler (1994) y WoRMS (2010).

Phylum Sipuncula Sedgwick, 1898

Clase Sipunculidea E. Cutler y Gibbs, 1985

Orden Golfingiida WoRMS, 2010

Familia Golfingiidae Stephen y Edmonds, 1972

Género *Golfingia* Lankester, 1885

Golfingia (Golfingia) elongata (Keferstein, 1862a)

Género *Nephasoma* Pergament, 1940

Nephasoma sp

Familia Phascolionidae E. Cutler y Gibbs, 1985

Género *Phascolion* Théel, 1875

Phascolion (Isomya) gerardi Rice, 1993

Phascolion (Isomya) sp

Phascolion sp

Clase Phascolosomatidea E. Cutler y Gibbs, 1985

Orden Phascolosomatida WoRMS 2010

Familia Phascolosomatidae Stephen y Edmonds, 1972

Género *Phascolosoma* Leuckart, 1828

Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens (Keferstein, 1865)

Phascolosoma (Phascolosoma) perlucens Baird, 1868

Género *Antillesoma* (Stephen y Edmonds, 1972)

Antillesoma antillarum (Grübe y Oersted, 1858)

Género *Apionsoma* Sluiter, 1902

Apionsoma (Edmondsius) cf. pectinatum (Keferstein, 1867)

Orden Aspidosiphonida WoRMS, 2010

Familia Aspidosiphonidae Baird, 1868

Género *Aspidosiphon* Diesing, 1851

Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans (Chamiso y Eysenhardt, 1821)

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) fischeri ten Broeke, 1925

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) laevis de Quatrefages, 1865

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) parvulus Gerould, 1913

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) steenstrupii Diesing, 1859

Género *Lithacrosiphon* Shipley, 1902

Lithacrosiphon cristatus cristatus (Sluiter, 1902)

6.2. Descripción de especies

Phylum Sipuncula Sedwick, 1868

Clase Sipunculidea E. Cutler y Gibbs, 1985

Diagnosis: Sipúnculos con tentáculos periféricos sobre el disco oral que rodean la boca central. Los ganchos del introverto (si están presentes) se distribuyen irregularmente, son unidentados y no presentan estructuras internas. El músculo de fijación no se une a la parte posterior (excepto en los géneros *Siphonosoma* y *Siphonomecus*).

Orden Golfingiida WoRMS, 2010

Diagnosis: Sipúnculos con la musculatura longitudinal formando una capa continua.

Familia Golfingiidae Stephen y Edmonds, 1972

Diagnosis: Sipúnculos con dos nefridios. Los tentáculos rodean la boca, son digitiformes y no presentan ramificaciones. Se encuentran generalmente en aguas frías como parte de la infauna en arenas finas (mezclas de arcilla, arena y limo). Pocas especies exceden los 30 mm de longitud.

Género *Golfingia* Lankester, 1885

Diagnosis: Introverto de igual o menor longitud que el tronco. Los ganchos, si están presentes, están situados en forma dispersa (excepto en *Golfingia elongata* que tiene ganchos acomodados en anillos). La musculatura longitudinal forma una capa continua. Los tentáculos rodean la boca. Presenta cuatro músculos retractores. La vesícula contráctil no presenta vellosidades y el músculo de fijación no se une a la parte posterior del tronco. Presenta dos nefridios. Los ejemplares de esta especie no alcanzan grandes longitudes, pocas especies superan los 30 mm de largo.

Subgénero *Golfingia (Golfingia)* Lankester, 1885

Diagnosis: Introverto de igual o menor longitud que el tronco. Ganchos distribuidos en forma dispersa, excepto en *G. elongata*. El par anterior de los músculos retractores se origina en una parte más dorsal que el par ventral. Dos nefridios unilobulados.

Golfingia (Golfingia) elongata Keferstein, 1862

Figuras 9 y 10

Sinonimias: *Phascolosoma elongatum* Keferstein, 1862

Golfingia elongata Stephen y Edmonds, 1972:90-91. E. Cutler y Cutler, 1987:751.

Golfingia cylindrata Stephen y Edmonds, 1972:89

Golfingia derjugini Stephen y Edmonds, 1972:90

Golfingia (Golfingia) elongata abyssalis Murina, 1975b

Golfingia (Golfingia) elongata Rice, 2009.

Material examinado: 1 ejemplar, estación 1; 1 ejemplar, estación 3 de Majahual.

Diagnosis: Se caracteriza por la presencia de ocho a diez anillos de ganchos sobre el introverto. El tronco es liso, delgado y lustroso. El introverto mide del 20 al 40% la longitud del tronco y los tentáculos pueden ser de 20 a 36 y están dispuestos alrededor del disco oral. Presenta cuatro músculos retractores aunque ocasionalmente se fusionan dos de ellos para formar uno o dos.

Observaciones: Los ejemplares presentan ciertas características que corresponden a la diagnosis de la especie: el tronco mide 7mm, tiene una superficie lisa y es de color café claro; el ano está situado en la parte anterior del tronco y la musculatura es lisa; presentan cuatro músculos retractores, los ventrales se originan a un quinto de la longitud y los dorsales en la parte media del tronco; la vesícula contráctil no presenta vellosidades y el intestino presenta hélices bien desarrolladas. Sin embargo, las características que difieren de la diagnosis son: ganchos dispuestos en 12 anillos y 10 tentáculos que rodean el disco oral.

Hábitat: En este estudio, roca de coral en zona intermareal y submareal de 0.4 m y 8 m de profundidad.

Registro en México: Registro nuevo para el Mar Caribe mexicano: Majahual y la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Océano Atlántico y Mar Caribe desde Bermuda hasta Cuba; Golfo de México; Atlántico noreste: Península Ibérica y Mar Mediterráneo; Océano Pacífico en China y Vietnam.

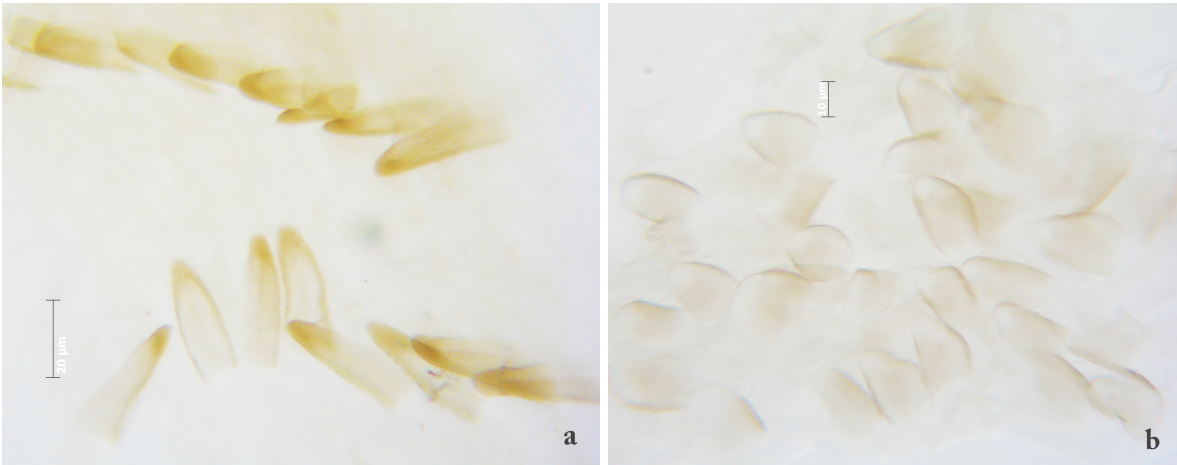


Figura 9. *Golfingia (Golfingia) elongata*. Imágenes de microscopía óptica. **9a.** Ganchos en hilera del introverto. Escala de 20 µm. **9b.** Papilas del introverto. Escala de 10 µm.



Figura 10. *Golfingia (Golfingia) elongata*. Anatomía externa. **10a.** Ganchos en hilera del introverto señalados con una flecha. Escala de 0.5 mm. **10b.** Vista completa de un ejemplar. Escala de 1 mm.

Género *Nephasoma* Pergament, 1940

Diagnosis: Introverto de igual o menor longitud del tronco. Los ganchos, cuando están presentes, está dispuestos en forma dispersa (excepto en *N. rimicola* y *N. abyssorum* que presentan disposición de los ganchos en anillos y en espirales, respectivamente). La pared corporal forma una capa continua. Los tentáculos rodean la boca y pueden estar reducidos en tamaño y en número. Dos músculos retractores fusionados parcialmente. Vesícula

contráctil sin vellosidades. El músculo de fijación no está unido a la parte posterior del tronco. Dos nefridios. La longitud del tronco es inferior a los 50 mm.

Nephasoma sp

Material examinado: 1 ejemplar, estación 1 de Majahual.

Diagnosis: Este ejemplar mide 28 mm. La musculatura longitudinal forma una capa continua. Los músculos retractores se originan en la parte anterior del tronco, aproximadamente a un 20% de la longitud del mismo. El intestino tiene las hélices bien desarrolladas y compactadas. La vesícula contráctil presenta pequeñas bolsas en forma de bulbos hinchados (*swellings*). Los ganchos del introverto están dispuestos en forma dispersa. Presenta dos nefridios. Las papilas, son más abundantes en la parte anterior que en la posterior del tronco. El introverto es más corto que el tronco y se diferencia por su diámetro que es menor.

Observaciones: Las papilas y la vesícula contráctil difieren en forma respecto a las que se señalan para las especies descritas del género. En este ejemplar son alargadas y en forma de bolsa; por otra parte, la vesícula contráctil presenta sacos diferentes a los descritos en la clave taxonómica. Los ganchos son de color café y miden cerca de 80 μ m.

Hábitat: En este estudio, roca coralina.

Distribución geográfica: Zona arrecifal de Majahual en el Mar Caribe mexicano.

Familia *Phascolionidae* E. Cutler y Gibbs, 1985

Diagnosis: Golfingiiformes con un solo nefridio, generalmente el derecho. Tentáculos simples. El intestino carece de un músculo fijador axial bien definido. Se encuentran, generalmente, en aguas frías y en espacios protegidos. El grado de asimetría (enrollamiento del tronco, un nefridio, intestino con enrollamiento irregular) es más notable en esta familia que en otras.

Género *Phascolion* Théel, 1875

Diagnosis: Introverto de la mitad a cuatro veces la longitud del tronco, con o sin ganchos. El tronco está modificado, generalmente, con papilas pedunculadas. La pared corporal

forma una capa continua. Los tentáculos rodean la boca. Los músculos retractores del introverto están modificados por la fusión de los pares ventrales y dorsales; de esta forma, el grado de fusión y el tamaño de los retractores definen el subgénero. La vesícula contráctil no presenta vellosidades (excepto en *P. cirratum*). El intestino no presenta un enrollamiento definido. Sin músculo fusiforme axial. Se presenta un solo nefridio y generalmente el derecho. Los individuos miden menos de 50 mm de largo. Comúnmente habitan conchas de moluscos vacías.

Subgénero *Phascolion (Isomya)* E. Cutler y Cutler, 1985

Diagnosis: Músculos retractores, tanto ventrales como dorsales, del mismo tamaño. Pueden presentarse o no algunas papilas pedunculadas ligeramente endurecidas.

Phascolion (Isomya) gerardi Rice, 1993

Figura 11

Sinonimias: *Phascolion (Isomya) gerardi* Rice, 1993

Material examinado: 1 ejemplar, estación 9 de Banco Chinchorro.

Diagnosis: Tronco menor de 10 mm de longitud e introverto tres veces o más la longitud del tronco. El cuerpo es cilíndrico o esférico y está cubierto de papilas prominentes tipo mamiladas, que son más grandes alrededor de la base del introverto. Estas papilas pueden tener tres o más puntas. Los tentáculos digitiformes pueden llegar a ser 24, mientras que el órgano nucal aparece como una banda corrugada en la punta dorsal del introverto donde está la base de los tentáculos. Los ganchos, simples y curvados, miden cerca de 20 μm de alto. El ano se localiza en la parte media del introverto.

Observaciones: El ejemplar coincide con las características mencionadas en la diagnosis de la especie.

Hábitat: Espacios de roca de coral que han sido ocupados por otros invertebrados.

Registro en México: Puerto Morelos (Rice, 1993) y Banco Chinchorro en el presente estudio.

Distribución geográfica: Bahamas, Belice y la costa de Yucatán (Puerto Morelos).

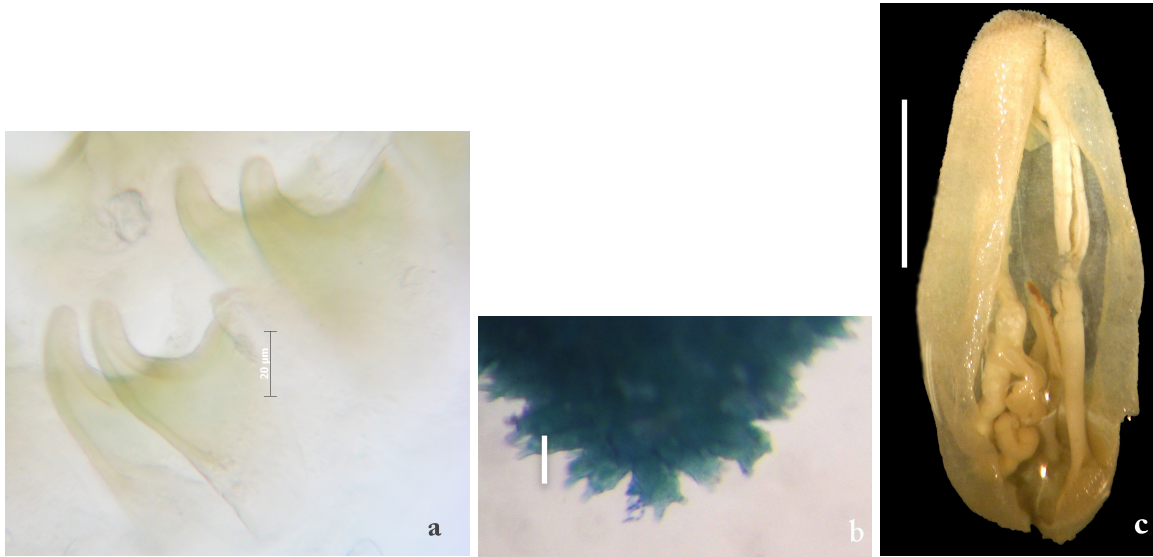


Figura 11. *Phascolion (Isomya) gerardi*. **11a.** Ganchos del introvert. Escala de 20 μ m. **11b.** Papilas del tronco. Escala de 0.5 mm. **11c.** Vista completa del ejemplar. Escala de 5 mm.

Phascolion (Isomya) sp

Material examinado: 4 ejemplares, estación 3 de Banco Chinchorro.

Diagnosis: Ejemplares con musculatura en una capa continua, misma que se divide en bandas en la parte del introvert y es más delgada en la parte del tronco. Los ganchos son de color café. Las hélices del intestino están bien formadas. Los músculos retractores son dos y se originan en el primer tercio del tronco; presenta un nefridio.

Observaciones: Este ejemplar no corresponde a las diagnosis de las especies ubicadas en el género *Phascolion*, debido a las características de sus papilas y la forma de sus ganchos.

Hábitat: roca de coral.

Distribución geográfica: Banco Chinchorro, Mar Caribe mexicano.

Phascolion sp

Material examinado: 1 ejemplar, estación 1 de Majahual.

Diagnosis: Ejemplar con 13 mm de longitud. Presenta un solo nefridio y el tronco es de color café claro con aspecto liso. Presenta dos músculos retractores, mientras que la vesícula contráctil no tiene vellosidades. La musculatura es lisa y forma una capa continua. Los tentáculos son alrededor de 40 y presentan manchas café como puntos.

Observaciones: Este ejemplar difiere de las especies descritas para el género en el tipo de ganchos y papilas.

Hábitat: Roca de coral en la zona intermareal.

Distribución geográfica: Majahual, Mar Caribe mexicano.

Clase Phascolosomatidea E. Cutler y Gibbs, 1985

Diagnosis: Sipúnculos con tentáculos que rodean una estructura sensorial llamada órgano nual, dejando la boca en posición ventral fuera del círculo tentacular; carecen de tentáculos periféricos. Los ganchos del introvertido (ubicados detrás de la corona tentacular) son curvados, están distribuidos en anillos y presentan una estructura interna característica, excepto en *Antillesoma antillarum* (Stephen y Edmonds, 1972) y en *Apionsoma trichocephalus* Sluiter, 1902) (Saiz, 1993; Cutler, 1994).

Orden Phascolosomatida WoRMS, 2010

Diagnosis: Los individuos de este orden se caracterizan por la ausencia del escudo anal y la presencia de cuatro músculos retractores.

Familia Phascolosomatidae Stephen y Edmonds, 1972

Diagnosis: Los fascalosomátidos se caracterizan por la forma del tronco de tipo matraz, así como la coloración café. Probablemente, las características de esta familia son la causa de que los sipúnculos sean conocidos comúnmente como *gusanos cacahuete*. Esta familia se conforma de tres géneros: *Phascolosoma*, *Antillesoma* y *Apionsoma*. Los dos primeros se presentan en el área de estudio de esta investigación.

Género *Phascolosoma* Leuckart, 1828

Diagnosis: La longitud del introvertido puede ser igual que la del tronco; rodeando horizontalmente al introvertido se encuentran los ganchos curvados (distribuidos en forma de anillos). Los tentáculos rodean el órgano nual y son menos de 30; no presentan tentáculos periféricos. La vesícula contráctil no presenta vellosidades bien desarrolladas. Los músculos retractores son cuatro y pueden estar parcialmente fusionados. La musculatura del tronco

puede formar una capa continua o dividirse para formar bandas. Se presentan dos nefridios unilobulados. Este género contiene dos subgéneros, de los cuales sólo uno se presentó en este estudio.

Subgénero *Phascolosoma* (*Phascolosoma*) Leuckart, 1828

Diagnosis: Musculatura longitudinal dividida en bandas. Músculo fusiforme unido a la parte posterior del tronco. Los ganchos del introverto no presentan estructuras accesorias (espinas).

Phascolosoma (*Phascolosoma*) *nigrescens* (Keferstein, 1865a)

Figura 12

Sinonimias: *Phascolosoma nigrescens* Keferstein, 1865:424.

Phascolosoma (*Satonus*) *duplicigranulatum* Stephen y Edmonds, 1972:283-284.

Phascolosoma (*Phascolosoma*) *puntarenae* Stephen y Edmonds, 1972:319-320.

Phascolosoma (*Phascolosoma*) *spengeli* Stephen y Edmonds, 1972: 325.

Phascolosoma (*Phascolosoma*) *varians* Stephen y Edmonds, 1972:327-328.

Phascolosoma (*Antillesoma*) *horsti* Stephen y Edmonds, 1972:280. E. Cutler y Cutler, 1983:178.

Phascolosoma (*Phascolosoma*) *nigrescens* Rice, 2009

Material examinado: 129 ejemplares, Majahual; 23 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: Los ganchos miden de 35 a 90 μm de altura y están ordenados en más de 100 hileras incompletas alrededor del introverto. En el interior del gancho, a la mitad de la porción vertical y horizontal, se observa una banda clara que se ensancha. El ángulo de la punta del gancho es, por lo general, inferior a 90° (puede llegar a 65°) aunque puede ser mayor. El color del tronco es café claro y puede alcanzar una longitud de 20 a 40 mm. Las papilas localizadas a lo largo del tronco tienen forma de domo. El introverto es más largo que el tronco y puede presentar bandas pigmentadas de color café. La vesícula contráctil no presenta vellosidades.

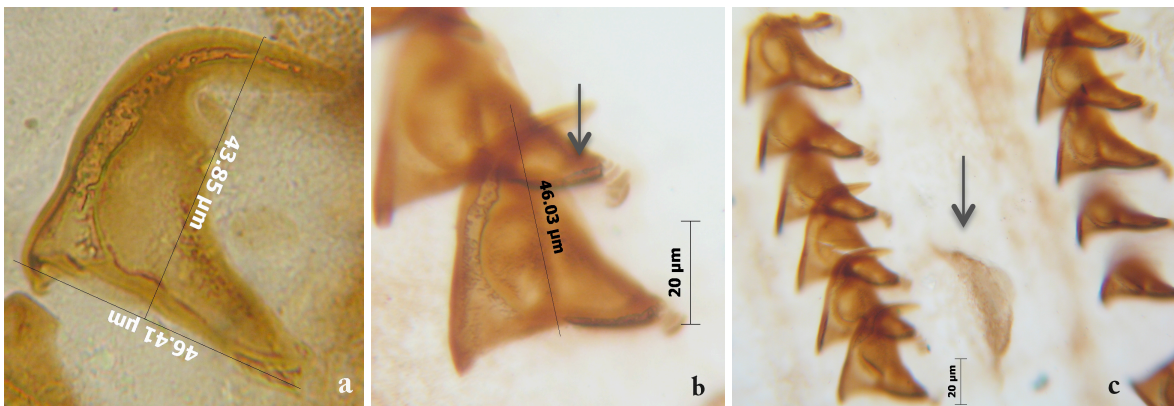
Observaciones: Con los ejemplares de este estudio se completa la descripción. Los ganchos están acompañados de verrugas en la parte basal y las hileras de ganchos están completas, sumando hasta 135 en algunos ejemplares. Las papilas se localizan en la parte dorsal a lo

largo del tronco y varían en color: desde blancas hasta café oscuro. Los ganchos que se encuentran más próximos a la boca son recientes en formación, por lo que su tamaño puede ser incluso menor de 35 μm . Los nefridios son unilobulados y abarcan el 50% de la longitud del tronco. Algunos ejemplares contienen gametos en la cavidad celómica.

Hábitat: Esta especie es abundante en aguas intermareales y someras; habita entre rocas y rocas de coral, grietas y galerías de sustratos calcáreos, o entre algas que cubren las rocas (Rice y MacIntyre, 1982; Cutler, 1994).

Registro en México: Registro nuevo para el Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Presenta una distribución entre los 30° N y 30° S de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Golfo de México; Mar Caribe: Cuba, Barbados, Panamá; Índico: sur de China y Vietnam; Pacífico este: Cabo San Lucas hasta Panamá. Especie circumtropical (Fisher, 1952; Murina, 1967b; Cutler, 1994; Dean, 2001; Cutler y Schulze, 2004; Schulze, 2005; Rice, 2009).



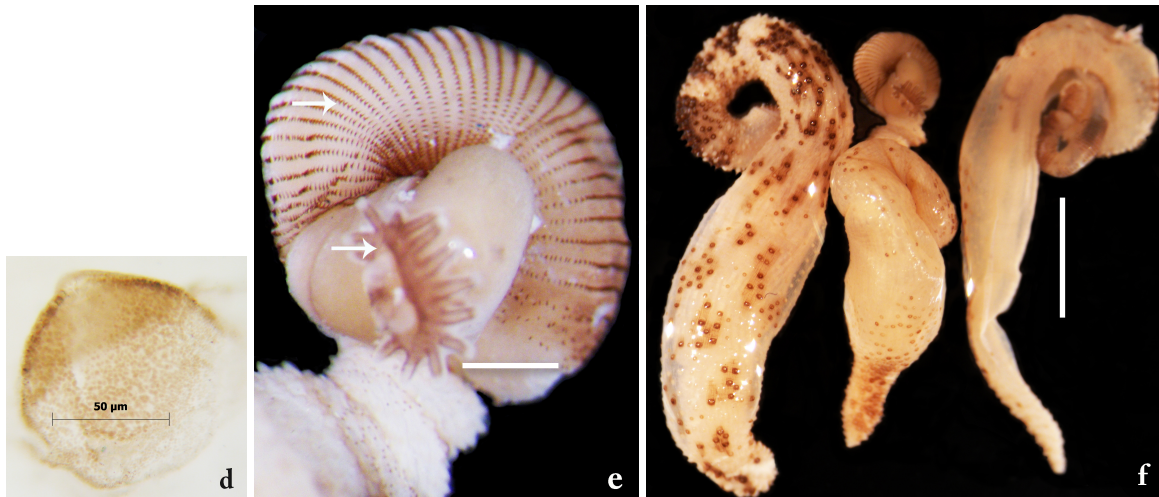


Figura 12. *Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens*. Imágenes de microscopía óptica y anatomía externa. 12a. y 12b. Ganchos del introverta con sus respectivas medidas verrugas señaladas. 12c. Ganchos en hileras y papila señalada. 12d. Papila del introverta. 12e. Introverta con hileras de ganchos y tentáculos. Escala de 0.5 mm. 12f. Tres diferentes ejemplares con papilas sobre el tronco. Escala de 10 mm.

Phascolosoma (Phascolosoma) perlucens Baird, 1868

Figuras 13 y 14

Sinonimias: *Phascolosoma dentigerum* Fisher, 1952:432-434.

Phascolosoma (Phascolosoma) thomense Stephen y Edmonds, 1972:327.

Phascolosoma (Antillesoma) microdentigerum Stephen y Edmonds, 1972:280-281.

Phascolosoma perlucens Rice y Stephen, 1970:63-64. Rice, 1975b:35-48. E. Cutler *et al*, 1984:297.

Material examinado: 129 ejemplares, Majahual; 2 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: Esta especie se caracteriza por la forma y el color de las papilas del cuerpo. Dichas papilas son cónicas, rojizas y están dirigidas hacia la parte posterior del tronco. La musculatura es delgada y se pueden observar los músculos longitudinales en bandas a través del tronco. La longitud del tronco es igual o mayor que la del introverta, generalmente es superior a 35 mm en los individuos adultos aunque puede llegar a 50 mm. El introverta se caracteriza por la presencia de bandas rojizas horizontales en la superficie dorsal. El número de hileras de ganchos sobre el introverta varía de 15 a 25, mientras que los ganchos alcanzan una longitud de 30 a 60 μm y presentan un diente secundario redondeado. En la parte media de los ganchos se puede observar un triángulo interno que está separado por

una banda clara. Se presentan dos nefridios cuya longitud llega a la mitad del tronco. Los músculos retractores dorsales son más cortos y se originan a diferente nivel con respecto al de los ventrales.

Observaciones: Las papilas preanales, localizadas en la base del introerto, pueden ser más conspicuas que las localizadas en la parte posterior del tronco. La curvatura del diente secundario (en la parte cóncava del diente) varía, siendo más o menos pronunciada en algunos individuos. En la estructura interna del gancho, se observan variaciones en el tamaño del triángulo. El color del tronco puede ser café-rojizo, pálido o transparente. Los nefridios son unilobulados y su longitud alcanza el 50% de la longitud del tronco. Los músculos retractores tanto ventrales como dorsales se originan a diferente nivel del tronco, siendo los últimos más cortos. Algunos ejemplares presentan gametos en la cavidad celómica. Un individuo presentó una prolongación en la parte final del tronco en forma de apéndice caudal, similar al que presentan algunos individuos de la familia Golfingiidae.

Hábitat: Esta especie es abundante en la zona intermareal, en las zonas someras donde hay restos de coral muerto, o bien en galerías de rocas calcáreas que son producto de su actividad excavadora o que han sido desocupadas por otros individuos ([Rice, 1975a](#); [Rice y MacIntyre, 1982](#)).

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Océano Atlántico: común en el Mar Caribe: sur de Florida hasta Venezuela, Cuba, Jamaica, Barbados, Panamá y Costa Rica; Atlántico este (un registro para 56° S); Océano Índico; Pacífico este: costas del norte de México, Pacífico oeste: Vietnam, sur de China, costa central de Japón y costas de Australia en Queensland ([Fisher, 1952](#); [Murina, 1967](#); [Stephen y Edmonds, 1972](#); [Rice y MacIntyre, 1982](#); [Cutler, 1994](#); [Dean, 2001](#); [Cutler y Schulze, 2004](#); [Schulze, 2005](#); [Rice, 2009](#)).

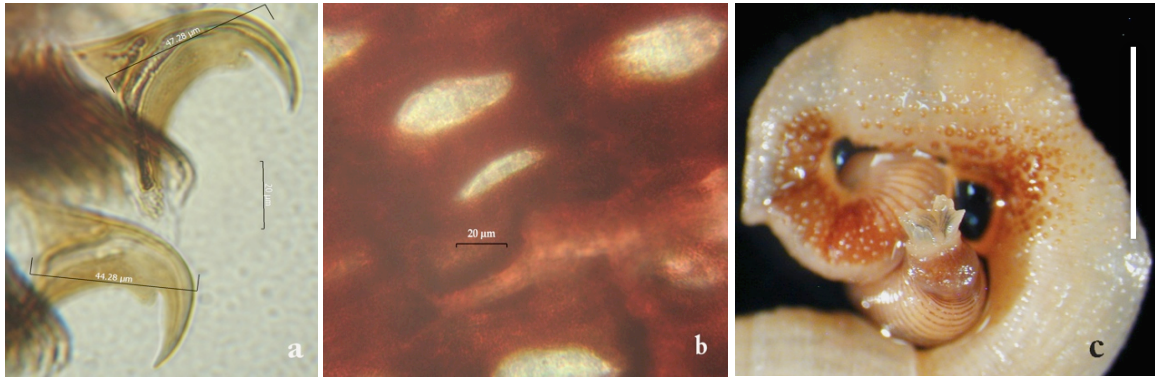


Figura 13. *Phascolosoma (Phascolosoma) perlucens*. 13a. Ganchos del introvert. Medidas de 44 y 47 μm . 13b. Bandas rojizas sobre el introvert. Escalda de 20 μm . 13c. Morfología externa, tentáculos y papilas con escala de 10 mm.

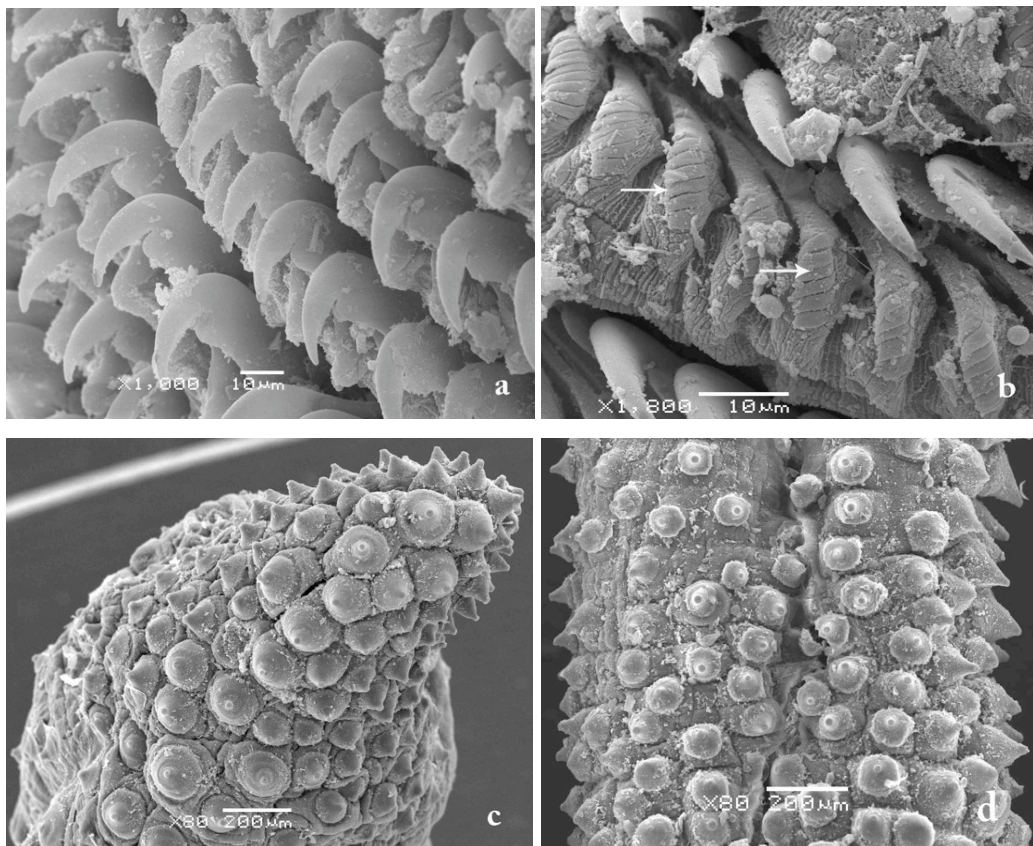


Figura 14. Imágenes de microscopía electrónica de barrido (MEB). *Phascolosoma (Phascolosoma) perlucens*. 14a. Ganchos del introvert en hileras. 14b. Verrugas en los ganchos (señaladas con flechas). 14c. Morfología externa, papilas cónicas en la parte posterior del tronco. 14d. Papilas cónicas del introvert.

Género *Antillesoma* (Stephen y Edmonds, 1972)

Diagnosis: La longitud del introverto varía aunque puede ser igual a la del tronco. Los adultos no presentan ganchos. La musculatura longitudinal está dividida en bandas que pueden presentar anastomosis. Los tentáculos rodean al órgano nuczal y pueden ser más de 30 en los individuos adultos. La vesícula contráctil presenta muchas vellosidades. Los sipúnculos del género presentan cuatro músculos retractores, cuyo grado de fusión o separación presenta una gran variedad; cada par lateral (derecho e izquierdo) casi siempre está fusionado en su totalidad, aunque presentan una bifurcación cerca del punto donde se originan. El músculo de fijación se une en la parte posterior del tronco. Este género sólo contiene una especie, cuya longitud varía de 10 mm hasta alcanzar más de 80 mm.

Antillesoma antillarum (Grübe y Oersted, 1858)

Figuras 15 y 16

Sinonimias: *Phascolosoma* (*Antillesoma*) Stephen y Edmonds, 1972:277. E. Cutler y Cutler, 1983:176.

Antillesoma E. Cutler y Gibbs, 1985:163. Gibbs y Cutler, 1987:55.

Material examinado: 14 ejemplares, Majahual; 1 ejemplar, Banco Chinchorro.

Diagnosis: La longitud del tronco es de 15 a 30 mm, aunque puede alcanzar los 80 mm. A lo largo del introverto se presentan papilas de color café oscuro; en la parte distal del mismo se presenta una estructura que rodea la base de los tentáculos (*collar*). Los tentáculos son digitiformes, rodean al órgano nuczal y presentan bandas de color morado, que cambian a color café cuando los individuos son preservados. La longitud del introverto puede ser de 65 a 75% la longitud del tronco. Los ejemplares adultos no presentan ganchos, aunque se han observado ganchos en individuos del Mar Caribe que miden menos de 10 mm (Cutler, 1994). La musculatura longitudinal está dividida en bandas y los músculos retractores se originan alrededor de un 60 a 70% de la distancia a la parte posterior del tronco. La vesícula contráctil presenta muchas vellosidades. Se presentan dos nefridios cuya abertura desemboca en la parte posterior del ano. El intestino está sujetado en ambos extremos a través del músculo de fijación. Los músculos retractores se originan casi al mismo nivel y la

separación entre ellos varía; sin embargo, se presentan dos en la parte dorsal y dos en la parte ventral del tronco.

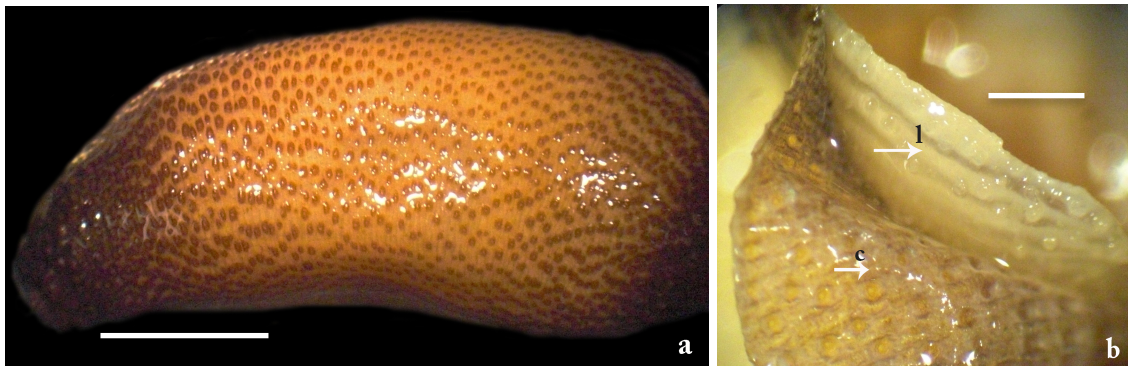
El tronco mide de 15 a 80 mm de longitud; tiene color café-amarillento y presenta papilas de color café. Dichas papilas son más oscuras y se aglomeran en la parte anterior del tronco, por lo que son más evidentes en esta zona. El ancho del tronco puede ser del 10 a 25% del largo del mismo.

Observaciones: Individuos de 15 a 30 mm de longitud, todos adultos, por lo que no se observaron ganchos en el introverto. Algunos ejemplares presentan papilas más conspicuas.

Hábitat: Aguas someras e intermareales, galerías de coral muerto. Los individuos de esta especie perforan las rocas de coral muerto que son ligeramente suaves.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Área tropical y subtropical. Atlántico oeste y Mar Caribe desde Florida hasta Brasil: Panamá, Cuba, Puerto Rico, Barbados; Golfo de México; Atlántico este desde Sierra Leona y Costa de Oro; en el Océano Índico en Durbán, Sri Lanka y muchas localidades de India; en el Pacífico Indo-oeste; Hawai; Pacífico este desde Baja California hasta Panamá (Fisher, 1952; Murina, 1976; Cutler, 1994; Dean, 2001; Cutler y Schulze, 2004; Schulze, 2005; Rice, 2009).



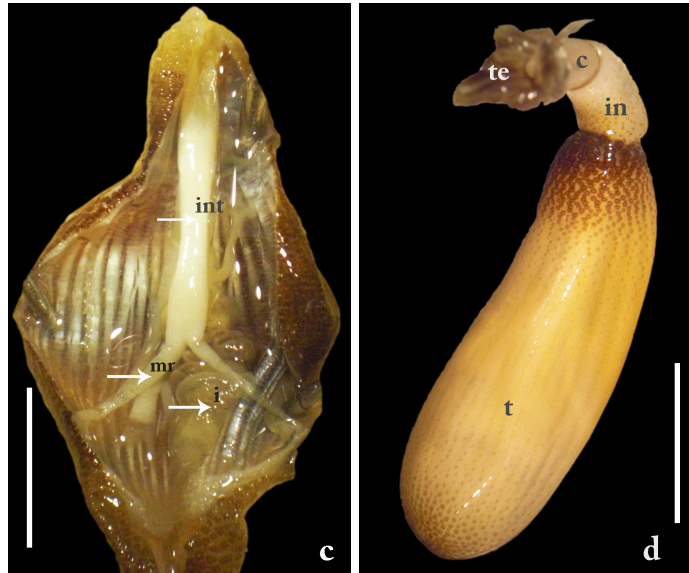


Figura 15. *Antillesoma antillarum*. Morfología externa y anatomía interna. 15a. Ejemplar con el introverto retraído. 15b. Músculos de la pared corporal (circulares: c y longitudinales: l) 15c. Morfología interna, int: introverto, mr: músculos retractores, i: intestino. 15d. Morfología externa, te: tentáculos, c: collar, int: introverto y t: tronco. Escalas a:10 mm, b: 5mm, c y d: 10mm.

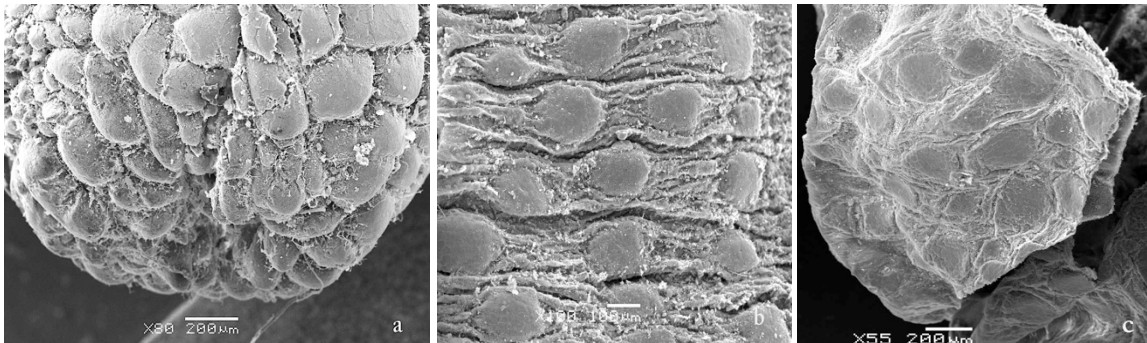


Figura 16. Imágenes de MEB. *Antillesoma antillarum*. 16a. Papilas que rodean al introverto retraído. 16b. Papilas de la parte media del tronco. 16c. Papilas en la parte final del tronco.

Género *Apionsoma* Sluiter, 1902

Diagnosis: Tentáculos que forman una creciente o medialuna alrededor del órgano nucal en la parte dorsal de la boca. La vesícula contráctil no tiene vellosidades. Presenta cuatro músculos retractores. El introverto es mucho más largo que el tronco y tiene ganchos recurvados que se disponen en anillos y presentan pequeñas espinas accesorias en forma de peine. Los dos nefridios son bilobulados. Las especies de este género son pequeñas: la

mayoría alcanza una longitud del tronco menor de 20 mm. La musculatura longitudinal puede formar una capa continua o dividirse para formas bandas.

Subgénero *Apionsoma (Edmondsius)* (Gibbs y Cutler,1987)

Diagnosis: Musculatura longitudinal dividida en franjas. El músculo de fijación no está unido a la parte posterior del tronco. Este género contiene una sola especie.

Apionsoma (Edmondsius) cf. pectinatum (Cutler y Gibbs, 1987)

Figura 17

Sinonimias: *Siphonides rickettsi* Fisher, 1952:386-388. Stephen y Edmonds, 1972:118. Stephen y Edmonds, 1972:287.

Golfingia (Golfingiella) abnormis Stephen y Edmonds, 1972:118.

Phascolosoma (Satonus) pectinatum Stephen y Edmonds, 1972:287-289.

Phascolosoma (Edmondsius) pectinatum N. Cutler y Cutler, 1990:693.

Material examinado: 23 ejemplares, estación 3 de Majahual.

Diagnosis: Tronco de 10 mm de longitud; mientras que el introverto equivale al doble de la longitud del tronco. La musculatura longitudinal se presenta en bandas. Los nefridios son bilobulados.

Observaciones: Estos ejemplares difieren de la descripción de la única especie del género, *Apionsoma (Edmondsius) pectinatum* Keferstein, 1867, porque las papilas no son de tipo domo como en *A. pectinatum*. Además, son pequeñas y difíciles de notar a menos que el ejemplar esté teñido. Del mismo modo, difiere en el número de espinas accesorias en la base de los ganchos pues se presentan de siete a nueve en *A. pectinatum*, mientras que en estos ejemplares se presentan cinco. No obstante, la diagnosis de la especie menciona que algunos ejemplares pueden no tener espinas accesorias en los ganchos.

Hábitat: Aguas someras del Mar Caribe; en este estudio, roca coralina.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Distribución circumtropical. Mar Caribe incluyendo Majahual; Atlántico Central en las Islas Azores; Océano Índico: Islas Mauricio, Islas Mayotte; Océano Pacífico: Indonesia, Filipinas, este de China; Pacífico Este: Panamá y Baja California (Fisher, 1952; Cutler, 1994).

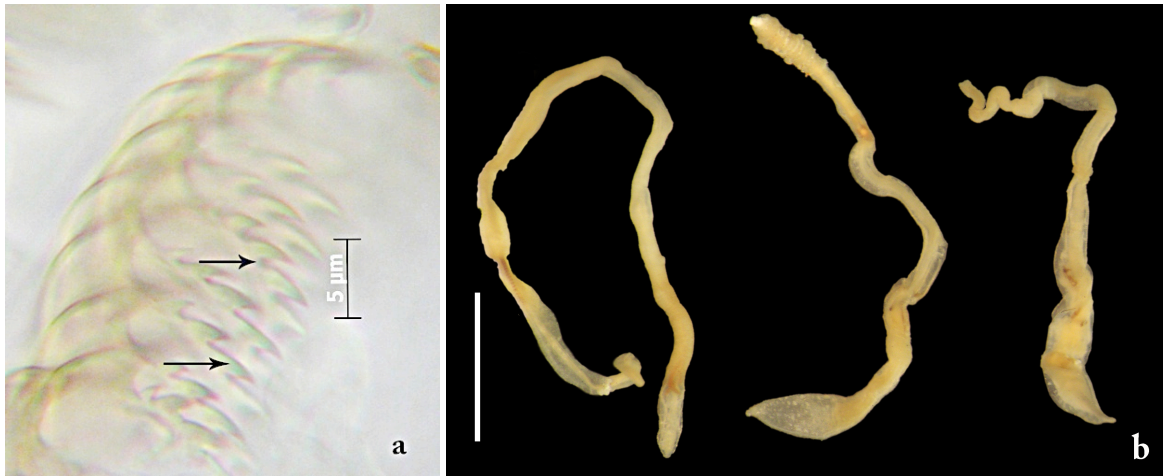


Figura 17. *Apionsoma* (*Edmondsius*) cf. *pectinatum*. Ganchos y morfología externa. 17a. Ganchos del introverto con las espinas en forma de peine señaladas. Escala de 5 μm 17b. Tres ejemplares de esta especie. Escala de 2 mm.

Orden Aspidosiphonida WoRMS, 2010

Diagnosis: La parte anterior del tronco está endurecida y forma una estructura calcárea llamada *escudo anal*. Se presentan dos músculos retractores. Este orden incluye únicamente a la Familia Aspidosiphonidae.

Familia Aspidosiphonidae Baird, 1868

Diagnosis: Los individuos de esta familia mantienen las características del orden. La mayoría de las especies pertenecientes a esta familia viven en aguas cálidas donde hay rocas suaves, galerías en rocas de coral y conchas de gasterópodos vacías. Por lo general su tamaño es de 5 a 30 mm y el tronco es liso con conglomerados cuticulares que forman un *escudo anal* en la parte posterior. El introverto surge ventralmente a 45 ó 90° del eje principal del tronco. Esta familia contiene tres géneros, dos de ellos presentes en este estudio.

Género *Aspidosiphon* Diesing, 1851

Diagnosis: El introverto es generalmente más largo que el tronco. Este último presenta un escudo anal, compuesto por unidades endurecidas, que no siempre es conspicuo. Los ganchos son curvados y están dispuestos en anillos o de forma dispersa en la mayoría de las especies. El introverto emerge del margen ventral del escudo anal. La musculatura longitudinal puede dividirse en bandas o formar una capa continua. Los tentáculos rodean el órgano nusal pero no la boca. La vesícula contráctil no presenta vellosidades. Se presentan dos músculos retractores completamente fusionados. El músculo fusiforme está unido a la parte posterior del tronco. Los individuos de este género presentan dos nefridios. El género incluye a tres subgéneros.

Subgénero *Aspidosiphon (Aspidosiphon)* Diesing, 1851

Diagnosis: Este subgénero se caracteriza por la musculatura longitudinal que forma una capa continua.

Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans (Chamiso y Eysenhardt, 1821)

Figuras 18 y 19

Sinonimias: *Aspidosiphon spinalis* Stephen y Edmonds, 1972:234-235.

Aspidosiphon brocki Rice, 1970:1618-1620. Rice, 1975b:44-45. Stephen y Edmonds, 1972:221.

Material examinado: 63 ejemplares, Majahual; 17 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: El escudo anal no presenta surcos definidos, sino placas pequeñas aglomeradas. Esta especie presenta distintos tipos de ganchos: aquellos que están próximos a los tentáculos son bidentados y están organizados en anillos, detrás de ellos se encuentran los ganchos cónicos de color café oscuro que están dispuestos irregularmente. Estos individuos tienen tronco liso, de color blanco y miden de 10 a 15 mm de longitud, aunque hay reportes de gusanos con más de 57 mm de largo. Los tentáculos bucales (de 6 a 12) son cortos y redondeados. El escudo caudal no está bien desarrollado y puede incluso no distinguirse bien. La musculatura longitudinal puede estar ligeramente separada en el área cercana al

escudo anal. Los músculos retractores se originan alrededor del 85-95% de la distancia al final del tronco.

Observaciones: Los nefridios alcanzan una longitud del 50-70% de la longitud del tronco. Se observó un individuo en etapa de reproducción asexual, a través de fisión binaria, que se lleva a cabo por la constricción de la parte posterior del tronco que dará lugar a un individuo juvenil, mientras que el área faltante en el individuo parental se regenera (Rice, 1970).

Hábitat: Rocas de coral muerto y otras rocas menos duras de aguas someras. Esta especie excava en las rocas de coral recientemente muerto y es común en la zona intermareal a 1m de profundidad (Rice y MacIntyre, 1982; Cutler, 1994).

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Común en el Océano Índico y en el Pacífico oeste: desde Japón y Filipinas hasta el norte de Australia y Hawai, Mar Rojo e Israel; Pacífico este: Costa Rica; en el Mar Caribe: desde Florida hasta el norte de Brasil, Cuba, Bermuda, Belice, Panamá (Murina, 1967b; Rice y MacIntyre, 1982, Cutler, 1994; Rice, 2009).

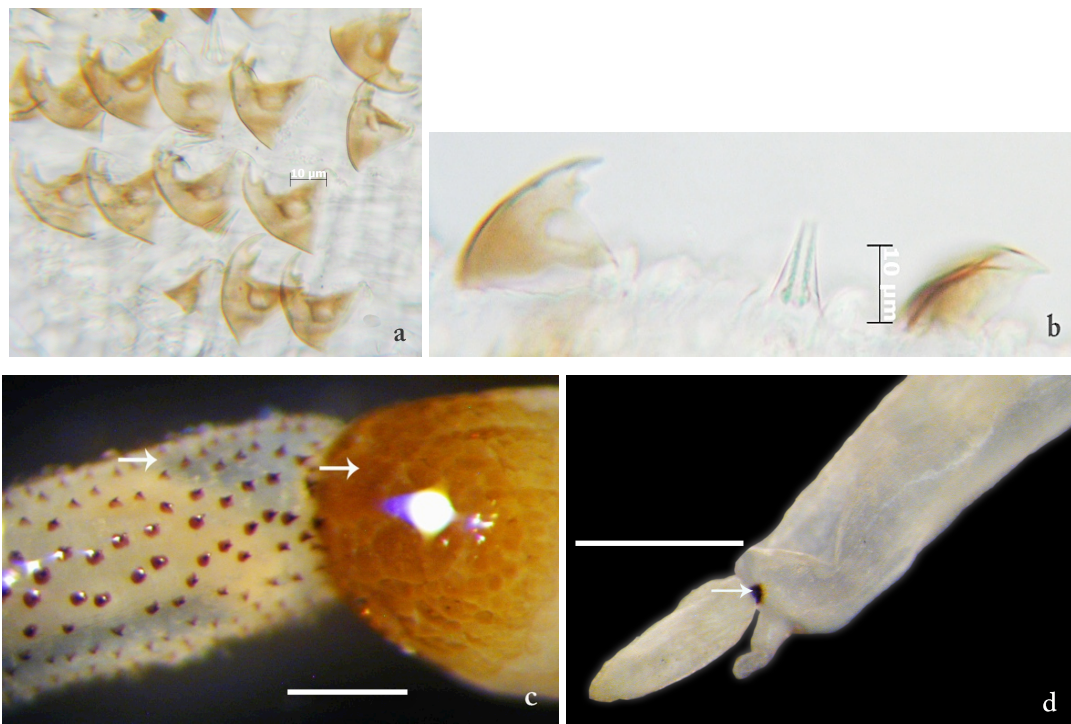


Figura 18. *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans*. 18a. Ganchos bidentados del introvert. 18b. De izquierda a derecha: gancho bidentado, espina y gancho cónico. Escala de 10 µm. 18c. Ganchos cónicos del introvert y escudo anal. Escala de 2 mm. 18d. Parte posterior del tronco que muestra la constricción del mismo por fisión transversa para reproducirse asexualmente. Escala de 2 mm.

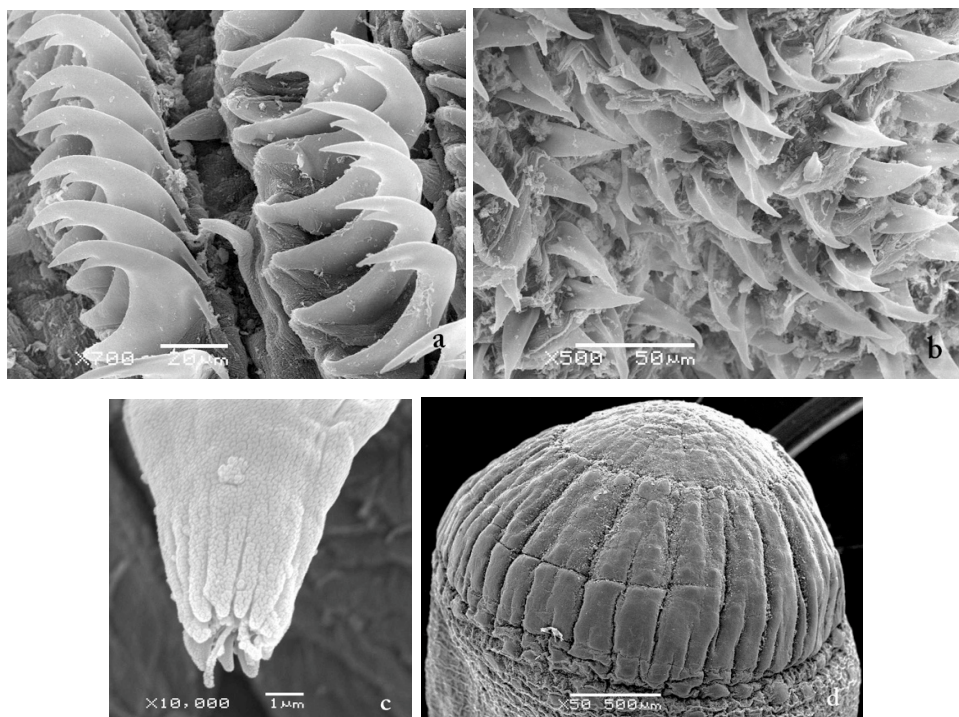


Figura 19. Imágenes de MEB. *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans*. 19a. Ganchos bidentados en hileras del introverto. 19b. Ganchos cónicos del introverto. 19c. Espina. 19d. Escudo caudal.

Subgénero *Aspidosiphon (Paraspidosiphon)* (Stephen, 1964)

Diagnosis: El introverto presenta ganchos en anillos compactos. La musculatura longitudinal está dividida en bandas. Se encuentran en coral muerto y otros tipos de roca.

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) fischeri ten Broeke, 1925

Figuras 20 y 21

Sinonimias: *Aspidosiphon fischeri cubanus* Murina 1967a:39-42.

Paraspidosiphon fischeri cubanus Stephen y Edmonds, 1972:245.

Paraspidosiphon fischeri fischeri Stephen y Edmonds, 1972:244-245. Rice y MacIntyre, 1979:311-319.

Material examinado: 42 ejemplares, Majahual; 8 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: La pared corporal es blanca, delgada y lisa. El tronco mide generalmente más de 16 mm y no presenta papilas. Dentro del tronco se observa la musculatura dividida en bandas que se anastomosan, aunque pueden formar una capa continua hacia la parte

posterior. El introverto es una o dos veces la longitud del tronco. Los ganchos bidentados (que forman anillos alrededor del introverto) miden de 18 a 27 μm de altura, aunque pueden presentarse anillos de ganchos unidentados. Detrás de estas hileras se encuentran ganchos transparentes y piramidales dispuestos en forma irregular que miden de 15 a 50 μm . Los músculos retractores son delgados y se originan cerca de la parte posterior del tronco (al 95-100% de su longitud). Los nefridios abarcan el 33-50% de la longitud del tronco.

Observaciones: En este estudio se encontraron algunos ejemplares con gametos en la cavidad celómica.

Hábitat: Rocas de coral muerto de aguas someras.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Especie común en el sureste del Mar Caribe: Belice, Panamá, Cuba, Barbados hasta São Paulo, Brasil. Golfo de México. En la costa del Pacífico este en Costa Rica, Panamá, Ecuador e Islas Galápagos (Murina, 1967a; Cutler, 1994; Rice, 2009).

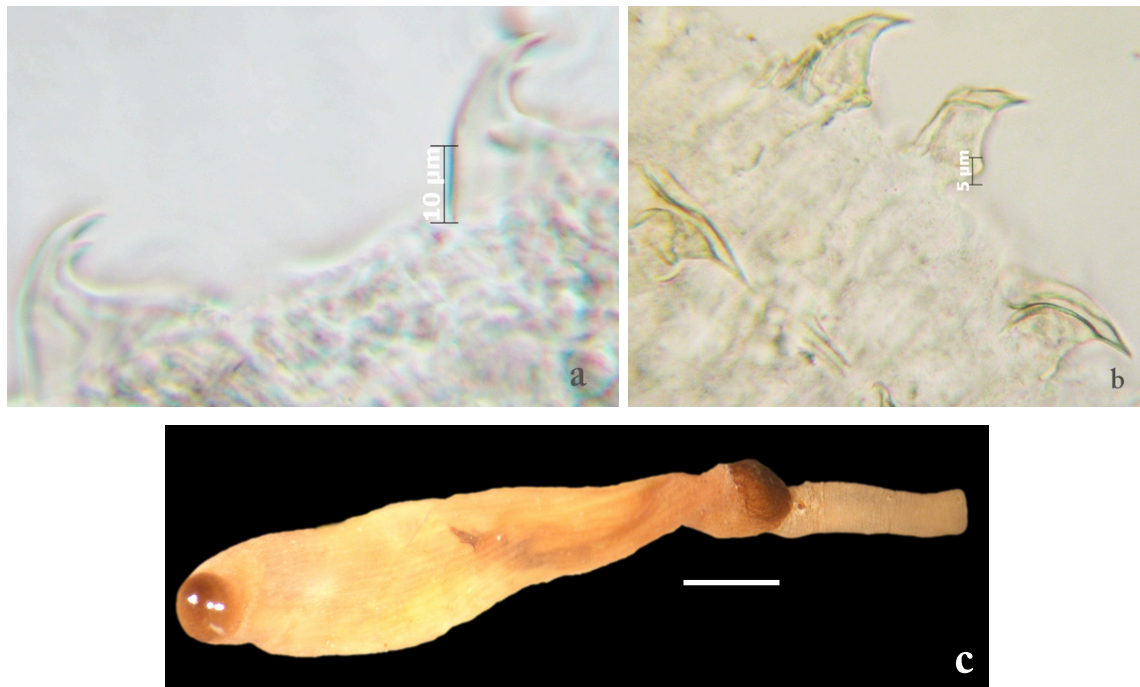


Figura 20. *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) fischeri*. 20a. Ganchos bidentados. Escalas de 10 μm . 20b. Ganchos piramidales. Escalas de 5 μm . 20c. Ejemplar completo. Escala de 2mm.

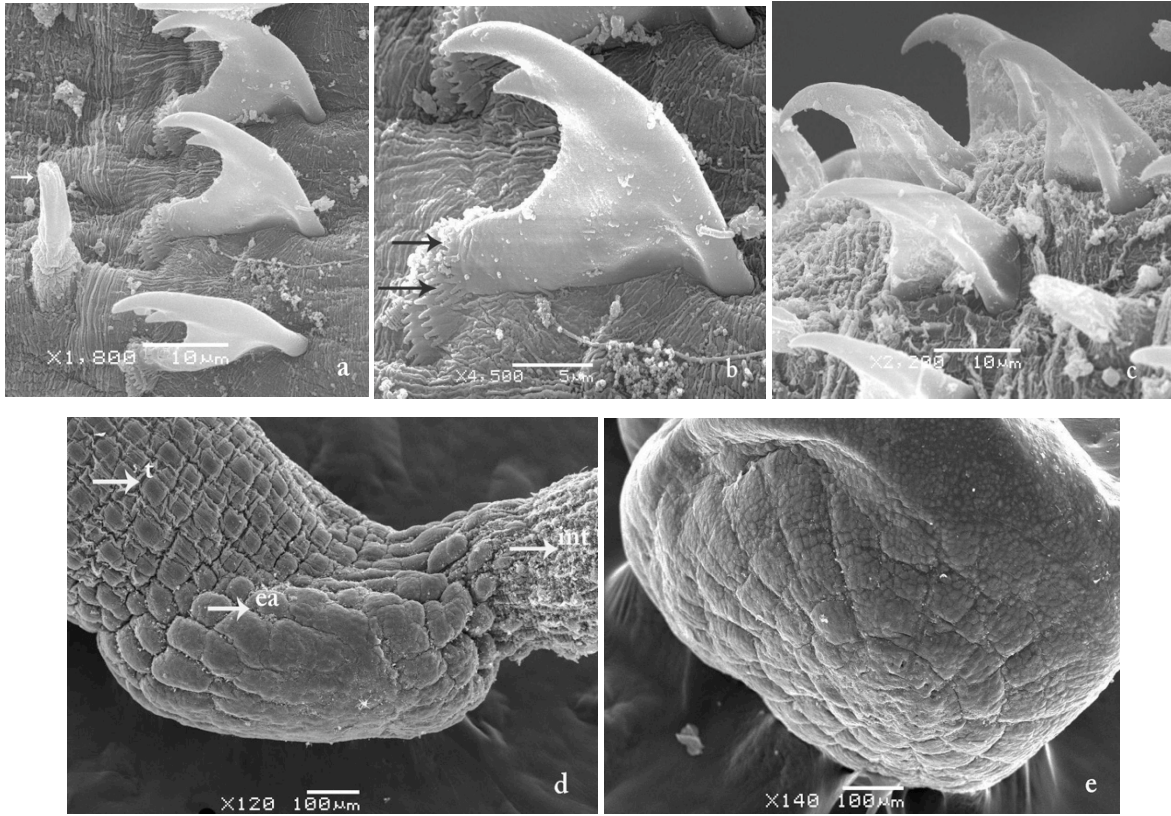


Figura 21. Imágenes de MEB. *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) fischeri*. 21a. Ganchos bidentados en hileras. 21b. Gancho bidentado con estructuras accesorias (dedos) señaladas. 21c. Ganchos piramidales. 21d. Escudo anal. ea: escudo anal; int: introvert y t: tronco. 21e. Parte posterior del tronco.

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) laevis de Quatrefages, 1865

Figura 22

Sinonimias: *Paraspidosiphon angulatus* Stephen y Edmonds, 1972:241.

Paraspidosiphon cumingii Stephen y Edmonds, 1972:243-244.

Paraspidosiphon gigas Stephen y Edmonds, 1972:246.

Paraspidosiphon speciosus Rice y MacIntyre, 1982:317. Rice, 1975a:44-45

Aspidosiphon laevis Stephen y Edmonds, 1972:340.

Paraspidosiphon klunzingeri Rice, 1975a:44-45

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) klunzingeri E. Cutler y Cutler, 1979:974-975.

Material examinado: 3 ejemplares, Majahual; 28 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: El escudo anal presenta de 10 a 15 surcos longitudinales. No presentan ganchos bidentados y los unidentados (acomodados en anillos) son puntiagudos o redondeados. La

longitud de los ganchos varía de 20 a 80 μm y está correlacionada con el tamaño del tronco; los individuos más grandes tienen ganchos más grandes. En el introveto también se presentan ganchos unidentados dispuestos de forma irregular. El número de tentáculos que rodea el órgano nupal siempre es superior a 24. Los músculos retractores están fusionados casi en su totalidad y se originan cerca del escudo caudal, a 65-80% de la longitud del tronco, en la parte posterior. La vesícula contráctil tiene lóbulos o sacos vesiculares en la región cercana a los músculos retractores. Las bandas de la musculatura longitudinal se anastomosan y pueden ser de 25 a 35; pueden observarse a través de la pared corporal. La musculatura circular también se divide en bandas. Los nefridios superan la mitad de la longitud del tronco.

Observaciones: Los ejemplares de este estudio corresponden a la diagnosis de la especie; no obstante, cabe mencionar que el ejemplar más grande de esta especie alcanzó los 35 mm de longitud.

Hábitat: Rocas de coral en aguas cálidas y someras.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Ampliamente distribuido pero en bajas densidades. En el Indopacífico (Durbán, Sudáfrica), Mar Rojo, desde Malasia hasta el sureste de Japón, Indonesia y la Gran Barrera Arrecifal Australiana; algunas islas al este de Hawai. Mar Caribe; Atlántico oeste de los 20° S a los 31° N, Atlántico este en las Islas Canarias y Cabo Verde hasta el Golfo de Guinea (Cutler, 1994).

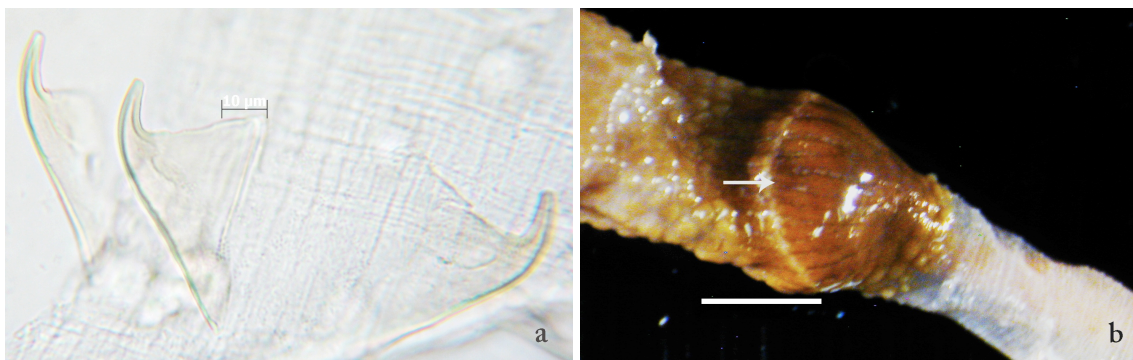




Figura 22. *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) laevis*. 22a. Ganchos unidentados. Escala de 10 μm . 22b. Escudo anal. 22c. Diferente forma que adopta un escudo caudal en el momento de la fijación del ejemplar. 22b y 22c: escala de 5 mm.

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) parvulus Gerould, 1913

Figura 23

Sinonimias: *Aspidosiphon parvulus* Stephen y Edmonds, 1972:233-234. E. Cutler, 1973:178-179.

Paraspidosiphon spinoscutatus Stephen y Edmonds, 1972:254. Rice, 1975b:38-45.

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) parvulus E. Cutler y Cutler, 1989:856.

Material examinado: 4 ejemplares, Majahual; 6 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: El escudo anal está formado por placas largas y planas acomodadas en surcos o hileras verticales. En la parte lateral del escudo anal presenta unidades, pequeñas, aisladas y en forma de cono o verrugas. Presenta una zona de transición donde las unidades del escudo anal pasan a ser papilas del tronco. Los ganchos miden de 25 a 35 μm de altura, están acomodados en hileras alrededor del introverto y son bidentados y unidentados, aunque estos últimos pueden presentarse también en forma dispersa; pueden presentarse ganchos piramidales. Los tentáculos son cortos (de 10 a 12) y parecen estar unidos por una membrana delgada. La musculatura longitudinal se divide en 24 bandas, aproximadamente. Estos últimos dos caracteres se observaron en individuos que miden más de 5 mm. La longitud de los nefridios abarca del 50 al 75% la longitud del tronco.

Observaciones: Los ejemplares de este estudio corresponden a la diagnosis de esta especie.

Hábitat: Frecuentemente encontrados con los sipúnculos *Themiste alutacea* y *Nephasoma pellucidum* en corales ramificados.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Atlántico Oeste desde Cabo Hatteras hacia el Mar Caribe en Venezuela. Golfo de México (al norte de la Península de Yucatán) (Murina 1967a; Cutler, 1994).

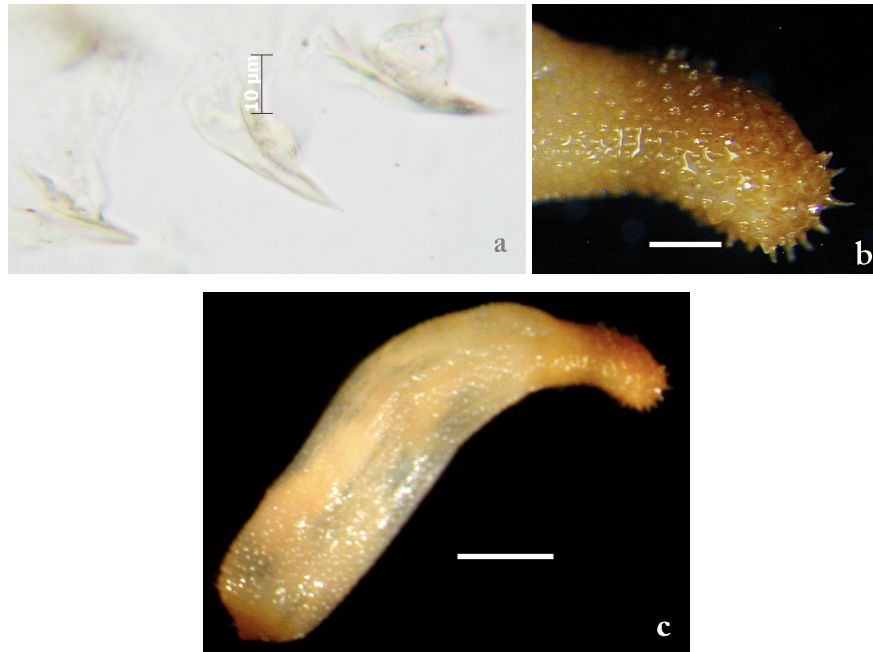


Figura 23. *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) parvulus*. 23a. Ganchos piramidales. Escala de 10 μ m. 23b. Escudo anal. Escala de 1 mm. 23c. Vista completa del ejemplar. Escala de 4 mm.

Aspidosiphon (Paraspidosiphon) steenstrupii Diesing, 1859

Figuras 24 y 25

Sinonimias: *Paraspidosiphon steenstrupii steenstrupii* Stephen y Edmonds, 1972:254-255.

Paraspidosiphon steenstrupii fasciatus Stephen y Edmonds, 1972:255-256.

Paraspidosiphon speculator Stephen y Edmonds, 1972:253-254.

Paraspidosiphon semperi Stephen y Edmonds, 1972:252.

Aspidosiphon ochrus Rice y MacIntyre, 1972:315.

Aspidosiphon semperi Gibbs y Cutler, 1987:56.

Material examinado: 14 ejemplares, Majahual; 10 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: El escudo anal no presenta canales, sino un conjunto de unidades pequeñas granulares cuyo color varía de blanco hasta casi negro; puede presentar depósitos de carbonato de calcio. Los ganchos bidentados (distribuidos en anillos) miden de 30 a 60 μm de altura en ejemplares que alcanzan los 15 mm de longitud, o bien, más de 90 μm en ejemplares que miden de 25 a 40 mm de largo. Los ganchos pueden presentar en su estructura interna una línea curvada a modo de hinchazón. Muchos individuos de esta especie carecen de ganchos unidentados en anillos; aunque presentan ganchos piramidales oscuros (de 30 a 60 μm) distribuidos aleatoriamente en la parte proximal del introverto. Algunas veces, el introverto puede ser más largo que el tronco. Los músculos retractores se originan cerca del 70 al 85% hacia la parte posterior del tronco. Los nefridios miden del 50 al 80% de la longitud del tronco. La musculatura longitudinal presenta de 14 a 22 bandas en la parte anterior y de 20 a 28 en la parte posterior, mismas que se anastomosan; el número de bandas presentes es independiente de la longitud del tronco.

Observaciones: El escudo anal puede presentar depósitos calcáreos que impiden observar a detalle el escudo anal.

Hábitat: Galerías de rocas de coral en aguas someras, sustratos duros y entre restos de coral.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Atlántico Este en las Islas de Cabo Verde y el Golfo de Guinea; Mar Caribe; Pacífico Oeste y Pacífico Central en Hawaii; Norte y Oeste del Océano Índico, desde el norte de Australia, a través de Indonesia, Vietnam y el sur del Mar de China, sureste de Japón (Rice y MacIntyre, 1972; Cutler, 1994).

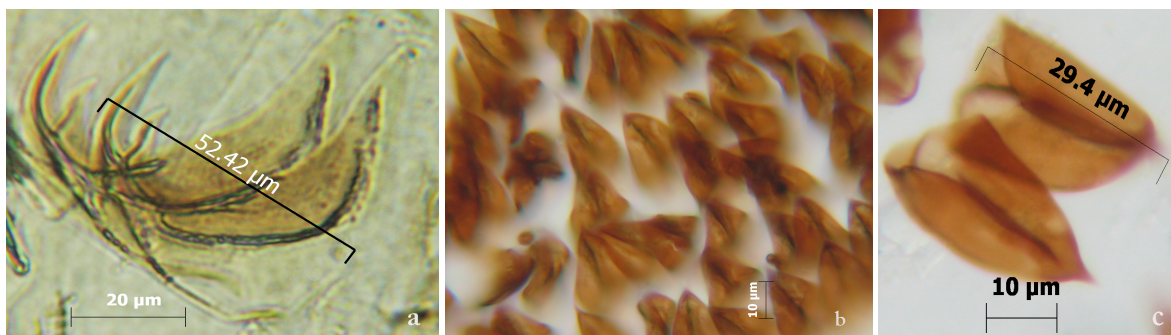


Figura 24. *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) steenstrupii*. 24a. Ganchos bidentados. Escala de 20 μm . 24b. y 24c. Ganchos piramidales. Escala de 10 μm .

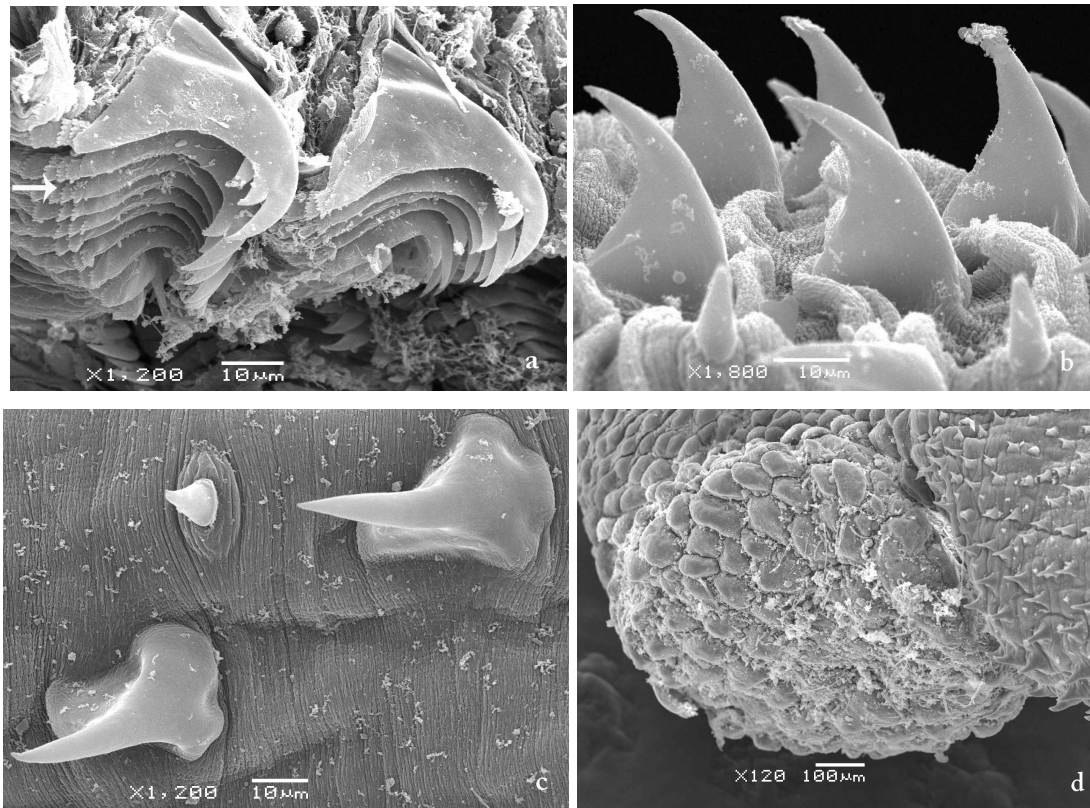


Figura 25. Imágenes de MEB. *Aspidosiphon* (*Paraspidosiphon*) *steenstrupii*. 25a. Ganchos bidentados. 25b. y 25c. Ganchos piramidales. 25d. Escudo anal.

Género *Lithacrosiphon* Shipley, 1902

Diagnosis: Introverto de la misma longitud que el tronco, con numerosas hileras de ganchos dispuestos en anillos. El tronco presenta un escudo anal cónico calcáreo. Musculatura longitudinal dividida en bandas. Los tentáculos rodean el órgano nucal y no la boca. La vesícula contráctil presenta numerosas vellosidades. Los músculos retractores del introverto son dos y están fusionados casi en su totalidad. Músculo de fijación unido en la parte posterior del tronco. Dos nefridios. Longitud total menor de 40 mm. Habitan en coral.

Lithacrosiphon cristatus cristatus (Sluiter, 1902)

Figuras 26 y 27

Sinonimias: *Lithacrosiphon gurjanovae* Murina, 1967b:36. Rice, 1975b:43.

Lithacrosiphon cristatus Stephen y Edmonds, 1972:260. E. Cutler y Cutler, 1981:85.

Lithacrosiphon odhneri Stephen y Edmonds, 1972:264.

Lithacrosiphon uniscutatus Stephen y Edmonds, 1972:265.

Lithacrosiphon alticonus Stephen y Edmonds, 1972:260. Rice y MacIntyre, 1982:316.

Material examinado: 25 ejemplares, Majahual; 59 ejemplares, Banco Chinchorro.

Diagnosis: El escudo anal está formado por surcos longitudinales (de 30 a 50) y tiene forma de cono, aunque la punta puede ser redondeada. Los surcos pueden estar cubiertos por depósitos calcáreos o algas. El tronco es de color café o traslúcido, con una longitud de hasta 38 mm y de 1 a 3 mm de ancho. El introverto no es más largo que el tronco y en la parte proximal presenta ganchos unidentados dispuestos en forma irregular que miden de 17 a 40 μm . Los ganchos bidentados, dispuestos en anillos, son siempre más grandes que los unidentados pues miden de 19 a 48 μm . Los ganchos disminuyen en tamaño conforme están más cerca de la punta del introverto. Los músculos retractores están fusionados en un 60 a 75% de su longitud. La musculatura longitudinal presenta de 13 a 24 bandas que se anastomosan. Los nefridios alcanzan generalmente una longitud que abarca del 50 al 100% la longitud del tronco, aunque puede variar del 25 al 150%.

Observaciones: Los ejemplares corresponden a la diagnosis de la especie. En la parte posterior del tronco se presenta una coloración café que da la apariencia de escudo caudal, sin llegar a serlo.

Hábitat: Rocas de coral en aguas someras.

Registro en México: Registro nuevo para Mar Caribe mexicano en Majahual y Banco Chinchorro.

Distribución geográfica: Amplia distribución en zonas tropicales. Atlántico Oeste: Venezuela y Brasil; Pacífico Oeste desde Malasia, Timor, sureste de Japón; Pacífico Central: algunas islas de Micronesia; Pacífico Este: Panamá; Sureste del Mar Caribe, oeste de las Antillas hasta Curaçao (Murina, 1967b; Rice, 1975b; Cutler, 1994).

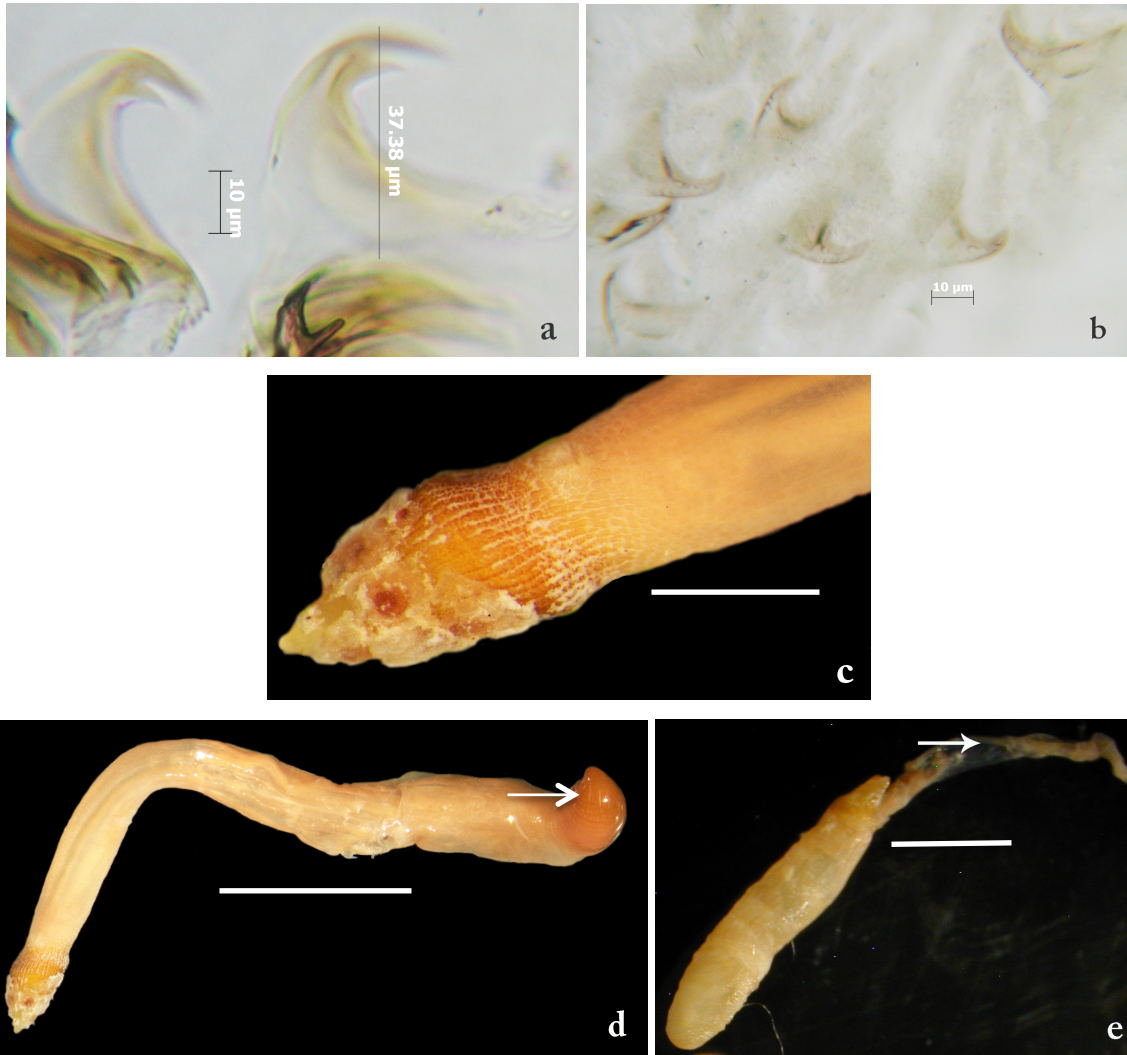


Figura 26. *Lithacrosiphon cristatus cristatus*. 26a. Ganchos bidentados. Escala de 1 mm. 26b. Ganchos unidentados. Escala de 10 μm . 26c. Escudo anal con depósitos calcáreos señalados. Escala de 1 mm. 26d. Vista completa de un ejemplar, escudo caudal señalado. Escala de 5 mm. 26e. Ejemplar con el introvertido extendido. Escala de 2 mm. 26



Figura 27. Imagen de MEB. *Lithacrosiphon cristatus cristatus*. 27a. Escudo anal.

6.3. Problemas con la identificación taxonómica

La identificación a nivel de especie fue complicada en el caso de los ejemplares con tallas inferiores a 1 cm, debido a que las características indicadas en las diagnósis no fueron fácilmente observables, especialmente cuando se trató de las características de los ganchos del introverto, las papilas o la musculatura longitudinal. En algunos casos, el bajo número de ejemplares de la especie estudiada dificultó la verificación de los caracteres. Como ya se mencionó el phylum Sipuncula es un grupo poco estudiado a nivel mundial; en México los estudios del grupo son escasos, por tanto, las claves taxonómicas son muy generales y no existen claves específicas para el área de estudio, lo que dificultó la identificación del material biológico.

De esta forma, los especímenes determinados sólo como sp se debió a varias razones: el escaso número de ejemplares en especies difíciles de determinar o poco conocidas, el estado de desarrollo (juveniles), o bien, fueron ejemplares que no correspondieron a las diagnósis descritas para las especies del género y que probablemente sean especies nuevas para la ciencia. La identificación de estos últimos rebasa los objetivos de este trabajo, pero se continuará su estudio para determinar su identidad.

6.4. Abundancia

De los 611 especímenes revisados, el 74% provino del arrecife de Majahual y el 26% del arrecife de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro (Figura 28).

Las especies *Golfingia (Golfingia) elongata* y *Apionsoma (Edmondsius) cf. pectinatum* fueron encontradas únicamente en Majahual, mientras que *Phascolion (Isomya) gerardi* se encontró solamente en una estación de Banco Chinchorro.

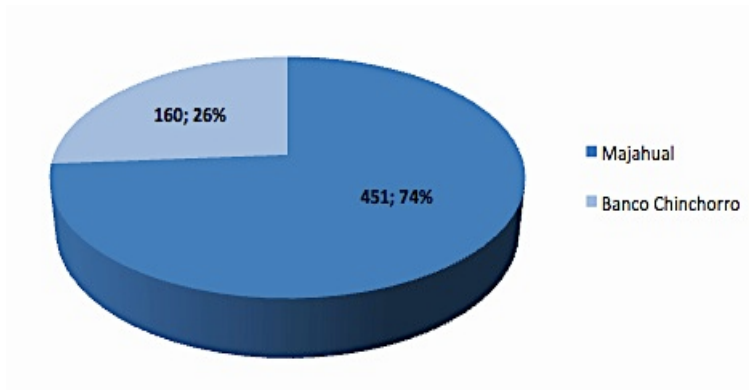


Figura 28. Número de individuos identificados y porcentaje por estación de muestreo.

En la localidad de Majahual, las especies con los valores más altos de abundancia fueron *Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens* y *P. (Phascolosoma) perlucens*, ambas con 129 individuos y *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans* y *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) fischeri* con 63 y 42 individuos, respectivamente. Las especies restantes tuvieron valores menores a 25 individuos, siendo *Nephasoma sp* y *Phascolion sp* las especies con los valores más bajos, con un individuo cada una y *Golfingia (Golfingia) elongata* con dos individuos (Figura 29).

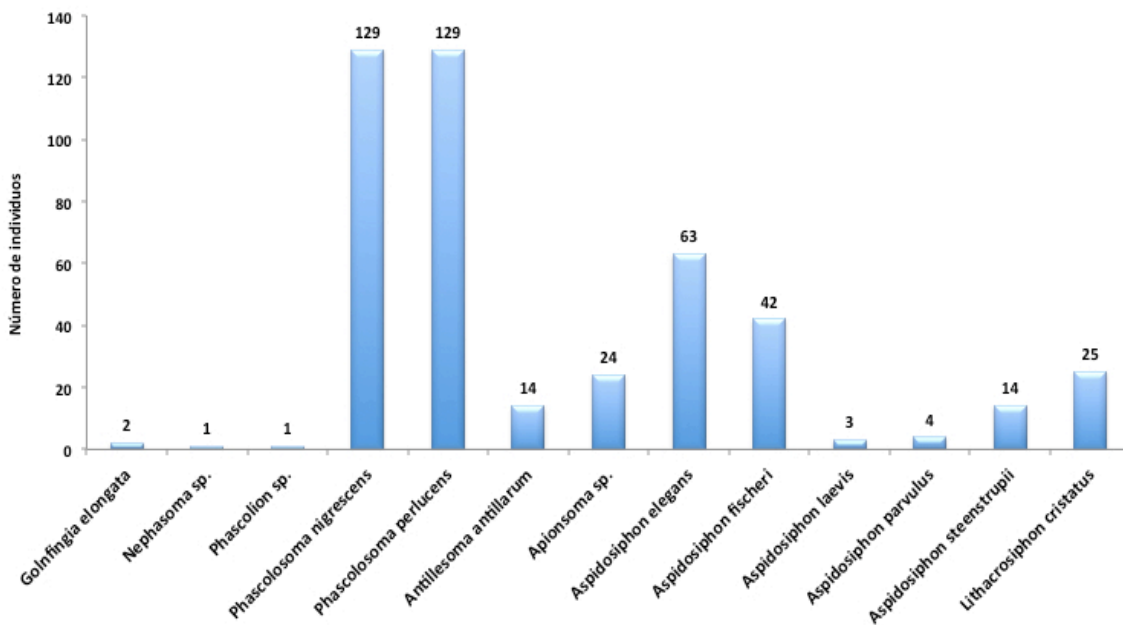


Figura 29. Abundancia por especie en Majahual.

En la localidad de Banco Chinchorro, *Lithacrosiphon cristatus cristatus*, *Aspidosiphon (Paraspidosiphon) laevis*, *Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens* y *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans*, fueron las especies con los mayores valores de abundancia con 59, 28, 23 y 17 individuos, respectivamente. Las especies restantes tuvieron menos de 17 individuos, mientras que *Phascolion (Isomya) gerardi* y *Antillesoma antillarum*, cada una con un individuo, y *P. (Phascolosoma) perlucens* con dos, presentaron los valores más bajos (Figura 30).

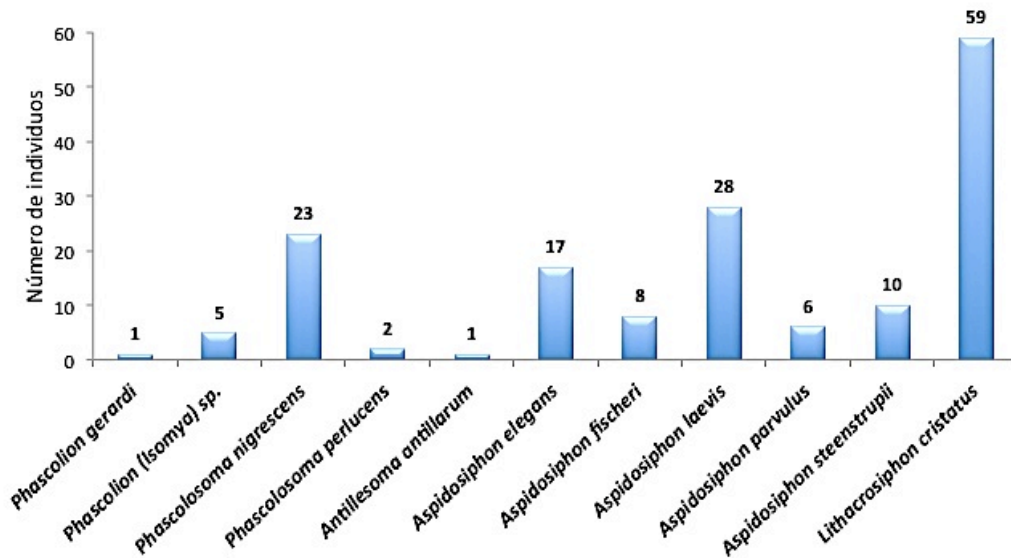


Figura 30. Abundancia por especie en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

6.5. Riqueza específica

Asimismo, de las especies identificadas, el arrecife de Majahual presentó mayor riqueza específica (13 especies) que Banco Chinchorro (11 especies) (Figura 31).

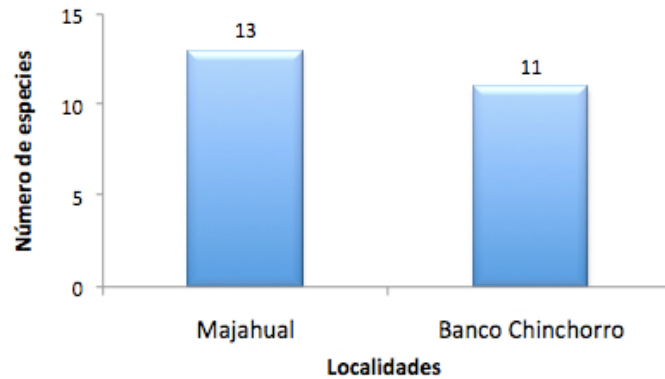


Figura 31. Riqueza específica de Majahual y la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

En la estación Majahual se registró el mayor número de especies por estación con diez especies, mientras que en la estación Norte del Río Indio se registró el número más bajo con cinco especies (Figura 32).

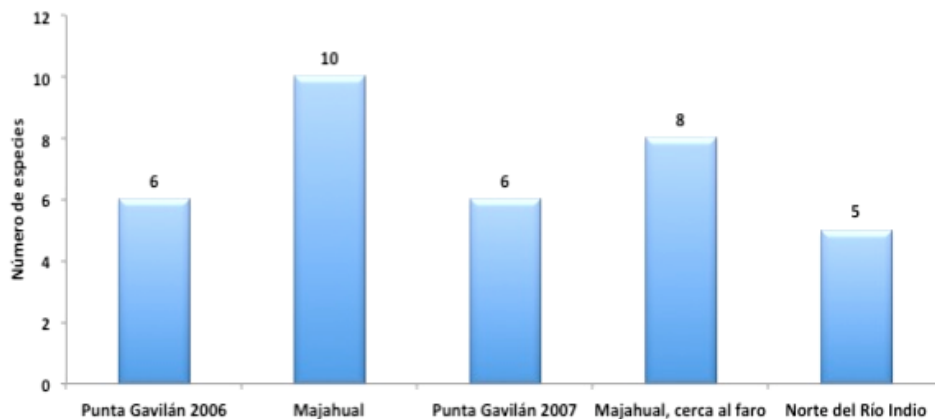


Figura 32. Número de especies por estación en Majahual.

En Banco Chinchorro, en la estación La Baliza se obtuvieron siete especies, es decir el mayor número de especies del estudio (Figura 33) y el menor (dos especies) en la estación Baliza posterior oeste.

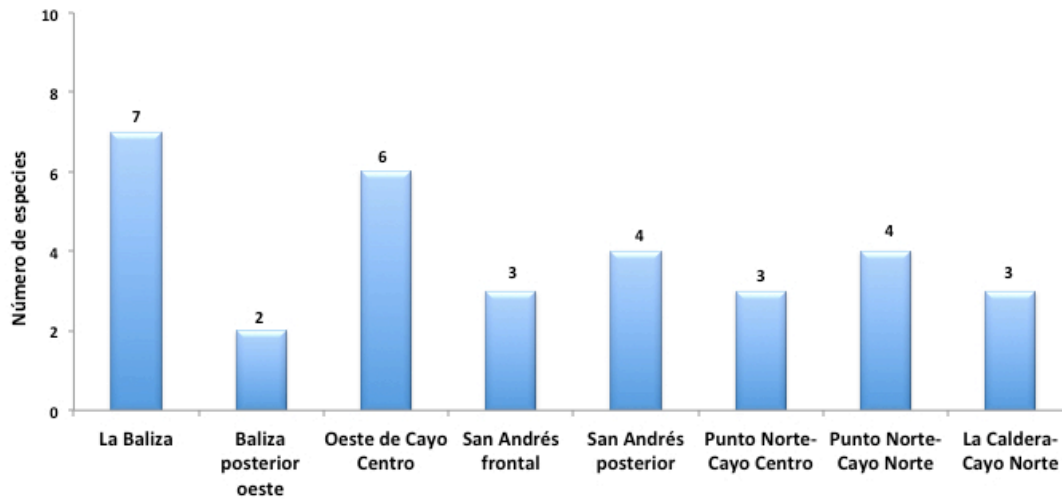


Figura 33. Número de especies por estaciones en Banco Chinchorro.

6.6. Densidad

En Majahual, la mayor densidad por kg de sustrato (ind/kg) se registró en la estación Punta Gavilán 2007 con 29.4 ind/kg y la más baja en la estación Punta Gavilán 2006 con 5.6 ind/kg (Figura 34).

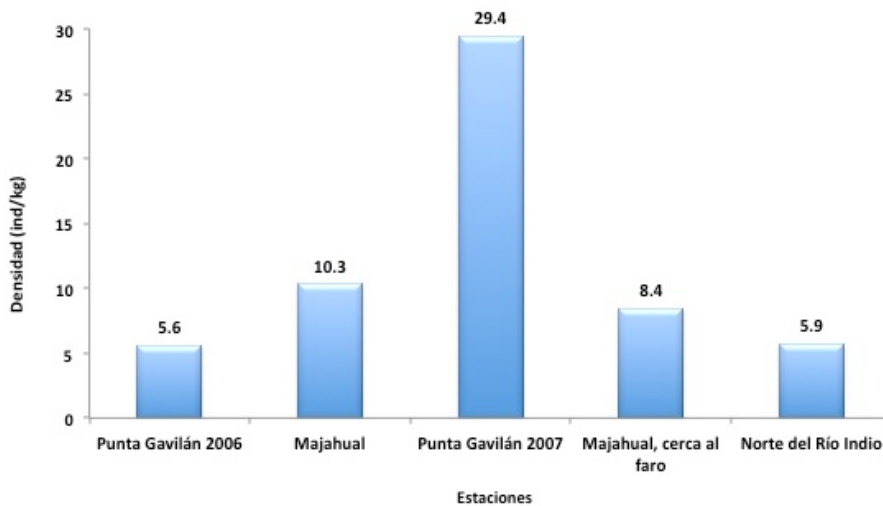


Figura 34. Densidad de individuos por kg de roca en Majahual.

En Banco Chinchorro, la mayor densidad por kg de sustrato (ind/kg) se presentó en la estación La Baliza con 8.1 ind/kg y la menor en la estación Punto Norte de Cayo Centro con 0.3 ind/kg (Figura 35).

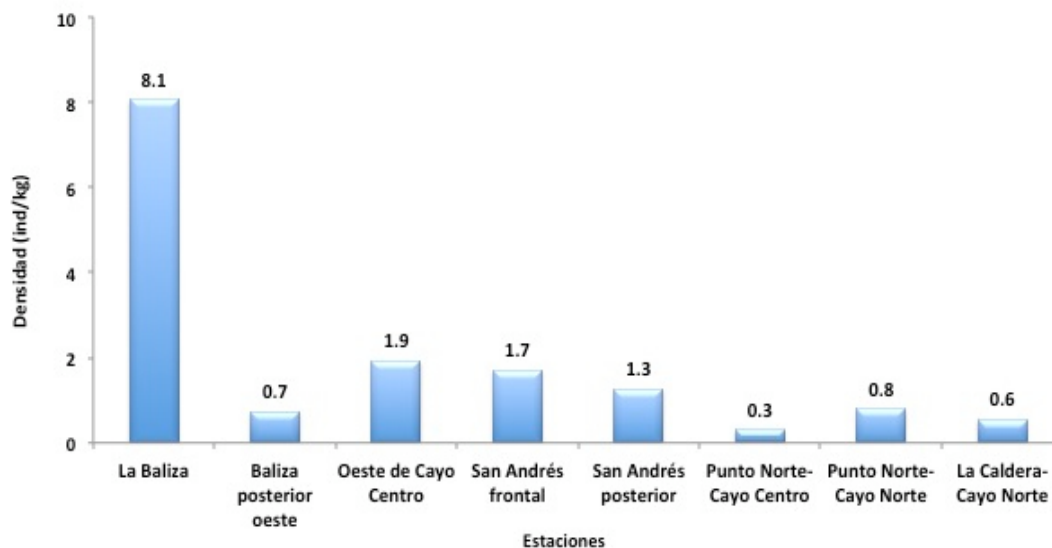


Figura 35. Densidad de individuos por kg de roca en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

6.7. Diversidad

Los valores de diversidad (H') en Majahual fueron superiores a 1.5 y alcanzaron valores cercanos a tres bits (Figura 36). La diversidad más alta en Majahual se registró en la estación Majahual 2007 con un valor cercano a tres bits, mientras que la más baja correspondió a la estación Punta Gavilán 2006 con un valor inferior a dos bits. Sin embargo, los valores de diversidad para el resto de las estaciones no difirieron mucho entre sí y fluctuaron alrededor de dos bits en los otros sitios de muestreo de Majahual.

En Banco Chinchorro, el valor más alto para la diversidad (H') correspondió a la estación Punto Norte de Cayo Centro con 2.25 bits; el más bajo a la estación Baliza posterior oeste con un valor ligeramente mayor a 0.2 bits (Figura 37).

6.8. Equidad

En Majahual, los valores de equidad fueron superiores a 0.7 para todas las estaciones, lo que indica que las abundancias de las especies no difirieron mucho entre sí y no hubo especies

claramente dominantes por estación. El valor más alto se alcanzó en la estación Majahual 2007 con un valor de 0.8 y el más bajo en la estación Majahual 2006 con un valor de 0.7 aproximadamente (Figura 36).

En Banco Chinchorro, los valores más altos para el índice de Equidad de Pielou (J) se registraron en las estaciones Punto Norte de Cayo Centro (con uno) y Punto Norte de Cayo Norte con un valor muy cercano a uno; el valor más bajo, cercano a 0.2, se registró en la estación Baliza posterior oeste (Figura 37). En la estación La Baliza se encontraron valores altos de diversidad aunque se presentaron valores bajos de equidad (con respecto a las otras estaciones). Esto se debió a la presencia de *Apionsoma (Edmondsius) cf. pectinatum* como especie dominante en la estación.

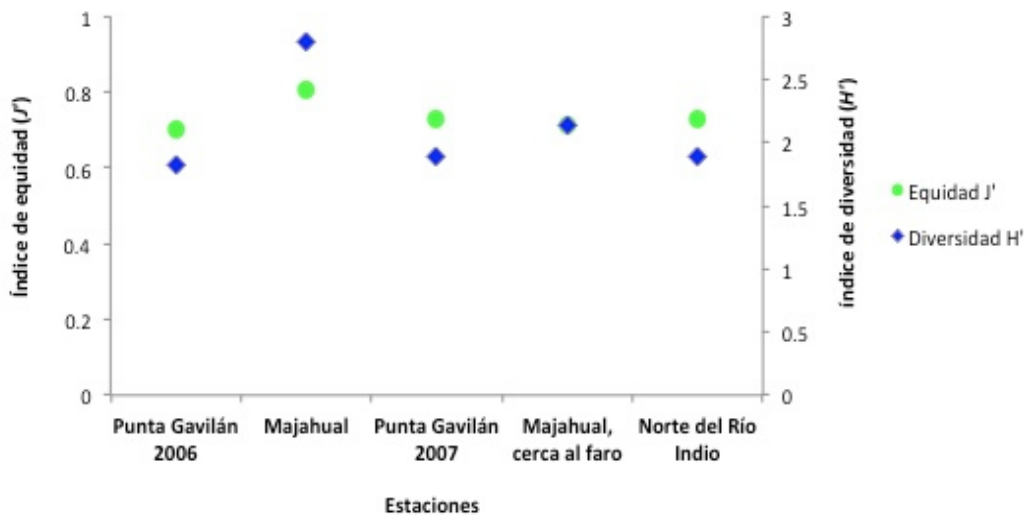


Figura 36. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') de sipúnculos por estación de muestreo en Majahual.

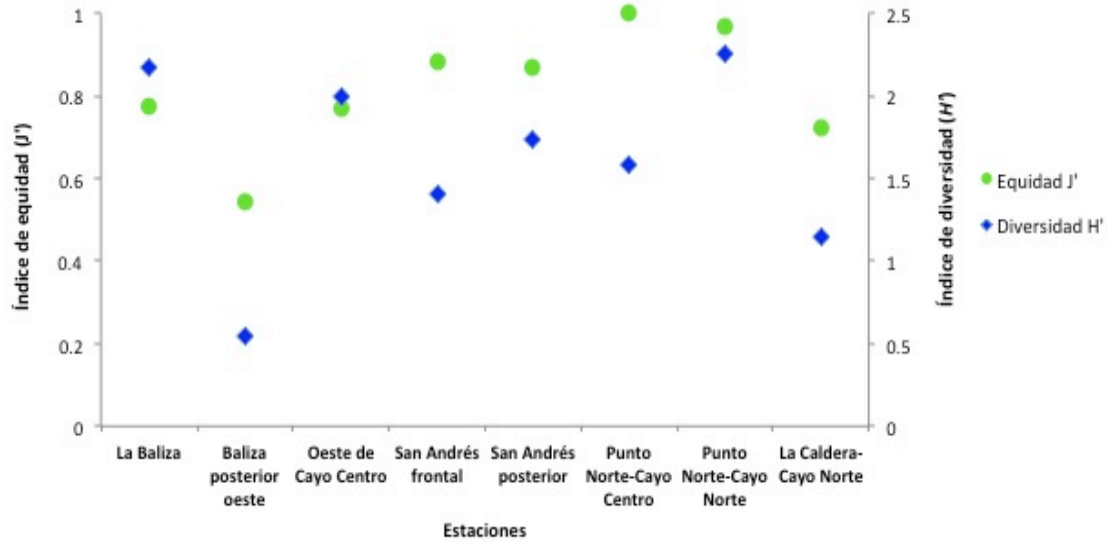


Figura 37. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') de sipúnculos por estación de muestreo en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

7. Discusión

Las 12 especies de este listado taxonómico han sido registradas en diversas localidades del Océano Atlántico y Mar Caribe como Barbados, Belice, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, y algunas localidades del Golfo de México (Murina, 1967a; 1967b; 1968; Rice y MacIntyre, 1982; Cutler y Schulze, 2004; Schulze y Rice, 2004; Schulze, 2008; Varela y Schulze, 2008; Rice, 2009). *Aspidosiphon* (*Paraspidosiphon*) *parvulus* y *Phascolion* (*Isomya*) *gerardi* son las únicas especies que habían sido recolectadas con anterioridad en el litoral mexicano, por lo que el presente estudio aporta diez registros nuevos de sipúnculos para los arrecifes de Majahual y Banco Chinchorro en el Mar Caribe mexicano.

Los resultados de abundancia obtenidos en el presente estudio concuerdan con el trabajo de Rice y MacIntyre (1982), que mencionaron en orden de abundancia a *Lithacrosiphon cristatus cristatus*, *Aspidosiphon* (*Aspidosiphon*) *elegans* y *Phascolosoma* (*Phascolosoma*) *perlucens* como las especies más abundantes en zonas de roca de coral de Belice. En el presente estudio *Ph.* (*Phascolosoma*) *perlucens* y *Ph.* (*Phascolosoma*) *nigrescens* fueron las más abundantes en Majahual, mientras que *L. cristatus cristatus* fue la más abundante en Banco

Chinchorro. Los mismos autores registraron a *A. (Paraspidosiphon) steenstrupii* como una especie abundante, mientras que en el presente trabajo su abundancia fue baja en ambas localidades. Rice (1975a) también registró a *A. elegans*, *A. fischeri* y *A. steenstrupii* como las especies más abundantes en sustratos de coral muerto en el Mar Caribe (Tabla 4).

De acuerdo con Rice (1975a), *Ph. (Phascolosoma) nigrescens* y *A. (Paraspidosiphon) parvulus* se distribuyen únicamente en la zona intermareal y submareal somera. Esto concuerda con el presente estudio, donde la primera especie fue encontrada con mayor abundancia en Majahual, mientras que la segunda fue más abundante en la zona submareal somera de Banco Chinchorro. En dicho trabajo *Antillesoma antillarum* fue, por mucho, la especie más abundante en rocas provenientes de Puerto Rico que contenían aragonita y granos de cuarzo, mientras que en este estudio fue de las especies con bajos valores de abundancia. También se mencionó a *Ph. (Phascolosoma) nigrescens* como una de las especies menos abundantes en el Mar Caribe en sustratos coralinos, y en este estudio dicha especie fue la más abundante en el arrecife de Majahual. Esto puede atribuirse al periodo de liberación de gametos para la especie y a la época del muestreo, pues los especímenes presentaron gametos en la cavidad corporal.

De acuerdo con Rice (1975a), la gran abundancia de *Ph. (Phascolosoma) perlucens* en las comunidades de rocas en el Mar Caribe está relacionada con un periodo de liberación de gametos más prolongado con respecto al de otras especies. En este estudio, se encontraron gametos en ejemplares de ambas localidades, en muestras de Majahual de 2007 y Banco Chinchorro de 2008, por lo que la gran abundancia de esta especie se puede atribuir al periodo de liberación de gametos así como a la época del muestreo.

Rice (1976) mencionó que *Ph. (Phascolosoma) perlucens* ha sido encontrada en galerías de todo tipo de coral, desde rocas apenas frágiles y coral recién muerto hasta aquellas altamente erosionadas, compactas y duras. No obstante, no se conoce más información acerca de las preferencias de cada especie en relación a las características del sustrato coralino.

Tabla 4. Especies identificadas en este estudio y estaciones de procedencia (Majahual y Banco Chinchorro).

Especie	Majahual		Banco Chinchorro		Sustrato
	Estaciones	Profundidad	Estaciones	Profundidad	
<i>Golfingia (Golfingia) elongata</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual, cerca al faro	0.4 – 0.5 m	Ninguna	–	Coral muerto
<i>Nephasoma</i> sp	* Majahual	1.8 m	Ninguna	–	Coral muerto
<i>Phascolion (Isomya) gerardi</i>	Ninguna	–	* Punto Norte de Cayo Norte	8 m	Coral muerto
<i>Phascolion (Isomya) sp</i>	Ninguna	–	* La Baliza * Punto Norte de Cayo Norte	16.2 m 8 m	Coral muerto
<i>Phascolion</i> sp	* Majahual	1.8 m	Ninguna	–	Coral muerto
<i>Phascolosoma (Phascolosoma) nigrescens</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual * Punta Gavilán 2007 * Majahual, cerca al faro * Norte del Río Indio	0.25 – 1.8 m	* Oeste de Cayo Centro * San Andrés Frontal * San Andrés Posterior * Punto Norte de Cayo Centro * Punto Norte de Cayo Norte	4 – 15 m	Coral muerto
<i>Phascolosoma (Phascolosoma) perlucens</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual * Punta Gavilán 2007 * Majahual, cerca al faro * Norte del Río Indio	0.25 – 1.8 m	* San Andrés Frontal	8 – 9 m	Coral muerto
<i>Antillesoma antillarum</i>	* Punta Gavilán 2007 * Majahual * Norte del Río Indio	0.25 – 1.8 m	* Punto Norte de Cayo Centro	10 – 15 m	Coral muerto
<i>Apionsoma (Edmondsius) cf. pectinatum</i>	* Majahual, cerca al faro * Norte del Río Indio	0.25 – 0.5 m	* Ninguna	–	Coral muerto

Continuación Tabla 4.	Majahual		Banco Chinchorro	
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Aspidosiphon</i>) <i>elegans</i>	* Majahual * Punta Gavilán 2007 * Majahual, cerca al faro * Norte del Río Indio	0.25 – 1.8 m	* Baliza posterior oeste * Oeste de Cayo Centro * Punto Norte de Cayo Norte	4 – 8 m Coral muerto
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Paraspidosiphon</i>) <i>fischeri</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual * Majahual, cerca al faro	0.4 – 1.8 m	* La Baliza * Oeste de Cayo Centro * San Andrés posterior	4 – 16.2 m Coral muerto
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Paraspidosiphon</i>) <i>laevis</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual, cerca al faro * Norte del Río Indio	0.25 – 0.5 m	* La Baliza * San Andrés posterior * Punto Norte de Cayo Centro * Punto Norte de Cayo Norte * La Caldera en Cayo Norte	7 – 16.2 m Coral muerto
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Paraspidosiphon</i>) <i>parvulus</i>	* Majahual * Punta Gavilán 2007	1.8 m	* La Baliza * Oeste de Cayo Centro	16.2 m 4-5 m Coral muerto
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Paraspidosiphon</i>) <i>steenstrupii</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual * Punta Gavilán 2007 * Majahual, cerca al faro	0.4 – 1.8 m	* La Baliza * Baliza posterior oeste * Oeste de Cayo Centro * La Caldera en Cayo Norte	4 – 8 m 16.2 m Coral muerto
<i>Lithacrosiphon</i> <i>cristatus</i>	* Punta Gavilán 2006 * Majahual	0.4 – 1.8 m	* La Baliza * Oeste de Cayo Centro * San Andrés frontal * San Andrés posterior * La Caldera en Cayo Norte	4 – 9 m 16.2 m Coral muerto

En otros estudios se menciona que la abundancia de los sipúnculos está estrechamente relacionada con la zona arrecifal muestreada, las características del sustrato, la profundidad y la calidad del agua (Rice y MacIntyre, 1982; Perry, 1998; Hutchings y Peyrot-Clausade, 2002).

De acuerdo con la revisión de Varela y Schulze (2008), Cuba es el país del Mar Caribe con mayor riqueza específica de sipúnculos con 19 especies. Sin embargo, el área muestreada en el presente estudio fue menor que la del litoral cubano e incluyó únicamente dos localidades en las que se registraron 13 especies para Majahual y 11 para Banco Chinchorro, por lo que un muestreo exhaustivo de la zona arrecifal del Caribe mexicano podría arrojar un mayor número de especies de sipúnculos que se distribuyen en esta zona. Es de suponer que el esfuerzo de muestreo y la falta de estudios en este phylum son, al menos en parte, responsables de los resultados del presente estudio.

Especies de este phylum son frecuentes en las comunidades de arrecifes en el Mar Caribe y se han encontrado generalmente, en grandes densidades (Murina, 1967a; 1967b; 1968; Rice y MacIntyre, 1982; Cutler y Schulze, 2004; Schulze y Rice, 2004; Schulze, 2008; Varela y Schulze, 2008; Rice, 2009).

En el presente estudio, los valores de densidad obtenidos fueron mayores en las estaciones de Majahual, donde se muestreó a una profundidad máxima de 1.8 m, mientras que en Banco Chinchorro, donde la densidad fue menor, se muestreó desde la zona submareal hasta los 16 m de profundidad.

La mayor densidad de individuos fue registrada en la estación Punta Gavilán 2007 de Majahual (1.8 m de profundidad) con 29.4 ind/kg de roca. Dicha estación fue la más profunda de todas las estaciones de Majahual mientras que en la estación Punta Gavilán 2006, cuya profundidad fue de 0.4 m, se registró el valor más bajo de densidad. Lo anterior indica que en zonas intermareales someras la densidad es más baja.

Rice (1975a) mencionó que no existe una correlación directa entre la profundidad del arrecife y las especies encontradas en la zona, pues muchas especies se encuentran tanto en

zonas intermareales como en zonas submareales y profundas, pero además señaló que muchas especies de sipúnculos se distribuyen desde la zona intermareal hasta profundidades superiores a los 25 m, aunque se encuentran en mayor abundancia y diversidad en la zona intermareal. En el presente estudio, la localidad de Majahual que corresponde a la zona intermareal presentó los valores más altos de diversidad.

Los valores de diversidad y equidad en Majahual fueron altos y no mostraron diferencias notables entre sí, pues van de los 2 a 3 bits en el caso de diversidad y de 0.7 a 0.8 para la equidad. Esto da indicios de que los sipúnculos se distribuyen numéricamente de manera similar y, a pesar de que algunas especies presentan mayores abundancias, no hay dominancia de alguna especie sobre las otras. Es decir, que los valores de diversidad y equidad fueron más homogéneos entre sí en las estaciones de Majahual que en las de Banco Chinchorro.

Las especies registradas en el trabajo de [Rice y MacIntyre \(1982\)](#) en Belice, coinciden con las especies enlistadas en el presente estudio; por tanto, podemos inferir que la corriente que fluye desde el sur en Belice hacia el norte en Banco Chinchorro, puede ser la responsable de acarrear las larvas que se establecen en los sustratos tanto de Majahual como de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro.

Es importante destacar que el presente estudio representa la base para realizar investigaciones más profundas acerca de las poblaciones de sipúnculos en diferentes áreas del litoral mexicano. Para conocer más acerca del phylum, y entender más acerca de los aspectos ecológicos y biológicos del mismo, se necesitan estudios posteriores tanto de taxonomía como de ecología en todo el litoral mexicano, que contribuirán a generar información sobre las características de las diferentes zonas de un arrecife que influyen en la densidad de las especies a lo largo del sustrato coralino.

De acuerdo con estudios realizados en arrecifes coralinos de la distribución espacial y temporal de macrofauna horadadora, los sipúnculos llegan a ser la principal fuerza erosiva en sustrato coralino ([Hutchings y Peyrot-Clausade, 2002](#)). Cuando un arrecife muere, éste

se convierte en un espacio disponible para esponjas, crustáceos, poliquetos o sipuncúlidos; sin embargo, estos últimos son los primeros colonizadores y, a diferencia de los otros grupos, los sipuncúlidos pueden aumentar en densidad, además de que las especies que ocupan ese sustrato son diferentes a lo largo del tiempo. Por tanto, el estudio de su distribución espacial y temporal, así como de las especies que se encuentran en el arrecife, puede ser una herramienta para conocer el estado en que se encuentra un arrecife y así, ayudar en la determinación de las medidas de protección y manejo en zonas de arrecife con daño antropogénico.

8. Conclusiones

El phylum Sipuncula es un grupo escasamente estudiado y poco conocido en México, en comparación con otros grupos de invertebrados de zonas arrecifales, y debido a su papel ecológico en dichas zonas, se resalta la importancia de continuar con el estudio del grupo.

En este estudio se revisaron 611 sipunculos provenientes de dos localidades del Mar Caribe mexicano (cinco estaciones en Majahual y ocho en Banco Chinchorro), agrupados en dos clases, tres órdenes, cuatro familias, ocho géneros y 12 especies.

Las especies del presente listado taxonómico han sido registradas para otras áreas del Mar Caribe y algunas zonas del Golfo de México. Sin embargo, diez de ellas no habían sido recolectadas en el Caribe mexicano, por lo que esos diez registros corresponden a aportes exclusivos del Caribe mexicano.

En México existen muy pocas referencias de los Sipuncula que habitan los litorales, por lo tanto, los estudios sobre el phylum representan grandes contribuciones al conocimiento de estos invertebrados.

La localidad de Majahual presentó los mayores valores de abundancia, riqueza específica y densidad, lo que puede estar relacionado con la profundidad a la que se realizó el muestreo, es decir en la zona intermareal; mientras que en la Reserva de la Biósfera Banco

Chinchorro, donde se realizó el muestreo en la zona sublitoral, se obtuvieron los menores valores.

Este trabajo representa una guía para posteriores investigaciones sobre el phylum; en él se presentan ciertas características taxonómicas y biológicas que complementan la descripción de las especies que se encuentran en los trabajos de [Cutler \(1994\)](#).

9. Glosario

- **Anastomosis.** Uniones a través de las cuales se ponen en contacto las bandas de la musculatura longitudinal.
- **Ano.** Parte terminal del tracto digestivo que se localiza en la parte anterior del tronco o en el introerto (géneros *Onchnesoma* y *Phascolion*). En individuos de gran talla puede apreciarse como un poro pequeño.
- **Apéndice caudal.** Estructura alargada (como cola) presente en algunas especies, que es significativamente menor al diámetro del tronco.
- **Collar.** Región del introerto localizada detrás de los tentáculos; puede ser blanco, azul o incoloro dependiendo del género. En *Antillesoma* es incoloro y separa la región de los tentáculos y la boca del resto del introerto.
- **Dedos.** Estructuras accesorias presentes en la parte cóncava de los ganchos de algunas especies de la Clase Phascolosomatidea. Se caracterizan por ser paralelas a los ganchos (como los dedos de una mano).
- **Diente secundario.** Diente adjunto presente en la parte cóncava del gancho, generalmente en la familia Phascolosomatidae, que puede ser redondeado o puntiagudo. No debe confundirse con los ganchos bidentados de la familia Aspidosiphonidae.
- **Disco oral.** Área situada en la parte distal del introerto donde se localiza la boca; puede estar rodeado de tentáculos en las especies de la Clase Sipunculidea.

- **Escudo anal.** Estructura endurecida que se ubica en la parte dorso-anterior del cuerpo de los sipúnculos de la familia Aspidosiphonidae. Su forma puede ser cónica, circular o esférica, dependiendo del género que se trate; funciona como una estructura de protección para los organismos que viven en corales o conchas cuando el introverto está retraído.
- **Escudo caudal.** Estructura endurecida que se localiza en la parte posterior del tronco del género *Aspidosiphon*. Su forma puede ser circular o cónica y presentar surcos; debido a que el escudo caudal está controlado por los músculos de la pared corporal, la forma puede variar en los ejemplares preservados.
- **Espina.** A) Ganchos pequeños con forma piramidal localizados sobre el introverto, con la base estrecha y la punta redondeada. B) Estructura cuticular cónica y puntiaguda localizada en el escudo anal de ciertas especies del género *Aspidosiphon*.
- **Gancho.** Estructura con origen proteínico presente en la parte distal del introverto; generalmente puntiagudo y curvado, en forma de astilla. Los ganchos presentan variaciones en cuanto a forma, distribución sobre el introverto, estructura interna y tamaño (<30 μm a >100 μm).
 - Ganchos con espinas en forma peine (*spinelets*). Algunos ganchos de ciertas especies (géneros *Apionsoma* y *Golfingia*) presentan espinas accesorias en forma de peine en la parte cóncava; dichas espinas son un conjunto de unidades puntiagudas que van de 5 a 9.

En el caso de la familia Aspidosiphonidae se enuncian tipos de ganchos de acuerdo con su forma:

- Ganchos tipo A o comprimidos. Se distribuyen en anillos alrededor del introverto, pocas veces sin esta disposición, y con una curvatura marcada. Pueden presentar una punta (unidentados) o dos puntas (ganchos bidentados).
- Ganchos tipo B o piramidales. Ganchos con la base triangular y la parte anterior más corta que los vértices laterales; generalmente son menos

curvados que los otros tipos de ganchos y pueden ser amarillentos, oscuros o translúcidos.

- Ganchos tipo C o cónicos. Ganchos generalmente opacos y oscuros localizados en la parte dorsal del introverto de *Aspidosiphon (Aspidosiphon) elegans*. La punta es ligeramente redondeada.

- **Ganglio cerebral (Cerebro)**. Estructura conformada por la agregación de los cuerpos nerviosos y que está conectada al cordón nervioso ventral a través de nervios conectivos en la parte final del esófago.
- **Gónadas**. Tejido temporal en la base de los músculos retractores ventrales donde se lleva a cabo la gametogénesis.
- **Introverto**. Porción anterior y retráctil del cuerpo de un sipúnculo donde se localiza la boca y los tentáculos. Se diferencia del tronco porque es de menor diámetro.
- **Músculos circulares**. Conjunto de músculos que conforman la capa externa (de las dos capas corporales) del tronco e introverto; son transversales y pueden formar una capa continua o dividirse para formar bandas.
- **Músculos de fijación**. Músculos delgados, similares a una hebra, que unen el tracto digestivo (esófago) a la pared corporal. No se presentan en todas las especies y pueden llegar a ser menos de cuatro.
- **Músculo fusiforme**. Músculo delgado, en forma de hebra que corre al centro del intestino. La parte anterior se conecta a la pared corporal cerca del ano, mientras que la parte posterior se une al final del tronco en la Clase Phascolosomatidea. En algunas especies puede estar poco desarrollado o incluso no presentarse.
- **Músculos longitudinales**. Conjunto de músculos que conforman la capa interna del tronco e introverto y van de la parte anterior a la parte posterior. Esta capa puede dividirse para formar bandas en el tronco, aunque en el área del introverto es una capa continua.
- **Músculos retractores**. Conjunto de músculos cuya función es retraer el introverto hacia el interior del tronco; se originan en la pared corporal y se insertan cerca del cerebro en la parte distal del introverto. Generalmente se presentan dos pares: ventral y dorsal, aunque hay variaciones de pérdida o fusión de los mismos.

- **Ocelos.** Órganos fotorreceptores que se encuentran inmersos en la superficie dorsal del ganglio cerebral. Aunque no siempre presentan coloración, pueden presentar pigmentaciones oscuras. Generalmente están más desarrollados en especies que habitan aguas someras.
- **Órgano nuczal.** Órgano quimiorreceptor ciliado ubicado en la parte dorsal del disco oral de algunas especies; puede dar origen a tentáculos nucuales en algunas especies.
- **Papila.** Agregación de células glandulares epidérmicas que forman protuberancias cónicas o redondeadas, localizadas a lo largo del cuerpo de un sipúnculo. La forma, color y tamaño varían considerablemente entre las poblaciones.
- **Papilas pedunculadas.** Presentes en el género *Phascolion* a lo largo del tronco de los ejemplares. Estas papilas se caracterizan por estar endurecidas, alargadas y tener forma de O, U o V con una coloración oscura. Aunque su función no ha sido completamente esclarecida, se sabe que ayudan a mantener limpia la concha que ocupa *P. strombus* y posiblemente, en otras especies intervienen en el anclaje del individuo a la cavidad donde habita.
- **Podocitos nefridiales.** Células de los nefridios que regulan la filtración de los desechos nitrogenados, así como el agua y sal contenidas en el cuerpo del sipúnculo.
- **Tentáculos.** Extensiones de la pared corporal localizadas en la parte distal del introverto.
 - Tentáculos periféricos. Los que rodean la boca y participan en la captura de alimento e intercambio de gas (Clase Sipunculidea).
 - Tentáculos nucuales. Rodean el órgano nuczal y son de menor tamaño que los periféricos; su función, posiblemente, es quimiorreceptora.
- **Tronco.** La parte más ancha del cuerpo de un sipúnculo en la que se retrae el introverto y donde se localiza la mayor parte o todos los órganos.
- **Verrugas.** Estructuras accesorias presentes en la parte cóncava de los ganchos de algunas especies de la Clase Phascolosomatidea. Se caracterizan por ser perpendiculares al gancho.

- **Vesícula contráctil o saco compensatorio.** Vesícula cerrada llena de fluido que se encuentra sobre la superficie del esófago, en la parte dorsal. Su aspecto puede ser similar al de tubos laterales y puede presentar vesículas en forma de bulbos (*swellings*) o vellosidades (digitiformes).

10. Referencias bibliográficas

- Aldana, A.D. y T. Brulle. 1994. Estado actual de la pesquería, del cultivo y programa de investigación del caracol *Strombus gigas* en México. *In: Appeldoorn R.S y B. Rodríguez Q. (Eds). Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture.* Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. Pág. 97-112.
- Aguilar-Perera, A. y W. Aguilar-Dávila. 1993. Banco Chinchorro: arrecife coralino en el Caribe. Pp. 807-816. *In: Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González (Eds). Biodiversidad Marina y Costera de México.* CONABIO/CIQRO, México. 865 pp.
- Aguirre-León, A. y A. Yáñez-Arancibia. 1986. Las mojarras de la Laguna de Términos: Taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,* Universidad Nacional Autónoma de México. 13(1):369-444.
- Bastida-Zavala, J.R., A.U. Beltrán-Torres, M.A. Gutiérrez-Aguirre y G. De la Fuente-Betancourt. 2000. Evaluación rápida de los arrecifes de parche de Mahahual, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical.* 48(1):137-143.
- Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems.* Blackwell. Massachusetts. 738 pp.
- Bleidorn, C., L. Podsiadlowski y T. Bartolomaeus. 2006. The complete mitochondrial genome of the orbiniid polychaete *Orbinia latreillii* (Annelida, Orbinidae)—A novel gene order for Annelida and implications for annelid phylogeny. *Gene.* 370:96-103.

- Boore, J.L. y J.L. Staton. 2010. The mitochondrial genome of the sipunculid *Phascoliopsis gouldii* supports its association with Annelida rather than Mollusca. *Molecular Biology and Evolution*. **19(2)**:127-137.
- Briggs, G.C. 1995. *Global biogeography*. Elsevier. New York. 452 pp.
- Camarena-Luhrs, T. y S.I. Salazar-Vallejo. 1991. Capítulo 2. Pp. 5-10. In: *Estudios Ecológicos Preliminares de la zona sur de Quintana Roo*. T. Camarena-Luhrs & S. I. Salazar-Vallejo (Eds). CIQRO, Chetumal, Quintana Roo, México. 231 pp.
- Castellanos, I.A. y E. Suárez-Morales. 1997. Observaciones sobre el zooplancton de la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (Mar Caribe mexicano). *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. **68(2)**:237-252.
- Chávez, E. y E. Hidalgo. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. **15(1)**:167-176.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E: Plymouth. 169 pp.
- CONANP. 2000. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro*. México. 193 pp.
- Cutler, E.B. 1973. Sipuncula of the western North Atlantic. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. **152(3)**:105-204.
- Cutler, E.B. 1977. The bathyal and abyssal Sipuncula. *Galathea Report*. **14**:135-156.
- Cutler, E.B. 1994. *The Sipuncula: their systematics, biology, and evolution*. Cornell University Press. New York. EUA. 453 pp.
- Cutler, E.B. y N.J. Cutler. 1979. Madagascar and Indian Ocean Sipuncula. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*. **4(I)**:941-990.
- Cutler, E.B. y N.J. Cutler. 1983. An examination of the *Phascolosoma* subgenera *Antillesoma*, *Rueppellisoma*, and *Satonus* (Sipuncula). *Zoological Journal of the Linnean Society*. **77**:175-187.
- Cutler, E.B. y N.J. Cutler. 1987. A revision of the genus *Golfingia* (Sipuncula: Golfingiidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **100(4)**:735-761.

- Cutler, E.B. y N.J. Cutler. 1989. A revision of the genus *Aspidosiphon* (Sipuncula: Aspidosiphonidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **102**(4):826-865.
- Cutler, N.J. y E.B. Cutler. 1990. A revision of the subgenus *Phascolosoma* (Sipuncula, Phascolosoma). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **103**(3):691-730.
- Cutler, E.B. y P.E. Gibbs. 1985. A phylogenetic analysis of higher taxa in the phylum Sipuncula. *Systematic Zoology*. **34**:162-173.
- Cutler, E.B. y A. Schulze. 2004. Sipuncula from Barbados including two new for the island plus *Siphonosoma vastum*; first record from the Atlantic Ocean. *Bulletin on Marine Science*. **74**(1): 225-228.
- Cutler, E.B., N.J. Cutler y T. Nishikawa. 1984. The Sipuncula of Japan: Their systematics and distribution. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. **29**(4-6):249-322.
- Dean, H.K. 2001. Marine biodiversity of Costa Rica: The phyla Sipuncula and Echiura. *Revista de Biología Tropical*. **49** (Suppl. 2):85-90.
- Dordel, J., F. Fisse, G. Purschke y T.H. Struck. 2010. Phylogenetic position of Sipuncula derived from multi-gene and phylogenomic data and its implication for the evolution of segmentation. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. **48**(3):197-207
- Edmonds, S.J. 2000. Phylum Sipuncula. Pp. 375-400. In: Bessley, P.L., G.J.B. Ross y C.J. Glasby (Eds). *Polychaetes and Allies. The southern synthesis. Fauna of Australia. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. 4*. CSIRO Publishing. Melbourne, Australia. 465 pp.
- Escobar B. E. y M.L. Machain. 2005. Mexico. Pp. 1-33. In: Miloslavich, P. y E. Klein (Eds). *Caribbean Marine Biodiversity: the known and the unknown*. Destech Publications, Inc. Caracas, Venezuela. 334 pp.
- Fisher, W.K. 1952. The sipunculid worms of California and Baja California. *Proceedings of the United States National Museum, Smithsonian Institution*. **102**:371-450.

- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México. 246 pp.
- Gibbs, P.E. y E.B. Cutler. 1987. A classification of the phylum Sipuncula. *Bulletin of the British Museum of Natural History, Zoology*. 52(1):43-58.
- Goreau, T.F. y C.M. Yonge. 1968. Coral community on muddy sand. *Nature*. 217:421-423.
- Gray, J.S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 250(1-2):23-49.
- Hernández-Becerril, D.U. y F. Pérez-Castillo. 1991. Ambiente Acuático. Pp. 79-84. In: Camarena, E.T. (Ed.). *Estudios Ecológicos preliminares de las zonas sur de Quintana Roo*. México. 345 pp.
- Hutchings, P.A. y M. Peyrot-Clausade. 2002. The distribution and abundance of boring species of polychaetes and sipunculans in coral substrates in French Polynesia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 269:101-121.
- INEGI, 1999. Estados Unidos Mexicanos. Corrientes y batimetría. México.
- Keferstein, W. 1862. Beiträge zur Kenntniss der Gattung Phascolosoma F.S. Leuckart. *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie (Leipzig)*. 12:35-51, 139-141.
- Keferstein, W. 1865. Beiträge zur anatomischen und systematischen Kenntnis der Sipunculiden. *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie*. 15:404-445.
- Jennings, R.M. y K.M. Halanych. 2005. Mitochondrial genomes of *Clymenella torquata* (Maldanidae) and *Riftia pachyptila* (Siboglinidae): evidence for conserved gene order in Annelida. *Molecular Biology and Evolution*. 22(2):210-222.
- Jones, I. 1975. Further studies on the distribution and morphology of intestinal sporozoa of *Phascolosoma antillarum* in the Caribbean and Florida. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:349-355.
- Jones, I. y M.C. Schiess. 1975. The occurrence of some intestinal and coelomic parasites of *Phascolosoma varians* of Puerto Rico. In: Rice, M.E. y M. Todorović

- (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:343-348. 355 pp.
- Jordán, E. 1979. Estructura y composición de los arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *Anales Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 16(1):69-86.
 - Jordán-Dahlgren, E. 1993. *Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano*. Parte I, El sector Continental. Editado por CIQRO e ICML, UNAM. CIQRO, 114 pp.
 - Jordán, E. y E. Martín. 1987. Chinchorro: morphology and composition of a Caribbean atoll. *Atoll Resource Bulletin*. 310:1-25.
 - Kohn, A.J. 1970. Food habits of the gastropod *Mitra litterata* Lamarck: relation to trophic structure of the intertidal marine bench community in Hawaii. *Pacific Science*. 24:483-486.
 - Kohn, A.J. 1975. Predation on sipunculans. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:313-334.
 - Kristof, A., T. Wollesen y A. Wanninger. 2008. Segmental mode of neural patterning in Sipuncula. *Current Biology*. 18:1129-1132.
 - Lützen, J., T. Takahashi y T. Yamaguchi. 2001. Morphology and reproduction of *Nipponomysella subtruncata* (Yokoyama), a galeommatoidean bivalve commensal with the sipunculan *Siphonosoma cumanense* (Keferstein) in Japan. *Journal of Zoology, London*. 254:429-440.
 - Merino, M. 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 13(2):31-46.
 - Murina, V.G. 1975a. The geographical distribution of marine worms of the phylum Sipuncula of the world ocean. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:3-18.

- Murina, V.V. 1967a. Report on the sipunculid worms from the sublittoral zone of Cuba and the Gulf of Mexico. *Zoologicheskii Zhurnal*. 54(9):1329-1339.
- Murina, V.V. 1967b. On the sipunculid fauna of the littoral of Cuba. *Zoologicheskii Zhurnal*. 46:35-47.
- Murina, V.V. 1968. On the distribution of new sipunculid worms fauna from Cuba and the Gulf of Mexico. *Revue Roumaine de Biologie, Série de Zoologie*. 13(6):421-423.
- Murina, V.V. 1975b. New species of genus *Phascolosoma* (Sipuncula). *Vestnik Zoologii*. 197:54-59.
- Murina, V.V. 1984. Ecology of Sipuncula. *Marine Ecology Progress Series*. 17:1-7.
- Mwinyi, A., A. Meyer, C. Bleidorn, B. Lieb, T. Bartolomaeus y L. Podsiadlowski. 2009. Mitochondrial genome sequence and gene order of *Sipunculus nudus* give additional support for an inclusion of Sipuncula into Annelida. *BMC Genomics*. 10:27-42.
- Okolodkov, Y.B. 2003. A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiológica*. 13(3):207-221.
- Ojeda Sahagún, J.L. 1997. *Métodos de microscopía electrónica de barrido en biología*. Universidad de Cantabria. España. 267 pp.
- Parr, A.E. 1937. A contribution to the hydrography of the Caribbean and Cayman Sea, based upon the observations made by the R/V ATLANTIS 1933-1934. *Bulletin of Bingham Oceanographic Collection*. 5:1-110.
- Perry, C.T. 1998. Macroborers within coral framework at Discovery Bay, north Jamaica: species distribution and abundance, and effects on coral preservation. *Coral Reefs*. 17:277-287.
- Peyrot-Clausade, M., T. Le Campion-Alsumard, P.A. Hutchings, J. Le Campion, C. Payri y M.F. Fontaine. 1995. Initial bioerosion of experimental substrates in high islands and atolls lagoons (French Polynesia). *Oceanologica Acta*. 18(5):531-541.
- Pilger, J.F. 1987. Reproductive biology and development of *Themiste lageniformis*, a parthenogenetic sipunculan. *Bulletin of Marine Science*. 41(1):59-67.

- Rice, M.E. 1969. Possible boring structures of sipunculids. *American Zoologist*. 9:803-812.
- Rice, M.E. 1970. Asexual reproduction in a sipunculan worm. *Science*. 167:1618-1620.
- Rice, M.E. 1975a. Survey of the Sipuncula of the coral and beachrock communities of the Caribbean Sea. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:35-50.
- Rice, M.E. 1975b. Observations on the development of six species of Caribbean Sipuncula with a review of development in the phylum. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. I:141-160.
- Rice, M.E. 1976. Sipunculans associated with coral communities. *Micronesica*. 12(1):119-132.
- Rice, M.E. 1980. Sipuncula and Echiura. Cap.19, Pp. 490-498. In: Morris, R.H., D.P. Abbott y E.C. Hardelie (Eds.). *Intertidal Invertebrates of California*. Stanford University Press. California, EUA. 690 pp.
- Rice, M.E. 1982. Sipuncula. Pp.67-69. In: Parker, S.P. (Ed.). *Synopsis and classification of living organisms*. McGraw-Hill Company. EUA. 2424 pp.
- Rice, M.E. 1986. Phylum Sipuncula. Pp. 224-228. In: Sterrer, W. (Ed.). *Marine fauna and flora of Bermuda*. Wiley and Sons. New York. 900 pp.
- Rice, M.E. 1993. Two new species of *Phascolion* (Sipuncula: Phascolionidae) from tropical and subtropical waters of the central western Atlantic. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 106(3):591-601.
- Rice, M.E. 2009. Sipuncula of the Gulf of Mexico. In: Tunnell, J.W, D.L. Felder y S.A. Earle (Eds). *Gulf of Mexico. Origin, waters, and biota. I. Biodiversity*. Texas A&M University Press. EUA. 1312 pp.
- Rice, M.E. e I.G. MacIntyre. 1972. A preliminary study of sipunculan burrows in rock thin sections. *Caribbean Journal of Science*. 12(1-2):41-44.

- Rice, M.E. e I.G. MacIntyre. 1982. Distribution of Sipuncula in the coral reef community, Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*. 12:311-320.
- Rice, M.E. y A.C. Stephen. 1970. The type specimens of Sipuncula and Echiura described by J.E. Gray and W. Baird in the collections of the British Museum of Natural History. *Bulletin of the British Museum of Natural History*. 20(2):49-72.
- Richards, W.J. y J.A. Bonhnsack. 1990. The Caribbean Sea a large marine ecosystem in crisis. In: Sherman, K; L.M. Alexander y B.P. Gold (Eds). *Large marine ecosystems: patterns, processes and yields*. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Washington. 242 pp.
- Saiz, S.J.I. 1993. Sipuncula. Vol. 4. In: Ramos, M.A., J.A. Tercedor, X. Bellés, J. Gosálbez, A. Guerra, E. Macpherson, F.M. Piera, J. Serrano y J.T. González (Eds). *Fauna Ibérica*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 200 pp.
- Sammarco, P.W., M.J. Risk y C. Rose. 1987. Effects of grazing and damselfish territoriality on internal bioerosion of dead corals: Indirect effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 12(2):185-199.
- Satô, H. 1935. Sipunculoidea and Echiuroidea of the west Caroline Islands. Tohoku Daigaku, Sendai. *Science Reports*. Ser. 4, 10:299-329.
- Schulze, A. 2005. Sipuncula (Peanut Worms) from Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*. 41(3):523-527.
- Schulze, A. y M.E. Rice. 2004. Sipunculan diversity at Twin Cays, Belize with a key to the species. *Atoll Research Bulletin*. 521:1-9.
- Schulze, A. y M.E. Rice. 2009. Musculature in sipunculan worms: ontogeny and ancestral states. *Evolution & Development*. 11(1):97-108.
- Schulze, A., E.B. Cutler y G. Giribet. 2005. Reconstructing the phylogeny of the Sipuncula. *Hydrobiologia*. 535/536:277-296.
- Schulze, A., E.B. Cutler y G. Giribet. 2007. Phylogeny of sipunculan worms: A combined analysis of four gene regions and morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 42:171-192.

- Shen, X., X. Ma, J. Ren y F. Zhao. 2009. A close phylogenetic relationship between Sipuncula and Annelida evidenced from the complete mitochondrial genome sequence of *Phascolosoma esculenta*. *BMC Genomics*. **10**:136-146.
- Sperling, E.A., J. Vinther, V.N. Moy, B.M. Wheeler, M. Sémon, D.E.G. Briggs y K.J. Peterson. 2009. MicroRNAs resolve an apparent conflict between annelid systematics and their fossil record. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. **276**:4315-4322.
- Stephen, A.C. y S.J. Edmonds. 1972. *The phyla Sipuncula and Echiura*. London: Trustees of the British Museum (Natural History). 528 pp.
- Struck, T.H., N. Schult, T. Kusen, E. Hickman, C. Bleidorn, D. McHugh y K.M. Halanych. 2007. Annelid phylogeny and the status of Sipuncula and Echiura. *BMC Evolutionary Biology*. **7**:57-67.
- Suárez-Morales, E. y R. Gasca. 2000. The planktonic copepod community at Mahahual Reef, Western Caribbean. *Bulletin of Marine Science*. **66**(1):255-267 pp.
- Varela, C. y A. Schulze. 2008. An updated checklist of the sipunculans (Phylum Sipuncula) of Cuba. *Cocuyo*. **17**:9-11.
- Wanninger, A., A. Kristof y N. Brinkman. 2009. Sipunculans and segmentation. *Communicative and Integrative Biology*. **2**(1):56-59.
- Williams, J.A. y S.V. Margolis. 1974. Sipunculid burrows in coral reefs: evidence for chemicals and mechanical excavation. *Pacific Science*. **28**(4):357-359.
- WoRMS, 2010. Sipuncula. In: Saiz, J. World Sipuncula Database. World Register of Marine Species. Versión electrónica en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1385>. 2011-01-21.
- Yonge, C.M. 1975. A note on mutualism between sipunculans and scleractinian corals. In: Rice, M.E. y M. Todorović (Eds). *Proceedings of the International Symposium on the Biology of the Sipuncula and Echiura*. Naučno Delo Press Belgrado, Yugoslavia. **I**:305-311.
- Zhong, M., T.H. Struck y K.M. Halanych. 2008. Phylogenetic information from three mitochondrial genomes of Terebelliformia (Annelida) worms and duplication of the methionine tRNA. *Gene*. **416**:11-21.

- Zrzavý, J., P. Říha, L. Piálek y J. Janouškovec. 2009. Phylogeny of Annelida (Lophotrochozoa): total-evidence analysis of morphology and six genes. *BMC Evolutionary Biology*. **9**:189-192.