

Revista Ciencias del Mar UAS



Enero - Marzo 2026

Núm. 2 Vol. 3

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN 3062-8959



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

Estructura y función ecológica de la comunidad epibiótica asociada a dos especies de esponjas del género *Geodia* en una pradera de pastos marinos del sur del Golfo de México

Structure and ecological function of the epibiotic community associated with two sponge species of the genus *Geodia* in a seagrass meadows of the southern Gulf of Mexico



1. Enrique Ávila



0000-0001-7074-1603

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación El Carmen, Universidad Nacional Autónoma de México. Carretera Carmen-Puerto Real km 9.5, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Autor de correspondencia: kike@ola.icmyl.unam.mx



2. José Alberto Aguirre-Téllez

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación El Carmen, Universidad Nacional Autónoma de México. Carretera Carmen-Puerto Real km 9.5, Ciudad del Carmen, Campeche, México.



3. Laura Elena Vázquez-Maldonado



0000-0002-2088-3395

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México.



4. María Amparo Rodríguez-Santiago



0000-0003-0616-237X

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación El Carmen, Universidad Nacional Autónoma de México. Carretera Carmen-Puerto Real km 9.5, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Recibido 31 de octubre 2025

Aceptado 16 de febrero 2026



Estructura y función ecológica de la comunidad epibiótica asociada a dos especies de esponjas del género *Geodia* en una pradera de pastos marinos del sur del Golfo de México

Structure and ecological function of the epibiotic community associated with two sponge species of the genus *Geodia* in a seagrass meadows of the southern Gulf of Mexico

► RESUMEN

Las esponjas marinas destacan por su capacidad de albergar una amplia diversidad y abundancia de epibiontes y endobiontes con los cuales pueden establecer distintos tipo de relaciones ecológicas. En praderas de *Thalassia testudinum* de Isla del Carmen (Campeche) se identificaron taxonómicamente dos especies de esponjas del género *Geodia*, la composición específica de su comunidad epibiótica y su posible función ecológica en esta asociación. Se caracterizó la comunidad epibionte (riqueza de especies, diversidad y abundancia relativa) y el porcentaje de similitud entre individuos de estas dos especies de esponjas basibiontes y se realizó un experimento *in situ* para determinar si los epibiontes les brindan protección contra la depredación. Las esponjas basibiontes fueron identificadas como *Geodia* cf. *tumulosa* y *G. media* var. *leptorhaphes*, constituyendo el primer registro de ambas especies para el sur del Golfo de México. En cinco especímenes examinados, se registró un total de 95 organismos epibiontes pertenecientes a 25 especies de seis taxa animales y de dos divisiones vegetales. La diversidad (H') de epibiontes fue de 1.9 para *Geodia* cf. *tumulosa* y de 1.94 para *G. media* var. *leptorhaphes*. Los poríferos fueron el grupo más diverso y las ascidias coloniales las más abundantes, representando el 45% del peso húmedo total de los epibiontes. El porcentaje de similitud de las comunidades epibióticas entre ambas especies de esponjas fue de 57.9% (11 especies compartidas). Se detectó una correlación significativa entre el tamaño de las esponjas y la riqueza de epibiontes. Experimentalmente, las esponjas que fueron desprovistas de epibiontes no mostraron signos de depredación, pero acumularon una capa de sedimento fino (~3 mm), lo que sugiere que los epibiontes podrían actuar como barrera frente a la sedimentación más que como defensa antidepredatoria.

Palabras clave: Epibiontes, sedimentación, asociaciones bentónicas, esponjas marinas, Golfo de México.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Marine sponges stand out for their ability to harbor a wide diversity and abundance of epibionts and endobionts, with which they can establish different types of ecological relationships. In *Thalassia testudinum* meadows of Isla del Carmen (Campeche), two sponge species of the genus *Geodia* were taxonomically identified, along with the species composition of their epibiotic community and its potential ecological role within this association. The epibiont community (species richness, diversity, and relative abundance) and the percentage of similarity between individuals of these two basibiont sponge species were characterized, and an *in situ* experiment was conducted to determine whether epibionts provide protection against predation. The basibiont sponges were identified as *Geodia* cf. *tumulosa* and *G. media* var. *leptorhaphes*, constituting the first record of both species for the southern Gulf of Mexico. In the five specimens examined, a total of 95 epibiotic organisms were recorded, belonging to 25 species from six animal taxa and two plant divisions. Epibiont diversity (H') was 1.9 for *Geodia* cf. *tumulosa* and 1.94 for *G. media* var. *leptorhaphes*. Poriferans represented the most diverse group, whereas colonial ascidians were the most abundant, accounting for 45% of the epibionts' wet weight. The percentage of similarity between the epibiotic communities of both sponge species was 57.9% (11 shared species). A significant correlation was detected between sponge size and epibiont richness. Experimentally, sponges that were deprived of epibionts showed no signs of predation but accumulated a fine sediment layer (~3 mm), suggesting that epibionts may act as a barrier against sedimentation rather than as an antipredator defense.

Keywords: Epibionts, sedimentation, benthic associations, marine sponges, Gulf of Mexico.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► INTRODUCCIÓN

En diferentes regiones del mundo se han observado esponjas recubiertas por organismos epibiontes, tales como macroalgas, ascidias y otras esponjas (Wilcox, Hill, Demeo, 2002; Mercurio, Corriero, Gaino, 2006; Ávila, Carballo, Cruz-Barraza, 2007). Dado que esta interacción no suele provocar daño aparente a la esponja basibionte, se ha sugerido que los epibiontes podrían brindar protección frente a la depredación o a la radiación ultravioleta (Wilcox et al., 2002; Mercurio et al., 2006; Ávila et al., 2007). No obstante, estas hipótesis permanecen poco exploradas experimentalmente. Uno de los primeros estudios en señalar que el epizoismo no implica necesariamente competencia o exclusión fue el realizado por de Laubenfels (1950) quien observó que esponjas basibiontes como *Halichondria* (*Halichondria*) *poa* pueden continuar filtrando agua y alimentándose aun estando totalmente cubiertas por otras especies de esponjas como *Hymeniacidon sanguinea* o *Epallax ajax*.

Estudios posteriores como el de Rützler (1970) confirmaron que estas asociaciones pueden deberse a la limitación del sustrato, ya que al analizar las relaciones interespecíficas entre esponjas del mar Adriático, determinó que, en ambientes con alta competencia por espacio, las esponjas se fijan sobre superficies alternas como conchas, grava o incluso otras esponjas. A pesar de su proximidad no ocurre fusión tisular y cada individuo mantiene su propia alimentación y flujo de agua mediante ósculos funcionales. Este tipo de interacciones ha sido interpretado como una estrategia de coexistencia en ambientes saturados de organismos sésiles.

En este sentido, Wulff (2006) clasificó las interacciones ecológicas de las esponjas en cuatro categorías: competencia por espacio, simbiosis, comensalismo y depredación. Estas presentan una notable capacidad de interacción con diversos taxa bentónicos, incluyendo otros invertebrados y peces juveniles. En contextos competitivos, las esponjas suelen dominar frente a otros organismos sésiles por sus mayores tasas de crecimiento y por la liberación de metabolitos secundarios con



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



propiedades alelopáticas que inhiben el asentamiento de competidores (Wulff, 2006). Las interacciones esponja-esponja en el mar Caribe, Golfo de México, mar Mediterráneo, Pacífico mexicano y mar del Sur de Corea (Rützler, 1970; Wilcox et al., 2002; Wulff, 2006; Ávila et al., 2007), han señalado simbiosis de diferentes tipos como mutualismo, parasitismo y competencia espacial. Además, se ha propuesto que las especies epibiontes pueden beneficiarse de mayor estabilidad y mejor calidad del sustrato, e incluso desarrollar relaciones obligadas con sus especies hospedadoras, como las descritas entre *Geodia* y *Haliclona* en Florida (EE. UU.) y entre *Geodia media* y *Haliclona sonorensis* en el Golfo de California (Wulff, 1997; Wilcox et al., 2002; Ávila et al., 2007).

En el sur del Golfo de México, particularmente en la Isla del Carmen (Campeche), investigaciones exploratorias registraron en 2019 esponjas del género *Geodia* recubiertas por una gran variedad de epibiontes (macroalgas, pastos marinos, ascidias y otras esponjas) en una pradera de *Thalassia testudinum*, a una profundidad promedio de 2 m y aproximadamente a 40 m de la costa. La recurrencia de este tipo de asociaciones en distintas regiones (Wahl, 1989), sugiere que podrían representar una estrategia ecológica estable y potencialmente beneficiosa para las esponjas basibiontes. Sin embargo, en las costas del sur del Golfo de México no existen antecedentes de estudios que documenten la composición taxonómica de las comunidades asociadas a esponjas del género *Geodia* ni que evalúen de manera experimental la posible función protectora de los epibiontes en estas esponjas basibiontes.

Con base en lo anterior, los objetivos de este estudio fueron: (1) identificar a la esponja basibionte al nivel taxonómico más bajo posible; (2) caracterizar la biota epibiótica (flora y fauna) asociada y determinar su riqueza específica y diversidad; (3) determinar la abundancia relativa de los grupos taxonómicos que interactúan con *Geodia* y (4) desarrollar un experimento *in situ* para determinar si los epibiontes que recubren a *Geodia* le proporcionan protección frente a macrodepredadores como peces y tortugas.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó en la localidad de Puerto Real ($18^{\circ}47'30''$ N, $91^{\circ}31'50''$ O), al noreste de la Isla del Carmen, Campeche (Figura 1). Esta isla de barrera forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos y abarca una superficie de 153 km². La franja intermareal del área de estudio posee un fondo rocoso con parches arenosos, mientras que la zona submareal (1 a 5 m de profundidad) es habitada por praderas de pastos marinos dominadas por *T. testudinum*. El sitio de muestreo fue seleccionado por la presencia frecuente de esponjas del género *Geodia* en interacción con otros organismos. El área total de estudio, donde se realizaron la colecta de individuos y el experimento, abarcó aproximadamente 400 m². Este estudio se efectuó entre julio y octubre de 2019.

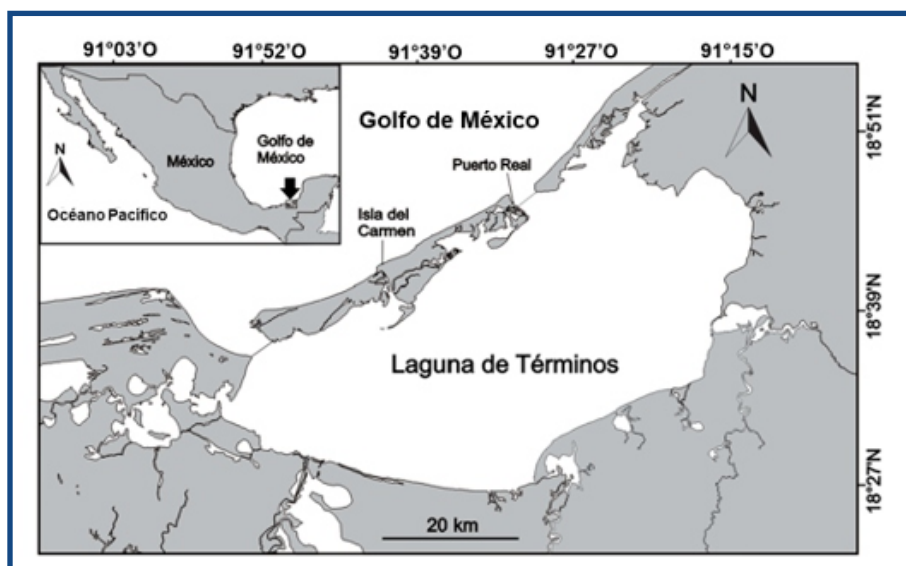


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (Puerto Real) en el estado de Campeche, México.

Mediante buceo autónomo se seleccionaron al azar 15 individuos de *Geodia* a una profundidad de 2 m aproximadamente, los cuales fueron etiquetados con un número.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Colecta e identificación de basibiontes y epibiontes

Cinco de estos individuos de *Geodia* fueron desprendidos desde su base con una espátula y colocados en bolsas de plástico de manera individual (debidamente etiquetadas) para ser trasladados al laboratorio donde fueron fotografiados con una cámara digital (Nikon COOLPIX AW130) para documentar la coloración y morfología de los epibiontes y del basibionte. La identificación de las esponjas, tanto basibiontes como epibiontes, se realizó hasta el nivel más bajo posible con base en sus características externas (forma, color, consistencia, presencia y diámetro de ósculos) y en las características del esqueleto (tipos de espículas, dimensiones y disposición en ectodermo y endodermo). Para separar las espículas de la materia orgánica se utilizó hipoclorito de sodio. En las especies con espículas silíceas se seleccionaron y midieron 30 espículas por cada tipo y categoría de tamaño. En el caso de las esponjas córneas carentes de espículas, se midieron diámetros de fibras de colágeno-espongina (al menos 10 fibras primarias, secundarias y/o terciarias), la abertura de malla y la presencia de médula y material foráneo) conforme al método de Boury-Esnault y Rützler (1997). La determinación taxonómica de este grupo se apoyó en literatura especializada del Atlántico occidental (de Laubenfels, 1952; Little, 1963; López y Green, 1984), en la clasificación de Hooper y Van Soest (2002) y bases de datos (World Porifera Database, 2019).

Los invertebrados epibiontes y organismos fotosintéticos fueron cuidadosamente separados de la esponja basibionte e identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, usando literatura específica: ascidias (Monniot, 1983), ofiuroideos (Laguarda-Figueras, Henández-Herrejón, Solís-Marín, Durán-González, 2009), poliquetos (de León-González et al., 2009), crustáceos (Ortiz, Winfield, Cházaro-Olvera, 2012) y macroalgas (León-Álvarez, Candelaria-Silva, León-Tejera, 2012). Una vez separados, se obtuvo el peso fresco de cada taxón con una balanza electrónica (Velab, VE-300, 1 mg – 300 g) para calcular su abundancia relativa (%), la cual considero como 100% el peso fresco total de los epibiontes.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Experimento in situ

Para determinar si los epibiontes de *Geodia* le ofrecen protección frente a la depredación, se diseñó un experimento *in situ* que consistió en separar los organismos epibiontes adheridos a la superficie de estas esponjas basibiontes. Para esto se utilizaron los otros 10 individuos de esponja que habían sido marcados: a cinco de los cuales se les removieron todos los epibiontes de su superficie (tratamiento) y otros cinco permanecieron intactos (control) (Cristobo, Victoriano, Solorzano, Ríos, 1993). La separación de epibiontes se realizó bajo el agua (mediante buceo autónomo), de manera manual o con ayuda de un cepillo de plástico, evitando dañar la superficie del basibionte. Los individuos del tratamiento y control fueron monitoreados cada 15 días durante tres meses, registrando supervivencia (%) y la presencia o ausencia de evidencias visuales de depredación (como las lesiones que dejan las mordeduras de peces y tortugas) y recolonización por epibiontes.

Análisis de datos

Se elaboraron bases de datos en Microsoft Excel con la información morfológica de las esponjas (tipos de espículas, dimensiones en μm y características de fibras de espongina). Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') con los datos de los epibiontes asociados a cada espécimen de *Geodia* recolectado. Este índice varía generalmente entre 0.5 y 5.0 en ecosistemas naturales, donde valores < 2 indican baja diversidad (llegando a ser homólogos a desiertos) y > 3 alta diversidad (pudiéndose comparar con los ecosistemas de arrecifes coralinos y selvas tropicales) (Shannon, 1998). El índice considera la riqueza (número de taxa) y la abundancia relativa (%) de especies en el área de estudio. También se aplicó el coeficiente de correlación de rango de Spearman para evaluar la relación entre el peso fresco del basibionte y (a) el peso fresco total de los epibiontes, (b) la riqueza específica y (c) la abundancia total de epibiontes. Adicionalmente, se determinó la similitud (%) en la composición taxonómica de los macroinvertebrados asociados entre los individuos de *Geodia*, utilizando el índice de Czekanowski ($Cz = (2W / [A+B]) (100\%)$) (Ávila y Briceño-Vera, 2018).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTADOS

Identificación de los basibiontes

De los cinco especímenes colectados y examinados en laboratorio se identificaron dos especies diferentes de basibiontes del género *Geodia*. A pesar de presentar una coloración, textura, consistencia y morfología externa muy similares (color grisáceo con tonos cafés en las cribas osculares y forma masiva lobulada), el análisis de la gama de espículas presentes y sus dimensiones en cada uno de los cinco basibiontes reveló que no se trataba de una sola especie de *Geodia*, sino de dos especies de esponjas de este género presentes en el área de estudio. Los individuos etiquetados con los números 2 y 4 fueron identificados como *Geodia media* var. *leptorhaphes* Uliczka, 1929, debido a la presencia de una espícula de tipo mesomonaene, que se considera como un carácter taxonómico distintivo de la especie (Figura 2b), además de que el resto de los tipos de espículas y su disposición (observada a través de los cortes) en el ectosoma fueron determinantes para su identificación. En el caso de los individuos 1, 3 y 5, estos fueron identificados como *Geodia* cf. *tumulosa* Bowerbank, 1872 (Figura 2a).

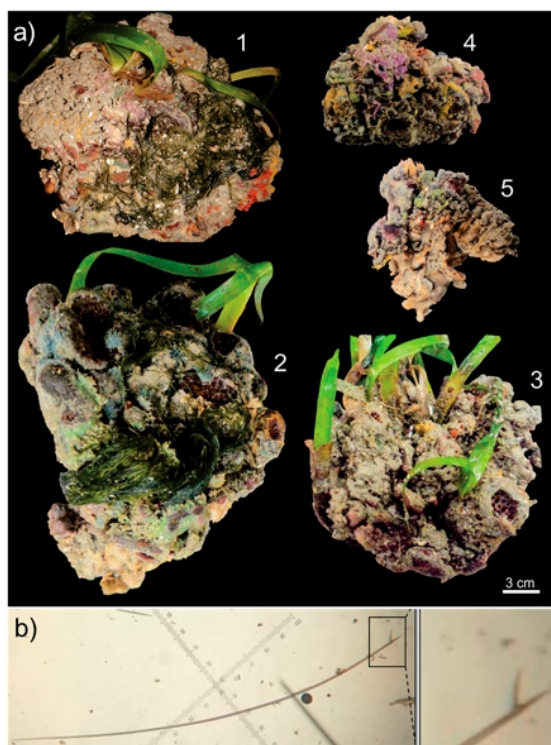


Figura 2. a) Especímenes de *Geodia* a los que se determinó la riqueza y abundancia relativa de los epibiontes. b) Espícula mesomonaene característica de *G. cf. media* var. *leptorhaphes*. En la imagen inferior derecha se muestra un detalle de la punta bifurcada de esta espícula.

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Diversidad y abundancia de los epibiontes asociados

En estos cinco especímenes examinados en laboratorio se identificaron 95 organismos epibiontes a diferentes niveles taxonómicos, desde familia hasta especie. Los poríferos fueron el grupo más diverso, mientras que las ascidias resultaron ser las más abundantes. Estos organismos, asociados a los cinco individuos de *Geodia* examinados, correspondieron a seis taxa animales (Porifera, Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata y Chordata) y dos divisiones vegetales (Tracheophyta y Chlorophyta). En particular, los poríferos epibiontes incluyeron 24 individuos pertenecientes a 16 especies, mientras que las algas, equinodermos, crustáceos, poliquetos y moluscos presentaron menor diversidad. Con base en la abundancia relativa determinada por el peso fresco, los cordados (ascidias coloniales) fueron los más representativos (45%), seguidos por los poríferos (24%) y los pastos marinos (26%). Las algas, poliquetos, moluscos, crustáceos y equinodermos aportaron por grupo menos del 2% del peso total (Figura 3).

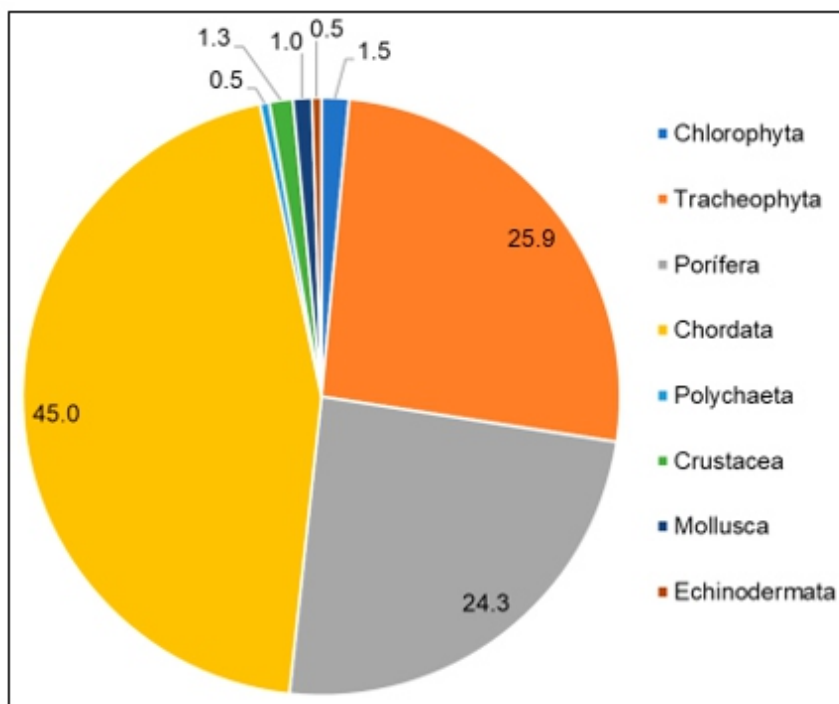


Figura 3. Abundancia relativa de los diferentes grupos de epibiontes presentes en las cinco muestras de *Geodia* spp.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

La composición de la comunidad epibiótica varió a pequeña escala espacial (es decir, a una escala de unos pocos metros cuadrados que representó el área de estudio), ya que algunas especies mostraron afinidad por una de las dos especies de basibionte. En la Figura 4 y la Tabla I se muestran los grupos epibiontes más representativos asociados a las esponjas del género *Geodia*. En *G. media* var. *leptorhaphes* se registraron 25 especies de epibiontes correspondientes a seis taxa animales (poríferos, ascidias, poliquetos, crustáceos, equinodermos y moluscos) y dos divisiones vegetales (algas verdes y pastos marinos). En *G. cf. tumulosa* se registraron 23 especies pertenecientes a cinco taxa animales (poríferos, ascidias, equinodermos, crustáceos y poliquetos) y dos divisiones vegetales (algas verdes y pastos marinos). Los valores indicados en la Tabla I muestran la abundancia relativa de los taxa registrados en cada individuo de *Geodia* examinado, la abundancia relativa total y el peso fresco.

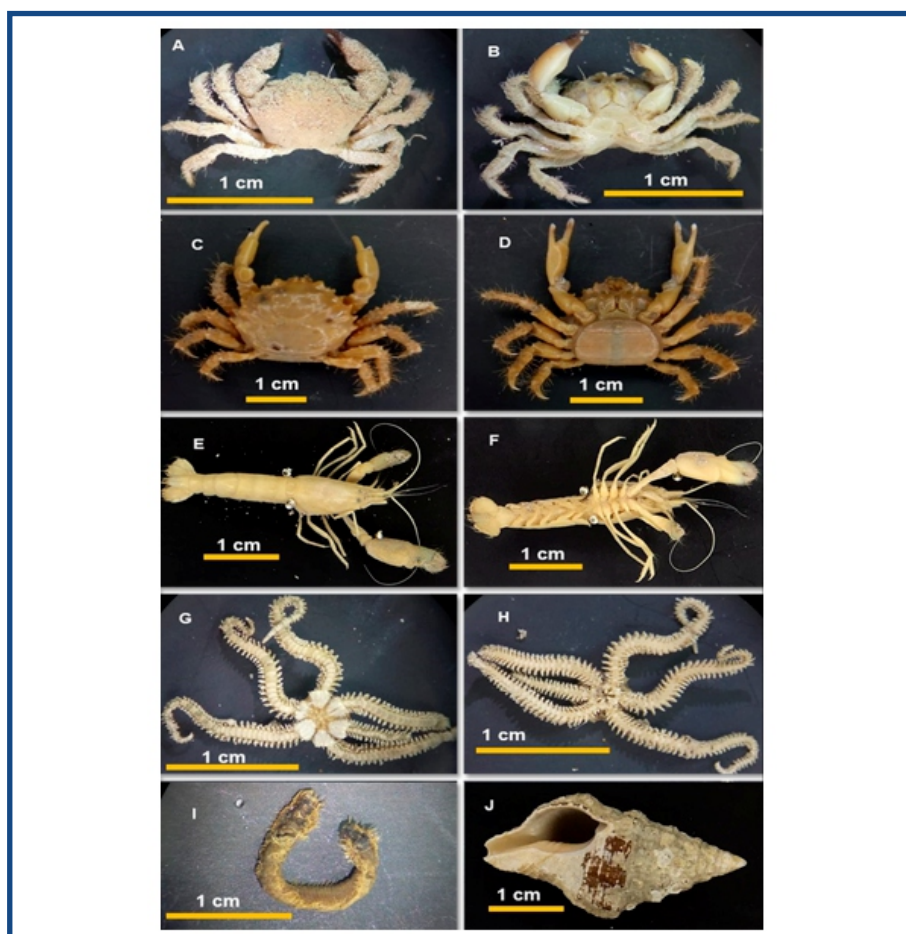


Figura 4. Fauna asociada. A y B) Crustácea: Xanthidae; C y D), Crustácea: Porcellanidae; E y F), Crustacea: Alpheidae; G y H), Echinodermata: *Ophiactis savignyi*; I) Polychaeta: *Fauchaldius cyrtauloni*; J) Mollusca: *Leucozonia nassa*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla I. Especies registradas en ambas especies de *Geodia*, su abundancia relativa (%) por individuo y total y el peso fresco total de cada organismo epibiontes (g).

Taxa	Familia o especie	Ind.1	Ind.2	Ind.3	Ind.4	Ind.5	Total	Peso
Chlorophyta	<i>Chlorodesmis</i> sp.	4	5	0	0	0	9	6.7
Tracheophyta	<i>Thalassia testudinum</i>	4	5	8	0	0	17	117.4
Porifera	<i>Lissodendoryx spinulosa</i>	0	5	0	0	0	5	0.03
	<i>Mycale</i> sp.	4	0	0	0	0	4	2.11
	<i>Eurypon</i> sp.	4	0	0	0	0	4	0.23
	<i>Haliclona caerulea</i>	0	0	8	0	0	8	3.04
	<i>Haliclona implexiformis</i>	4	0	0	6	0	9	6.51
	<i>Hymeniacidon heliophila</i>	0	0	0	6	5	11	1.7
	<i>Hymeniacidon</i> sp.	0	0	0	0	5	5	8.98
	<i>Tedania ignis</i>	4	0	0	6	0	9	7.04
	<i>Tedania</i> cf. <i>klausii</i>	0	0	8	0	0	8	4.43
	<i>Dysidea etheria</i>	4	16	0	6	5	30	59.15
	<i>Dysidea variabilis</i>	0	0	0	0	5	5	9.96
	<i>Haliclona</i> sp.	4	0	0	0	0	4	0.5
	<i>Haliclona rutzleri</i>	4	0	0	0	0	4	3.41
	<i>Tedania</i> sp.	0	5	0	0	0	5	1.56
	<i>Cliona carpenteri</i>	0	0	8	0	0	8	0.22
	<i>Halicondria</i> sp.	0	0	0	6	0	6	1.09
Chordata	<i>Euherdmania fasciculata</i>	4	5	8	0	5	23	203.5
Polychaeta	<i>Fauchaldius cyrtauloni</i>	11	11	25	0	47	94	2.3
Crustacea	Alpheidae	7	0	0	0	0	7	0.93
	Porcellanidae	4	11	0	0	21	35	3.67
	Xanthidae	15	11	25	33	0	84	1.21
Mollusca	<i>Leucozonia nassa</i>	0	0	0	0	5	5	4.6
Echinodermata	<i>Ophiactis savignyi</i>	26	26	8	39	0	99	2.3

Correlación entre variables y similitud entre la comunidad de epibiontes presentes en ambas especies de esponja

En general, se determinó que, aunque no hubo una correlación estadísticamente significativa entre el peso de los basibiontes y el peso de sus epibiontes ($r = 0.50$, $p = 0.45$), ni con la abundancia total de organismos ($r = 0.87$, $p = 0.08$), se detectó una ligera tendencia positiva entre estas variables. No obstante, sí se encontró una correlación positiva significativa entre el peso de los basibiontes y la riqueza específica de epibiontes ($r = 0.97$, $p = 0.02$) que indica que la riqueza específica de epibiontes aumenta conforme incrementa el tamaño de la esponja basibionte.

A partir de los datos de riqueza específica de epibiontes registrados para cada ejemplar de *Geodia*, se encontró que en los individuos 1, 3 y 5 el valor de H' fue 1.94, mientras que en los individuos 2 y 4 fue 1.90. Dado que se identificaron dos especies distintas de basibiontes, se determinó la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

similitud en la composición taxonómica de los epibiontes asociados a *G. media* var. *leptorhaphes* y *G. cf. Tumulosa*. En este caso, el índice de Czekanowski (Cz) dio como resultado una similitud del 57.89%.

Experimento in situ

Al finalizar el experimento (70 días), no se registraron lesiones en los individuos de *Geodia* que pudieran ser atribuidas a la depredación (p.ej. perdidas de tejido por ramoneo de peces o tortugas) ni la pérdida de esponjas en el tratamiento que fueron desprovistas de epibiontes. En cambio, se observó que la superficie de estas esponjas estaba cubierta por una capa de sedimento fino. En las esponjas utilizadas como control (con epibiontes), no se observó acumulación de sedimentos en su superficie.

► DISCUSIÓN

En el presente estudio se identificaron dos especies congénicas de esponjas del género *Geodia*: *G. cf. tumulosa* y *G. media* var. *leptorhaphes*. La primera ha sido registrada para el Caribe y la segunda para Barbados, Jamaica y Florida (World Porifera Database, 2019). Ambas especies fueron encontradas por primera vez en el sur del Golfo de México, siendo este estudio, el primer registro de su presencia en costas mexicanas. Aunque presentan coloración, forma y textura similares, difieren en las características y dimensiones de sus espículas, particularmente por la presencia de una espícula triaxónica (mesomonaena) en *G. media* var. *leptorhaphes*, considerada un carácter diagnóstico del taxón. Este trabajo representa el primer análisis ecológico de estas dos especies en su ambiente natural, ya que la información disponible sobre estas especies ha sido principalmente taxonómica (Uliczka 1929).

En total, se registraron 25 especies de epibiontes asociadas a *G. cf. tumulosa* y *G. media* var. *leptorhaphes*, 15 especies en *G. media* var. *leptorhaphes*, 23 en *G. cf. tumulosa* y 11 que estuvieron presentes en ambas especies de esponja (una especie de alga verde, una especie de pasto marino, cuatro especies de esponjas, una ascidia colonial, una



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

especie de poliqueto, dos especies de crustáceos decápodos y una especie de ofiuroides, Tabla I). Esta riqueza es comparable con lo reportado por Klitgaard (1995) para *G. barretti* y *G. macandrewii* (10 a 62 especies de epibiontes). Aunque la riqueza observada en las especies de este estudio mostró valores intermedios comparado con lo reportado en otras especies de *Geodia*, se observó que la superficie de ambas especies de esponja estaba completamente cubierta de organismos. Las esponjas, ascidias y el pasto *T. testudinum* fueron los organismos más abundantes en términos relativos de peso y probablemente limitan el espacio disponible para nuevas colonizaciones de epibiontes. En el caso de las esponjas y ascidias coloniales encontradas, estas especies eran generalmente de forma incrustante. La dominancia de esponjas y ascidias entre la comunidad de epibiontes puede estar relacionada con su arquitectura corporal, sus altas tasas de crecimiento y sus estrategias de vida oportunistas, que les permiten colonizar y recubrir rápidamente distintos sustratos duros (Wulff, 2006; Roth, Powell, Smith, Roth, Schierwater, 2018).

La abundancia de epibiontes fue similar en ambas especies, lo cual podría explicarse por su coexistencia en el mismo hábitat, profundidad y morfología comparable. Los grupos más abundantes en términos de peso fueron ascidias y esponjas, patrón consistente con lo documentado por Rützler (1970) para *Fasciospongia cavernosa*, donde la comunidad epibiótica estuvo dominada por esponjas del género *Ircinia*. Las esponjas basibiontes poseen estructuras ectosomales rígidas y un sistema acuífero especializado que les permite mantener su integridad funcional (Rützler, 1970). En este caso, ambas especies de *Geodia* presentan una capa ectosómica compacta formada por espículas esterrásteres, lo que les confiere una dureza similar a fondos rocosos y las convierte en sustratos alternos ideales para macroalgas, pastos marinos e invertebrados sésiles (Corriero, 1984; Mercurio, Corriero, Scalera-Liaci, 1997). Por otra parte, también se observó que algunos invertebrados móviles como poliquetos, cangrejos de la familia Xanthidae y el ofiuroides fueron relativamente abundantes en las esponjas basibiontes. Estos organismos se caracterizan por alimentarse de restos de materia orgánica que se deposita sobre la esponja.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

No se detectó correlación entre el peso de las esponjas basibiontes, el peso total de epibiontes y la abundancia de epibiontes. Quizás, ésta falta de dependencia entre las variables señaladas puede deberse al número limitado de muestras analizadas o a variaciones ambientales durante la colecta, como son la temperatura o época del año. No obstante, en este estudio se encontró una correlación positiva entre la riqueza de especies epibiontes y el peso de los basibiontes que es consistente con estudios previos en otras especies del género, donde se han registrado correlaciones positivas entre el tamaño de la esponja y la diversidad de epibiontes (Leite, Pavani, Tanaka, 2016). Los valores del índice de diversidad de Shannon registrados en este estudio para ambas especies de *Geodia* fueron considerados como bajos de acuerdo con la interpretación propuesta por Shannon (1998), posiblemente debido a la estacionalidad reproductiva de ciertos taxa asociados, que suele estar restringida a periodos específicos del año (Biernbaum, 1981).

Durante el experimento *in situ*, las esponjas sin epibiontes no presentaron lesiones ni signos de depredación, a diferencia de lo reportado por Ramsby, Massaro, Marshall, Wilcox y Hill (2012), quienes observaron daños en esponjas caribeñas desprovistas de organismos epibiontes. La ausencia de depredación podría deberse a la escasa presencia de peces esponjívoros en el sitio de estudio (Ayala-Pérez, Ramos-Miranda, Flores-Hernández, 2003). Sin embargo, se observó que los individuos sin epibiontes mostraron una capa fina de sedimento calcáreo sobre su superficie, la cual estuvo ausente en los controles (con epibiontes).

Este resultado sugiere que los epibiontes sésiles, en particular los organismos filtradores como esponjas y ascidias pueden beneficiar a los basibiontes como una barrera física que reduce la sedimentación. Bell et al. (2015) señalaron que esponjas y ascidias epibiontes pueden generar corrientes ascendentes a través de sus ósculos y sifones exhalantes, potenciando el flujo de agua de la esponja hospedera y evitando la acumulación de sedimentos. La sedimentación excesiva es un factor crítico para las esponjas, ya que puede impedir el asentamiento larvario, reducir la filtración y provocar mortalidad por sofocación en etapas adultas. En este sentido, las observaciones coinciden con lo reportado

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

por Wulff (1995), quien no encontró evidencia de que los epibiontes funcionen como defensa ante depredadores, sino como una protección pasiva frente a la sedimentación. Así, la interacción epibionte–basibionte podría representar un beneficio ecológico mutuo en ambientes con alta carga de partículas suspendidas, como los sistemas costeros del sur del Golfo de México (Castellanos-Pérez, Vázquez-Maldonado, Ávila, Cruz-Barraza, Canales-Delgadillo, 2020).

Finalmente, la similitud registrada en la composición de especies epibiontes entre ambas esponjas fue del 58%, lo cual fue debido a que solo compartieron 11 especies, pese a su coexistencia en el mismo hábitat. Este resultado podría explicarse por diferencias sutiles en la disposición de las cribas osculares y por mecanismos de selección larvaria. Wahl (2009) describió que algunos organismos sésiles poseen receptores químicos que les permiten identificar sustratos adecuados para su fijación. Además, ciertas especies de *Geodia*, como *G. corticostylifera*, producen compuestos químicos que actúan como atrayentes o inhibidores de asentamiento (Clavico et al., 2006). En este contexto, futuros estudios podrían evaluar si las especies analizadas presentan metabolitos con funciones similares, lo que permitiría comprender mejor la selectividad en la colonización epibiótica.

El presente estudio constituye el primer registro de *Geodia* cf. *tumulosa* y *G. media* var. *leptorhaphes* para el sur del Golfo de México y aporta información sobre la composición taxonómica de su comunidad epibiótica. Ambas especies presentaron una alta cobertura de epibiontes, con predominio de ascidias y poríferos, y una composición taxonómica similar, lo que refleja una afinidad ecológica influenciada por su coexistencia en el mismo hábitat. Los resultados del experimento *in situ* sugieren que los epibiontes no solo pueden actuar como defensa (física o química) ante la depredación, sino como una barrera protectora frente a la sedimentación, al mantener libre de partículas la superficie de las esponjas. Estas observaciones destacan la importancia de las interacciones epibionte–basibionte como mecanismos de adaptación ecológica en ambientes con alta carga sedimentaria y subrayan la necesidad de estudios complementarios sobre los procesos químicos y funcionales que regulan la colonización y persistencia de estas asociaciones en ecosistemas costeros tropicales.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional Autónoma de México (proyecto interno ICMYL-UNAM núm. 618 y PAPIIT-IN203419). Agradecemos a Andrés Reda-Deara y a Hernán Álvarez-Guillén por su asistencia técnica durante los muestreos de campo. Agradecemos también a los dos revisores anónimos por los comentarios tan valiosos y constructivos proporcionados.

► LITERATURA CITADA

- Ayala-Pérez, L. A., Ramos Miranda, J., & Flores Hernández, D. (2003). La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Revista de Biología Tropical*, 51, 783–793.
- Ávila, E., & Briceño-Vera, A. E. (2018). A reciprocal inter-habitat transplant reveals changes in the assemblage structure of macroinvertebrates associated with the sponge *Halichondria melanadocia*. *Estuaries and Coasts*, 41, 1397–1409. doi: 10.1007/s12237-017-0359-2
- Ávila, E., Carballo, J. L., & Cruz-Barraza, J. A. (2007). Symbiotic relationships between sponges and other organisms from the Sea of Cortes (Mexican Pacific coast): same problems, same solutions. In: Custódio, M. R., Lôbo-Hajdu, G., Hajdu, E. y Muricy, G. (Eds). *Porifera Research Biodiversity, Innovation and Sustainability* (pp. 147–156). Rio de Janeiro: Série Livros 28, Museu Nacional.
- Bell, J. J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Bennett, H., Marlow, J., & Shaffer, M. (2015). Sediment impacts on marine sponges. *Marine Pollution Bulletin*, 94, 5–13. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.03.030
- Biernbaum, C. K. (1981). Seasonal changes in the amphipod fauna of *Microciona prolifera* (Ellis and Solander) (Porifera: Demospongiae) and associated sponges in a shallow salt-marsh creek. *Estuaries*, 4, 85–96. doi: 10.2307/1351671



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Boury-Esnault, A., & Rützler, K. (1997).** Thesaurus of sponge morphology. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 596. doi: 10.5479/si.00810282.596
- Castellanos-Pérez, P. D. J., Vázquez-Maldonado, L. E., Ávila, E., Cruz-Barraza, J. A., & Canales-Delgadillo, J. C. (2020).** Diversity of mangrove root-dwelling sponges in a tropical coastal ecosystem in the southern Gulf of Mexico region. *Helgoland Marine Research*, 74, 13. doi: 10.1186/s10152-020-00545-6
- Clavico, E., Muricy, G., Da Gama, B., Batista, D., Ventura, R., & Pereira, R. (2006).** Ecological roles of natural products from the marine sponge *Geodia corticostylifera*. *Marine Biology*, 148, 479–488. doi: 10.1007/s00227-005-0097-z
- Corriero, G., 1984.** Note sul popolamento di Poriferi dello Stagnone di Marsala (Sicilia). *Nova Thalassia*, 6, 213–223.
- Cristobo, J., Victoriano, U., Solorzano, R. M., & Ríos, P. (1993).** Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de Poríferos. *International Symposium and First World Congress on the Preservation and Conservation of Natural History Collections*, 2, 277–287.
- de Laubenfels, M. W. (1950).** An ecological discussion of the sponges of Bermuda. *Transactions of the Zoological Society of London*, 27, 155–201. doi: 10.1111/j.1096-3642.1950.tb00228.x
- de Laubenfels, M. W. (1952).** Sponges from the Gulf of Mexico. *Marine Science*, 2, 511–557.
- de León-González, J. A., Batida-Zavala, J. R., Carrera-Parra, L. F., García-Garza, M. E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S. I., & Solís-Weiss, V. (2009).** Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Monterrey, México: Dirección de Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hooper, J., & van Soest, R. W. M. (2002).** Systema Porifera, a guide to the classification of the sponges. Kluwer Academic, Plenum Publishers. New York. doi: 10.1007/978-1-4615-0747-5
- Klitgaard, A. B. (1995).** The fauna associated with outer shelf and upper slope sponges (Porifera, Demospongiae) at the Faroe Islands, northeastern Atlantic. *Sarsia*, 80, 1–22. doi: 10.1080/00364827.1995.10413574



- Laguarda-Figueras, A., Henández-Herrejón, L., Solís-Marín, F. A., & Durán González, A. (2009).** Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México (1a ed.). CONABIO-UNAM. México.
- Leite, F. P., Pavani, L., & Tanaka, M. O. (2016).** Temporal variation of epi-and endofaunal assemblages associated with the red sponge *Tedania ignis* on a rocky shore (São Sebastião Channel), SE Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 106. doi: 10.1590/1678-4766e2016007
- León-Álvarez, D., Candelaria-Silva, C. P., & León-Tejera, H. (2012).** Géneros de algas marinas tropicales de México. Facultad de Ciencias UNAM : http://ficoherb.fciencias.unam.mx/publicacionesparaportal/Publicaciones/Algas_verdes.pdf
- Little, F. J. (1963).** The sponge fauna of the St. George Sound, Apalachee Bay, and Panamá city regions of the Florida Gulf Coast. *Tulane Studies in Zoology*, 11, 30–71. doi: 10.5962/bhl.part.7050
- López, P. G., & Green, G. (1984).** Sistemática de esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 1, 65–90.
- Mercurio, M., Corriero, G., & Gaino, E. (2006).** Sessile and non-sessile morphs of *Geodia cydonium* (Jameson) (Porifera, Demospongiae) in two semi-enclosed Mediterranean bays. *Marine Biology*, 148, 489–501. doi: 10.1007/s00227-005-0092-4
- Mercurio, M., G. Corriero & L. Scalera-Liaci, 1997.** Sulla forma non sessile di *Geodia cydonium* Jameson in un ambiente superficiale. *Biologia Marina Mediterranea*, 4, 407–409.
- Monniot, F. (1983).** Ascidies littorales de Guadeloupe. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, 4, 5–49. doi: 10.5962/p.285950
- Ortiz, M., Winfield, I., & Cházaro-Olvera, S. (2012).** Lista actualizada y clave ilustrada para los géneros de misidáceos (Crustacea). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 983–1003. doi: 10.7550/rmb.27139



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Ramsby, B, Massaro, A., Marshall, E., Wilcox, T., & Hill, M. (2012).** Epibiont-basibiont interactions: Examination of ecological factors that influence specialization in a two-sponge association between *Geodia vosmaeri* (Sollas, 1886) and *Amphimedon erina* (de Laubenfels, 1936). *Hydrobiologia*, 687, 331–340. doi: 10.1007/s10750-011-0878-y
- Roth, S. K., Powell, A., Smith, D. J., Roth, F., & Schierwater, B. (2018).** The highly competitive ascidian *Didemnum* sp. threatens coral reef communities in the Wakatobi Marine National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 24, 48–54. doi: 10.1016/j.rsma.2018.07.001
- Rützler, K. (1970).** Spatial competition among porifera: solution by epizoism. *Oecologia*, 5, 85–95. doi: 10.1007/BF00347624
- Shannon, C. E. (1948).** The mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379–423. doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x
- Uliczka, E. (1929).** Die tetraxonen Schwämme Westindiens (auf Grund der Ergebnisse der Reise Kükenthal-Hartmeyer). In: Kükenthal, W. & Hartmeyer, R. (Eds), *Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise nach Westindien*. Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Thiere, Supplement 16, 35–62.
- Wahl, M. (1989).** Marine epibiosis .1. Fouling and antifouling - some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, 58, 175–189. doi: 10.3354/meps058175
- Wahl, M. (2009).** Epibiosis: marine hard bottom communities. *Ecological Studies, Coral Reef*, 23, 206–217. doi: 10.1007/b76710_4
- Wilcox, T., Hill, M., & Demeo, K. (2002).** Observations on a new two-sponge symbiosis from the Floriada Keys. *Coral Reefs*, 21, 198–204. doi: 10.1007/s00338-002-0221-1
- World Porifera Database (2019).**
<http://www.marinespecies.org/porifera/index.php>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Wulff, J. L. (1995).** Sponge-feeding by the caribbean starfish *Oreaster reticulatus*. *Marine Biology*, 123, 313–325. doi: 10.1007/BF00353623
- Wulff, J. L. (1997).** Mutualisms among species of coral reef sponges. *Ecology*, 78, 146–159. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[0146:MASOCR]2.0.CO;2
- Wulff, J. L. (2006).** Ecological interactions of marine sponges. *Canadian Journal of Zoology*, 2, 146–166. doi: 10.1139/Z06-019



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original