



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PORIFEROS
EN EL ARRECIFE “LOS PICOS” EN VERACRUZ, MÉXICO.**

PROYECTO DE TESIS

QUE PRESENTA:

BIOL. JANNETH ALEJANDRA MARTÍNEZ VARGAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

MAESTRA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS



Director/Tutor de tesis: Dr. Alejandro Granados Barba

Asesores: Dr. David Salas Monreal

Dr. Leonardo D. Ortiz Lozano

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

"Lo que sabemos es una gota de agua, lo que ignoramos es el océano"

Isaac Newton

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado con la beca de maestría no. 448364, sin la cual nada de esto hubiese sido posible.

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, a sus académicos y administrativos, por haberme recibido como parte de sus alumnos de maestría, por el apoyo, buenos momentos y todas las enseñanzas.

Al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por los apoyos otorgados para la realización del trabajo de campo y para la participación en un congreso nacional (IV Congreso sobre los Recursos Acuáticos del Golfo de México y Mar Caribe - 2017).

Al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río y todo su personal por facilitarme el acceso para trabajar en sus instalaciones y el uso del equipo para realizar el procesamiento de muestras de granulometría.

Al Dr. Alejandro Granados, mi director y asesor, por recibirme en su grupo de trabajo aún sin conocerme. Por su apoyo en el proceso tan cambiante de la tesis que nos recordó una vez más que con la naturaleza nada está escrito. Por todas sus enseñanzas, regaños, consejos e innumerables anécdotas que sin duda hicieron de este tiempo una experiencia muy agradable llena de risas.

A los miembros de mi comité tutorial Dres. David Salas y Leonardo Ortiz, por su apoyo, enseñanzas, comentarios y revisiones sobre el documento de tesis.

A Tania y Karina por su apoyo incondicional en la realización del trabajo de campo y el procesamiento de las muestras en laboratorio. Por todas las horas de risas y pláticas en el cubículo, por su apoyo en todo aspecto que las convirtió en muy buenas amigas.

A Edith, Clarissa, Altagracia, Edgar y Lalo por su amistad y compañerismo a lo largo de estos dos años, un proceso con sus altas y sus bajas, a través del cual crecimos juntos.

A Deida, Elias, Erika, Jesús y Oscar por demostrarme que para que exista una amistad no hay límites ni distancia que valga cuando es real, gracias infinitas por su apoyo y cariño incondicional.

A Alberto por su cariño, apoyo y comprensión, por demostrarme que aún en los momentos más difíciles y oscuros siempre hay un rayo de luz que nos impulsa a salir adelante, que lo único que basta es un empujón y creer en nosotros mismos para vencer todos los miedos.

A Pepe, Javier y Chava por sus palabras de apoyo y motivación, por recordarme que con dedicación y pasión cualquier cosa que me proponga lo puedo lograr, que el cielo es el límite.

A mi familia, en especial a mis padres por alentarme a expandir mis horizontes y apoyarme incondicionalmente a cada paso sin importar la distancia y dificultades por las que hemos pasado. No tengo palabras que basten para agradecerles, a los dos TQMTG.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | II |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| 2.1 Importancia de los arrecifes y las esponjas..... | 3 |
| 2.2 Estudios de estructura de la comunidad de poríferos..... | 5 |
| 2.3 Relación de la sedimentación y sustratos con los poríferos..... | 6 |
| 2.4 Situación de los poríferos en las costas de Veracruz | 7 |
| 3. HIPÓTESIS | 9 |
| 4. OBJETIVOS..... | 9 |
| 4.1. Objetivo general..... | 9 |
| 4.2. Objetivos específicos | 9 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 10 |
| 5.1 Área de estudio | 10 |
| 5.2 Trabajo de campo..... | 10 |
| 5.2.1 Diversidad de esponjas marinas | 10 |
| 5.2.2 Recolección de sedimentos | 12 |
| 5.3 Trabajo de laboratorio..... | 13 |
| 5.3.1 Procesado de los ejemplares..... | 13 |
| 5.3.1.1 Identificación..... | 13 |
| 5.3.2 Análisis granulométrico | 15 |
| 5.4 Trabajo de escritorio | 15 |
| 5.4.1. Listado taxonómico..... | 15 |

| | |
|--|----|
| 5.4.2 Diagnósis taxonómica | 16 |
| 5.4.2.1 Nombre de la especie y sinonimias. | 16 |
| 5.4.2.2 Diagnósis de la especie..... | 16 |
| 5.4.2.3 Material examinado. | 16 |
| 5.4.2.4 Observaciones..... | 16 |
| 5.4.2.5 Figuras. | 16 |
| 5.4.2.6 Adicionales..... | 16 |
| 5.4.3 Descripción de la comunidad | 16 |
| 6. RESULTADOS | 20 |
| 6.1 Listado taxonómico..... | 20 |
| 6.2 Diagnósis taxonómica..... | 26 |
| 6.3 Variables ambientales | 53 |
| 6.4 Relación de los poríferos con los sedimentos | 61 |
| 6.4.1 Análisis granulométrico | 61 |
| 6.4.2 Fijación al sustrato | 62 |
| 6.5 Descripción de la comunidad..... | 63 |
| 6.5.1 Asociación entre especies de poríferos | 63 |
| 6.5.2 Cobertura de poríferos..... | 64 |
| 6.5.3 Frecuencia | 66 |
| 6.5.4 Abundancia..... | 69 |
| 6.5.5 Dominancia | 72 |
| 6.5.6 Índice de Valor de Importancia (IVI)..... | 73 |
| 6.5.7. Diversidad alfa | 74 |
| 7. DISCUSIÓN | 76 |

| | |
|--|-----|
| 7.1 Variables ambientales | 78 |
| 7.2 Relación de los poríferos con el sedimento | 79 |
| 7.2.1 Tipo de sedimento | 79 |
| 7.2.2 Fijación al sustrato | 80 |
| 7.2.3 Efectos de los sedimentos sobre los poríferos..... | 80 |
| 7.3 Descripción de la comunidad..... | 82 |
| 7.3.1 Asociación entre poríferos | 82 |
| 7.3.2 Cobertura de poríferos..... | 83 |
| 7.3.3 Estructura de la comunidad de poríferos en el arrecife Los Picos | 86 |
| 7.4 Consideraciones finales | 87 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 89 |
| 9. RECOMENDACIONES | 90 |
| 10. LITERATURA CITADA..... | 91 |
| ANEXO 1 | 110 |
| ANEXO 2 | 111 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Complejidad del sistema de canales en el cuerpo de los poríferos. Tomado de Brusca y Brusca 2005. | 4 |
| Figura 2. Ubicación del arrecife “Los Picos” porción norte y sur. Modificado de Ortiz-Lozano <i>et al.</i> (2018). | 10 |
| Figura 3. Etiqueta individual | 11 |
| Figura 4. Clasificación de morfotipos de Boury-Esnault y Rützler (1997). 1) Arborescente 2) Endopsámica 3) Turbinada 4) Infundibuliforme 5) Digitada 6) Palmada 7) Caliculada 8) Fisiforme 9) Excavadora o perforadora 10) Flabelada 11) Foliácea 12) Rastrera 13) Globular 14) Ovada 15) | |

| | |
|---|----|
| Incrustante 16) Tubular 17) Columnar 18) Pedunculada 19) Flageliforme 20) Pinnada 21) Estipitada 22) Clavada..... | 12 |
| Figura 5. Separación y fijado de los ejemplares..... | 13 |
| Figura 6. A) Preparaciones fijas de tejido, B) Vista a microscopio de fibras de espongina, y C) Vista al microscopio de espículas megascleras y microscleras..... | 13 |
| Figura 7. Ejemplar de <i>Aiolochoia crassa</i> | 27 |
| Figura 8. A) Ejemplar de <i>Aplysina cauliformis</i> . B) Superficie conulosa y fibras de espongina seca. | 28 |
| Figura 9. A) Ejemplar de <i>Aplysina fistularis</i> . B) Vista de los ósculos apicales. | 28 |
| Figura 10. A) Ejemplar de <i>Aplysina fulva</i> . B) Ósculo y conulos finos. | 29 |
| Figura 11. Ejemplar de <i>Aplysina muryciana</i> , se observan los círculos amarillos alrededor de los ósculos. | 30 |
| Figura 12. A) Ejemplar de <i>Verongula rigida</i> conservado en alcohol. B) Textura rugosa del individuo..... | 31 |
| Figura 13. Ejemplar de <i>Ircinia felix</i> | 32 |
| Figura 14. Ejemplar de <i>Ircinia sp 1</i> | 33 |
| Figura 15. Ejemplar de <i>Ircinia strobilina</i> | 34 |
| Figura 16. A) Ejemplar de <i>Hyattella sp</i> . B) Superficie conulosa..... | 35 |
| Figura 17. A) Ejemplar de <i>Psammocinia sp</i> . B) Superficie conulada..... | 35 |
| Figura 18. A) Ejemplar de <i>Callyspongia (Cladochalina) armigera</i> . B) Superficie conulosa..... | 36 |
| Figura 19. A) Ejemplar de <i>Haliclona (Soestella) luciensis</i> . B) Vista del ósculo..... | 37 |
| Figura 20. A) Ejemplar <i>in vivo</i> de <i>Amphimedon compressa</i> . B) Ejemplar conservado en alcohol al 70%. C) Vista de los ósculos alineados..... | 38 |
| Figura 21. A) Ejemplar de <i>Niphates alba</i> conservado en alcohol. B) Vista de la superficie rugosa y los ósculos..... | 39 |
| Figura 22. Ejemplares de <i>Niphates erecta</i> en distintas fases de crecimiento. | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 23. A) Ejemplar de <i>Niphates recondita</i> . B) Vista de la superficie rugosa y ósculo..... | 40 |
| Figura 24. Ejemplar de <i>Agelas clathrodes</i> (izq.) y vista a los ósculos (der.) | 42 |
| Figura 25. Ejemplar de <i>Desmacella annexa</i> | 43 |
| Figura 26. Ejemplar de <i>Coelosphaera (Coelosphaera) raphidifera</i> | 44 |
| Figura 27. A) Ejemplar de <i>Lissodendoryx (Lissodendoryx) colombiensis</i> . B) Pigmentación del tejido..... | 44 |
| Figura 28. Morfotipos de <i>Desmappsamma anchorata</i> A) Masiva B) Rastrera C) Incrustante sobre <i>Callyspongia armigera</i> | 45 |
| Figura 29. Ejemplar de <i>Desmmapsama sp 1</i> | 46 |
| Figura 30. Ejemplar de <i>Iotrochota aff. arenosa</i> con acercamiento a la superficie..... | 47 |
| Figura 31. Ejemplar de <i>Iotrochota aff. birotulata</i> | 48 |
| Figura 32. Ejemplar de <i>Clathria (Microciona) campecheae</i> | 49 |
| Figura 33. Ejemplar de <i>Clathria (Thalysias) curacaoensis</i> | 50 |
| Figura 34. Ejemplar de <i>Mycale (Mycale) laevis</i> | 51 |
| Figura 35. Ejemplar de <i>Tedania (Tedania) ignis</i> | 52 |
| Figura 36. Ejemplar de <i>Terpios belindae</i> | 52 |
| Figura 37. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 1, lance 1. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno | 56 |
| Figura 38. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 1, lance 2. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno | 57 |
| Figura 39. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 2, lance 1. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno | 58 |

| | |
|---|----|
| Figura 40. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 2, lance 2. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno | 59 |
| Figura 41. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 3. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno | 60 |
| Figura 42. Porcentaje de sedimentos presentes por sitio de muestreo en el arrecife “Los Picos”. | 61 |
| Figura 43. Sustratos a los que se encontraron adheridas las muestras de poríferos. | 63 |
| Figura 44. Porcentaje de asociación de especies por género. | 64 |
| Figura 45. Elementos del medio en el arrecife “Los Picos”. *Se incluyen otros organismos y tipos de sustrato como guijarros; así como, elementos sin identificar. | 64 |
| Figura 46. Elementos específicos del medio en el arrecife “Los Picos”. | 65 |
| Figura 47. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 1. | 66 |
| Figura 48. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 1..... | 67 |
| Figura 49. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 2. | 67 |
| Figura 50. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 2..... | 68 |
| Figura 51. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 3. | 68 |
| Figura 52. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 3..... | 69 |
| Figura 53. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el arrecife “Los Picos”. | 69 |
| Figura 54. Abundancia relativa de las especies de poríferos encontradas en el arrecife “Los Picos”. | 70 |

| | |
|---|----|
| Figura 55. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”..... | 70 |
| Figura 56. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”..... | 71 |
| Figura 57. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”..... | 71 |
| Figura 58. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”..... | 72 |
| Figura 59. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”..... | 72 |
| Figura 60. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”..... | 73 |
| Figura 61. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”..... | 74 |
| Figura 62. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”..... | 75 |
| Figura 63. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”..... | 75 |
| Figura 64. Desarrollo de formas tubulares de distintas esponjas sobre sustrato predominantemente arenoso en el arrecife “Los Picos” (Foto: Alejandro Granados Barba)..... | 77 |
| Figura 65. Ejemplar de <i>Desmapsamma anchorata</i> creciendo sobre <i>Callyspongia armígera</i> | 83 |

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Proceso para la identificación de los ejemplares. | 14 |
| Tabla 1. Escala de frecuencias conforme Licea (1974)..... | 17 |

| | |
|--|----|
| Tabla 2. Número de individuos y porcentaje (%) por morfotipo de las muestras de poríferos obtenidas en el arrecife Los Picos. | 25 |
| Tabla 3. Valores promedio, máximos y mínimos obtenidos por variable ambiental por punto de muestreo..... | 55 |
| Tabla 4. Resultados (ϕ) del análisis granulométrico del arrecife “Los Picos”, según el método de Folk y Ward (1957). | 62 |
| Tabla 5. Porcentajes de cobertura por elemento presente en el medio por transecto. *Se incluyen otros organismos y tipos de sustrato como guijarros; así como, elementos sin identificar. | 65 |
| Tabla 6. Porcentajes de cobertura por elemento específico presente en el medio por transecto. *Elementos sin identificar. | 66 |
| Tabla 7. Porcentajes de cobertura de esponjas reportadas para distintas zonas arrecifales..... | 85 |

RESUMEN

Dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) existen arrecifes de descubrimiento científico reciente como es el caso de “Los Picos” que se ubica frente a la costa de Alvarado y es un arrecife inusual, debido a que en él predominan ambientes de sedimentos relativamente consolidados con una presencia importante de poríferos, cuya composición y estructura es objeto de estudio en este trabajo. El muestreo se llevó a cabo en la porción sur del arrecife mediante la práctica de buceo scuba, se realizaron tres transectos de 15 m sobre los que se efectuó un registro fotográfico cada 5 m sobre cuadrantes de 50x50 cm; además de realizar la colecta de poríferos y sedimentos por transecto. De las muestras de esponjas se tomaron anotaciones de grupo morfológico, tipo de sustrato y la presencia/ausencia de asociaciones epizoicas, así como las características necesarias para su identificación. La estructura de la comunidad se analizó a través de la cobertura, frecuencia, abundancia, dominancia, índice del valor de importancia (IVI) e índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). Los sedimentos fueron procesados de acuerdo al método de Folk y Ward (1957) para posteriormente realizar el análisis granulométrico. Se identificaron un total de 36 especies de esponjas, de las cuales 15 son nuevos registros en el SAV, siendo *Desmapsamma anchorata*, *Niphates erecta*, *Aplysina cauliformis* y *Amphimedon compressa* las especies con mayor abundancia y dominancia. El análisis de cobertura indica que el ambiente está compuesto por cuatro grupos principales: esponjas con 47.03%, algas (19.22%), sustrato arenoso (22.39%) y otros elementos. El arrecife “Los Picos” es un ambiente altamente diverso (H' : 3.3) con condiciones favorables para los poríferos, donde estos tienen como estrategias de supervivencia la formación de “tubulos” y fijación a sustratos rocosos (52.69%), dejando de lado las asociaciones epizoicas (28.17%); a pesar de ser un ambiente principalmente de arenas medias. Los resultados obtenidos muestran que un ambiente sedimentario con sustrato suave puede llegar a ser un sitio altamente diverso en cuanto a invertebrados filtradores se refiere (esponjas), con dominancia de especies altamente adaptadas y generalistas; no obstante, dado la diversidad de ámbitos de los organismos encontrados no se puede establecer una relación entre el tipo de sedimento y la sedimentación con la comunidad de poríferos.

Palabras clave: estructura de la comunidad, poríferos, Sistema Arrecifal Veracruzano, morfotipos, sedimentación

ABSTRACT

Within the Veracruz Reef System (SAV) there are reefs of recent scientific discovery as is the case of "Los Picos" which is located off the coast of Alvarado and is an unusual reef, because it is dominated by relatively consolidated sediment environments with a significant presence of porifera, whose composition and structure is the object of study in this work. Sampling was carried out in the southern portion of the reef through the practice of scuba diving, three transects of 15 m were made, on which a photographic record was made every 5 m on quadrants of 50x50 cm; in addition to the collect of porifera and sediments by transect. From the samples of sponges, we took notes of morphological group, type of substrate and the presence / absence of epizoic associations, as well as the characteristics necessary for their identification. The structure of the community was analyzed through coverage, frequency, abundance, dominance, importance value index (IVI) and Shannon-Wiener diversity index (H'). The sediments were processed according to the method of Folk and Ward (1957) to subsequently perform the granulometric analysis. A total of 36 species of sponges were identified, of which 15 are new records in the SAV, being *Desmapsamma anchorata*, *Niphates erecta*, *Aplysina cauliformis* and *Amphimedon compressa* the species with greater abundance and dominance. The coverage analysis indicates that the environment is composed of four main groups: sponges with 47.03%, algae (19.22%), sandy substrate (22.39%) and other elements. "Los Picos" reef is a highly diverse environment (H' : 3.3) with favorable conditions for porifera, where these have as survival strategies the formation of "tubules" and fixation to rocky substrates (52.69%), leaving aside the epizoic associations (28.17%); despite being an environment mainly of medium sand. The results obtained show that a sedimentary environment with a soft substrate can become a highly diverse site in terms of filter feeder invertebrates (sponges), with dominance of highly adapted and generalist species; nevertheless, given the diversity of ambits of the organisms found, it is not possible to establish a relationship between the type of sediment and the sedimentation with the community of porifera

Key words: community structure, porifera, Veracruz Reef System, morphotypes, sedimentation

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) está conformado por distintos hábitats críticos, por lo que representa una de las áreas marinas con mayor diversidad en el golfo de México (Granados-Barba *et al.* 2007, 2015); además de ser un área de alta importancia para las pesquerías y el turismo (Arceo-Briseño *et al.* 2010, Arceo-Briseño y Granados-Barba 2010). Esta relevancia propició que el SAV se estableciera como una área natural protegida en modalidad de parque nacional (PNSAV); sin embargo, actualmente existen algunos de estos hábitats arrecifales que no fueron considerados de gran importancia ecológica (CONANP 2011) o que son de descubrimiento reciente (Ortiz-Lozano *et al.* 2013, 2018), y no aparecen en la poligonal de protección del PNSAV, a pesar de que numerosas especies dependen de estos sistemas para su existencia (Ortiz-Lozano *et al.* 2013, Colmenares-Campos 2016), como es el caso del arrecife Los Picos localizado al sur del PSAV, en el que las esponjas predominan en el paisaje arrecifal.

En efecto, uno de los componentes de la fauna asociada a los arrecifes son las esponjas o poríferos, organismos ecológicamente importantes que constituyen el segundo componente con mayor biomasa después de los corales (Wilkinson 1983, Wulff 2001, Carballo *et al.* 2008), mismos que proporcionan un hábitat y alimento para otros organismos (Rützler 1975, Ruppert y Barnes 1996, Brusca y Brusca 2005).

Tanto los arrecifes como las esponjas se ven afectados por las condiciones de sedimentación y tipo de sustrato (Bell *et al.* 2006, Wulff 2012), llegando a provocar cambios en la estructura de la comunidad de los poríferos (Bakus 1968, Sará y Vacelet 1973, Bergquist 1978, Alcolado 1979, 1999, Bell y Smith 2004, Nava-Bravo 2008, Villamizar *et al.* 2013); lo que a su vez influye en otros organismos y en las características del ecosistema (Wilkinson 1987, Aerst y van Soest 1997, Bell y Barnes 2003, Bell *et al.* 2013). Por ello, los poríferos han sido usados como bioindicadores de la salud del sistema donde habitan (Alcolado 1999, Díaz y Rützler 2001, Carballo y Naranjo 2002, Díaz *et al.* 2004, Bell *et al.* 2006, Díaz y Rützler 2009, Orani *et al.* 2018).

Dentro del SAV, y en las costas de la Zona Metropolitana de Veracruz (ZMV), las condiciones de sedimentación y perturbación son obvias debido a la presencia de las descargas de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan (Salas-Pérez y Granados-Barba 2008) que aportan sedimentos terrígenos (Krutak 1997), así como de las actividades portuarias (Ortiz-Lozano 2012, Valadez-Rocha y Ortiz-

Lozano 2013); lo que puede tener consecuencias sobre la biota adyacente (Gutiérrez-Ruiz *et al.* 2011, Zamudio-Alemán *et al.* 2014, Domínguez-Castanedo *et al.* 2015).

Estas razones, aunadas al escaso número de estudios de estos componentes del medio arrecifal en el SAV, revelan la importancia de estudiarlos para conocer de manera directa, las condiciones en las que se desarrollan este tipo de arrecifes recién descubiertos y, en particular, “Los Picos”, un arrecife formado al parecer sobre una antigua duna con predominio de arenas compactas y esponjas que está sujeto a situaciones de estrés por sedimentación y el tipo de sustrato.

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de los arrecifes y las esponjas

Comúnmente, cuando se habla de zonas arrecifales, la atención se centra en los corales dejando, generalmente, de lado a las lagunas arrecifales y aquellos arrecifes no coralinos; sin embargo, en éstos también puede existir una biota asociada variada que depende de dichos arrecifes para su existencia (Sebens 1985, Bell *et al.* 2013, Pondella *et al.* 2016, Costa *et al.* 2018).

En este sentido, estudios recientes en la costa de Veracruz han descrito distintas estructuras arrecifales, de origen no coralino, constituidas por dunas sumergidas semiconsolidadas donde las esponjas son los elementos más evidentes (Ortiz-Lozano *et al.* 2018). Esto es importante y merece atención debido a que este tipo de estructuras sólo han sido reportadas en las costas sudafricanas, centrando los estudios en aspectos geológicos y de hidrodinámica, sin hacer mención de la biota existente en ellos (Flemming 1978, Felix-Henningsen *et al.* 2003, Cawthra *et al.* 2012), en especial a los poríferos, un componente importante en cuanto a biomasa dentro de los arrecifes coralinos del Caribe (Díaz y Rützler 2001). Sin embargo, no se tienen registros de ambientes arrecifales no coralinos con predominio de esponjas y es por ello que se hace relevante estudiar su composición y estructura.

Las esponjas o poríferos son organismos sésiles, cosmopolitas, principalmente marinos (Carballo y Gómez 2002). Tienen un cuerpo constituido de poros finos y canales que forman un sistema filtrador del alimento (Fig. 1). Su cuerpo está conformado por células sostenidas por estructuras de carbonato de calcio o sílice, llamadas espículas y por fibras de colágeno. Carecen de órganos y tejidos verdaderos, e incluso sus células muestran cierto grado de independencia (células totipotentes) (Barnes y Ruppert 1997, Hickman *et al.* 2000).

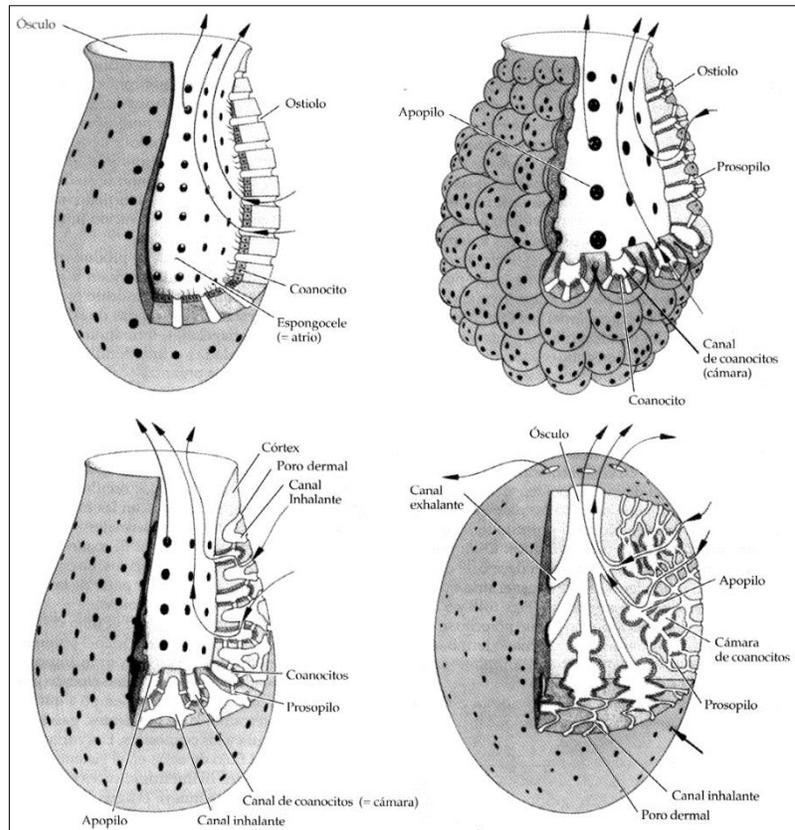


Figura 1. Complejidad del sistema de canales en el cuerpo de los poríferos. Tomado de Brusca y Brusca 2005.

Por su parte, en los sistemas arrecifales los poríferos constituyen el segundo componente de mayor biomasa después de los corales (Wilkinson 1983, Wulff 2001), sin embargo, pueden llegar a conformar hasta el 60% de la cobertura del ambiente (Carballo *et al.* 2008) y tener la mayor biomasa y riqueza de especies entre los organismos sésiles bentónicos (Díaz y Rützler 2001, Pawlik 2011, Farnham y Bell 2018). Además de realizar actividades clave como filtrar la columna de agua hasta $1 \text{ L h}^{-1} \text{ cm}^{-3}$ (Barnes, 1983, Carballo *et al.* 2008); servir de hábitat para distintas especies desde peces hasta invertebrados (Ruppert y Barnes 1996) y de alimento para peces, moluscos y equinodermos (Rützler 1975), reciclan nutrientes presentes en la columna de agua (N_2 y C); y son estabilizadores del arrecife (bioerosión) (Wulff 2001, 2006, Carballo *et al.* 2008). Por ello, son considerados buenos indicadores de la actividad hidrodinámica y ambiental del arrecife (Alcolado 1999, Díaz y Rützler 2001, Carballo y Naranjo 2002, Carballo *et al.* 2008, Díaz y Rützler 2009, Orani *et al.* 2018).

2.2 Estudios de estructura de la comunidad de poríferos

La variedad e importancia de las funciones que los poríferos realizan en el medio pueden verse afectadas por la estructura de la comunidad de éstas, ya que no todas las esponjas tienen la misma función en el ambiente (Gómez 2002, Carballo *et al.* 2008, Maldonado *et al.* 2016). Además de ser componentes importantes de la comunidad, las variaciones en su abundancia, distribución y diversidad influyen en otros organismos y en las características del ecosistema dado la capacidad competitiva de éstas (Wilkinson 1987, Aerst y van Soest 1997, Bell y Barnes 2003, Bell *et al.* 2013, Maldonado *et al.* 2016).

En este sentido, Wulff (2008) describe que la abundancia de esponjas en pastos marinos se ve afectada por depredación de las estrellas de mar como lo hace *Oreaster reticulatus* sobre la esponja *Lissodendoryx colombiensis*; no obstante, al encontrarse en agrupación con otras especies de poríferos, se encontró que la tasa de depredación era menor. También, Villamizar *et al.* (2013) señalan que la disminución de corales en cayo Carrie Bow, Belice, ha favorecido la expansión de esponjas especialmente *Niphates erecta*, *Aiolochoia crassa*, *Niphates digitalis*, *Callyspongia plicifera*, *Aplysina archeri* y *Xestospongia muta*, las cuales en conjunto representan el 42.6% de la cobertura de poríferos.

Por otro lado, la abundancia y diversidad de las esponjas también están reguladas por las condiciones ambientales persistentes. Ejemplo de esto, son los trabajos de Alcolado (1979 y 1999) en los archipiélagos cubanos, donde encontraron que las comunidades de poríferos están influenciadas por la agitación del agua, altas tasas de sedimentación y la profundidad, favoreciendo el desarrollo de especies altamente adaptadas (*Aplysina cauliformis* y *Scopalina ruetzleri*) o bien, que se desenvuelven en zonas que les proporcionan protección (*Cliona aprica*, esponja perforadora). Además, Alcolado y Herrera (1987), encontraron que las especies perforadoras tienden a tener un desarrollo favorable en zonas cercanas a fuentes de contaminación.

A su vez, Bell y Smith (2004) estudiaron la influencia de la sedimentación, profundidad y ángulo del sustrato sobre la comunidad de esponjas en dos arrecifes de Sulawesi, Indonesia, encontrando una riqueza entre ambos arrecifes de 100 especies y que la abundancia de estas incrementaba a mayores profundidades; mientras que no se encontró relación con el ángulo del sustrato. Además, de encontrar en que en la cresta arrecifal los morfotipos incrustantes o de bajo perfil son más abundantes,

relacionando esto con el disturbio que se da en esa zona del arrecife a causa de las olas, el viento e incluso la incidencia de luz (Bell y Barnes 2000).

Por su parte, Nava-Bravo (2008) analizó la estructura de la comunidad de esponjas perforadoras en arrecifes de Nayarit, encontrando 13 especies, siendo *Cliona vermifera* la más abundante (26.6%), además, encontró una relación entre la diversidad y abundancia de los poríferos con factores ambientales como la sedimentación y los cambios en la temperatura.

Para las costas de Veracruz, se tiene el registro del trabajo de García-González (1994) en el arrecife Chopas, donde *Amphimedon viridis* fue la especie con mayor densidad (29%) y el 67% de la densidad total estaba dada por cuatro especies (*Aplysia fistularis*, *A. compressa*, *A. viridis* y *Tedania ignis*). Además, de encontrar que la mayor abundancia se registra en áreas tranquilas del arrecife (poca influencia del oleaje) y con disponibilidad de materia orgánica.

2.3 Relación de la sedimentación y sustratos con los poríferos.

Los poríferos son organismos con una gran plasticidad morfológica, la cual está influenciada por las condiciones ambientales en las que se desarrollan (Reiswig 1971, Wilkinson y Vacelet 1979, Wilkinson 1987, Alcolado 1990, García-González 1994, Wulff 1995, Bell y Barnes 2000, Carballo 2006), favoreciendo el desarrollo de algunas especies sobre otras e incluso que una misma especie pueda tener diferentes formas de crecimiento (Bergquist 1978, Bell *et al.* 2006, Bell 2007, Villamizar *et al.* 2013).

Una de las características ambientales que determinan el desarrollo de las esponjas, es la sedimentación (Bell y Barnes 2000, Rützler *et al.* 2000), debido a que, si el tamaño de las partículas es mayor al del ostio de las esponjas, podría llegar a tapanlo (Bakus 1968, Wilkinson y Vacelet 1979, Kiruba-Sankar *et al.* 2016) y propiciar su muerte si las condiciones de sedimentación persisten con el tiempo (Carballo y Gómez 2002); desencadenando una disminución en la diversidad (Carballo 2006, Bell *et al.* 2015) y cobertura de poríferos en el sistema (Cárdenas *et al.* 2016, Costa *et al.* 2018). La sedimentación no sólo influye en la mortalidad de las esponjas y en la composición de especies que ahí habitan (Bakus 1968, Bergquist 1978, Lee y Dunton 1996, Carballo 2006), sino que también pueden determinar su morfotipo, como lo observaron Bell y Barnes (2000) y Bell *et al.* (2006) en

distintas zonas arrecifales de Irlanda, donde los morfotipos ramificados tienden a ser más abundantes en áreas con gran sedimentación.

No sólo la sedimentación limita la diversidad de especies de un sistema, también el tipo de sustrato (Villamizar *et al.* 2013, Costa *et al.* 2018). Esto debido a que no todas las esponjas son capaces de fijarse a sustratos suaves (arenas o limos), tal es el caso de las esponjas de la clase Calcarea (Bergquist 1978, Gómez 2002); sin embargo, Battershill y Bergquist (1990) e Ilan y Abelson (1995) sugieren que las esponjas que se desarrollan en ambientes dominados por sedimento, realmente se fijan a piezas de sustrato duro, aunque dan la apariencia de crecer sobre el sedimento, siendo capaces de sobrevivir formando tubos osculares largos y desarrollar tolerancia a ser cubiertos por sedimento (Battershill y Bergquist 1990, Cerrano *et al.* 2007, Schönberg 2015).

Por otro lado, diversos autores señalan que los poríferos de estos ambientes tienden a formar asociaciones con otras esponjas para prevenir la rodadura en los fondos y disminuir la depredación (Wilcox *et al.* 2002 Wulff 2008); ya que al usar esta estrategia y mantener asociaciones estables, las esponjas participantes adquieren un sustrato al cual fijarse (Wulff 2006), incrementan sus tasas de crecimiento (Rützler 1970, Sará 1970, Sim 1997, Wilcox *et al.* 2002, Wulff 2006) y mantienen una estabilidad en su abundancia (Wulff 1997). Por tanto, el grado de asociación entre esponjas sugiere consecuencias directas en la estructura de la comunidad (Wulff 2008).

2.4 Situación de los poríferos en las costas de Veracruz

Los estudios de poríferos no son muy variados en las costas de zona conurbada Veracruz-Boca del Río, debido a que estos organismos presentan dificultades para su estudio en campo, ya que su color varía por la incidencia de luz sobre el organismo y no es el mismo fuera que dentro del agua (Wulff 2001). Además del color, para la identificación de una especie deben observarse características como el morfotipo (Bell *et al.* 2006) y las espículas o fibras de las que el organismo está conformado (esqueleto) (Gómez 2002, Brusca y Brusca 2005, Carballo *et al.* 2008). Actualmente, existen muchas especies sin identificar, lo que genera barreras para su estudio, por lo que existen pocos trabajos publicados formalmente (alrededor de 12 en el SAV), aun cuando, de acuerdo con Gómez (2007), el primer trabajo reportado data de los años 40 del siglo XX.

Por estas razones, los trabajos de poríferos han centrado su atención en aspectos taxonómicos, además de estar restringidos en la mayoría de las ocasiones a áreas específicas principalmente arrecifes coralinos (uno o dos arrecifes por estudio) (Green 1977, Green *et al.* 1986, López-Herrera 1992), teniendo sólo un trabajo enfocado al análisis de la estructura de la comunidad (García-González 1994); provocando con esto un sesgo en la información.

Es por ello, que realizar trabajos de esponjas es de suma importancia, más aun cuando se consideran sus funciones en el medio y las características particulares de la zona. Primeramente, el disturbio al que está sometido el área por la presencia del puerto de Veracruz, el tráfico marítimo derivado de esto, así como las diversas actividades; la influencia de la mancha urbana (actividades turísticas, de pesca y descargas de aguas negras) en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (Ortiz-Lozano *et al.* 2007). Además, el exceso de sedimentación proveniente de las actividades portuarias y la descarga de aguas y materia orgánica de los ríos, especialmente del Río Jamapa (Salas-Pérez *et al.* 2007).

Con el fin de acortar esta brecha de conocimiento, en el presente estudio se busca por primera vez conocer la composición de las esponjas del arrecife “Los Picos”, describiendo el comportamiento de algunos parámetros estructurales de la comunidad de poríferos que habita este arrecife de origen no coralino conformado mayormente por sustratos suaves arenosos.

3. HIPÓTESIS

Puesto que el arrecife Los Picos es un ambiente visualmente dominado por sedimento y poríferos, se espera que las esponjas con mayor abundancia sean aquellas que se desarrollan en sustratos arenosos y son tolerantes al exceso de sedimentos; mediante estrategias como el desarrollo de morfotipos tubulares y un alto porcentaje de asociación epizoica entre los poríferos presentes.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Describir la composición y estructura de los poríferos presentes en el arrecife Los Picos y su relación con el sedimento.

4.2. Objetivos específicos

1. Elaborar una sinopsis taxonómica del componente Porífera presente en el arrecife Los Picos.
2. Describir la comunidad de poríferos en términos de su cobertura, porcentaje de asociación epizoica, abundancia, frecuencia, dominancia, índice de valor de importancia (IVI), índice de diversidad (H') e índice de equitatividad (J').
3. Realizar un estudio granulométrico de los sedimentos encontrados en el arrecife.
4. Establecer la relación entre la comunidad de poríferos y los sedimentos.

5. METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio

El arrecife “Los Picos” es un arrecife sumergido de origen no coralino compuesto por la porción norte y sur dentro de las coordenadas 18.953379 N y -95.0922279 W y 18.946149 N y -95.919452 W, respectivamente (Fig. 2); ubicado frente a las costas de Las Barrancas, Alvarado, Veracruz (Mexico), al sur de la poligonal del PNSAV; presentando profundidades de 10 a 16 m. Estos arrecifes representan un ambiente poco convencional que está conformado por dunas semiconsolidadas, colonizadas principalmente por esponjas e hidrozoarios con escasos parches coralinos (Ortiz-Lozano *et al.* 2018).

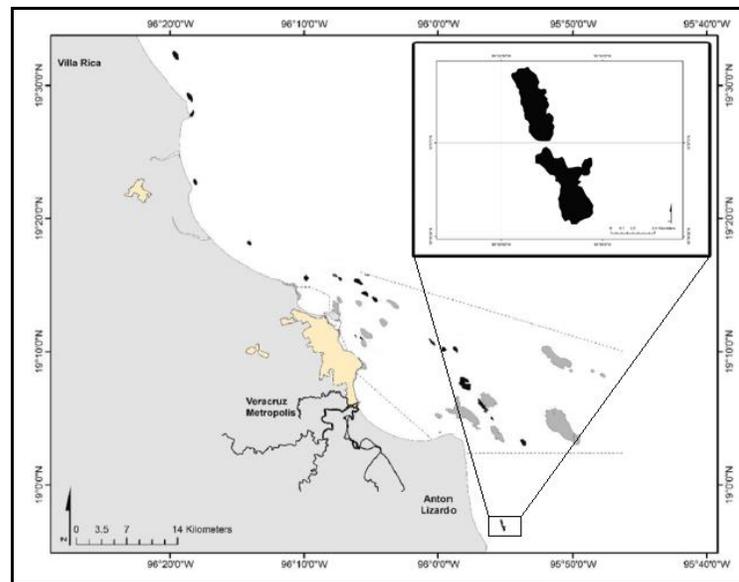


Figura 2. Ubicación del arrecife “Los Picos” porción norte y sur. Modificado de Ortiz-Lozano *et al.* (2018).

5.2 Trabajo de campo

5.2.1 Diversidad de esponjas marinas

Para la realización de la colecta de las esponjas presentes en el arrecife Los Picos, se realizaron 3 transectos de 15 m en la porción sur del arrecife y fueron orientados de SE a NO; éstos, se hicieron mediante buceo *scuba*. Adicionalmente, para hacer la descripción general del ambiente, en cada

transecto se tomaron fotografías cada 5 m, con dos réplicas, ayudados con una cámara Nikon Coolpix AW130 de 16.4MP y sobre cuadrantes de 50x50 cm, divididos en cuatro subcuadros, cuidando que las fotografías fueran siempre tomadas con la misma cámara y a la misma distancia del cuadrante. Adicionalmente, con una sonda multiparamétrica Term-19 marca SeaBird, se tomaron parámetros hidrográficos como la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto (O₂), nitrógeno (N₂) y clorofila-*a* (Cl-*a*) de la columna de agua para tener datos ambientales de la zona de estudio al momento de la recolección (Anexo 1). Las variaciones anuales de dichos parámetros se analizaron mediante la bibliografía existente (Riveron-Enzastiga *et al.* 2016, Avendaño-Álvarez *et al.* 2017).

Adicionalmente, los organismos fueron etiquetados individualmente anotando características propias del ejemplar y del hábitat (Fig. 3).

| | |
|------------------------|--------------|
| Fecha: | Profundidad: |
| Localidad: | |
| Sustrato: | |
| Color <i>in situ</i> : | |
| Color fuera del agua: | |
| Forma: | |
| Tamaño: | |
| Consistencia: | |

Figura 3. Etiqueta individual

Para determinar la forma de los individuos se tomó como base la clasificación de Boury-Esnault y Rützler (1997), donde se consideran tanto las formas básicas de los poríferos como las subdivisiones de estas (Fig. 4). Además, se consideró el morfotipo aglutinante, en el cual la esponja sirve de soporte cementante de una mezcla de materiales foráneos como arena, conchas y rocas (no se cuenta con esquema).

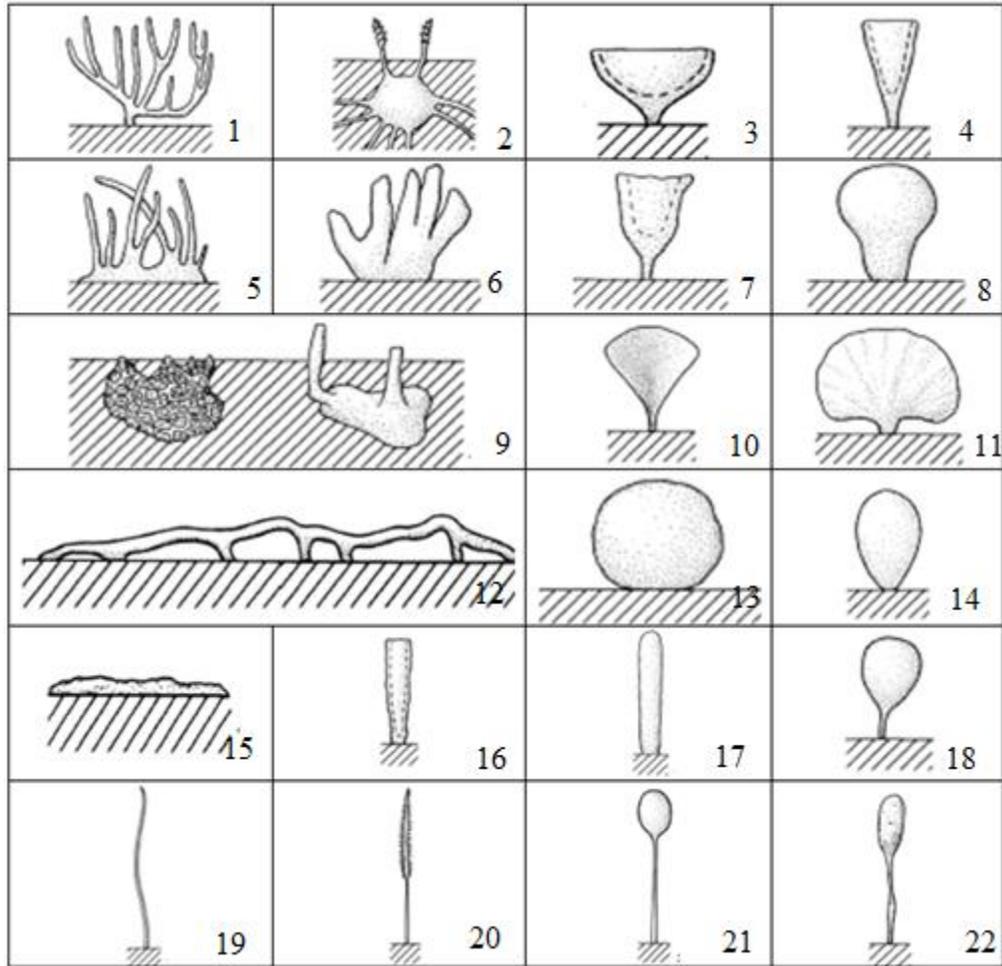


Figura 4. Clasificación de morfotipos de Boury-Esnault y Rützler (1997). 1) Arborescente 2) Endopsamica 3) Turbinada 4) Infundibuliforme 5) Digitada 6) Palmada 7) Caliculada 8) Fisiforme 9) Excavadora o perforadora 10) Flabelada 11) Foliácea 12) Rastrera 13) Globular 14) Ovada 15) Incrustante 16) Tubular 17) Columnar 18) Pedunculada 19) Flageliforme 20) Pinnada 21) Estipitada 22) Clavada.

5.2.2 Recolección de sedimentos

Para la determinación de los sedimentos presentes, se tomaron muestras de 250 g (aproximadamente) en 3 sitios distintos del arrecife que pudiesen representar el total del área.

5.3 Trabajo de laboratorio

5.3.1 Procesado de los ejemplares

Previo a la determinación, los ejemplares fueron separados, incluyendo aquellos que se encontraban en asociación epizoica, se tomaron fotografías y se fijaron en alcohol al 70% (Fig. 5). Además de anotar en las fichas de identificación características del ejemplar, tales como: superficie y textura, olor, consistencia, exudados (presencia y características) y ósculos (tamaño, distribución, tipo) (Ver anexo 2).



Figura 5. Separación y fijado de los ejemplares.

5.3.1.1 Identificación

Para la identificación de los ejemplares se realizaron preparaciones temporales y fijas de los tejidos (Fig. 6A), cuidando tener cortes completos tangenciales y longitudinales que permitieran llevar a cabo la medición de las estructuras básicas (esqueleto, espículas, fibras) (Fig. 6B y 6C). De acuerdo, a la composición del esqueleto de la esponja (fibras o espículas) se llevaron a cabo diversas metodologías que permitieran una clara observación de las estructuras (Cuadro 1).

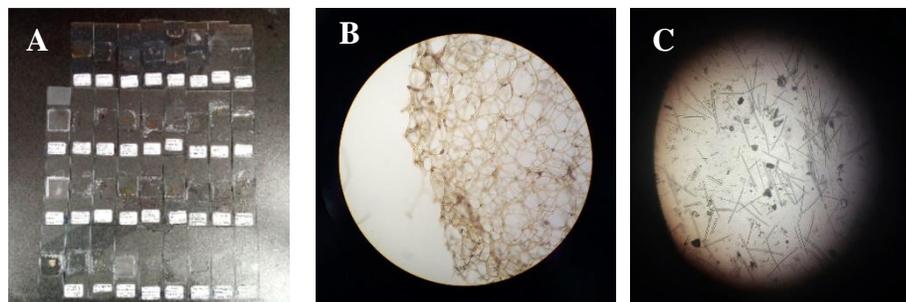
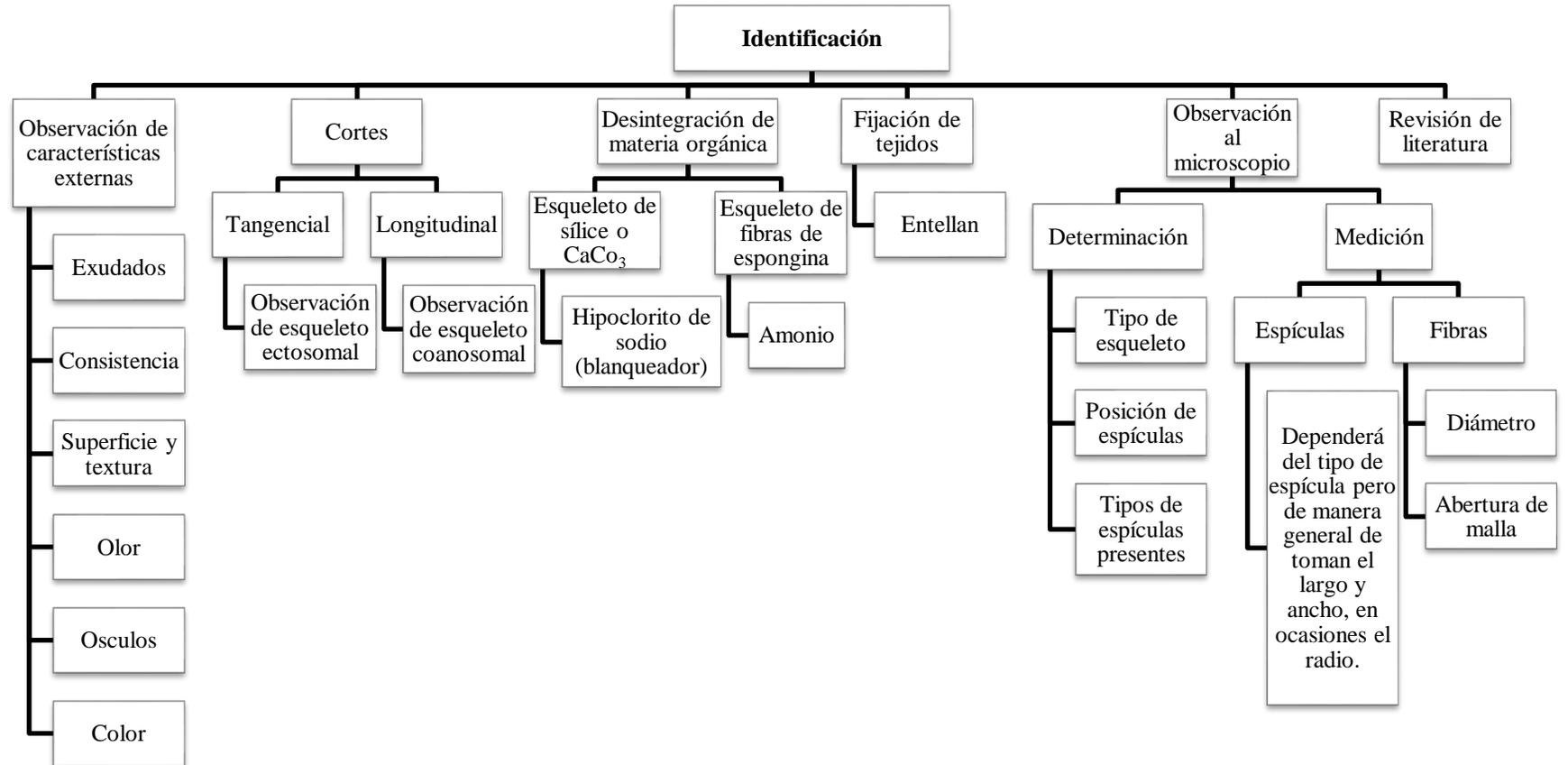


Figura 6. A) Preparaciones fijas de tejido, B) Vista a microscopio de fibras de esponjina, y C) Vista al microscopio de espículas megascleras y microscleras.

Cuadro 1. Proceso para la identificación de los ejemplares.



5.3.2 Análisis granulométrico

Posterior al trabajo en campo, las muestras se dejaron en refrigeración a fin de evitar la degradación de la materia orgánica, mientras estas eran procesadas; enseguida, se pesó el total de las muestras húmedas antes de ser llevadas al horno por 24 h aproximadamente, con una temperatura media de 60 °C (Nava-Bravo 2004) y para posteriormente registrar su peso en seco. La medición de la fracción fina del sedimento se llevó a cabo con la metodología propuesta por Folk y Ward (1957) y modificada por Carver (1971), donde señala las cantidades (pipeteo) y los tiempos a seguir en cada muestra, de acuerdo a la temperatura y la fracción que se desea obtener.

Para la obtención de la fracción gruesa se secó el sedimento restante en horno a 60 °C y fue colocada en el rot-tap en una columna de tamices (2380, 1680, 595, 250 y 31 micrones). El proceso de tamizado se realizó a una frecuencia media de 50-60 Hz, por un lapso de 30 minutos y finalmente, se llevó a cabo el pesado de los sedimentos por tamiz. Una vez que las muestras fueron pesadas se procedió a desarrollar los análisis granulométricos, entendiendo esto como la medición y gradación llevada a cabo en los granos sedimentarios para su análisis y cálculo de la abundancia por tamaños en una escala dada (Folk y Ward 1957). Para el análisis de la categoría de tamaño de los granos se utilizó el programa Gradistat v 8.0, el cual, al ingresar los pesos secos de las muestras, arroja gráficos sencillos con parámetros estadísticos como media, desviación típica y percentiles.

5.4 Trabajo de escritorio

5.4.1. Listado taxonómico

El listado taxonómico se elaboró en base a la literatura especializada, *World Porifera database* y *World Register of Marine Species (WoRMS)*, estos últimos como complementos de Hooper y Van Soest (2002) y Morrow y Cárdenas (2015). Se siguió el orden propuesto por Morrow y Cárdenas (2015) hasta el nivel de familia, a partir de donde se llevó un orden alfabético. Los organismos que no pudieron ser determinados hasta nivel específico se anotaron con el género seguido de “*spp*”. Además, aquellas que se consideran potencialmente nuevas para la ciencia aparecen numeradas consecutivamente.

5.4.2 Diagnósis taxonómica

5.4.2.1 Nombre de la especie y sinonimias. - Se incluye en cada caso el determinador y año. Las sinonimias fueron rescatadas de la base World Porifera Database.

5.4.2.2 Diagnósis de la especie. - Se incluyen las características distintivas de cada especie observadas en el presente estudio, las posibles variaciones se analizan a detalle en la sección de comentarios taxonómicos. En esta sección también se anota, en los casos que así lo requiera, si la especie es un nuevo registro o potencialmente nueva especie para la ciencia.

5.4.2.3 Material examinado. - Dentro de esta sección se describe de manera concisa el hábitat donde fueron encontrados y colectados los individuos, incluyendo el tipo de sustrato en el cual estaban fijados, sitio y fecha. Además, se incluye el número de identificación del o los organismos que fueron identificados en cada caso específico.

5.4.2.4 Observaciones. - En este apartado se describen las diferencias o coincidencias de nuestros ejemplares con los analizados en otros trabajos y que llevaron a la identificación de los organismos.

5.4.2.5 Figuras. - Las figuras que se anexan son fotografías de los individuos que incluyen características que fueron usadas para llevar a cabo la determinación de los individuos.

5.4.2.6 Adicionales. - Los organismos identificados se encuentran depositados en la Colección Nacional del Phylum Porífera “Gerardo Green”, en el Laboratorio de Taxonomía y Sistemática de Esponjas Marinas en el Instituto Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en la Ciudad de México.

5.4.3 Descripción de la comunidad

Para evaluar la comunidad de poríferos se estimó el porcentaje de asociación interespecífica (epizoismo), cobertura, frecuencia, abundancia, dominancia e índice de valor de importancia; así como la diversidad alfa (índice de Shannon-Wiener) e índice de equidad de Pielou.

La cobertura de poríferos se obtuvo mediante el método visual, realizándose la descripción general, sólo dividiendo el área en los elementos principales observables en ella; así como una descripción

específica dónde, en la sección correspondiente a los poríferos, se analizaron de manera separada aquellas especies dominantes y que por sus características morfológicas permiten la identificación mediante fotografía.

En cuanto a la frecuencia de aparición de una especie, se entiende como el número de localidades en donde ésta aparece con respecto al total de localidades. El valor se obtiene mediante la fórmula (Gamero 2012):

$$F = \frac{NVA}{NTC} * 100$$

Dónde: F: porcentaje de frecuencia; NVA: número de aparición de una especie en una localidad dada; NTC: número total de colectas

Los valores obtenidos a partir de este índice se asocian a la escala de frecuencias propuestas por Licea (1974), (Tabla 1):

Tabla 1. Escala de frecuencias conforme Licea (1974)

| Escala | Frecuencia de aparición (%) |
|---------------------|------------------------------------|
| Predominante | 80-100 |
| Abundante | 50-79 |
| Frecuente | 20-49 |
| Presente | 10-19 |
| Escasa | 5-9 |
| Rara | 1-4 |
| Excepcional | < 1 |

Por su parte, la frecuencia relativa describe las porciones relativas de las diferentes especies que componen a la comunidad con relación al total de localidades (*FR*), el cual se determina con la fórmula (Gamero 2012):

$$FR = \frac{\text{frecuencia de la especie } X}{\text{sumatoria de los valores de frecuencia de todas las especies}} * 100$$

La abundancia total se obtiene a partir de la cuantificación de las muestras. También se calculó la abundancia relativa de cada una de las especies, es decir, el porcentaje que presentan los individuos de una especie con respecto al total de individuos del área de estudio (*AR*), para lo cual se utiliza la siguiente fórmula para su determinación (Gamero 2012):

$$AR = \frac{\text{número de individuos de la especie } X}{\text{total de individuos de todas las especies}} * 100$$

La dominancia de las especies se evaluará mediante su abundancia numérica. Para ello, se utiliza el índice de dominancia de la comunidad, representado por la fórmula (Gamero 2012):

$$ID = \frac{Y_1 + Y_2}{Y}$$

Dónde: ID: índice de dominancia de la comunidad; Y_1 : abundancia de la especie más común; Y_2 : abundancia de la especie que ocupa el segundo lugar en abundancia; Y : suma de abundancia de todas las especies.

La dominancia relativa es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies (*DR*) y se calcula mediante la fórmula:

$$DR = \frac{\text{dominancia absoluta de la especie } X}{\text{dominancia absoluta de todas las especies}} * 100$$

El índice de valor de importancia se obtuvo a partir de la integración de los valores relativos de la abundancia, frecuencia y dominancia para cada una de las especies (Gamero 2012):

$$IVI = AR + FR + DR$$

Dónde: IVI: índice de valor de importancia; AR: abundancia relativa; FR: frecuencia relativa; DR: dominancia relativa.

A partir de los datos obtenidos, se determinó el índice de Shannon-Wiener, para la diversidad alfa, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre para predecir a que especie pertenece un

individuo escogido aleatoriamente de una colección. La fórmula empleada para su análisis es (Moreno 2001):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde: H': índice de Shannon-Wiener; pi: abundancia relativa correspondiente a la especie i;

También se determinó el índice de equidad de Pielou (J'), el cual mide la proporción de la diversidad obtenida en el sitio contra la máxima diversidad esperada (Moreno 2001), es decir, indica que tan uniformemente se encuentran repartidos los individuos entre las especies (Nava-Bravo 2004). La fórmula empleada para su cálculo es (Moreno, 2001):

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

Donde: H': valor de diversidad obtenido, H'_{max}: logaritmo natural del número de especies [ln (s)]

6. RESULTADOS

6.1 Listado taxonómico

El listado taxonómico de las especies colectadas en el arrecife Los Picos en agosto de 2017, se realizó basados en la información de *World Porifera Database* (2017) y *World Register of Marine Species* (2017, WoRMS), siguiendo el orden propuesto por Morrow y Cárdenas (2015). Se identificaron un total de 36 especies distribuidas en 21 géneros, 16 familias, ocho órdenes y tres subclases; de éstas 13 especies y 2 géneros son nuevos registros para el SAV.

PHYLUM Porifera

CLASE Demospongiae

SUBCLASE Verongimorpha

ORDEN Verongiida

FAMILIA Aplysinidae

GÉNERO *Aiolochoia* Wiedenmayer, 1977

ESPECIE *Aiolochoia crassa* (Hyatt, 1875)

GÉNERO *Aplysina* Nardo, 1834

ESPECIES *Aplysina cauliformis* (Carter, 1882)

Aplysina fistularis (Pallas, 1766)

Aplysina fulva (Pallas, 1766)

Aplysina muricyana Pinheiro, Hajdu y Custodio, 2007

Aplysina spp.

GÉNERO *Verongula* Verrill, 1907

ESPECIE *Verongula rigida* (Esper, 1794)

SUBCLASE Keratosa

ORDEN Dictyoceratida

FAMILIA Irciniidae

GÉNERO *Ircinia* Nardo, 1833

ESPECIES *Ircinia felix* (Duchassaing y Michelotti, 1864)

Ircinia spp.

Ircinia sp. 1

Ircinia strobilina (Lamarck, 1816)

FAMILIA Spongiidae

GÉNERO *Hyattella* Lendenfeld, 1888

ESPECIE *Hyattella* spp.

GÉNERO *Psammocinia* Lendenfeld, 1889

ESPECIE *Psammocinia* spp.

SUBCLASE Heteroscleromorpha

ORDEN Haplosclerida

FAMILIA Callyspongiidae

GÉNERO *Callyspongia* Duchassaing y Michelotti, 1864

SUBGÉNERO *Callyspongia* (*Cladochalina*) Schmidt, 1870

ESPECIE *Callyspongia (Cladochalina) armígera* (Duchassaing y Michelotti, 1864)

FAMILIA Chalinidae

GÉNERO *Haliclona* Grant, 1841

SUBGÉNERO *Haliclona (Soestella)* De Weerd, 2000

ESPECIES *Haliclona (Soestella) spp.*

Haliclona (Soestella) luciensis de Weerd, 2000

FAMILIA Niphatidae

GÉNERO *Amphimedon* Duchassaing y Michelotti, 1864

ESPECIE *Amphimedon compressa* Duchassaing y Michelotti, 1864

GÉNERO *Niphates* Duchassaing y Michelotti, 1864

ESPECIES *Niphates alba* van Soest, 1980

Niphates erecta Duchassaing y Michelotti, 1864

Niphates recondita (Wiedenmayer, 1977)

ORDEN Tetractinellida

SUBORDEN Astrophorina

FAMILIA Geodiidae

SUBFAMILIA Geodiinae

GÉNERO *Geodia* Lamarck, 1815

ESPECIE *Geodia gibberosa* Lamarck, 1815

ORDEN Agelasida

FAMILIA Agelasidae

GÉNERO *Agelas* Duchassaing y Michelotti, 1864

ESPECIE *Agelas clathrodes* (Schmidt, 1870)

ORDEN Desmacellida

FAMILIA Desmacellidae

GÉNERO *Desmacella* Schmidt, 1870

ESPECIES *Desmacella annexa* Schmidt, 1870

Desmacella spp.

ORDEN Poecilosclerida

FAMILIA Coelosphaeridae

GÉNERO *Coelosphaera* Thomson, 1873

SUBGENERO *Coelosphaera (Coelosphaera)* Thomson, 1873

ESPECIE *Coelosphaera (Coelosphaera) raphidifera* (Topsent, 1889)

GÉNERO *Lissodendoryx* Topsent, 1892

SUBGÉNERO *Lissodendoryx (Lissodendoryx)* Topsent, 1892

ESPECIE *Lissodendoryx (Lissodendoryx) colombiensis* Zea y van Soest, 1986

FAMILIA Desmacididae

GÉNERO *Desmapsamma* Burton, 1934

ESPECIES *Desmapsamma anchorata* (Carter, 1882)

Desmapsamma sp. 1 sp. nov.

FAMILIA Iotrochotidae

GÉNERO *Iotrochota* Ridley, 1884

ESPECIES *Iotrochota aff. arenosa* Rützler *et al.*, 2007

Iotrochota birotulata (Higgin, 1877)

FAMILIA Microcionidae

SUBFAMILIA Microcioninae

GÉNERO *Clathria* Schmidt, 1862

SUBGÉNERO *Clathria (Microciona)* Bowerbank, 1862

ESPECIE *Clathria (Microciona) campecheae* Hooper, 1996

SUBGÉNERO *Clathria (Thalysias)* Duchassaing y Michelotti, 1864

ESPECIE *Clathria (Thalysias) curacaoensis* Arndt, 1927

FAMILIA Mycalidae

GÉNERO *Mycale* Gray, 1867

ESPECIE *Mycale spp.*

SUBGÉNERO *Mycale (Mycale)* Gray, 1867

ESPECIE *Mycale (Mycale) laevis* (Carter, 1882)

FAMILIA Tedaniidae

GÉNERO *Tedania* Gray, 1867

SUBGÉNERO *Tedania (Tedania)* Gray, 1867

ESPECIE *Tedania (Tedania) ignis* (Duchassaing y Michelotti, 1864)

ORDEN Suberitida

FAMILIA Suberitidae

GÉNERO *Terpios* Duchassaing y Michelotti, 1864

ESPECIE *Terpios belindae* Rützler y Smith, 1993

Las especies que conforman los nuevos registros para la zona del SAV son *Aplysina fulva*, *Aplysina muryciana*, *Haliclona (Soestella) luciensis*, *Niphates alba*, *Niphates recondita*, *Geodia gibberosa*, *Desmacella annexa*, *Coelosphaera (Coelosphaera) raphidifera*, *Lissodendoryx (Lissodendoryx) colombiensis*, *Iotrochota arenosa*, *Clathria (Microciona) campecheae*, *Clathria (Thalysias) curacaoensis*, y *Terpios belindae*; de éstas, 11 son nuevos registros para el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) y 7 para el golfo de México, estos últimos a su vez son nuevos registros para México. Por su parte, los géneros *Hyattella* y *Psammocinia* se tienen como nuevos registros para el CASGM.

Por otro lado, los poríferos encontrados en el arrecife Los Picos presentaban 9 morfotipos distintos, dentro de los cuales, los morfos incrustante y masivo representan el 54.34% de las muestras (27.17% cada uno); no obstante, los morfotipos de variedades ramificadas y tubulares representan el 43.48% del total (Tabla 2).

Tabla 2. Número de individuos y porcentaje (%) por morfotipo de las muestras de poríferos obtenidas en el arrecife Los Picos.

| Morfotipo | No. De individuos | Porcentaje (%) |
|------------------|--------------------------|-----------------------|
| Rastrera | 18 | 19.57 |
| Incrustante | 25 | 27.17 |
| Masiva tubular | 1 | 1.09 |
| Tubular | 5 | 5.43 |
| Arborescente | 11 | 11.96 |

| | | |
|--------------|-----------|------------|
| Masiva | 25 | 27.17 |
| Aglutinante | 2 | 2.17 |
| Flageliforme | 3 | 3.26 |
| Lobulada | 2 | 2.17 |
| TOTAL | 92 | 100 |

6.2 Diagnósis taxonómica

Para la identificación de cada especie fue necesaria la observación de sus características externas e internas; sin embargo, en cada caso existen características particulares para la diferenciación de cada taxón, las cuales se describen a continuación (el orden de la descripción corresponde al utilizado en el listado taxonómico):

Los ejemplares con fibras de espongina fueron clasificados dentro de las subclases Verongimorpha y Keratosa.

Verongida, Aplysinidae

Aiolochoiria crassa (Hyatt, 1875).

Sinonimias: *Aiolochoiria ianthella* (de Laubenfels, 1949); *Aplysina crassa* (Hyatt, 1877); *Dendrospongia crassa* Hyatt, 1875; *Ianthella ardis* de Laubenfels, 1950; *Ianthella basta* sensu de Laubenfels, 1936; *Ianthella* de Laubenfels, 1949; *Pseudoceratina crassa* (Hyatt, 1875); *Verongia crassa* (Hyatt, 1875); *Verongula ardis* (de Laubenfels, 1950).

Diagnósis: Esponja masiva de color amarillo en vivo, al extraerse del agua se torna de un color morado intenso casi negro (Fig. 7). Su superficie es conulosa con espacio entre cada conulo. Tiene una consistencia firme. Exuda una sustancia color morado oscuro que llega a teñir otros organismos si se les coloca juntos al extraerse.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_039).



Figura 7. Ejemplar de *Aiolochroia crassa*.

Verongida, Aplysinidae

Aplysina cauliformis (Carter, 1882).

Sinonimias: *Luffaria cauliformis* Carter, 1882; *Luffaria cauliformis* var. *elongoreticulata* Carter, 1882; *Luffaria cauliformis* var. *rufa* Carter, 1882; *Luffaria elongoreticulata* Carter, 1882; *Luffaria rufa* Carter, 1882; *Verongia cauliformis* (Carter, 1882); *Verongia longissima* sensu de Laubenfels, 1936.

Diagnosis: Esponja ramosa, ya sea de forma rastrera o arborescente (erecta). Su color en vivo principalmente morado, aunque también se pueden encontrar en castaño con tonalidad rosácea (Fig. 8A). La superficie es de conulos finos, lo que puede llegar a confundirse con una superficie espinosa. La consistencia es firme y poco compresible. El esqueleto está conformado por fibras de espongina (Fig. 8B).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros y sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto y 7 octubre 2017 (Gran_009, Gran_013, Gran_046, Gran_051, Gran_057 y Gran_064b).

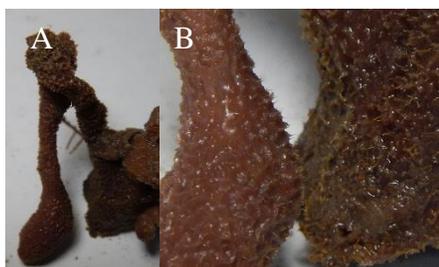


Figura 8. A) Ejemplar de *Aplysina cauliformis*. B) Superficie conulosa y fibras de espongina seca.

Verongida, Aplysinidae

Aplysina fistularis (Pallas, 1766).

Sinonimias: *Aplysina aggregata* Topsent, 1932; *Aplysina fistularis f. fistularis* Wiedenmayer, 1977; *Aplysina fistularis var. aggregata* Topsent, 1932; *Spongia fistularis* Pallas, 1766; *Spongia tubaeformis* Lamarck, 1814; *Verongia fistularis* (Pallas, 1766).

Diagnosis: Esponja tubular con procesos digitiformes. *In vivo* es de color amarillo cambiando a negro al extraerse del medio (Fig. 9A). Los ósculos son evidentes, presentándose uno por tubo en la zona apical (Fig. 9B). La superficie de la esponja es finamente conulosa. El esqueleto está conformado por fibras de espongina, siendo las de esta especie las de mayor diámetro dentro del género *Aplysina*.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_031).



Figura 9. A) Ejemplar de *Aplysina fistularis*. B) Vista de los ósculos apicales.

Verongiida, Aplysinidae

Aplysina fulva (Pallas, 1766).

Sinonimias: *Aplysina fistularis f. fulva* (Pallas, 1766); *Aplysina flagelliformis* Carter, 1882; *Aplysina flagelliformis var. rugosa* Wilson, 1902; *Aplysina fragilis* Wilson, 1902; *Aplysina rugosa* Wilson, 1902; *Luffaria fulva* (Pallas, 1766); *Spongia fulva* Pallas, 1766; *Verongia fistularis var. fulva* (Pallas, 1766); *Verongia fulva* (Pallas, 1766).

Diagnosis: Nuevo registro para el SAV. Esponja digitiforme con proyecciones irregulares (Fig. 10A). Presenta ósculos visibles en acomodo irregular (Fig. 10B). La superficie es finamente conulosa. A diferencia de *A. cauliformis* esta es de consistencia compresible y su color en vivo es amarillo ocre principalmente.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 7 octubre 2017 (Gran_028, Gran_068 y Gran_071).

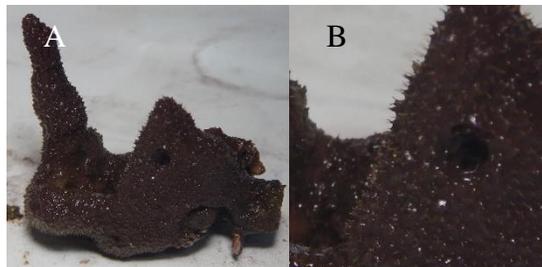


Figura 10. A) Ejemplar de *Aplysina fulva*. B) Ósculo y conulos finos.

Verongiida, Aplysinidae

Aplysina muricyana Pinheiro, Hajdu y Custodio, 2007.

Diagnosis: Nuevo registro para el SAV. Esponja rastrera. *In vivo* de color rojo y una circunferencia amarilla alrededor de los ósculos (Fig. 11), tornándose completamente marrón al conservarse en alcohol. Presenta una superficie conulosa-espínosa y es de consistencia dura e incompresible.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto y 7 octubre 2017 (Gran_001 y Gran_056).

Observaciones: El ejemplar se determinó como *A. muryciana* debido a que las mediciones del tamaño de las fibras coincidieron con lo descrito por Pinheiro *et al.* (2007), sin embargo, tanto el color como el morfotipo son distintos, teniendo nuestro espécimen una coloración *in vivo* roja con los ósculos amarillos y un morfotipo rastrero.

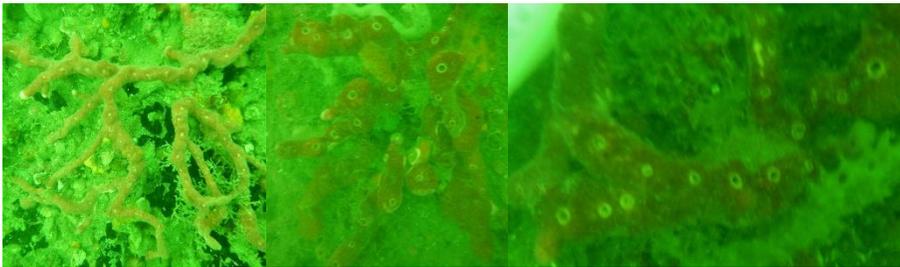


Figura 11. Ejemplar de *Aplysina muryciana*, se observan los círculos amarillos alrededor de los ósculos.

Verongiida, Aplysinidae

Verongula rigida (Esper, 1794).

Sinonimias: *Luffaria rigida* (Esper, 1794); *Spongia rigida* Esper, 1794.

Diagnosis: Esponja tubular de color amarillo en vivo, a extraerse del agua de es de color amarillo verdoso y negro al conservarse en alcohol (Fig. 12A). Su superficie es rugosa (Fig. 12B) y presenta una consistencia compresible. Los ósculos se presentan en la zona apical de cada tubo.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_003).



Figura 12. A) Ejemplar de *Verongula rigida* conservado en alcohol. B) Textura rugosa del individuo.

Dictyoceratida, Irciniidae

Ircinia felix (Duchassaing y Michelotti, 1864).

Sinonimias: *Hircinia armata* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Hircinia armata* var. *fistularis* Verrill, 1907; *Hircinia campana* var. *felix* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Hircinia filamenta* Hyatt, 1877; *Hircinia fistularis* Verrill, 1907; *Hircinia nigra* Hyatt, 1877; *Hircinia variabilis* sensu de Laubenfels, 1936; *Ircinia fasciculata* sensu de Laubenfels, 1949; *Ircinia felix* f. *acuta* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Ircinia felix* f. *felix* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Ircinia felix* f. *fistularis* (Verrill, 1907); *Ircinia fistularis* (Verrill, 1907); *Polytherses acuta* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses armata* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses columnaris* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses felix* Duchassaing y Michelotti, 1864.

Diagnosis: Esponja masiva con proyecciones terminadas en ósculo (Fig. 13). En vivo es de color castaño claro con ósculos de color más oscuro. Su consistencia es compresible y de superficie conulosa. Su esqueleto está formado por fibras de espongina elásticas, lo que hace difícil el corte.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros y sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017. (Ale-esp-1).



Figura 13. Ejemplar de *Ircinia felix*

Dictyoceratida, Irciniidae

Ircinia sp. 1.

Diagnosis: Potencial nueva especie. Esponja masiva con superficie conulosa y de consistencia compresible (Fig. 14). Presenta poco detrito en la dermis. Está compuesta por fibras primarias (91-182 μ m), secundarias (15-75 μ m) y filamentos (0.5 μ m x 1.3-2.3 μ m), además presenta formación de fibrofasciculos (210-350 μ m). Las fibras primarias se encuentran empacadas en detrito, mientras que las fibras secundarias son centradas con poco detrito o libres de este. Los fibrofasciculos sólo se presentan cercanos a la superficie y al borde se dividen en 2 o 3 fibras que son las forman el conulo.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 7 octubre 2017 (Gran_055).

Observaciones: Las características del ejemplar no coinciden con las especies de *Ircinia* descritas para el golfo de México, Atlántico y Caribe (Gómez 2002, Gómez 2007, Rützler *et al.* 2009). Las diferencias son claras y marcadas con las especies previamente descritas; no obstante, se recomienda un análisis a fondo del ejemplar a fin de determinar si se trata de una variante o una nueva especie.



Figura 14. Ejemplar de *Ircinia sp 1*.

Dictyoceratida, Irciniidae

Ircinia strobilina (Lamarck, 1816).

Sinonimias: *Dysidicinia longispina* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Filifera verrucosa* Lieberkühn, 1859; *Hircinia (Dysidicinia) longispina* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Hircinia (Psammocinia) verrucosa* (Lieberkühn, 1859); *Hircinia acuta* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Hircinia acuta var. filamenta* Hyatt, 1877; *Hircinia acuta var. longispina* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Hircinia acuta var. nigra* Hyatt, 1877; *Hircinia strobilina* (Lamarck, 1814); *Hircinia verrucosa* (Lieberkhün, 1859); *Ircinia acuta* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Ircinia acuta var. longispina* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Ircinia linguiformis* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Ircinia longispina* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Ircinia verrucosa* (Lieberkühn, 1869); *Polytherses capitata* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses cylindrica* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses ignobilis* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses linguiformis* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Polytherses longispina* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Spongia strobilina* Lamarck, 1816; *Stelospongos longispinus* (Duchassaing y Michelotti, 1864).

Diagnosis: Esponja masiva de color morado claro al conservarse en alcohol. Su superficie es conulosa (Fig. 15), con consistencia medianamente compresible. Su esqueleto está formado por fibras de esponjina con poco detrito adherido. Las fibras primarias tienen una medida de 286-442 μm y las fibras secundarias 35-65 μm .

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_011).



Figura 15. Ejemplar de *Ircinia strobilina*.

Dictyoceratida, Spongiidae

Hyattella sp.

Diagnosis: Nuevo registro para el CASGM. Esponja masiva, *In vivo* de color morado tornándose café grisáceo al conservarse en alcohol. Su superficie es conulosa (Fig. 16). Tiene consistencia compresible debido a las cavernas que presenta en su estructura, además es elástica lo que dificulta realizar cortes. Presenta una red de fibras en el coanosoma y las fibras primarias son centradas.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros y sedimento con algas. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_048, Gran_066 y Gran_077).

Observaciones: El espécimen se determinó dentro del género *Hyattella* debido a la presencia de una red de fibras en el coanosoma y cavernas en su estructura (típicas del género), a pesar de que el organismo es de tamaño pequeño (Cook y Bergquist, 2002). Además, no forma fibrofascículos, sus fibras primarias son sencillas y carece de detrito en la superficie.



Figura 16. A) Ejemplar de *Hyattella* sp. B) Superficie conulosa.

Dictyoceratida, Spongiidae

Psammocinia sp.

Diagnosis: Nuevo registro para el CASGM. Esponja masiva de color café grisáceo en vivo. Presenta una superficie conulada impregnada de detrito (principalmente en la dermis), los conulos son de 6 mm de alto (Fig. 17). La consistencia es compresible pero muy “aguada”. Presenta fibras primarias en fibrofasciculos (310-550 μm) y fibras secundarias o conectivas (200-210 μm), ambas se observan empacadas en detrito.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_034).

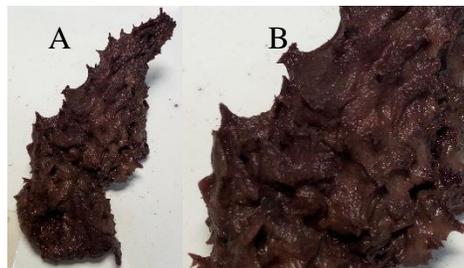


Figura 17. A) Ejemplar de *Psammocinia* sp. B) Superficie conulada.

Se catalogó dentro de la subclase Heteroscleromorpha a los ejemplares que presentaban espículas en su esqueleto.

Haplosclerida, Callyspongiidae

Callyspongia (Cladochalina) armigera (Duchassaing y Michelotti, 1864).

Sinonimias: *Callyspongia (Spinoseella) armigera* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Callyspongia (Spinoseella) vaginalis f. armigera* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Callyspongia armígera* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Cladochalina armigera* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Spinoseella vaginalis f. armigera* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Tuba armigera* Duchassaing y Michelotti, 1864.

Diagnosis: Esponja ramificada de color gris en vivo, tornándose café claro a beige al conservarse en alcohol. La superficie es conulosa con ósculos aparentes y dispersos (Fig. 18).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_006, Gran_010, Gran_064, Gran_082).



Figura 18. A) Ejemplar de *Callyspongia (Cladochalina) armigera*. B) Superficie conulosa

Haplosclerida, Chalinidae

Haliclona (Soestella) luciensis de Weerdt, 2000.

Sinonimias: *Haliclona luciensis* de Weerdt, 2000.

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante a masiva de color castaño grisáceo al fijarse en alcohol. La superficie es rugosa con ósculos visibles de 3mm de diámetro aprox. (Fig. 19). Posee esqueleto un subdactial denso y presenta oxeas astadas (156-234 μm x 5.2-11.7 μm) y ráfides (58-200 μm x 2-4 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre conchas de moluscos, guijarros y otras esponjas. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_053, Gran_069, Gran_070, Gran_085).

Observaciones: El esqueleto del ejemplar Gran_081, coincide con los descritos para el género *Haliclona*, subgénero *Soestella*; sin embargo, dado a que el morfotipo fistular y el tamaño de las espículas (oxeas de 156-187 μm x 3.9-8.3 μm y ráfides de 104-156 μm), no coincide con lo descrito anteriormente para las especies del golfo de México, Caribe o Atlántico occidental (de Weerdt, 2000) se tomó la decisión de dejar la identificación a nivel de género [*Haliclona (Soestella) sp.*] hasta realizar un análisis más detallado del organismo.

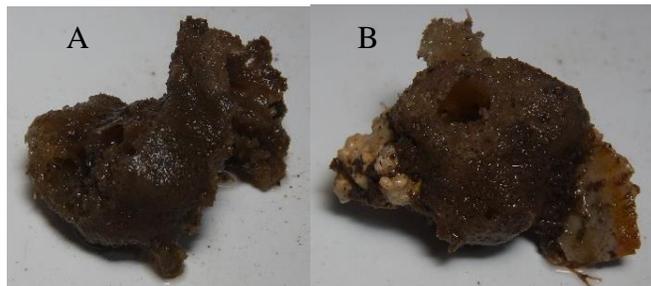


Figura 19. A) Ejemplar de *Haliclona (Soestella) luciensis*. B) Vista del ósculo.

Haplosclerida, Niphatidae

Amphimedon compressa Duchassaing y Michelotti, 1864.

Sinonimias: *Amphimedon arborescens* (Lamarck, 1814) sensu Duchassaing y Michelotti, 1864; *Amphimedon arborescens* var. *ensiformis* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Haliclona* (*Amphimedon*) *compressa* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Haliclona rubens* (sensu Duchassaing y Michelotti, 1864); *Pachychalina rubens* (Pallas, 1766); *Spongia arborescens* var. Lamarck, 1814; *Spongia rubens* sensu Duchassaing y Michelotti, 1864.

Diagnosis: Esponja masiva o arborescente de color naranja en vivo (Fig. 20A) y marrón al conservarse en alcohol (Fig. 20B). Presenta una superficie conulosa con ósculos alineados o dispersos visibles (Fig. 20C). Su consistencia es ligeramente compresible.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento suave y guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_005, Gran_007, Gran_014, Gran_032, Gran_033, Gran_037).



Figura 20. A) Ejemplar *in vivo* de *Amphimedon compressa*. B) Ejemplar conservado en alcohol al 70%. C) Vista de los ósculos alineados.

Haplosclerida, Niphatidae

Niphates alba van Soest, 1980.

Sinonimias: *Protophлитaspongia antillana* Pulitzer-Finali, 1986.

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja rastrera de color naranja claro a naranja amarillento en vivo y de tono morado rosáceo al preservarse en alcohol (Fig. 21A). Tiene una

superficie rugosa (Fig. 21B) y es de consistencia dura. Presenta oxeas astadas (200-250 μm x 10-15.6 μm) y sigmas (15.6-23.4 μm), las fibras del esqueleto tienen un diámetro de 100-220 μm .

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre. Creciendo sobre guijarros o una mezcla de sedimento, algas y conchas. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_021, Gran_024, Gran_025).

Observaciones: Los organismos de esta especie pueden o no presentar sigmas, mismas que están presentes en nuestros organismos. Además, diversos autores (van Soest 1980; Rützler *et al.* 2014) mencionan que el color es variable tendiendo desde tonalidades púrpura a grises, sin embargo, Rützler *et al.* (2014) mencionan que los individuos pueden tener tonalidades naranjas como los encontrados en nuestra área de estudio.



Figura 21. A) Ejemplar de *Niphates alba* conservado en alcohol. B) Vista de la superficie rugosa y los ósculos.

Haplosclerida, Niphatidae

Niphates erecta Duchassaing y Michelotti, 1864.

Sinonimias: *Fibularia ramosa* Carter, 1882; *Gelliodes areolata* (Wilson, 1902); *Gelliodes ramosa* (Carter, 1882); *Haliclona areolata* (Wilson, 1902); *Haliclona variabilis* sensu de Laubenfels, 1950; *Niphates thomasiana* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Niphates venosa* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Pachychalina areolata* Wilson, 1902.

Diagnosis: Esponja ramosa erecta, de forma cilíndrica con diámetro más pequeño hacia la punta, su color en vivo es variable de tonalidades amarillo claro a naranja. De consistencia dura y superficie rugosa (Fig. 22). Su esqueleto está compuesto por oxeas astadas (192.5-260 μm x 7.8-15.6 μm), ráfides (125-174 μm x 2.1-5.1 μm) y sigmas (13-20.8 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros, conchas y sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto y 7 octubre 2017 (Gran_008, Gran_023, Gran_026, Gran_035, Gran_040, Gran_050 y Gran_061).



Figura 22. Ejemplares de *Niphates erecta* en distintas fases de crecimiento.

Haplosclerida, Niphatidae

Niphates recondita (Wiedenmayer, 1977).

Sinonimias: *Sigmatocia recondita* Wiedenmayer, 1977.

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja rastrera de color naranja en vivo. Su superficie es rugosa y de consistencia dura (Fig. 23). El esqueleto está compuesto por oxeads (160-255 μm) y sigmas (15-23 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado o guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_015, Gran_043 y Gran_049).



Figura 23. A) Ejemplar de *Niphates recondita*. B) Vista de la superficie rugosa y ósculo.

Tetractinellida, Astrophorina, Geodiidae, Geodiinae

Geodia gibberosa Lamarck, 1815.

Sinonimias: *Geodia (Geodia) gibberosa* Lamarck, 1815; *Geodia cariboea* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Geodia flexisclera* Pulitzer-Finali, 1986; *Pyxitis gibberosa* (Lamarck, 1815).

Diagnosis: Nuevo registro para el CASGM. Esponja incrustante. Su superficie es dura y areolada, con un grosor de corteza de 500 µm. Su esqueleto presenta plagiotrienas y esterraster, así como oxeas en dos categorías.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento con conchas de molusco. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_088).

Agelasida, Agelasidae

Agelas clathrodes (Schmidt, 1870).

Sinonimias: *Chalinopsis clathrodes* Schmidt, 1870.

Diagnosis: Esponja masiva irregular de color naranja intenso, el cual persiste al fijarse en alcohol, o bien, puede tornarse a castaño claro (Gómez 2002). Presenta superficie con múltiples ósculos (Fig. 24). Esqueleto conformado únicamente por acantoestiles.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre conchas y sedimento relativamente consolidado. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_030).



Figura 24. Ejemplar de *Agelas clathrodes* (izq.) y vista a los ósculos (der.)

Desmacellida, Desmacellidae

Desmacella annexa Schmidt, 1870.

Sinonimias: *Biemma annexa* (Schmidt, 1870); *Biemma chevreuxi* Topsent, 1890; *Biemna annexa* (Schmidt, 1870); *Desmacella vagabunda* var. *annexa* Schmidt, 1870; *Sigmatoxella annexa* (Schmidt, 1870); *Tylodesma annexa* (Schmidt, 1870).

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante de color naranja, persistente al fijarse en alcohol. La superficie es espinosa y suave al tacto, sin ósculos aparentes (Fig. 25). Presenta un arreglo del esqueleto de tipo plumoso conformado por tilostilos de dos categorías (I: 490-810 μm x 10.4-13 μm y II: 1280-1850 μm x 6.5-15.6 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 7 octubre 2017 (Gran_059).

Observaciones: Algunos organismos (Gran_012, Gran_020, Gran_047, Gran_072) no pudieron determinarse como *D. annexa* debido a las diferencias en las categorías de tamaño de las espículas, presentando estos ejemplares medidas menores (categoría I 790-1140 μm x 6.5-20.8 μm , categoría II 149-530 μm x 3.1-15 μm) (Schmidt 1980). Además, ya que los ejemplares fueron encontrados en el mismo sitio no se considera que existan variaciones asociadas al ambiente en el que se desarrollan (Wilkinson y Vacelet 1979, Zea 1987, Valderrama y Zea 2013). Aunado a esto, es la

primera vez que la especie *D. annexa* es reportada para la zona y el golfo de México, por lo que no se pueden hacer comparaciones de nuestros ejemplares con algún otro.



Figura 25. Ejemplar de *Desmacella annexa*.

Poecilosclerida, Coelosphaeridae

Coelosphaera (Coelosphaera) raphidifera (Topsent, 1889).

Sinonimias: *Desmacidon raphidifer* (Topsent, 1889); *Fibularia raphidifera* Topsent, 1889.

Diagnosis: Nuevo registro para el CASGM. Esponja incrustante (Fig. 26) con esqueleto conformado por tilotes (250-440 μm x 7.8-15.6 μm), ráfides (220-420 μm), isoquelas (15.6-36.4 μm) y en menor cantidad sigmas (24.7-46.8 μm). Los ráfides, tilotes e isoquelas presentan un centro más ancho que los extremos.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros y sedimento con algas y conchas de moluscos. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 7 octubre 2017 (Gran_062 y Gran_089).

Observaciones: Comparando nuestros ejemplares con los descritos por Topsent (1989), se encontró que los individuos de nuestra área de estudio presentan ráfides de menor tamaño, isoquelas más grandes y tilotes de distintos anchos. Estas diferencias pueden estar dadas por las temperaturas y profundidades distintas entre sitios de colecta de los diferentes estudios (Wilkinson y Vacelet, 1979; Zea, 1987; Valderrama y Zea, 2013).



Figura 26. Ejemplar de *Coelosphaera (Coelosphaera) raphidifera*.

Poecilosclerida, Coelosphaeridae

Lissodendoryx (Lissodendoryx) colombiensis Zea y van Soest, 1986.

Sinonimias: *Lissodendoryx colombiensis* Zea y van Soest, 1986.

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante de color naranja en vivo y blancuzca con puntos naranjas al conservarse en alcohol (Fig. 27). Su superficie es rugosa con fistulas, con una consistencia compresible. Su esqueleto está formado por estrongiles (250-310 μm x 2.6-8.4 μm), isoquelas (20.8-28.6 μm), ráfides (67-120 μm) y sigmas (69-80 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_044).

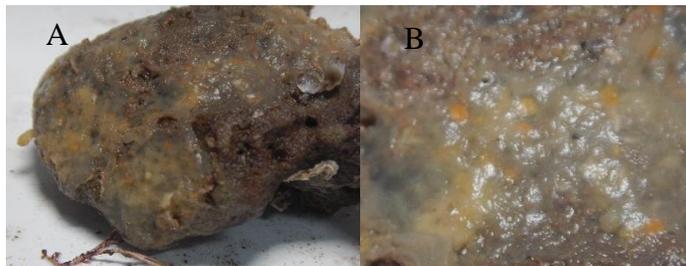


Figura 27. A) Ejemplar de *Lissodendoryx (Lissodendoryx) colombiensis*. B) Pigmentación del tejido.

Poecilosclerida, Desmacididae

Desmapsamma anchorata (Carter, 1882).

Sinonimias: *Desmacidon carterianum* Arndt, 1927; *Desmacidon reptans* Ridley y Dendy, 1886; *Desmapsamma reptans* (Ridley y Dendy, 1886); *Fibularia anchorata* Carter, 1882; *Holopsamma helwigi* Laubenfels, 1936.

Diagnosis: Esponja masiva, rastrera o incrustante de color naranja en vivo tornándose salmón o café claro al fijarse en alcohol (Fig. 28). Presenta superficie lisa con ósculos visibles y consistencia compresible. Su esqueleto está conformado por oxeas (I: 136.5-171.6 μm x 3.12-6.5 μm , II: 180-290 μm x 7.8-13 μm), sigmas (I: 10.4-28.6 μm , II: 31.2-54.6 μm) e isoquelas (I: 10.4-23.4 μm , II: 35-41.6 μm), todas ellas en dos categorías.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado, guijarros y algas o una combinación de los tres elementos. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto y 7 octubre 2017 (Gran_004, Gran_017, Gran_019, Gran_022, Gran_041, Gran_042, Gran_051, Gran_065 y Gran_083).

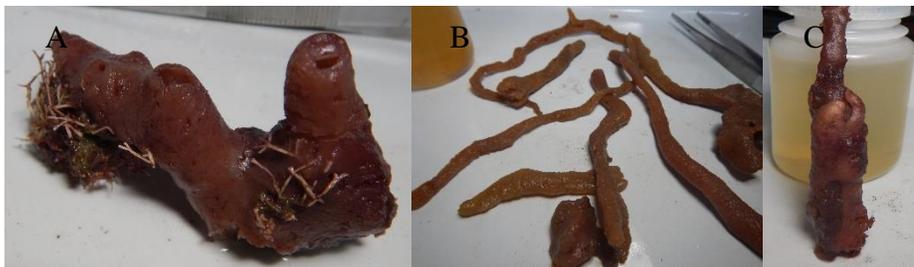


Figura 28. Morfotipos de *Desmapsamma anchorata* A) Masiva B) Rastrera C) Incrustante sobre *Callyspongia armigera*.

Poecilosclerida, Desmacididae

Desmapsamma sp. 1 sp. nov.

Diagnosis: Potencial nueva especie. Esponja masiva de color naranja en vivo, amarillo en alcohol. Su superficie es porosa, con una consistencia compresible (Fig. 29). Exuda mucosidad al ser sacada del medio, persistiendo al fijarse en alcohol. Al igual que *D. anchorata* presenta dos categorías de oxeas, isoquelas y sigmas, además de un tipo distinto de sigma en gran cantidad.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 7 octubre 2017 (Gran_063).

Observaciones: Este ejemplar al ser comparado con individuos de la especie *D. anchorata* difiere en varias características, como la superficie que en este caso es marcadamente porosa (Gómez 2002) y no lisa. El exudado mucoso que presenta el individuo es persistente, aún semanas después de su colecta y preservación en alcohol. Además, la notoria presencia de una espícula, de tipo sigma, distinta a las de *D. anchorata* (Gómez 2002, van Soest 2002a), la cual no puede ser considerada como contaminación externa dada la abundancia observada. Las diferencias son claras y marcadas por lo que se propone sea considerada como una especie potencialmente nueva, para lo cual se recomienda un análisis a fondo del ejemplar antes de llegar a una decisión definitiva.

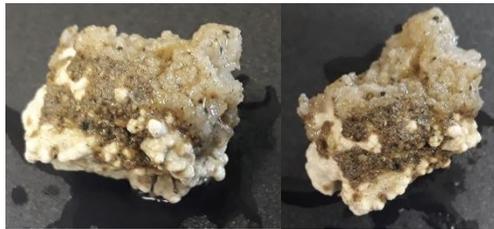


Figura 29. Ejemplar de *Desmapsamma sp. 1*.

Poecilosclerida, Iotrochotidae

Iotrochota aff. arenosa Rützler, Maldonado, Piantoni y Riesgo, 2007.

Diagnosis. Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante de color café oscuro a negro, presenta consistencia dura y una superficie rugosa (Fig. 30). Dentro del tejido se encuentran embebidas partículas de arena, las cuales le dan el nombre a la especie. El esqueleto está conformado por dos categorías de estrongiles (I: 130-150 μm x 9.1-10.4 μm , II: 225-260 μm x 3.9-6.8 μm) y estiles (I: 137.8-179.4 μm x 7.8-11.7 μm , II: 136-158.6 μm x 2.1-5.2 μm), además de birotulas (8-13.5 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre conchas de moluscos. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_018).

Observaciones: El ejemplar se determinó como *I. aff. arenosa* debido a que las mediciones de las espículas coinciden casi en su totalidad, excepto que de acuerdo a Rützler *et al.* (2007) *I. arenosa* presenta sólo una categoría de estiles (Estiles I), mientras que nuestro ejemplar presenta dos categorías Estiles I (137.8-179.4 μm x 7.8-11.7 μm) y Estiles II (136-158.6 μm x 2.1-5.2 μm). Es importante destacar que, aunque en nuestro ejemplar existe una clara diferenciación entre ambas categorías, las mediciones coinciden con la categoría descrita por Rützler *et al.* (2007) como Estiles I (141.7-174.1 μm x 4.3-8.0 μm). Además de esta diferencia, nuestro ejemplar no presenta gran cantidad de arena adherida a la capa más conspicua del tejido (Rützler *et al.*, 2007), sin embargo, sí presenta granos de arena embebidos en el tejido coanosómico.



Figura 30. Ejemplar de *Iotrochota aff. arenosa* con acercamiento a la superficie.

Poecilosclerida, Iotrochotidae

Iotrochota birotulata (Higgin, 1877).

Sinonimias: *Halichondria birotulata* (Higgin, 1877), *Hyrtios musciformis* Duchassaing y Michelotti, 1864; *Iotrochota bistylata* Boury-Esnault, 1973.

Diagnosis: Esponja masiva, incrustante con ramificaciones, de color negro con verde iridiscente en vivo, tornándose completamente negra en alcohol (Fig. 31). Su superficie es conulosa-espínosa y es de consistencia dura a poco compresible. Su esqueleto está conformado por estiles, estrongiles y birotulas.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre sedimento relativamente consolidado y guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_002, Gran_038, Gran_073 y Gran_074)

Observaciones: El espécimen Gran_002 se determinó como *I. aff. birotulata* debido a que las medidas coinciden con lo reportado anteriormente por Pulitzer-Finali (1986) para organismos en Jamaica, donde se menciona que los estiles son curvos y llegan a longitudes de hasta 200 μm . Por otro lado, el ancho de los estiles coincide con lo reportado por Rützler *et al.* (2007), mientras que el tamaño de las birotulas coincide con los reportes de van Soest (1984, 2002b) y Lehnert y van Soest (1999).

A pesar de que el ejemplar carece de las ramificaciones típicas de *I. birotulata*, éste no se determinó como *I. arenosa* dado que la superficie es claramente conulosa, el tejido carece de detrito adherido y el tamaño de las espículas reportado para dicha especie es menor al de nuestro espécimen.



Figura 31. Ejemplar de *Iotrochota aff. birotulata*

Poecilosclerida, Microcionidae

Clathria (Microciona) campecheae Hooper, 1996.

Sinonimias: *Clathria (Microciona) affinis* (Topsent, 1889); *Clathria campecheae* Hooper, 1996; *Eurypon affine* (Topsent, 1889); *Hymenaphia affinis* Topsent, 1889; *Microciona affinis* (Topsent, 1889).

Diagnosis: Nuevo registro para el CASGM. Esponja incrustante de color naranja en vivo tornándose café traslucido al fijarse en alcohol (Fig. 32). Presenta una superficie aterciopelada, suave al tacto y una consistencia compresible. Su esqueleto está conformado por toxas, isoquelas, acantoestiles y subtiloestiles con la cabeza microespinada. Los acantoestiles se encuentran enclavados al sustrato.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre rocas. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_045).



Figura 32. Ejemplar de *Clathria (Microciona) campecheae*.

Poecilosclerida, Microcionidae

Clathria (Thalysias) curacaoensis Arndt, 1927.

Sinonimias: *Aulospongos schoenus* Laubenfels, 1936; *Clathria (Thalysias) raraechelae* (van Soest, 1984); *Clathria (Thalysias) schoenus* (de Laubenfels, 1936); *Clathria copiosa* var. *curacaoensis* Arndt, 1927; *Clathria curacaoensis* Arndt, 1927; *Clathria raraechelae* (van Soest, 1984); *Clathria*

schoenus (de Laubenfels, 1936); *Rhaphidophlus raraechelae* van Soest, 1984; *Rhaphidophlus schoenus* (de Laubenfels, 1936); *Thalysias schoenus* (de Laubenfels, 1936).

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante de color café grisáceo al conservarse en etanol (Fig. 33). Su superficie es porosa y áspera al tacto, con una consistencia compresible. El esqueleto está compuesto por tres categorías de toxas, dos tipos de isoquelas palmeadas, acantoestiles y subtiloestiles.

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros e *Ircinia* sp. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_086 y Gran_087).



Figura 33. Ejemplar de *Clathria (Thalysias) curacaoensis*.

Poecilosclerida, Mycalidae

Mycale (Mycale) laevis (Carter, 1882).

Sinonimias: *Esperia laevis* Carter, 1882; *Mycale laevis* (Carter, 1882); *Oxymycale strongylata* Pulitzer-Finali, 1986.

Diagnosis: Esponja masiva de color café claro al conservarse en alcohol. Su superficie es lisa, con textura aterciopelada al tacto; es de consistencia poco compresible (Fig. 34). El esqueleto está formado por estiles (490-560 μm x 13-19.5 μm), ráfides ordenados en tricodragmas (10.4-20.8 μm x 57.2-70.2 μm), isoquelas (8.5-14.3 μm), toxas, así como dos categorías de sigmas (I: 13-26 μm , II: 36.4-41.6 μm) y anisoquelas (I: 15.6-37.1 μm , II: 60-90 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_052).

Observaciones: El ejemplar no presentó toxas aun cuando se buscaron con detenimiento. Además, este fue colectado en un sitio donde los poríferos e hidrozoarios son dominantes, así como sedimento de tipo arenoso. Esto constituye el primer registro de la especie en un ambiente de este tipo, ya que casi la totalidad de reportes anteriores eran de arrecifes coralinos encontrándola asociada a corales de *Acropora sp.* (Alcolado 1980, Gómez 2007), con excepción de algunos reportes en raíces de manglar (Rützler *et al.* 2000, Díaz 2005)



Figura 34. Ejemplar de *Mycale (Mycale) laevis*.

Poecilosclerida, Tedaniidae

Tedania (Tedania) ignis (Duchassaing y Michelotti, 1864).

Sinonimias: *Tedania brucei* Wilson, 1894; *Tedania digitata var. bermudensis* Ridley y Dendy, 1887; *Tedania ignis* (Duchassaing y Michelotti, 1864); *Tedania tora* de Laubenfels, 1950; *Thalysias ignis* Duchassaing y Michelotti, 1864.

Diagnosis: Esponja incrustante de superficie rugosa y consistencia compresible (Fig. 35). Su esqueleto está conformado por estiles (140-220 μm x 7.8-12 μm), tilotes con cabezas microespinadas (180-200 μm x 3.1-5.2 μm), sigmas (22.5-31.7 μm) y ráfides microespinados en dos categorías (I: 28.6-52 μm , II: 90-200 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre esponja. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto 2017 (Gran_078).



Figura 35. Ejemplar de *Tedania (Tedania) ignis*.

Suberitida, Suberitidae

Terpios belindae Rützler y Smith, 1993.

Diagnosis: Nuevo registro para el golfo de México. Esponja incrustante de consistencia firme. Su color se torna marrón al conservarse en alcohol (Fig. 36). El esqueleto está conformado por tiloestiles de dos categorías (I:105-160 μm x 5.2-7.8 μm , II: 250-320 μm x 7.8-10.4 μm).

Material examinado. Hábitat: arrecife sumergido dominado por sedimento arenoso. Creciendo sobre guijarros y coral muerto. Material estudiado: arrecife Los Picos, Antón Lizardo, Veracruz, 23 agosto y 7 octubre 2017 (Gran_060 y Gran_084).



Figura 36. Ejemplar de *Terpios belindae*.

6.3 Variables ambientales

Con la finalidad de contar con una referencia de los valores puntuales de algunas variables ambientales, se registraron datos en dos puntos dentro del arrecife y un tercer punto en un área cercana fuera del arrecife. Los datos se recabaron a lo largo de la columna de agua, realizando dos lances del CTD por punto, dentro del arrecife. Los valores promedio, máximos y mínimos están reportados en la Tabla 3.

En el punto 1 se registraron valores similares (promedio, máximo y mínimo) para ambos lances en todas las variables, excepto por la fluorescencia, que presentó una variación importante en su valor promedio (6.47 y 4.71, respectivamente) (Tabla 3) entre lances; sin embargo, al analizar los perfiles de ambos lances, estos son similares presentando un pico máximo entre los 8 y 9 m de profundidad (Figs. 37A y 38A). En cuanto al resto de las variables, la termoclina, haloclina y picnoclina coinciden entre sí y se presentan entre los 3.5 y 4 m, teniendo sus valores máximos entre los 6.5 y 8 m para después mantenerse constantes en el resto de la columna de agua (Figs. 37C, D, E y 38C, D, E) como generalmente observado en esta área (Salas-Monreal *et al.* 2009). A su vez, los valores de saturación de nitrógeno y oxígeno, muestran sus puntos máximos en superficie con un descenso gradual conforme aumenta la profundidad, pero con un incremento de la pendiente a los 4 m y terminando a los 7 m (aprox.) a partir de donde se mantienen valores estables (Figs. 37F, G y 38F, G) debido a la posición de la picnoclina (Avendano-Alvarez *et al.* 2018). Por otro lado, los valores del oxígeno disuelto no muestran gran variación a lo largo de la columna de agua, excepto por un pequeño pico alrededor de los 3 m (Fig. 37B y 38B).

En el punto 2, al igual que el punto 1, se observa una diferencia en los valores promedio registrados para la fluorescencia, aunque en este caso fue menos marcada (5.16 y 4.43 $\mu\text{g l}^{-1}$, respectivamente) (Tabla 3); además, los perfiles de ambos lances no son similares, ya que durante el primer lance se puede apreciar que los valores tienen una pendiente pronunciada a partir de los 3-3.5 m, llegando al pico máximo a los 8.5 m donde desciende inmediatamente hasta los 10 m, a partir de donde se mantiene estable el perfil (Fig. 39A). Por otro lado, en el segundo lance se aprecia una pendiente a partir de los 3 m llegando al pico máximo poco antes de los 8 m, disminuyendo a lo largo del

siguiente metro de donde se desprende una nueva pendiente que llega a otro pico aproximadamente a los 11 m, manteniéndose constante posteriormente (Fig. 40A).

En cuanto a la haloclina y picnoclina coinciden al iniciar alrededor de los 4 m teniendo un pico máximo a los 8 m permaneciendo estable desde ese punto (Figs. 39C, E y 40C, E), mientras que la termoclina se presenta a los 2 m (aprox.) y contrario al punto 1, en este caso se presenta un descenso de temperatura conforme aumenta la profundidad, teniendo un punto mínimo alrededor de los 8 m a partir de donde se mantiene estable (Figs. 39D y 40D). A su vez, los valores de saturación de nitrógeno y oxígeno presentan sus picos máximos entre los 4 y 6 m, para después disminuir y alcanzar puntos estables cerca de los 8 m (Figs. 39F, G y 40F, G). Por otro lado, los valores de oxígeno disuelto alcanzan su punto máximo entre los 3 y 4 m, disminuyendo aproximadamente a los 5 m a partir de donde se mantiene constante (Figs. 39B y 40B). La diferencia entre ambos lances se puede deber a efectos de ondas internas o saltos hidráulicos que aun no han sido descritos en esta área del PNSAV, lo cuales son generados por el cambio abrupto de la pendiente (Salas-Monreal *et al.* 2012).

Finalmente, en el punto 3 correspondiente a la zona aledaña al arrecife, los valores de fluorescencia presentan una pendiente a partir de 1 m de profundidad llegando a alcanzar el punto máximo poco después de los 6 m (Fig. 41A), lo que es 2 m antes (aprox.) que los otros perfiles analizados (Figs. 37A, 38A, 39A y 40A). En cuanto a la haloclina y picnoclina coinciden, pues se encuentran poco antes de los 4 m, siendo cambios abruptos ya que el pico máximo se encuentra entre los 4 y 5 m para después mantenerse constante (Figs. 41C y E). Mientras que la termoclina se presenta a partir de 1 m de profundidad, alcanzando el punto mínimo cerca de los 4.5 m a partir de donde se mantiene estable (Fig. 41D). A su vez los perfiles de saturación de nitrógeno y oxígeno, presentan una pendiente constante desde 1 m de profundidad hasta poco antes de los 4 m donde se alcanza el pico máximo, para después disminuir un poco y mantenerse constante por el resto de la columna de agua (Figs. 41F y G). Por otro lado, los valores de oxígeno disuelto muestran una pendiente que va desde 1 m de profundidad hasta los 3-3.5 m donde se alcanza el punto máximo, para después tener una pendiente contraria hasta los 8 m a partir de donde se mantienen los valores estables (Fig. 41B).

Tabla 3. Valores promedio, máximos y mínimos obtenidos por variable ambiental por punto de muestreo.

| Variable | | Puntos de muestreo | | | | |
|--------------------------------|----------|--------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| | | Los Picos 1.1 | Los Picos 1.2 | Los Picos 2.1 | Los Picos 2.2 | Los Picos 3 |
| Fluorescencia | Promedio | 6.47 | 4.71 | 5.16 | 4.43 | 5.28 |
| | Máximo | 10.24 | 11.22 | 11.41 | 7.95 | 8.13 |
| | Mínimo | 3.52 | 2.22 | 2.50 | 2.16 | 3.06 |
| Oxígeno | Promedio | 3.95 | 3.86 | 4.26 | 4.37 | 4.49 |
| | Máximo | 4.50 | 4.70 | 5.23 | 5.24 | 5.55 |
| | Mínimo | 2.97 | 2.89 | 3.15 | 3.68 | 3.47 |
| Salinidad | Promedio | 34.18 | 34.22 | 34.25 | 34.22 | 34.34 |
| | Máximo | 34.42 | 34.42 | 34.44 | 34.43 | 34.71 |
| | Mínimo | 33.76 | 33.84 | 33.93 | 33.92 | 33.87 |
| Temperatura | Promedio | 28.27 | 28.28 | 28.41 | 28.42 | 28.50 |
| | Máximo | 28.36 | 28.36 | 28.56 | 28.56 | 28.94 |
| | Mínimo | 28.08 | 28.16 | 28.34 | 28.33 | 28.34 |
| Densidad | Promedio | 1021.72 | 1021.75 | 1021.74 | 1021.70 | 1021.76 |
| | Máximo | 1021.89 | 1021.89 | 1021.91 | 1021.91 | 1022.12 |
| | Mínimo | 1021.42 | 1021.47 | 1021.42 | 1021.40 | 1021.26 |
| Saturación de nitrógeno | Promedio | 8.41 | 8.41 | 8.39 | 8.39 | 8.37 |
| | Máximo | 8.45 | 8.44 | 8.40 | 8.40 | 8.39 |
| | Mínimo | 8.39 | 8.39 | 8.39 | 8.39 | 8.34 |
| Saturación de oxígeno | Promedio | 4.50 | 4.49 | 4.48 | 4.48 | 4.48 |
| | Máximo | 4.52 | 4.51 | 4.49 | 4.49 | 4.48 |
| | Mínimo | 4.48 | 4.48 | 4.48 | 4.48 | 4.45 |

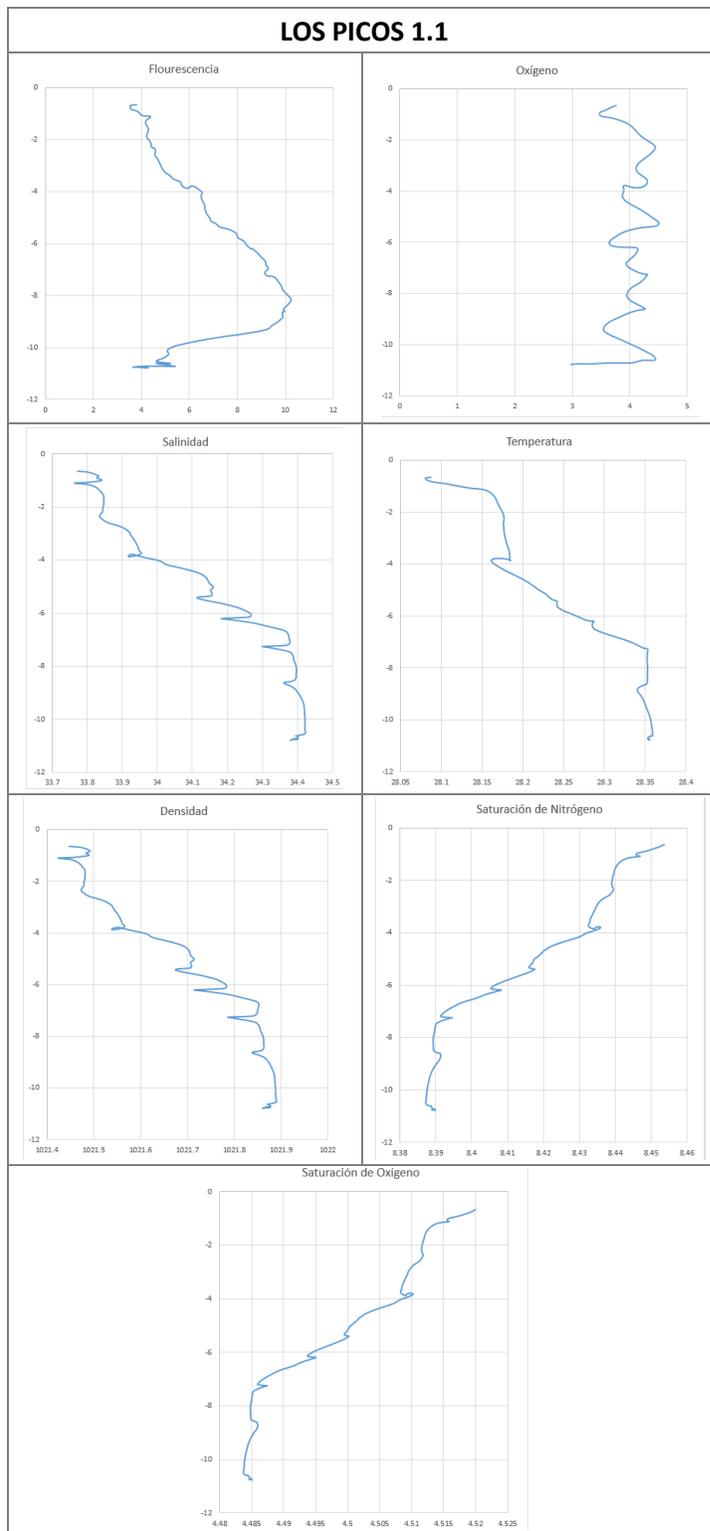


Figura 37. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 1, lance 1. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno

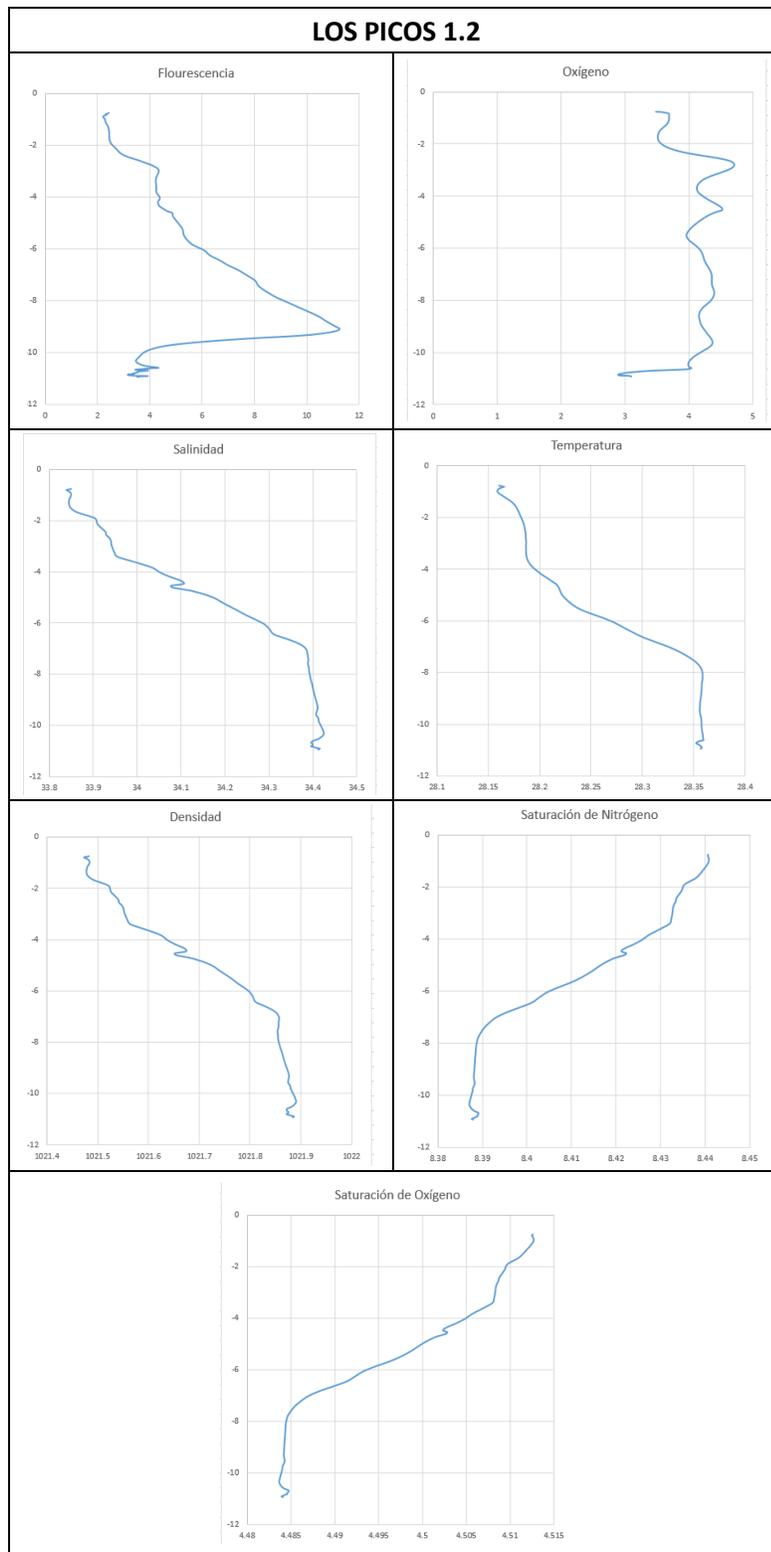


Figura 38. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 1, lance 2. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno

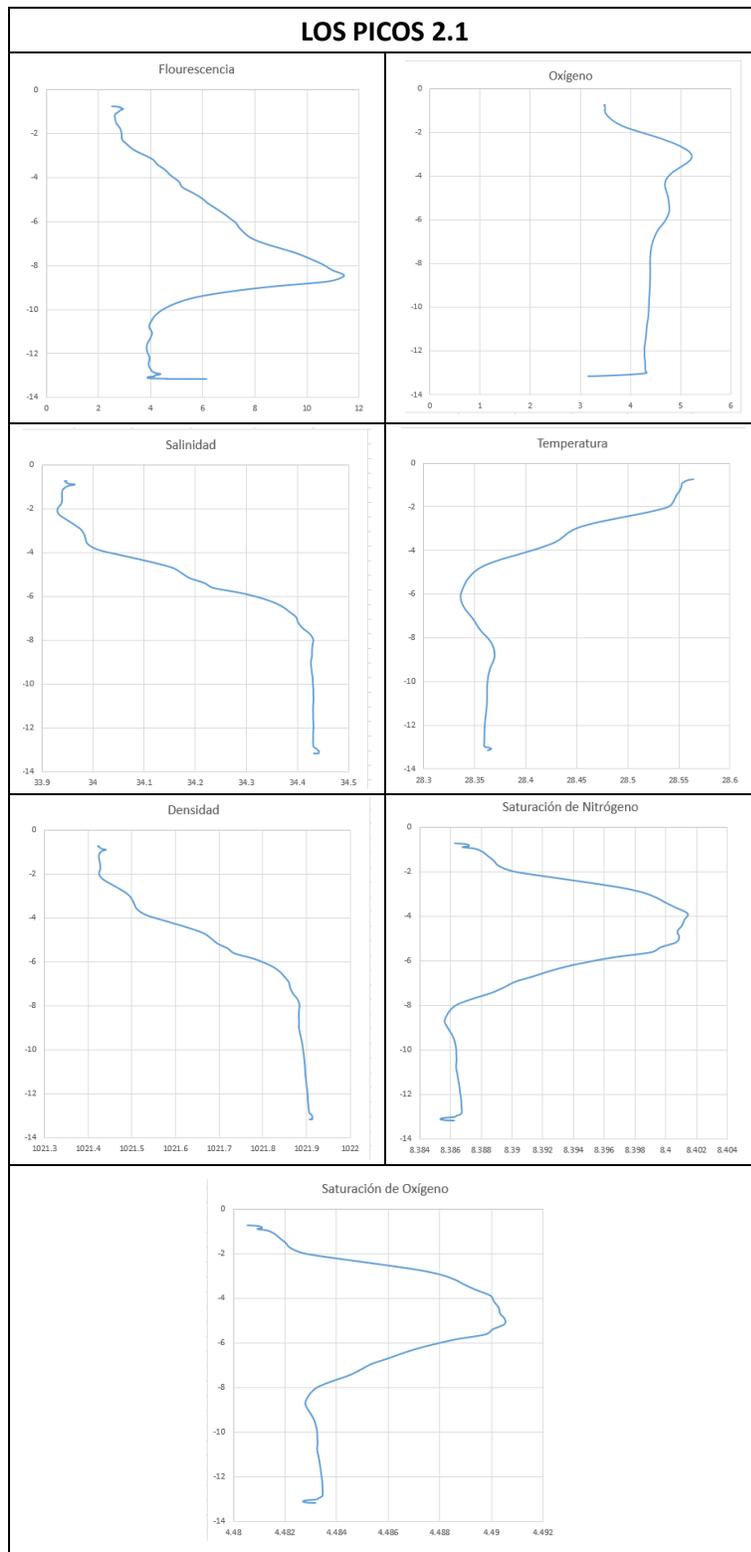


Figura 39. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 2, lance 1. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno

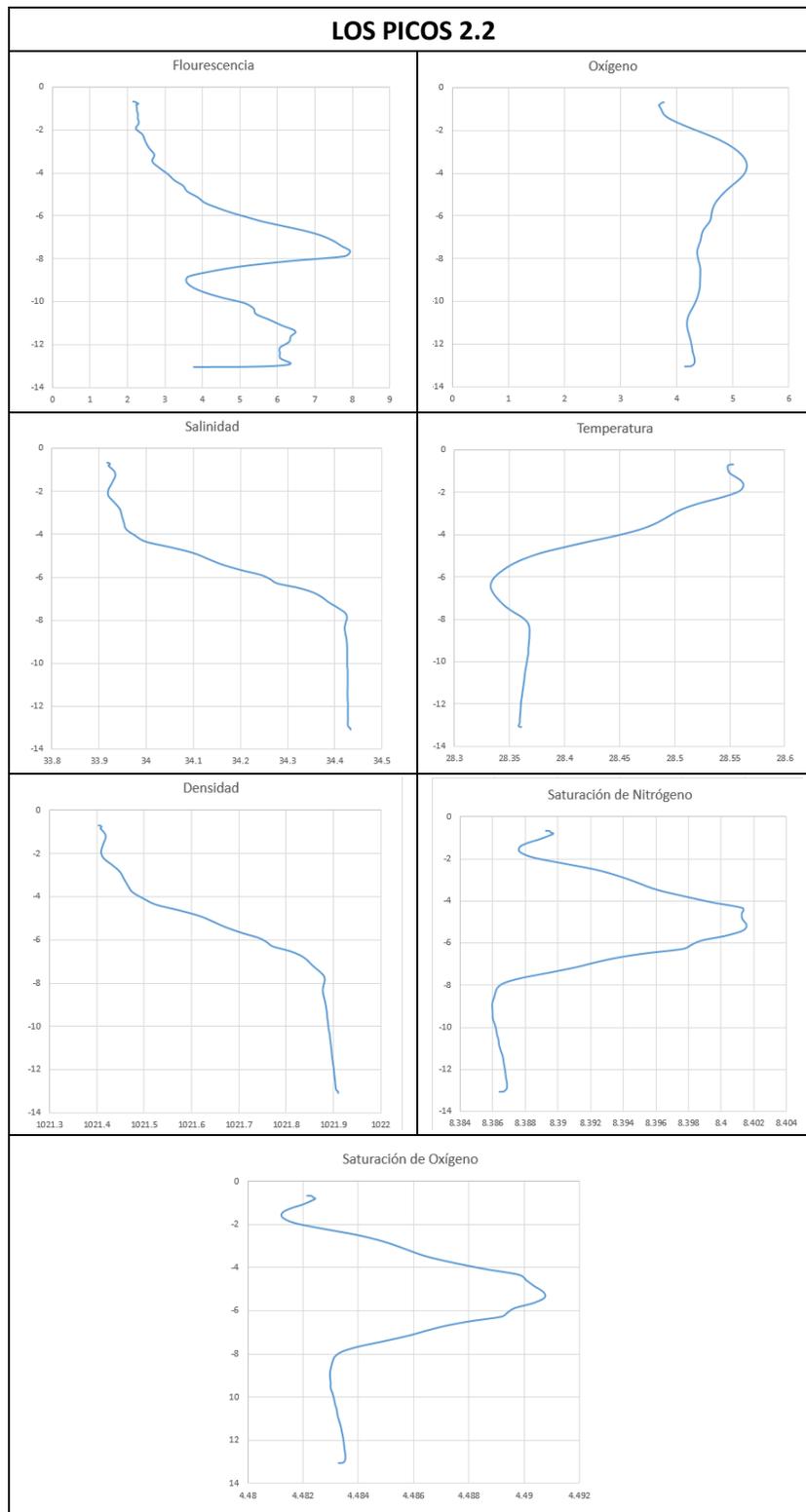


Figura 40. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 2, lance 2. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno

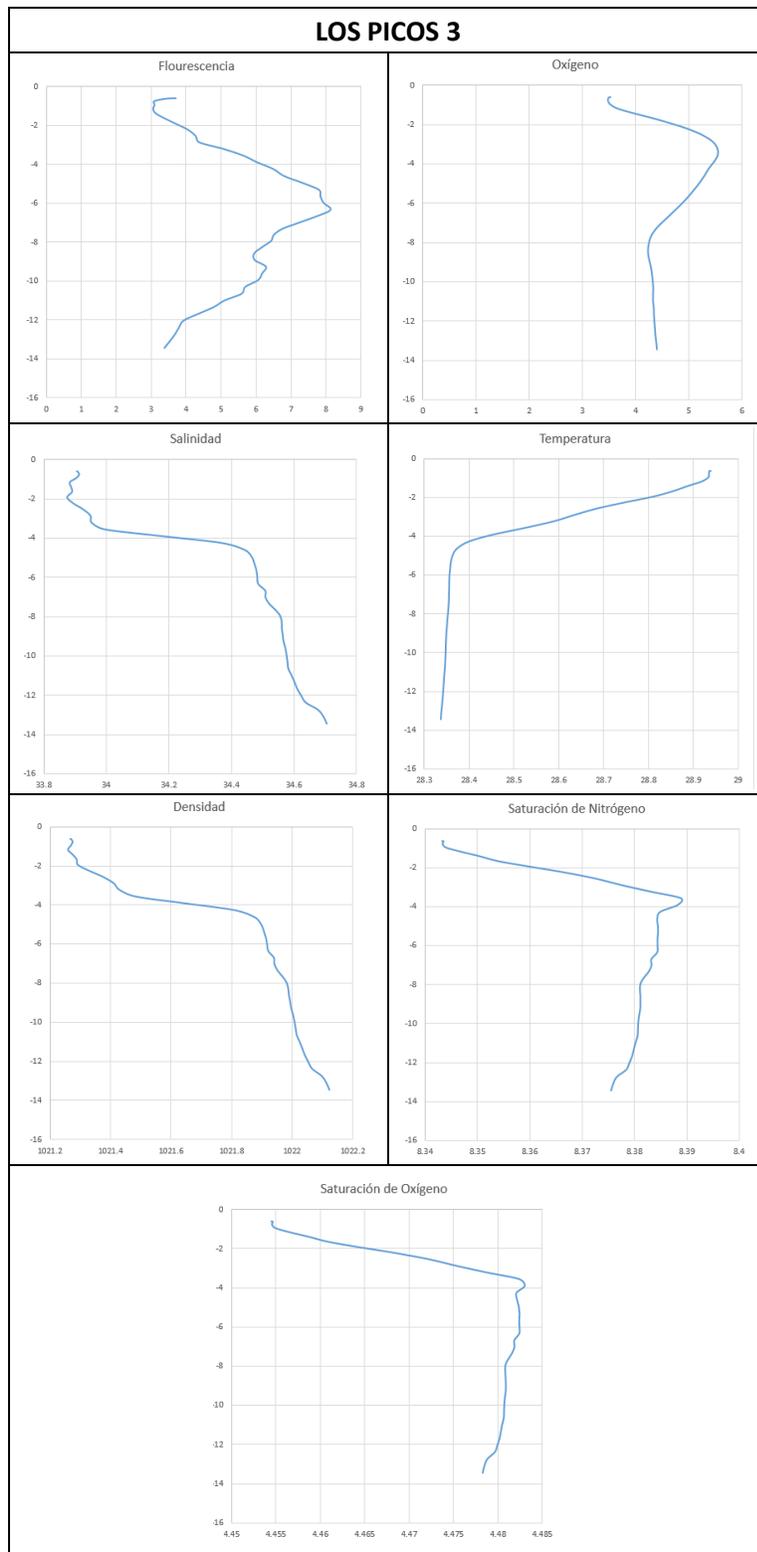


Figura 41. Variables ambientales de la estación Los Picos punto 3. A) Fluorescencia B) Oxígeno C) Salinidad D) Temperatura E) Densidad F) Saturación de Nitrógeno G) Saturación de oxígeno

6.4 Relación de los poríferos con los sedimentos

6.4.1 Análisis granulométrico

La composición del sedimento en el arrecife “Los Picos” fue predominantemente de arenas medias de un 54-87.8%, seguido de arenas gruesas en el sitio LP1 y LP3 (8.3% y 10.4%, respectivamente); mientras que en el sitio LP2 fue seguido por gravas muy finas con un 19.7%. Además, los sitios LP2 y LP3 tuvieron una cantidad importante de limos con el 4.8% y 4.2% respectivamente (Fig. 42).

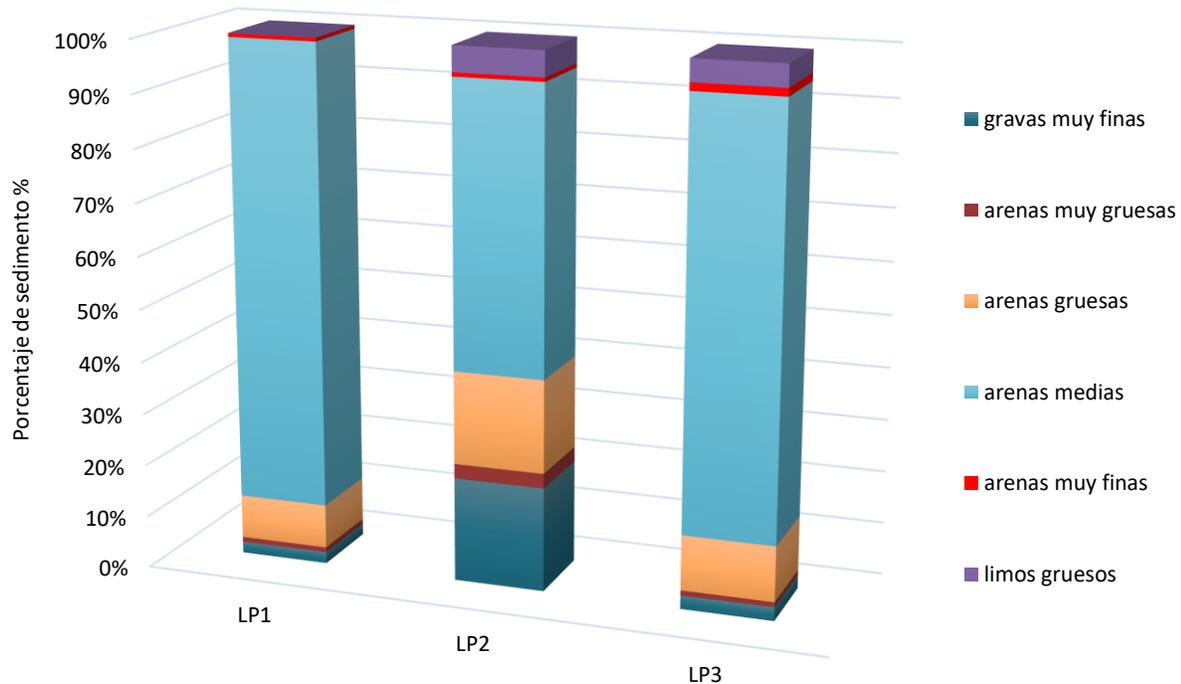


Figura 42. Porcentaje de sedimentos presentes por sitio de muestreo en el arrecife “Los Picos”.

La clasificación de los sedimentos del arrecife fue de mal clasificado (LP2) a muy bien clasificado (LP1), siendo dominados por arenas medias (LP1 y LP3) y gruesas (LP2) (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados (ϕ) del análisis granulométrico del arrecife “Los Picos”, según el método de Folk y Ward (1957).

| | LP1 | LP2 | LP3 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Tamaño de grano (x) | 1.716 | 0.742 | 1.721 |
| Desviación estándar (σ) | 0.314 | 1.740 | 0.702 |
| Grado de asimetría (Sk) | -0.318 | -0.379 | 0.196 |
| Curtosis gráfica (K) | 2.025 | 1.989 | 5.100 |
| Textura | Arena media | Arena gruesa | Arena media |
| Clasificación | Muy bien clasificado | Mal clasificado | Moderadamente clasificado |
| Asimetría | Asimétrico hacia tamaños muy gruesos | Asimétrico hacia tamaños muy gruesos | Asimétrico hacia tamaños finos |
| Curtosis | Muy leptocurtico | Muy leptocurtico | Extremadamente leptocurtico |

6.4.2 Fijación al sustrato

Una de las observaciones hechas a cada individuo es el tipo de sustrato en el que fueron colectados, a fin de ayudar en su identificación y descripción de hábitos (Gómez 2002). Dentro de un sistema dominado por sedimentos arenosos y esponjas, es importante conocer las estrategias que siguen los organismos sésiles, para garantizar su desarrollo y supervivencia (Cerrano *et al.* 2007, Schönberg 2015). En el caso específico del arrecife Los Picos, los poríferos colectados se encontraron adheridos a 11 sustratos distintos; donde sólo el 2.15% de los organismos tuvo preferencia por el sustrato arenoso, mientras que el 52.69% se encontró en sustratos rocosos (Fig. 43).

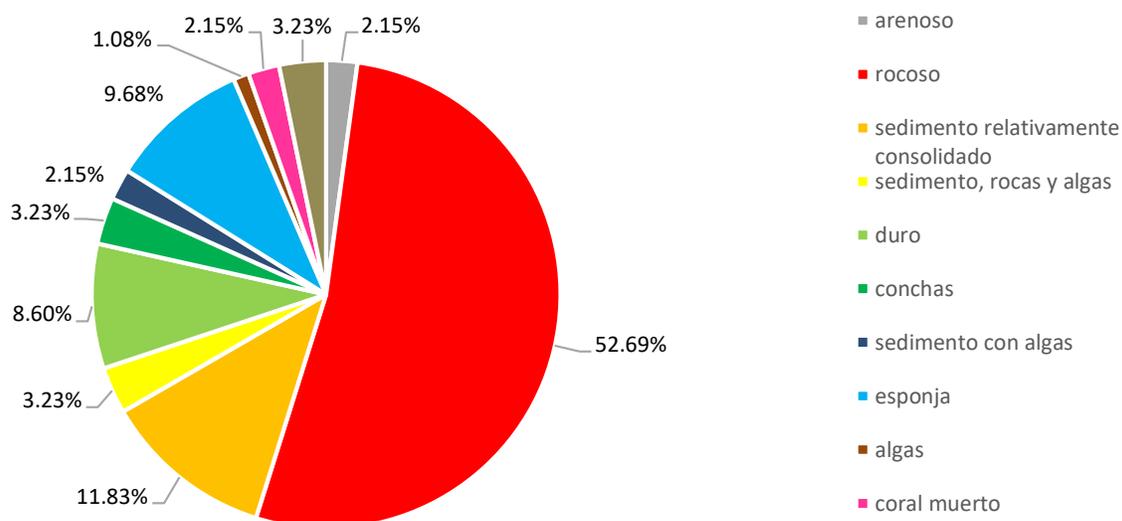


Figura 43. Sustratos a los que se encontraron adheridas las muestras de poríferos.

6.5 Descripción de la comunidad

6.5.1 Asociación entre especies de poríferos

Al analizar los individuos obtenidos en las muestras se encontró que el 28.17% de éstas presentaba asociación entre especies, siendo los géneros *Aplysina* y *Haliclona* (*Soestella*) aquellos que tienden a formar mayor cantidad de asociaciones (31.6% del total de asociaciones, 18.4% y 13.2% respectivamente) (Fig. 44).

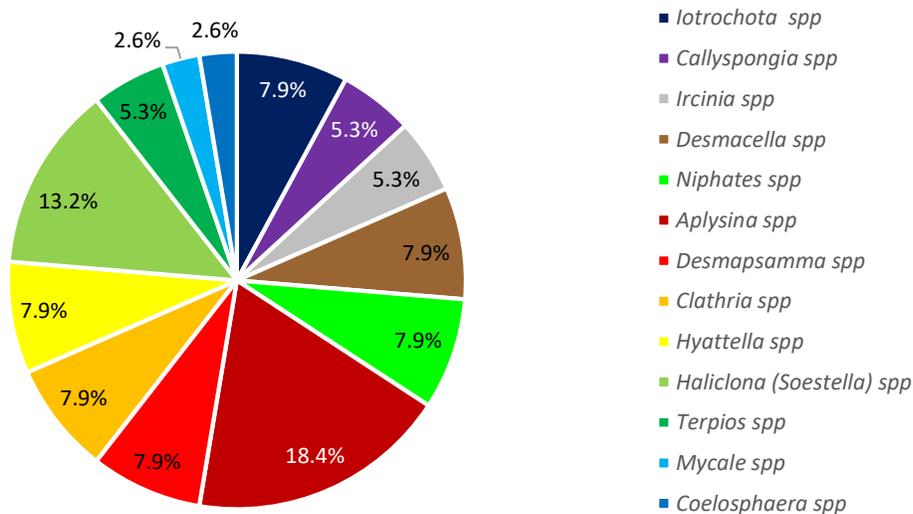


Figura 44. Porcentaje de asociación de especies por género.

6.5.2 Cobertura de poríferos

Al realizar el análisis de cobertura de manera visual se detectaron cuatro elementos principales del medio: esponjas, algas, sustrato arenoso y otros (se incluyen otros organismos y tipos de sustrato como guijarros; además de los elementos sin identificar); donde las esponjas son el componente con mayor porcentaje de cobertura con el 47.03% (Fig. 45).

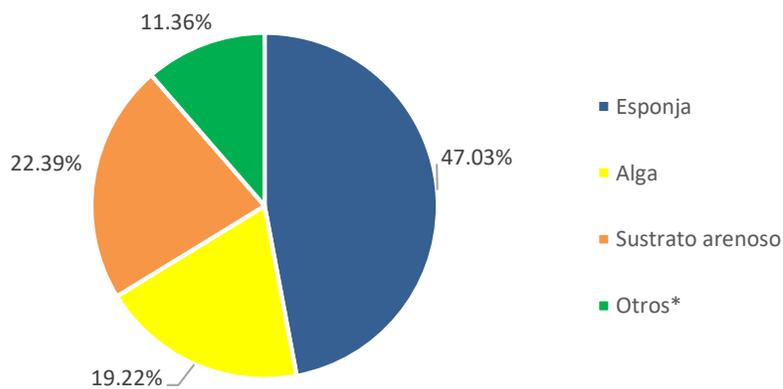


Figura 45. Elementos del medio en el arrecife "Los Picos". *Se incluyen otros organismos y tipos de sustrato como guijarros; así como, elementos sin identificar.

De manera más específica se lograron identificar cinco tipos de esponjas (tres especies y dos géneros), dejando a todos los demás especímenes agrupados en la categoría “otras esponjas”; mientras que el grupo denominado “otros” se separó en tres categorías: guijarros, otros organismos (diferentes a poríferos) e indeterminado. Dentro de las esponjas identificadas, el género *Aplysina* presentó la mayor cobertura con un 2.41%, seguido de la especie *Amphimedon compressa* con un 2.37% (Fig. 46).

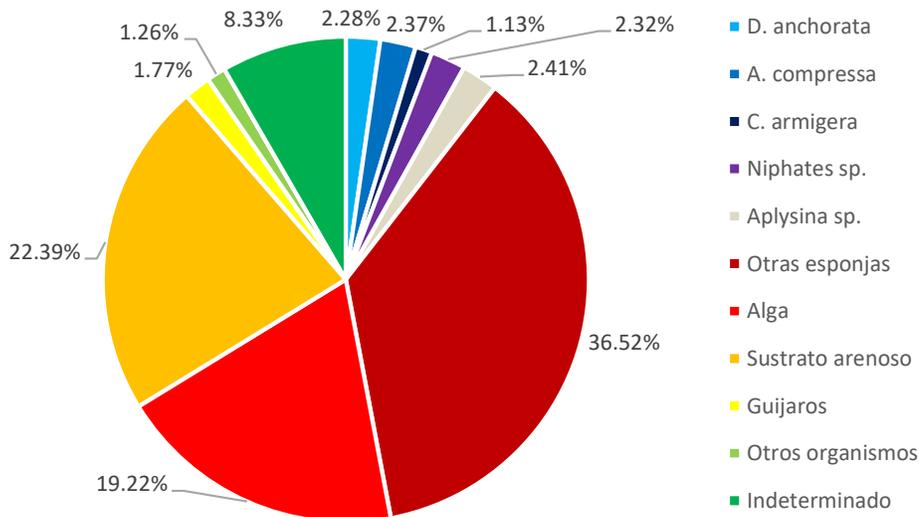


Figura 46. Elementos específicos del medio en el arrecife “Los Picos”.

Estos valores pueden considerarse representativos para la totalidad del arrecife, ya que si se analizan a detalle las coberturas registradas por cada transecto se observa que están son similares sin tener variaciones mayores, tanto en el análisis general (Tabla 5) como en el específico (Tabla 6).

Tabla 5. Porcentajes de cobertura por elemento presente en el medio por transecto. *Se incluyen otros organismos y tipos de sustrato como guijarros; así como, elementos sin identificar.

| Elementos del medio | | | | | |
|---------------------|---------|-------|------------------|--------|--------|
| | Esponja | Alga | Sustrato arenoso | Otros* | Suma |
| Transecto 1 | 53.47 | 23.67 | 15.03 | 7.83 | 100.00 |
| Transecto 2 | 52.14 | 14.67 | 19.72 | 13.47 | 100.00 |
| Transecto 3 | 47.50 | 18.75 | 25.14 | 8.61 | 100.00 |
| Transecto 4 | 35.00 | 19.81 | 29.68 | 15.51 | 100.00 |

Tabla 6. Porcentajes de cobertura por elemento específico presente en el medio por transecto. *Elementos sin identificar.

| # Transecto | Esponjas | | | | | | Sustrato | | | | S/I* | Suma |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------|------------------|-----------|------------------|-------|---------------|
| | <i>D. anchorata</i> | <i>A. compressa</i> | <i>C. armigera</i> | <i>Niphates sp.</i> | <i>Aplysina sp.</i> | Otras esponjas | Alga | Sustrato arenoso | Guijarros | Otros organismos | | |
| Transecto 1 | 3.83 | 6.39 | 2.67 | 3.14 | 2.64 | 34.81 | 23.67 | 15.03 | 1.53 | 0.50 | 5.81 | 100.00 |
| Transecto 2 | 2.03 | 1.28 | 0.31 | 2.14 | 2.06 | 44.33 | 14.67 | 19.72 | 2.50 | 1.53 | 9.44 | 100.00 |
| Transecto 3 | 0.75 | 1.53 | 0.89 | 2.17 | 1.08 | 41.08 | 18.75 | 25.14 | 1.81 | 1.67 | 5.14 | 100.00 |
| Transecto 4 | 2.51 | 0.28 | 0.64 | 1.85 | 3.86 | 25.86 | 19.81 | 29.68 | 1.25 | 1.33 | 12.93 | 100.00 |

6.5.3 Frecuencia

Dentro del transecto 1 realizado en el arrecife se identificaron 25 especies, de las cuales 12 son predominantes (Fig. 47), lo que corresponde al 48% de las especies observadas; mientras que el resto de las especies se catalogaron como abundantes (28%) y frecuentes (24%) (Fig. 48).

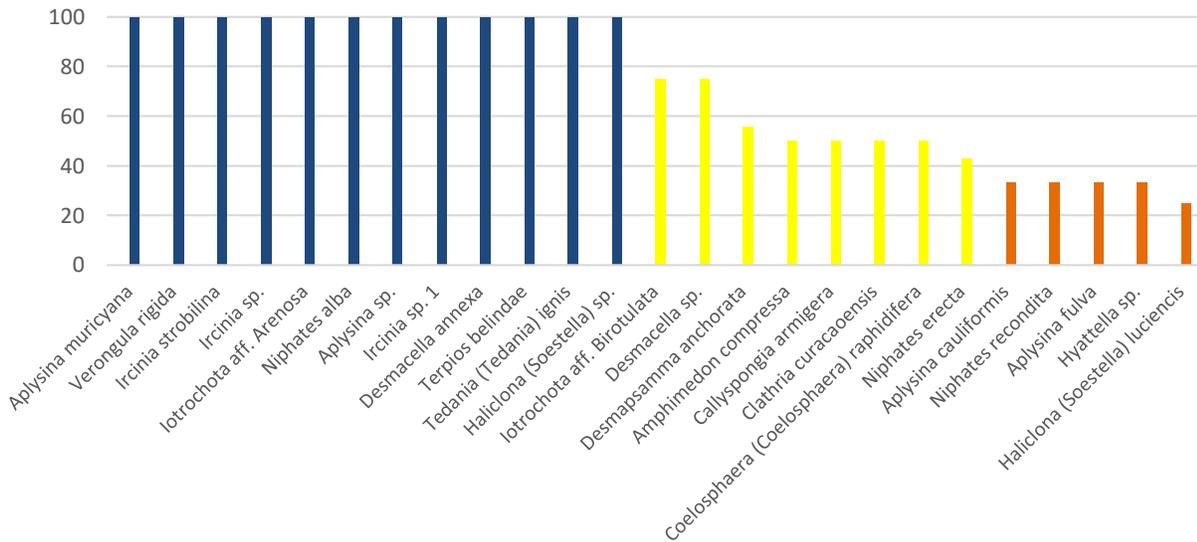


Figura 47. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 1.

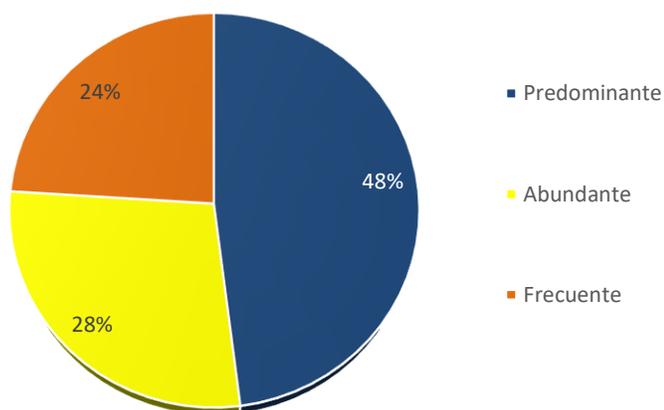


Figura 48. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 1.

Dentro del transecto 2 realizado en el arrecife se identificaron 11 especies, de las cuales 6 son predominantes (Fig. 49), lo que corresponde al 55% de las especies observadas; mientras que el resto de las especies se catalogaron como abundantes, frecuentes (18% cada una) y *Aplysina cauliformis* como presente (9%) (Fig. 50).

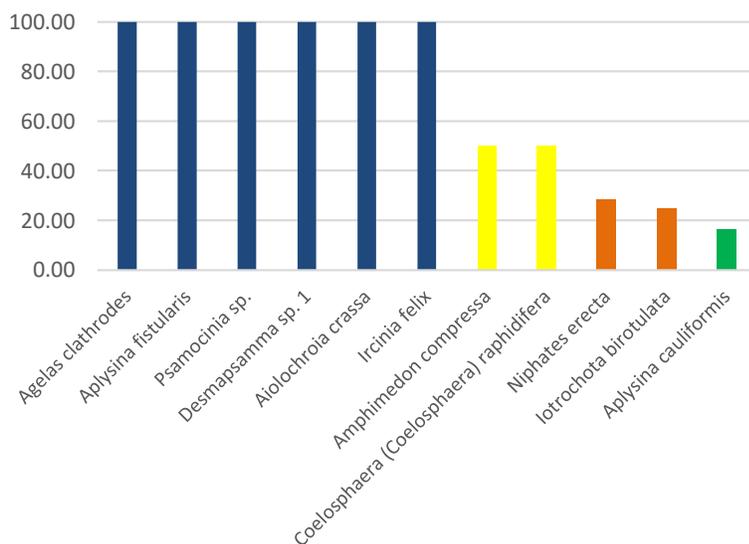


Figura 49. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 2.

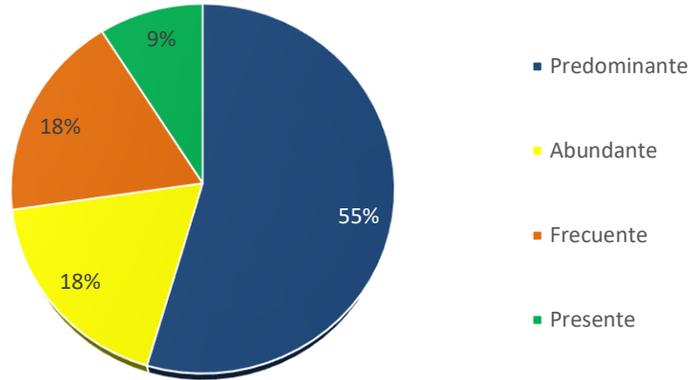


Figura 50. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 2.

Dentro del transecto 3 realizado en el arrecife se identificaron 13 especies, de las cuales *Lissodendoryx colombiensis*, *Clathria campecheae*, *Mycale laevis* y *Geodia gibberosa* son predominantes (Fig. 51), lo que corresponde al 29% de las especies observadas; mientras que el resto de las especies se catalogaron como abundantes (50%) y frecuentes (21%) (Fig. 52).

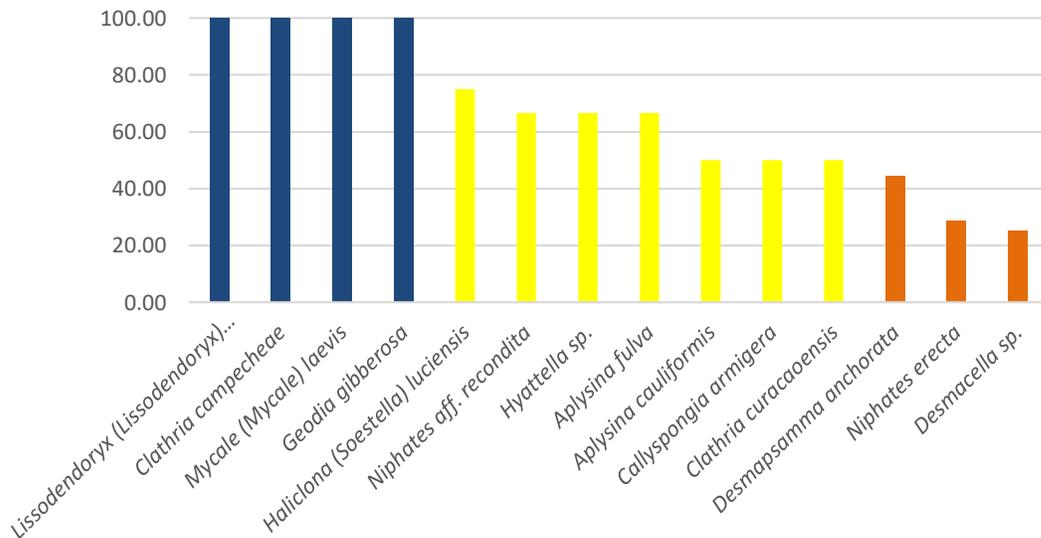


Figura 51. Frecuencia de aparición de especies en el transecto 3.

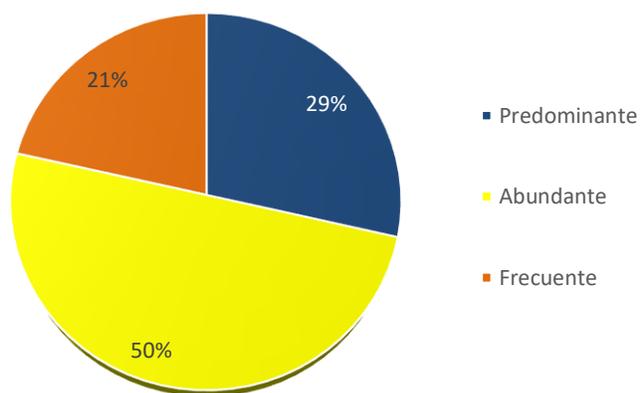


Figura 52. Porcentaje de frecuencia de aparición de especies conforme a Licea (1974) en el transecto 3.

6.5.4 Abundancia

De las muestras obtenidas se lograron identificar 86 individuos pertenecientes a 36 especies de las cuales *Desmmapsama anchorata* es la más abundante con nueve individuos, seguida de *Niphates erecta* con siete y *Amphimedon compressa* y *Aplysina cauliformis* ambas con seis individuos (Fig. 53). Estos individuos representan el 32.94% del total de los individuos identificados (Fig. 54).

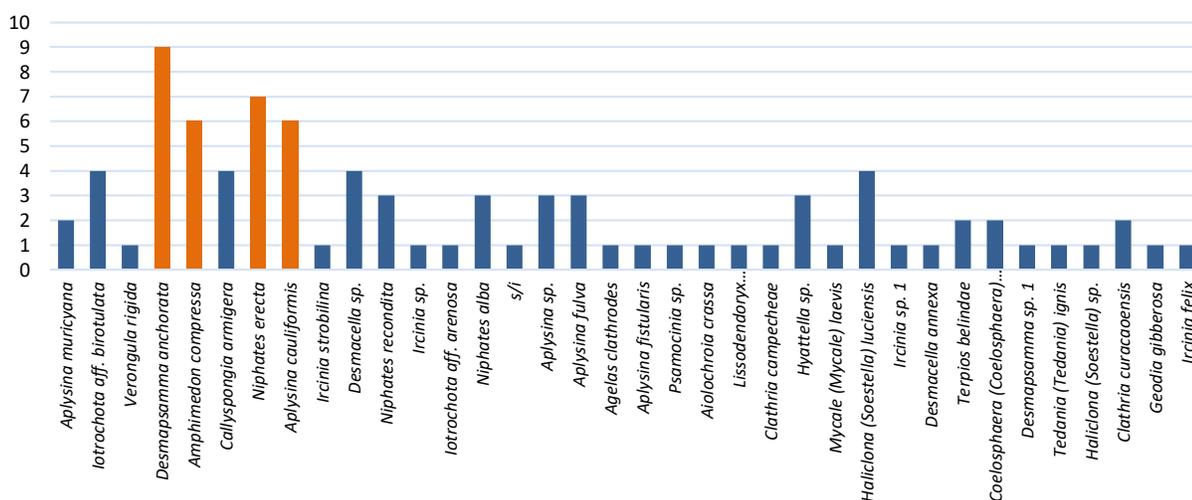


Figura 53. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el arrecife “Los Picos”.

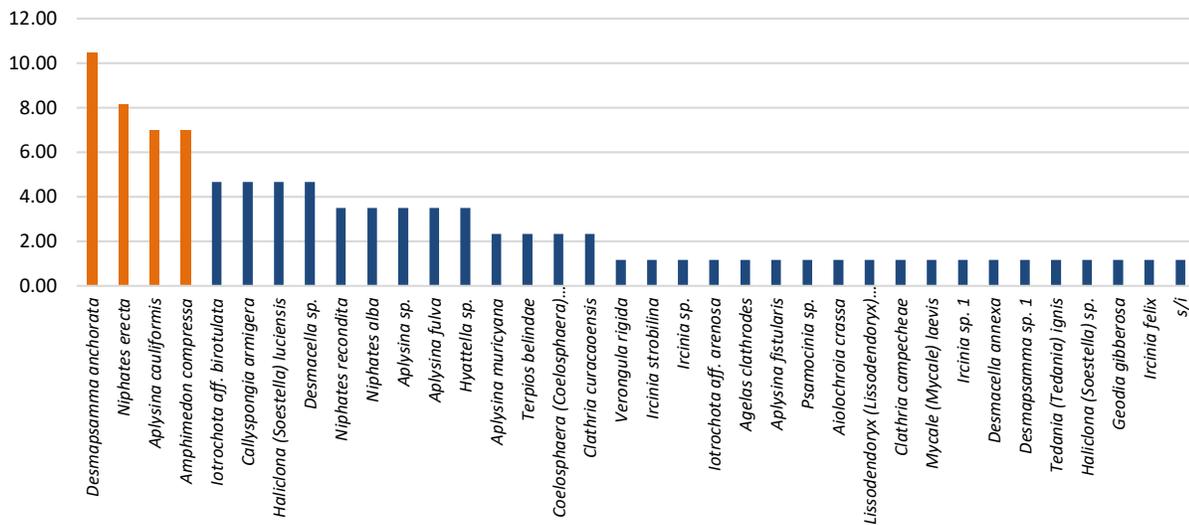


Figura 54. Abundancia relativa de las especies de poríferos encontradas en el arrecife “Los Picos”.

Al realizar el análisis de los individuos por transecto de muestreo se observó que a lo largo del transecto 1 se identificaron un total de 25 especies de las cuales *Desmapsamma anchorata* fue la más abundante con cinco individuos (Fig. 55), representando el 11.11% de los individuos.

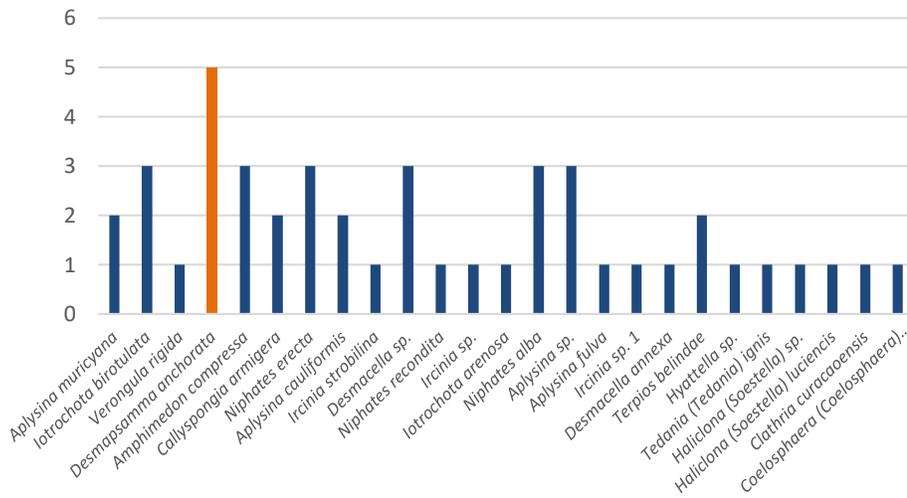


Figura 55. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”.

Mientras que en el transecto 2 se identificaron un total de 11 especies, de las cuales *Amphimedon compressa* fue la más abundante con tres individuos (Fig. 56), lo que representa el 21.43%.

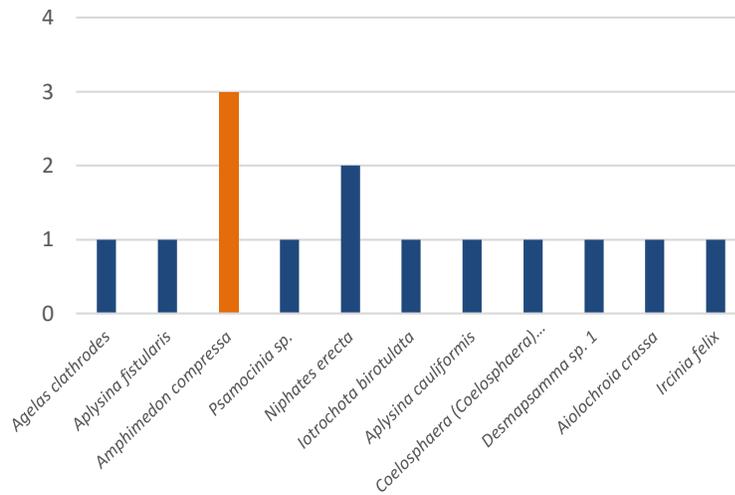


Figura 56. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”.

Por su parte, en el transecto 3 se identificaron 14 especies de las cuales *Desmapsamma anchorata* fue la más abundante con cuatro individuos (Fig. 57), representando el 15.38% del total de individuos.

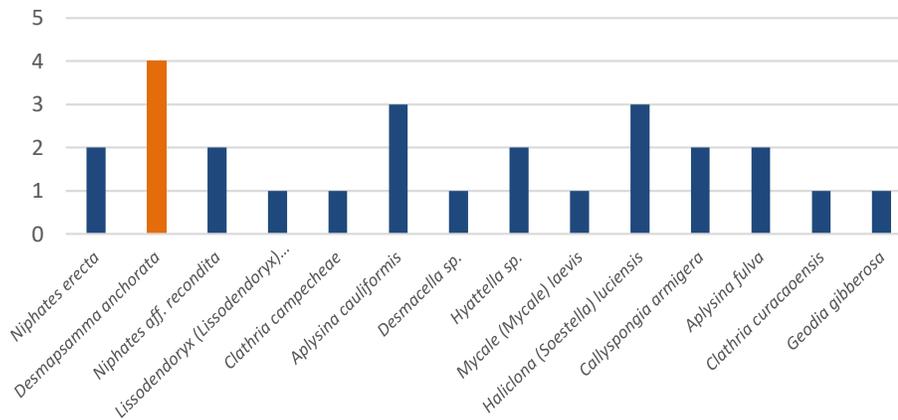


Figura 57. Abundancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”.

6.5.5 Dominancia

En el transecto 1 los valores de dominancia fluctuaron de 0.18 a 0.04, siendo la especie *Desmapsamma anchorata* la que presentó la mayor dominancia (Fig. 58).

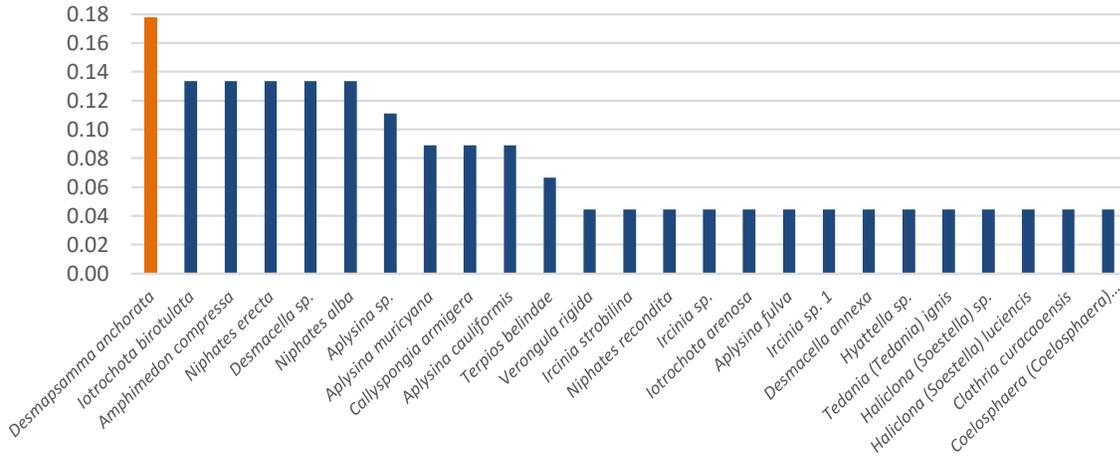


Figura 58. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”.

Para el transecto 2 los valores de dominancia fluctuaron de 0.36 a 0.14, siendo la especie *Amphimedon compressa* la que presentó la mayor dominancia (Fig. 59).

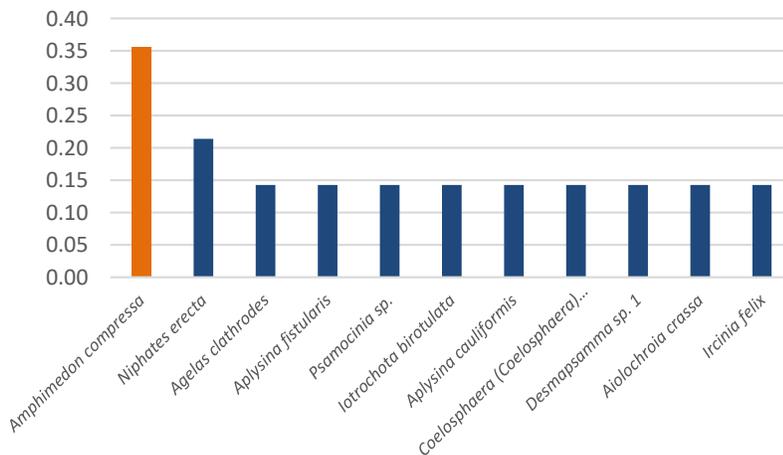


Figura 59. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”.

Finalmente, en el transecto 3 los valores de dominancia fluctuaron de 0.27 a 0.08, siendo la especie *Desmapsamma anchorata* la que presentó la mayor dominancia (Fig. 60).

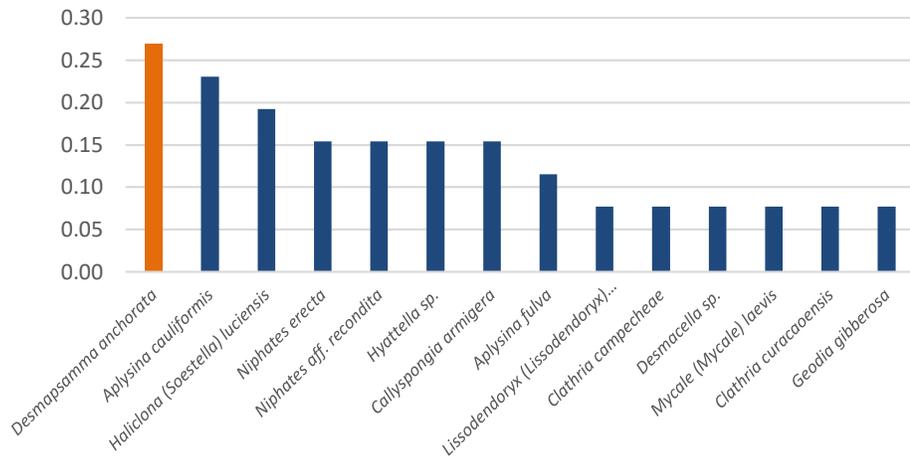


Figura 60. Dominancia total de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”.

6.5.6 Índice de Valor de Importancia (IVI)

En el transecto 1, la especie *Desmapsamma anchorata* fue la que presentó el mayor valor de IVI, seguida por *Aplysina muricyana*, *Iotrochota birotulata* y *Amphimedon compressa* (Fig. 61). Además, *D. anchorata* también presentó el valor mayor de abundancia relativa; mientras que, *A. muricyana* fue la especie con mayor dominancia relativa.

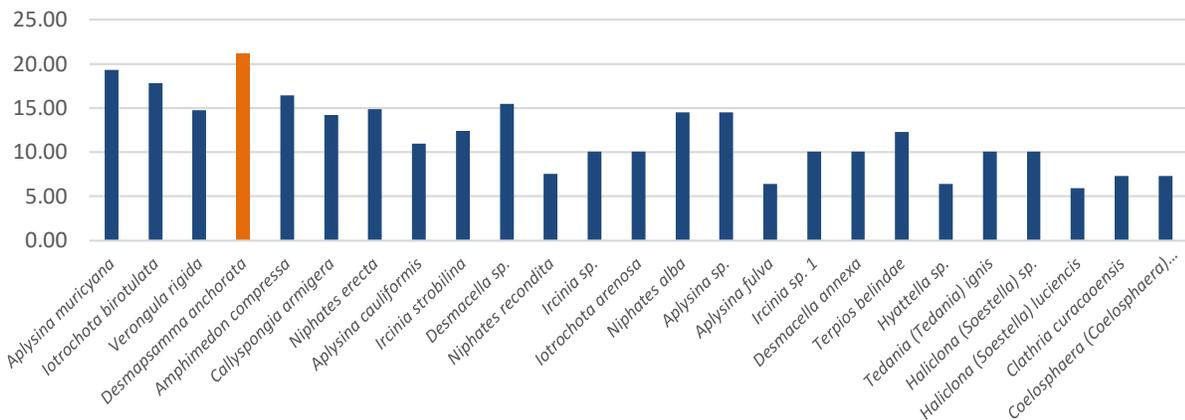


Figura 61. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 1 en el arrecife “Los Picos”.

En el transecto 2, la especie con un valor de IVI mayor fue *Agelas clathrodes* seguida de *Amphimedon compressa* y *Aplysina fistularis* (Fig. 62). Además, *A. compressa* también presentó la mayor abundancia relativa y *A. clathrodes* la mayor dominancia relativa.

Por su parte, en el transecto 3, *Desmapsamma anchorata* fue la especie con mayor IVI seguida de *Niphates recóndita* y *N. erecta* (Fig. 63); además, esas mismas especies presentan los valores mayores de dominancia relativa. Mientras que la mayor abundancia relativa la presentan *D. anchorata*, *Aplysina cauliformis* y *Haliclona (Soestella) luciensis*.

6.5.7. Diversidad alfa

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') para el arrecife “Los Picos” fue de 3.3, lo cual es representativo de una comunidad diversa (Golicher, 2008), mientras que el índice de equitatividad de Pielou (J') tuvo un valor de 0.92, lo que indica que las abundancias están repartidas de manera uniforme o equitativa entre las especies, lo cual parece evidenciar una comunidad sin aparente deterioro. Estos mismos análisis por transecto arrojaron valores de H' de 3.03, 2.3 y 2.52 respectivamente, con equitatividad J' de 0.94, 0.95 y 0.95 para cada uno de ellos. Valores que indican que las comunidades en cada transecto son diversas y las abundancias de las especies presentes en ellos están repartidas de manera equitativa.

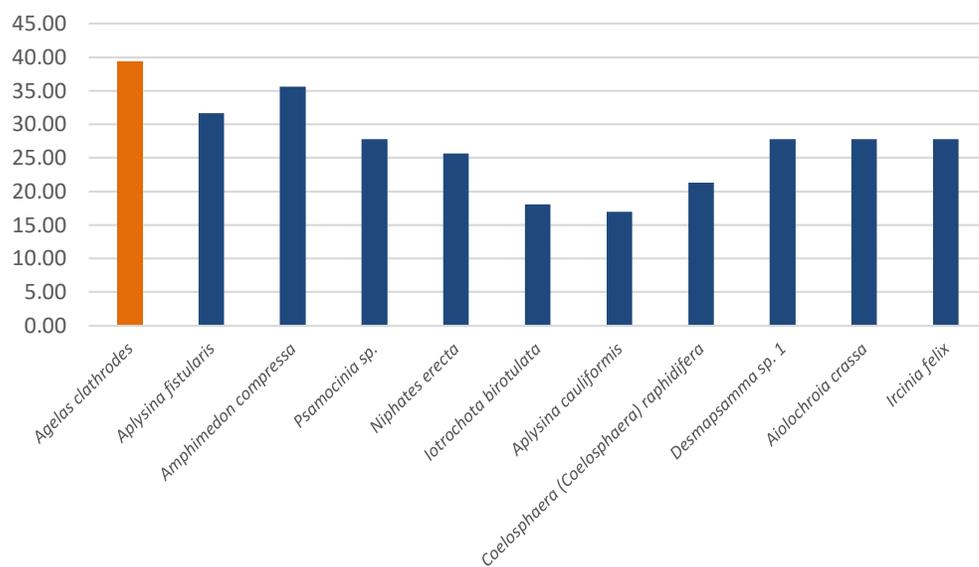


Figura 62. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 2 en el arrecife “Los Picos”.

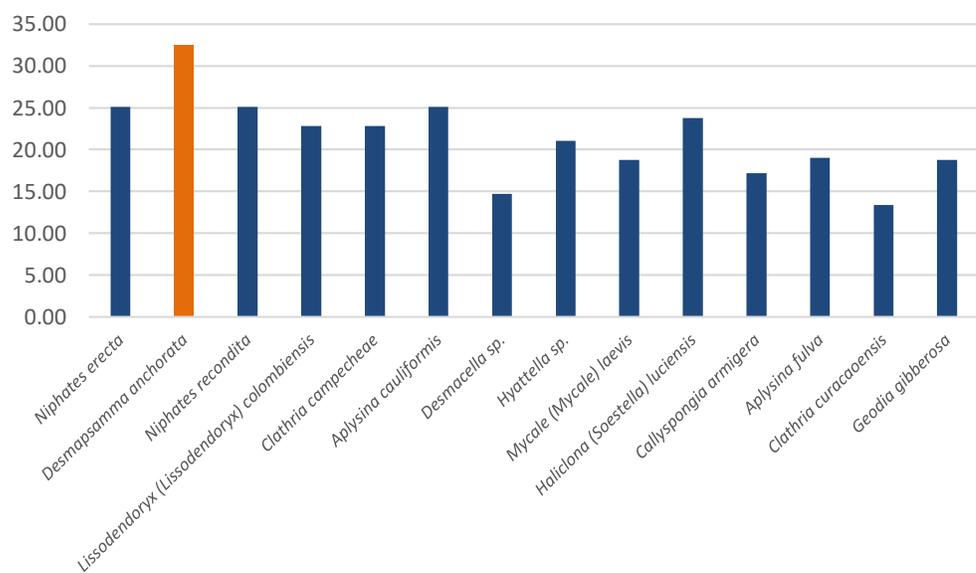


Figura 63. Valor de importancia de las especies de poríferos encontradas en el transecto 3 en el arrecife “Los Picos”.

7. DISCUSIÓN

El número total de 36 especies registradas en este estudio es relevante si se considera que, hasta el 2016, el inventario de esponjas en el SAV comprendía 52 especies (Gómez 2002, 2007, Ugalde *et al.* 2015); mientras que para el CASGM era de 74 (de la Cruz-Francisco y González-González 2016), de las 100 especies que se estima existen (Gómez 2011). Además, de ser mayor, a las registradas en la zona de los arrecifes de Los Tuxtla (31 sp. en cuatro arrecifes) (González-Gándara *et al.* 2015).

Las 36 especies registradas en este estudio para el arrecife “Los Picos”, es mayor a las reportadas con anterioridad para arrecifes en solitario a lo largo del CASGM, donde el arrecife La Blanquilla contó con 20 especies (Green *et al.* 1986), el arrecife Chopas con 15 especies (García-González 1994) y el arrecife Tuxpan con 18 especies (González-Gándara *et al.* 2009). Sin embargo, es similar a lo reportado en los arrecifes Enmedio con 32 especies (de la Cruz-Francisco *et al.* 2016) y Oro Verde con 35 especies (de la Cruz-Francisco y Bandala-Pérez 2016), ambos dentro del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) al norte del corredor.

No obstante, debe tomarse en cuenta que la diferencia en el número de especies registradas en cada sitio, hasta la fecha, pueden estar condicionadas a varios factores: a) el esfuerzo de muestreo, el cual puede estar influenciado por el interés de investigación, recursos económicos (aspectos logístico-económicos), y/o accesibilidad al sitio de estudio (Zepeda-Borja 2013, Díaz-Torres 2014, Valencia- González 2014, Martínez-Vargas 2015); b) las características propias del ambiente por sitio, ya que, dentro de las comparaciones aunque todos son sistemas arrecifales, no todos son de origen coralino, lo que afecta directamente sobre la abundancia y diversidad de especies de poríferos (Wilkinson y Vacelet 1979, Alcolado 1990, Wulff 1995, Bell y Barnes 2000); o bien, c) la dificultad de identificación del phylum, dada su plasticidad morfológica, que obliga en muchos casos a hacer trabajo con equipo especializado en laboratorio (Wulff 2001, Gómez 2007, Bell *et al.* 2006, George *et al.* 2018).

El número de nuevos registros para el sitio (15, 13 especies y 2 géneros) es importante dado que representan el 41.67% de las especies descritas en el arrecife, un aporte que resulta valioso para la

diversidad de poríferos del área, por lo cual el inventario del SAV pasa de 52 a 67 especies y el del CASGM de 74 a 85, acercándose esta cifra a las 100 especies estimadas por Gómez (2011).

A pesar del importante número de especies encontradas en el sitio, es notoria la falta de registro de especies de hábitos crípticos (ej. esponjas perforadoras), lo cual estaría directamente relacionado al modelo de muestreo del presente estudio; ya que este tipo de organismos, pasan desapercibidos en muestreos convencionales al no estar expuestos en los fondos marinos (Rützler *et al.* 2014, de la Cruz-Francisco y González-González 2016).

En cuanto a los morfotipos encontrados en el sitio, coincide con los reportes de Bell *et al.* (2006) quienes señalan que los morfotipos de tipo ramificado tienden a ser más abundantes en sitios expuestos a gran sedimentación, a fin de evitar la acumulación de sedimento sobre su superficie (Bell y Barnes 2000); teniendo que, en el presente estudio éstos representan el 43.48% de los ejemplares colectados. Otra característica que puede observarse en el sitio de estudio, es que además de presentar formas ramificadas los organismos tienen la tendencia a desarrollarse en formas tubulares (Fig. 64), lo que coincide con lo reportado por Battershill y Bergquist (1990), quienes señalan que las esponjas que habitan en sitios con sedimentos arenosos presentan formas tubulares largas con tolerancia a ser cubiertas por sedimentos, como mecanismo de sobrevivencia. Esto parece indicar que los organismos del medio presentan mecanismos especializados de adaptación (Cerrano *et al.* 2007).

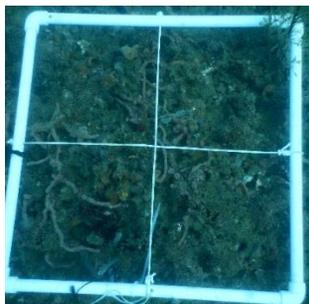


Figura 64. Desarrollo de formas tubulares de distintas esponjas sobre sustrato predominantemente arenoso en el arrecife “Los Picos” (Foto: Alejandro Granados Barba)

Finalmente, es importante poner atención en la cantidad de organismos con morfotipos de bajo perfil (incrustantes); ya que éstos representan poco más de la cuarta parte de los individuos

analizados (27.17%), lo cual es extraño en zonas con estas características (Rützler *et al.* 2000, Bell y Smith 2004, Bell 2007). Debe considerarse que la presencia de éstos podría estar relacionado a que este tipo de crecimiento es rápido, lo que facilita la competencia por el sustrato (Jackson 1997); a la dinámica oceanográfica de la zona de estudio, pues se ha demostrado que las formas incrustantes tienden a favorecerse en áreas con disturbio por oleaje, viento e incidencia de luz (Palumbi 1984, Bell y Barnes 2000, Bell y Smith 2004, Bell 2007, Fuster-Prohens 2017, George *et al.* 2018), para lo cual se recomienda realizar estudios enfocados en la zona a fin de determinar si la dinámica del ambiente tiene efecto en la morfología de los organismos. O bien, si los organismos de forma incrustante presentan mecanismos especializados para un desarrollo favorable en sitios con estas condiciones de sedimentación y tipo de sedimento (ej. *Iotrochota arenosa*; Bautista-Guerrero *et al.* 2006, Cerrano *et al.* 2017).

7.1 Variables ambientales

Los perfiles de las variables ambientales obtenidos dentro del arrecife difieren del punto muestreado fuera del arrecife; principalmente, se puede observar que, en el punto externo al arrecife, el pico máximo se encuentra alrededor de los 3.5-4.5 m de profundidad, lo que es dos metros antes que los registrados en los lances dentro del arrecife. Esto demuestra que los organismos presentes en el arrecife influyen sobre los valores de concentración de nitrógeno, clorofila-*a*, temperatura y salinidad.

Las variaciones observadas de manera puntual en las variables ambientales pueden ser explicadas con la presencia de los organismos del arrecife “Los Picos”, pues en estudios anteriores se ha observado que la presencia de organismos filtradores, específicamente esponjas, ejercen un fuerte control sobre las comunidades planctónicas y las condiciones ambientales (ciclos biogeoquímicos, concentración de oxígeno; Hily 1991, Díaz y Ward 1997, Díaz y Rützler 2001, Becerro 2008, Bell 2008); mientras que variables como la temperatura y salinidad tienen influencia sobre la diversidad, crecimiento y supervivencia de poríferos (Boyer *et al.* 1997, Nava-Bravo 2008, Duckworth y Stubler 2012, Wildermann 2012, Kersken *et al.* 2016, Mark *et al.* 2018)

Caso especial son los datos obtenidos para temperatura y saturación de nitrógeno, ya que presentan un comportamiento distinto al resto de las variables pues se observa que, para ambas, los perfiles

obtenidos en sus dos lances del punto 1 (dentro del arrecife) tienen una pendiente contraria a las obtenidas en el punto 2 y 3. Específicamente en el caso de la temperatura, esta presenta su valor máximo (28.6 °C) a una profundidad de 10.59 m; no obstante, este valor es aproximadamente igual al registrado en el punto 3, donde la temperatura alcanzó los 28.9 °C en superficie (0.61 m) por arriba de la picnoclina y no por debajo de la picnoclina como en el punto 1.

Por otro lado, los niveles de saturación de nitrógeno en los lances del punto 1 muestran sus valores máximos (8.45 y 8.44 ml l⁻¹) en superficie (0.65 m y 0.98 m, respectivamente), mientras que en los puntos 2 y 3 se presentan a una profundidad de 3.88 m - 5.15 m, con valores de 8.39-8.40 ml l⁻¹. Esto muestra la importancia de los organismos observados en el punto 1, donde los niveles de saturación de nitrógeno se encuentran a profundidades bajo la picnoclina, mientras que en los otros dos puntos estos valores se localizaron arriba de la picnoclina.

Aun cuando de manera puntual se aprecian diferencias en las mediciones de las variables ambientales dentro y fuera del arrecife, se recomienda hacer un estudio más a fondo sobre las condiciones ambientales y sus fluctuaciones, ya que con los datos reportados en el presente trabajo no se puede llegar a determinar el tipo de relación entre las variables y los poríferos presentes. A pesar de eso, los datos obtenidos coinciden con lo reportado previamente por Caballero-Rosas (1990), Riveron-Enzastiga (2016) y Avendaño-Álvarez *et al.* (2017) para el SAV.

7.2 Relación de los poríferos con el sedimento

7.2.1 Tipo de sedimento

Los sedimentos encontrados en el arrecife “Los Picos” fueron principalmente arenas medias, aunque las categorías encontradas fueron desde limos gruesos hasta gravas muy finas. En particular la cantidad de arenas y limos que representan cerca del 95%, excepto para LP2 que presenta casi 20% de gravas muy finas. Este tipo de sedimento indica que las velocidades de las corrientes de la zona no son muy altas, ya que por las proporciones y tamaños de las gravas se infiere que este no es un sedimento “lavado” (Cristobo *et al.* 1992). Específicamente, la cantidad de arenas y limos se explica por la influencia de los ríos Jamapa y Papaloapan, los cuales favorecen a una alta tasa de deposición de sedimentos terrígenos (Krutak 1997, Liddell 2010).

7.2.2 Fijación al sustrato

A pesar de que el arrecife “Los Picos”, es un ambiente dominado por sedimento, los poríferos muestreados presentan una preferencia por la fijación a sustratos duros y semiconsolidados, mientras que sólo el 2.15% se encontró adherido a sustrato arenoso. Esto concuerda con lo descrito por Sará y Vacelet (1973), Battershill y Bergquist (1990) e Ilan y Abelson (1995), quienes sugieren que las esponjas desarrolladas en este tipo de ambientes se fijan a sustratos duros de tamaños pequeños lo que da la apariencia de crecer sobre el sedimento. Además, estudios como los realizados por Sankar *et al.* (2016) y Costa *et al.* (2018), señalan que los sustratos duros o bien consolidados, favorecen al incremento en la riqueza de especies y la supervivencia de los poríferos; así como una rápida adhesión a éstos por parte de los organismos, favorecida en temperaturas cálidas (Duckworth y Stubler 2012).

Aun así, fueron identificados organismos fijados a sustratos suaves (arenas) lo cual es posible dado que es una característica observada en individuos pertenecientes a la clase Demospongiae (Bergquist 1978, Gómez 2002). Además, de los organismos que usaron de sustrato a otros poríferos, lo que supone una asociación entre ellos (ver sección 7.3.1).

7.2.3 Efectos de los sedimentos sobre los poríferos

En este estudio los sedimentos van desde limos gruesos hasta gravas finas (>100µm), lo cual indica que los poríferos presentes pueden enfrentar condiciones sofocantes y de obstrucción por tiempos prolongados (Powell *et al.* 2014, Grant *et al.* 2018), sobre todo aquellos que son típicos de zonas limpias (bajas tasas de sedimentación), llevando a los organismos a desarrollarse en condiciones subóptimas (Bannister *et al.* 2012); sin embargo, existe una alta diversidad de esponjas, la mayor registrada hasta el momento para los arrecifes del CASGM, conformada principalmente por especies tolerantes a altas tasas de sedimentación (ej. *Niphates erecta*) y capacidad de desarrollarse en un hábitat con sustrato suave predominante (arenas medias), así como especies generalistas (Powell *et al.* 2014) y oportunistas de crecimiento rápido (ej. *Tedania ignis*, Wulff 2005). Esto ha tenido efecto sobre los organismos pues tienden a desarrollarse principalmente en morfotipos

ramificados que dan la apariencia de “túbulos” y ser especímenes de tamaño pequeño, pues las esponjas masivas de grandes tamaños no son muy abundantes en el sitio.

Estudios previos han encontrado que aquellos sitios en los que predominan las arenas muy gruesas y gravas con presencia de cascajos son en los que mejor se desarrollan los poríferos por ser los adecuados para la fijación de los individuos (Cristobo *et al.* 1992, Bannister *et al.* 2012). Son zonas con bajos niveles de sedimentación que favorecen el asentamiento larval (Maldonado *et al.* 2008) y propician un aumento en la abundancia de especies (Chávez-Fonnegra *et al.* 2007). No obstante, otros estudios han encontrado que un número apreciable de especies son capaces de crecer en fondos con sedimentos correspondientes a arenas e incluso a arenas fangosas (Cristobo *et al.* 1992, Cerrano *et al.* 2007); así como en sitios con altos niveles de sedimentación (Nava-Bravo *et al.* 2013, Powell *et al.* 2014). Esto debido a las adaptaciones que las especies han tenido (Cerrano *et al.* 2007), como es el caso de *Aplysina fistularis* y *Niphates erecta* las cuales son típicas de lugares sometidos a resuspensión y abrasión de sedimentos arenosos (Alcolado y Herrera 1987); o bien que los sedimentos en suspensión no son lo suficientemente gruesos para provocar taponamiento de los ostios (Leys 2013, Kiruba *et al.* 2016, Grant *et al.* 2018). Llegando incluso a favorecer un incremento en la diversidad de poríferos bajo estas condiciones (Bell y Barnes 2000).

Además, se sabe que a pesar de la capacidad de ciertas especies de asentarse en sitios con altas tasas de sedimentación, sedimentos suspendidos, y sustratos suaves, estas condiciones tienen efecto sobre el morfotipo (Wilkinson y Vacelet 1979, Bell *et al.* 2006, Bell *et al.* 2015, Pineda *et al.* 2016, George *et al.* 2018) y procesos metabólicos como la producción de mucosidad (Bannister *et al.* 2012) y el crecimiento de los poríferos, es decir, los individuos presentes en áreas con estas características tienden a tener crecimiento en tallas pequeñas (Wilkinson y Vacelet 1979, Díaz y Rützler 2009, Kiruba *et al.* 2016, Grant *et al.* 2018) y formar “túbulos” (Battershill y Bergquist 1990).

7.3 Descripción de la comunidad

7.3.1 Asociación entre poríferos

Teniendo en cuenta el planteamiento de que las esponjas tienden más a la cooperación que a la competencia entre sí (Sarà 1970, Rützler 1970, Wulff 1997), el porcentaje de asociación entre especies de poríferos fue menor a lo esperado ya que sólo el 28.17% de las muestras obtenidas presentaban esta condición; a pesar del hecho de que diversos autores sugieren que en sistemas dominados por sedimentos los organismos tienden a formar asociaciones interespecíficas con el fin de aumentar la sobrevivencia ante condiciones de depredación o rodadura en los fondos marinos (Bakus 1981, Wulff 1997, Wilcox *et al.* 2002, Wulff 2008).

Esto puede estar relacionado: a) que la mayoría de los organismos (97.85%) se encontró adherido a sustratos rocosos, semiconsolidados o duros y no a sustratos arenosos, lo que puede proveerles la estabilidad suficiente (Battershill y Bergquist 1990), dejando de lado otras estrategias de sobrevivencia (asociaciones mutualistas entre poríferos, Wulff 2006); o b) que al ser las esponjas el elemento dominante en el medio (Ortiz-Lozano *et al.* 2018, presente estudio), la competencia por el sustrato con otros organismos sésiles es menor, por lo que la necesidad de asociación entre esponjas disminuye (Woodin y Jackson 1979, Wulff 2006, Bell *et al.* 2013, Villamizar *et al.* 2013).

Además, nuestro porcentaje de asociación entre poríferos (28.17%) es menor al reportado por García-González (1994) para el arrecife Chopas en el SAV, donde encontró que el 37% de los poríferos muestreados presentaban algún grado de asociación con otras especies del filo. Sin embargo, coincide con los reportes de que las asociaciones se dan principalmente entre especies predominantes con especies poco frecuentes, especialmente con las asociaciones dadas con los individuos del género *Aplysina*.

Otro aspecto a mencionar, es que en trabajos anteriores las asociaciones descritas se daban, principalmente, sólo entre dos especies de esponjas (asociaciones epizoicas; Sim 1997, Wilcox *et al.* 2002, Wulff 2006, 2008), pero en el presente estudio las asociaciones llegaron a ser de hasta cinco especies; lo cual puede relacionarse a que los aleloquímicos que producen ciertas esponjas no son dañinos para otros miembros del phylum o bien, son organismos de tamaño considerable

(Uriz 1981), como fue el caso de un individuo de *Ircinia felix* que se encontró en asociación con individuos de otras cinco especies, atribuyendo esto a su tamaño pues las defensas químicas que presenta la especie tienen su principal efecto como antimicrobiano (Duque *et al.* 2001, Pawlik 2002, Wulff 2008, Freeman y Gleason, 2010).

Un caso destacable es el de la esponja *Desmapsamma anchorata*, la cual presentaba asociación en el 33.33% de sus individuos, siendo una de ellas sobre un individuo de *Callyspongia armigera* del cual cubría cerca del 40% de su superficie (Fig. 65), lo que puede estar relacionado a una asociación de parasitismo por parte de la primera como ha sido descrito en trabajos anteriores (Wulff 2006).



Figura 65. Ejemplar de *Desmapsamma anchorata* creciendo sobre *Callyspongia armigera*.

7.3.2 Cobertura de poríferos

A pesar de que existen trabajos que mencionan que en los arrecifes del SAV (específicamente en los pertenecientes a la porción de Antón Lizardo) las coberturas de esponjas son amplias (Lara *et al.* 1992), los valores de cobertura de poríferos obtenidos en el presente trabajo marcan el primer reporte de este tipo para el SAV y para una estructura arrecifal de las características del arrecife “Los Picos” (arrecife no coralino con gran cantidad de sedimentos); ya que en ambientes similares no se han realizado estudios sobre la fauna presente (Flemming 1978, Felix-Henningsen *et al.* 2003, Cawthra *et al.* 2012), dejando la mayoría de las investigaciones en zonas arrecifales coralinas, lo que dificulta la comparación directa con estudios previos en otras zonas. No obstante, existen múltiples autores que reportan la cobertura de poríferos en zonas arrecifales alrededor del mundo (Tabla 7).

Al observar los resultados de los distintos trabajos de cerca, se puede apreciar que aun cuando se ha mencionado que en las áreas de Caribe las esponjas llegan a tener coberturas y biomásas hasta del 60% (Díaz y Rützler 2001), esto no se cumple en la totalidad de los sistemas, dejando claro que la cobertura de estos organismos está influenciada por la variación ambiental a nivel de microhábitat (Ribeiro *et al.* 2003).

Además, de que esta no está regida por un sólo factor ambiental, como pudiera ser el tipo de sustrato, ya que zonas con diferente conformación estructural y en distintas regiones del mundo, se llegan a alcanzar valores similares de cobertura de poríferos (ver tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes de cobertura de esponjas reportadas para distintas zonas arrecifales.

| Región | Hábitat | Zona de estudio | % Cobertura | Autor (es) |
|------------------------------|------------------|---|-------------------------|---|
| Gran Barrera de Coral | arrecife rocoso | Nueva Gales del Sur | 25-40% | Roberts <i>et al.</i> 2006 |
| | coral | 56 arrecifes en las regiones de Cairns, Innisfail, Townsville, Pompey, Swain y Bunque Capricornio | 0.7-1.9 % | George <i>et al.</i> 2018. |
| Indo-Pacífico | coral | Parque Marino Nacional Wakatobi, Sulawesi, Indonesia. | 29.5±7 -45±7% | Bell y Smith 2004 |
| | coral | Estrecho de Jaco, Timor-Leste | 29% | Farnham y Bell 2008 |
| Pacífico Central | laguna arrecifal | Atolón Palmira, Islas Ultramarinas Menores de Estados Unidos | 20-50% | Maldonado <i>et al.</i> 2015 |
| Caribe | coral | Curacao y Bonaire | 22-54% | Meesters <i>et al.</i> 1991 |
| | coral | Santa Marta, Caribe Colombiano | 5-24% | Zea 1994 |
| | coral | Puerto Morelos, México | 3% | Rodríguez-Martínez <i>et al.</i> 2010 |
| | coral | Golfo de Venezuela, Venezuela | 27.58% | Wildermann 2012 |
| | laguna arrecifal | Isla Fuerte, Bolivar, Colombia. | 1.70-1.93% | Schoch 2013 |
| | coral | Cayos Carrie Bow, Belice | 2.63±5.02% - 4.61±4.61% | Villamizar <i>et al.</i> 2013 |
| Golfo de México | coral | Arrecife Oro Verde, Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, Veracruz, Mexico. | 0.3±0.4% | De la Cruz-Francisco y Bandala-Pérez 2016 |
| | coral | Arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, Veracruz, Mexico. | 0.5±0.5% | González-González <i>et al.</i> 2016 |

7.3.3 Estructura de la comunidad de poríferos en el arrecife Los Picos

La comunidad de esponjas del presente trabajo concuerda con trabajos que mencionan que estas pueden presentar un gran número de especies con pocos individuos y con pocas especies dominantes (Villamizar *et al.* 2013). Teniendo así un total de 36 especies, de las cuales la mayoría presentaron sólo de uno a dos individuos (63.89% de las especies, 31.4% de las muestras), además de tener como especies dominantes a *Desmapsamma anchorata*, *Amphimedon compressa* y *Aplysina cauliformis*, las cuales a su vez son las especies con mayor abundancia junto con *Niphates erecta*, representando en conjunto el 32.94% de las muestras obtenidas. Aunado a esto, las especies más abundantes en Los Picos, son también características de las zonas arrecifes del golfo de México y el Caribe (Gómez 2002, Díaz 2005, Wildermann 2012).

En cuanto al índice de diversidad de Shannon se obtuvo de manera general un valor de 3.3 y de manera particular valores de 3.03, 2.3 y 2.52, lo que representa una comunidad diversa (Golicher 2008) dentro de un ambiente constantemente favorable (Preston y Preston 1975, Romero *et al.* 2013) donde la presión ejercida por las condiciones del ambiente y temporalidad no son lo suficientemente drásticas para afectar la fauna existente, además de que especies presentes como lo son *D. anchorata*, *N. erecta*, *Aplysina fistularis*, *A. cauliformis* e *Iotrochota birotulata* se encuentran altamente adaptadas a ambientes de este tipo, los cuales podrían considerarse ambientes perturbados (Alcolado y Herrera 1987, Wulff 1990, Alcolado 1999, Wulff 2006, Pawlik 2011, Villamizar *et al.* 2013).

Como ya se ha mencionado, las características propias del área de estudio hacen difícil la tarea de una comparación directa con otros hábitats donde se ha estudiado la estructura de la comunidad de poríferos; sin embargo, los trabajos en ambientes coralinos a profundidades similares reportan valores de diversidad de esponjas del mismo orden. Uno de ellos es el realizado por Alcolado (1979) con valores desde 0.21 hasta 2.85 a lo largo de un perfil costero cubano; similar a lo obtenido por Villamizar *et al.* (2013) con valores que van desde 0.35 hasta 2.77 en distintas zonas del arrecife Carrie Bow en Belice, y por Wildermann (2012) con valores de 1.88 hasta 3.32 en arrecifes del golfo de Venezuela, llegando en todos los estudios a la conclusión de que dicha variabilidad es resultado de las diversas presiones ambientales que se presentan de manera puntual en cada sitio,

así como las interacciones bióticas interespecíficas. Aun cuando en el presente trabajo también se observa una variación de los valores obtenidos, esta no es tan grande debido a que estos fueron obtenidos en el mismo sistema y las condiciones ambientales no tendrán cambios extremos en un área tan pequeña.

Por su parte Alcolado (1999) reporta una diversidad de 3.36 y 3.34 en los arrecifes del archipiélago Sabana-Camagüey en Cuba, esto a una profundidad de 10 y 15 m, lo cual es muy similar a lo encontrado de manera general en Los Picos. Contrario a lo que sucede al comparar con los resultados de Bell (2007) quien reporta una diversidad de 1.43 y 1.53 para profundidades de 10 y 15 m respectivamente en arrecifes de Sulawesi, Indonesia.

Finalmente, los resultados obtenidos para el índice de equitatividad nos muestran que a lo largo del área muestreada en el arrecife las abundancias están repartidas de manera uniforme ya que todos los valores son muy cercanos a 1 (0.92, 0.94, 0.95 y 0.95). Siendo estos mayores a los reportados por Wildermann (2012) en el golfo de Venezuela con 0.15; Romero *et al.* (2013) en diferentes arrecifes del Parque Nacional Morrocoy en Venezuela con 0.71, 0.75 y 0.88; y Powell *et al.* (2014) en el Parque Wakatobi, Indonesia con una variación de 0.2 a 0.8.

7.4 Consideraciones finales

Como puede apreciarse las esponjas dominan en algunas zonas arrecifales y en otras prácticamente se encuentran ausentes (George *et al.* 2018), esto se debe a que son organismos cuya presencia está determinada por las características ambientales persistentes, principalmente a escalas de micro hábitat (Ribeiro *et al.* 2003), lo que además llega a determinar los morfotipos de acuerdo al rol funcional de la especie en el medio (Bell 2007, George *et al.* 2018).

Específicamente para los arrecifes de Antón Lizardo, donde se encuentra el arrecife Los Picos, se ha descrito que en aquellos cercanos a la costa existe una alta deposición terrígena (Chávez *et al.* 1985, Lara *et al.* 1992) debido a la presencia de los ríos Jamapa y Papaloapan (Emery 1963, Krutak 1997), así como la presencia de dunas (Krutak 1997). Esto a lo largo del tiempo ha favorecido la adaptación de especies y el aumento en la diversidad (Chávez *et al.* 1985), como el caso de los poríferos que además presentan amplias coberturas (Lara *et al.* 1992).

La abundancia, diversidad y porcentaje de cobertura de las esponjas del arrecife Los Picos no pueden ser explicados por un sólo factor dada la presencia de especies oportunistas, tolerantes a contaminación, altas tasas de sedimentación, especies típicas de zonas limpias, de fácil fragmentación o con morfotipos de bajo perfil; así como la cantidad de algas presentes (18.95%) y la gran variación en los sedimentos (desde limos gruesos hasta gravas muy finas), factores que en conjunto hacen de este un arrecife diverso (Zea 1993, Alcolado 1999); sin embargo, esto si puede ser explicado por la adaptación fisiológica y morfológica de las especies (Chávez *et al.* 1985, Bell y Smith 2004, Bell 2007, Cerrano *et al.* 2007, George *et al.* 2018) y la capacidad de resiliencia de las esponjas (George *et al.* 2018), es decir, la capacidad de soportar condiciones adversas como altas temperaturas, altas tasas de sedimentación y resuspensión (Bell 2007, George *et al.* 2018, Mark *et al.* 2018).

Es así que en un arrecife como “Los Picos”, donde hay una alta sedimentación no hay impedimento para el establecimiento de poríferos ni una alta diversidad de ellos, por lo que pueden llegar a ser sitios tan diversos como aquellos sitios no sedimentados, aunque la estructura de la comunidad si se ve afectada (Bell y Smith 2004).

Además, aunque convencionalmente se ha considerado que un sistema donde domina el sustrato firme es un sitio óptimo para el desarrollo de las esponjas (Carballo y Gómez 2002, Rützler *et al.* 2000, Gómez 2007), se ha demostrado que los hábitats marinos de sedimentos suaves son sistemas funcionales importantes que se caracterizan por una alta biomasa y diversidad de invertebrados (Queirós *et al.* 2013), específicamente de poríferos (Cristobo *et al.* 1992, Ilan y Abelson 1995, Cerrano *et al.* 2007).

8. CONCLUSIONES

1. El presente trabajo es el primer trabajo sobre la fauna de los “Los Picos”, por lo tanto, representa el primer listado taxonómico de poríferos para este arrecife que incluye 16 familias, 21 géneros y 36 especies, siendo la mayor diversidad de poríferos descrita para los arrecifes pertenecientes al Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM).
2. La cantidad de nuevos registros para el SAV (15), el CASGM (11) y el golfo de México (7) revelan la importancia del arrecife “Los Picos” y del estudio de poríferos en la zona.
3. El arrecife “Los Picos”, es un sistema dominado por esponjas con una cobertura de 47.03%; donde *Desmapsamma anchorata*, *Amphimedon compressa*, *Niphates erecta* y *Aplysina cauliformis* son las especies con mayor abundancia y dominancia.
4. Las esponjas del arrecife “Los Picos” tienen como estrategias de supervivencia principales el crecimiento en formas de “tubulos” (43.48%) y la fijación a sustratos rocosos (52.69%), dejando de lado las asociaciones epiozoicas (28.17%) descritas para ambientes dominados por sedimento suave (arenas medias), como el presente.
5. Las esponjas presentes en el arrecife los Picos son en su mayoría especies adaptadas a ambientes que pueden considerarse perturbados, o bien, son especies oportunistas y generalistas; sin embargo, dada la presencia de especies típicas de ambientes “limpios” no se puede atribuir al tipo de sedimento y/o la tasa de sedimentación como los únicos factores determinantes de la estructura de la comunidad de poríferos.

9. RECOMENDACIONES

Dado que el presente trabajo marca el inicio del estudio detallado de la fauna presente en el arrecife “Los Picos” y las características del sitio (arrecife no coralino de duna sumergida) son comparables con sitios en donde no se ha estudiado la fauna presente, los resultados alcanzados nos muestran únicamente un panorama general de lo que puede esperarse y de lo que debe hacerse en futuras investigaciones.

Específicamente para el trabajo con poríferos, se recomienda ampliar el tiempo de muestreo y modificar la técnica, a fin de asegurar el registro de las especies faltantes (hábitos crípticos). Además, puesto que en el presente estudio no se logró llegar a relacionar las esponjas con las variables del ambiente, se recomienda realizar investigaciones más a fondo sobre la variación de estas a lo largo del año; así como de la dinámica del ambiente, para determinar cuál es el conjunto de condiciones que determinan el establecimiento favorable de estos organismos y que a su vez tendrán influencia en el resto de la biota.

Finalmente, el perfil del CTD, i.e. las diferencias encontradas en un mismo punto para los dos lances sucesivos, puede ser un indicador de ondas internas o saltos hidráulicos, lo cual se debe de estudiar con mayor detalle para determinar si dichas características generan diferencias en la distribución de poríferos dentro de un mismo arrecife.

10. LITERATURA CITADA

- Aerts, L.A. y R.W., van Soest. 1997. Quantification of sponge-coral interactions in a physically stressed reef community, NE Colombia. *Marine Ecology Progress Series* 148: 125–134.
- Alcolado, P.M. 1979. Estructura de la comunidad de esponjas en un perfil costero de Cuba. *Ciencias Biológicas* 3: 105-127.
- Alcolado, P.M. 1980. Esponjas de Cuba: Nuevos registros. *Poeyana* 197: 1-10.
- Alcolado, P.M. 1990. General features of Cuban sponge communities. 351–357 pp. *In*: Rützler, K. (Ed.). *New perspectives in sponge biology*. Smithsonian Institute Press, London.
- Alcolado, P.M. 1999. Comunidades de esponjas de los arrecifes del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Boletín De Investigaciones Marinas Y Costeras* 28: 95-124.
- Alcolado, P.M. y A., Herrera. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de esponjas en el litoral de la Habana, Cuba. *Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología de la Habana* 68: 1-17.
- Arceo-Briseño, P. y A., Granados-Barba. 2010. Evaluating sustainability criteria for a marine protected area in Veracruz, Mexico. *Ocean and Coastal Management* 53: 535-543.
- Arceo-Briseño, P., Pérez-España, H., Bello-Pineda, J., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D. y L., Ortiz-Lozano. 2010. Economic evaluation of fisheries and tourist services of the Veracruz Reef System National Park, Mexico: A spatial approach. *International Institute of Fisheries Economics and Trade*. Montpellier Proceedings.
- Avendaño-Álvarez, O., Salas-Monreal, D., Marín-Hernández, M., Salas-de-León, D., y M.A., Monreal-Gómez. 2017. Annual hydrological variation and hypoxic zone in a tropical coral reef system. *Regional Studies in Marine Science* 9: 145–155.
- Bakus, G. J. 1968. Sedimentation and benthic invertebrates of Fanning Island, Central Pacific. *Marine Geology* 6: 45-51.

Bakus, G. J. 1981. Chemical defense mechanisms and fish feeding behavior on the Great Barrier Reef Australia. *Science* 211: 497-499.

Bannister, R.J., Battershill, C.N. y R., de Nys. 2012. Suspended sediment grain size and mineralogy across the continental shelf of the Great Barrier Reef: Impacts on the physiology of a coral reef sponge. *Continental Shelf Research* 32: 86–95.

Barnes, R.D. 1983. Zoología de los invertebrados. 3ª ed. Interamericana. 826 pp.

Barnes, R.D. y E.E., Ruppert. 1996. Zoología de los Invertebrados. McGraw-Hill Interamericana. 1114 pp.

Battershill, C.N. y P.R., Bergquist. 1990. The influence of storms on asexual reproduction, recruitment, and survivorship of sponges. 396–403 pp. *In*: Rützler, K. (Ed.). *New Perspectives in Sponge Biology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Bautista-Guerrero, E., Carballo, J.L., Cruz-Barraza, J.A. y H.H., Nava. 2006. New coral reef boring sponges (Hadromerida: Clionaidae) from the Mexican Pacific Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86(5): 963–970.

Becerro, M.A. 2008. Quantitative trends in sponge ecology research. *Marine Ecology* 29: 167-177.

Bell, J.J. 2007. Contrasting patterns of species and functional composition of coral reef sponge assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 339: 73-81.

Bell, J.J. 2008. The functional roles of marine sponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79: 341–353.

Bell, J.J. y D., Smith. 2004. Ecology of sponge assemblages (Porifera) in the Wakatobi region, southeast Sulawesi, Indonesia: richness and abundance. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84: 581-591.

Bell, J.J. y D.K.A., Barnes. 2000. A sponge diversity centre within a marine “island”. *Island, Ocean and Deep-Sea Biology* 440: 55–64.

Bell, J.J. y D.K.A., Barnes. 2003. The importance of competitor identity, morphology and ranking methodology to outcomes in interference competition between sponges. *Marine Biology* 143: 415-426.

Bell, J.J., Burton, M., Bullimore, B., Newman, P.B., y K., Lock. 2006. Morphological monitoring of subtidal sponge assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 311: 79-91.

Bell, J.J., Davy, S.K., Jones, T., Taylor, M.W. y N.S., Webster. 2013. Could some coral reefs become sponge reefs as our climate changes? *Global Change Biology* 19: 2613–2624.

Bell, J.J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Bennett, H., Marlow, J. y M., Shaffer. 2015. Sediment impacts on marine sponges. *Marine Pollution Bulletin* 94: 5-13.

Bergquist, P.R. 1978. Sponges. *En: Gómez, P. 2002. Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe. AGT editor S.A. México. 134 pp.*

Boury-Esnault, N. y K., Rützler. 1997. Thesaurus of Sponge Morphology. Smithsonian Contributions to Zoology No. 596. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 55 pp.

Boyer, J.N., Fourqurean, J.W. y R.D., Jones. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries and Coasts* 20(4): 743–758.

Brusca, R.C. y G.J., Brusca. 2005. Invertebrados. 2ª edición. McGraw-Hill Interamericana. 1005 pp.

Caballero-Rosas, A.E. 1990. Modelación hidrodinámica numérica de la circulación por viento en la zona costera del Puerto de Veracruz y sus proximidades. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería. 70 pp.

Carballo, J.L. 2006. Effect of natural sedimentation on the structure of tropical rocky sponge assemblages. *Ecoscience* 13: 119–130.

Carballo, J.L. y P., Gómez. 2002. Las esponjas marinas de Sinaloa: un recurso desconocido en nuestro litoral. 117-125 pp. *En: Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Ed.). Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. Sinaloa, México.*

Carballo, J.L. y S., Naranjo. 2002. Environmental health assessment of a large marine industrial complex based of a community of benthic filter feeders. *Marine Pollution Bulletin* 115(1): 223-237.

Carballo, J.L., Cruz, J.A., Nava, H. y E., Bautista. 2008. Esponjas perforadoras de sustratos calcáreos: Importancia en los ecosistemas arrecifales del Pacífico Este. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. México. 183 pp.

Cárdenas, C.A., Davy, S.K. y J.J., Bell. 2016. Influence of canopy-forming algae on temperate sponge assemblages. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(02): 351-362.

Carver, R.E. 1971. *Procedures in sedimentology petrology.* Wiley-Interscience. 653 pp.

Cawthra, H.C., Neumann, F.H., Uken, F., Smith, A.M., Guastella, L.A. y A., Yates. 2012. Sedimentation on the narrow (8 km wide), oceanic current-influenced continental shelf off Durban, Kwazulu-Natal, South Africa. *Marine Geology* 323: 107-122.

Cerrano, C., Calcinai, B., De Camilo, C., Valisano, L., y G., Bavestrello. 2007. How and why do sponges incorporate foreign material? Strategies in Porifera. 239-246 pp. *In: Custódio, M.R., Hajdu, G., y G. Muricy (eds.) Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability. Series Livros 28. Museu Nacional, Rio de Janeiro.*

Chávez, E.A., Hidalgo, E. y M.A., Izaguirre. 1985. A comparative analysis of Yucatan Coral Reefs. 355-61 pp. *In: Gabrie, C. y V.M., Harmelin (eds.) Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress. Tahiti, 27 May-1 June 1985.*

Chávez-Fonnegra, A., Zea, S. y M.L., Gómez. 2007. Abundance of the excavating sponge *Cliona delitrix* in relation to sewage discharge at San Andres Island, sw Caribbean, Colombia. *Boletín De Investigaciones Marinas Y Costeras* 36: 63–78.

Colmenares-Campos, C. 2016. Evaluación ambiental y económica de los arrecifes de la región de Villa Rica – Punta Brava. Reporte Técnico. Instituto Tecnológico de Boca del Río. 50 pp.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2011. Estudio Previo Justificativo para la modificación de la declaratoria del área natural protegida Parque Nacional Sistema Veracruzano, Veracruz, México. *En*: CEMDA. 2015. El Sistema Arrecifal Veracruzano. Reporte de un Área Natural Protegida Amenazada. 55 pp.

Cook, S.D.C. y P.R., Bergquist. 2002. Family Spongiidae Gray, 1867. 1051-1060 pp. *In*: Hooper, J.N.A. y R.W.M., van Soest. (eds.) *Systema Porifera. A guide to the classification of sponges*. 1. Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.

Costa, G., Bertolino, M., Pinna, S., Bonaviri, C., Padiglia, A., Zinni, M., Pronzato, R., y R., Manconi. 2018. Mediterranean sponges from shallow subtidal rocky reefs: *Cystoseira* canopy vs barren grounds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 207: 293-302.

Cristobo, J., Solorzano, R.M., y V., Urgorri. 1992. Demosponjas de los fondos blandos de la Ría de Ferrol (Galicia, NO. de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 3: 101-107.

De la Cruz- Francisco, V. y A.E., Bandala-Pérez. 2016. Esponjas y cnidarios (Hydrozoa y Anthozoa) del arrecife Oro Verde; cobertura bentónica y afinidad faunística con Sistemas Arrecifales de Veracruz, México. *CICIMAR Océánides* 31(2): 45-64.

De la Cruz-Francisco, V. y M., González-González. 2016. Nuevos registros de esponjas para el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, con ampliaciones de ámbito de distribución para el Golfo de México. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 55(2): 51-59.

De la Cruz-Francisco, V., González-González, M. y I., Morales-Quijano. 2016. Faunística y distribución de Demospongiae: Porifera del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *CICIMAR Océánides* 31(1): 7-16.

De Weerdt, W.H. 2000. A monograph of the shallow-water Chalinidae (Porifera, Haplosclerida) of the Caribbean. *Beaufortia* 50(1): 1-67.

Díaz M.C. y B.B., Ward. 1997. Sponge-mediated nitrification in tropical benthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 156: 97–107.

Díaz, M.C. 2005. Common Sponges from Shallow Marine Habitats from Bocas del Toro Region, Panama. *Caribbean Journal of Science* 41(3): 465-475.

Díaz, M.C. y K., Rützler. 2009. Biodiversity and abundance of sponges in Caribbean mangrove: Indicators of environmental quality. 159-172 pp. *In*: Lang, M.A., Macintyre, I.G. y K., Rützler. (Eds.). Proceedings of the Smithsonian Marine Science Symposium. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 38.

Díaz, M.C. y K., Rützler. 2001. Sponges: An essential component of Caribbean coral reefs. *Bulletin of Marine Science* 69(2): 535-546.

Díaz, M.C., Smith, K.P., y K., Rützler. 2004. Sponge species richness and abundance as indicators of Mangrove epibenthic community health. *Atoll Research Bulletin* 518: 1-17.

Díaz-Torres, E. 2014. Basura marina: agente de disturbio biológico en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Marinas. 137 pp.

Domínguez-Castanedo, N., Granados-Barba, A. y V., Solís-Weiss. 2015. The soft-bottom macrofauna of Sacrificios reef lagoon, SW Gulf of Mexico. *Hidrobiológica* 25(1): 107-119.

Duckworth, A.R. y A.D., Stubler. 2012. Effects of water temperature and pH on growth and metabolite biosynthesis of coral reef sponges. *Marine Ecology Progress Series* 462: 67-77.

Duque, C., Bonilla, A., Bautista, E., y S., Zea. 2001. Exudation of low molecular weight compounds (thiobismethane, methyl isocyanide, and methyl isothiocyanate) as a possible chemical defense mechanism in the marine sponge *Ircinia felix*. *Biochemical Systematics and Ecology* 29(5): 459–467.

Emery, K.O. 1963. Coral reefs off Veracruz, Mexico. *Geofísica Internacional* 3: 11-17.

Farnham, E.S. y J.J., Bell. 2008. Spatial variation in a shallow-water sponge-dominated reef in Timor-Leste (East Timor). *Pacific Science* 72(2): 233-244.

Felix-Henningsen, P., Kandel, A.W. y N.J., Conard. 2003. The significance of calcretes and paleosols on ancient dunes of the Western Cape, South Africa, as stratigraphic markers and paleoenvironmental indicators. 45-52 pp. *In:* Füleky (Ed.) Papers of the 1st International Conference on Archaeology and Soils. BAR International S1163.

Flemming, B.W. 1978. Underwater sand dunes along the southeast African continental margin observations and implications. *Marine Geology* 26: 177-198.

Folk, R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company. Austin Texas. 182 pp.

Folk, R.L. y W.C., Ward. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.

Freeman, C. J., y D. F., Gleason. 2010. Chemical defenses, nutritional quality, and structural components in three sponge species: *Ircinia felix*, *I. campana*, and *Aplysina fulva*. *Marine Biology* 157(5): 1083–1093.

Fuster-Prohens, A. 2017. Cultivo de esponjas marinas: estado actual y direcciones futuras. Tesis de licenciatura. Universitat de les Illes Balears. Facultat de Ciénces. 30 pp.

Gamero M., E. 2012. Análisis de la composición y distribución del zooplancton gelatinoso en el Pacífico tropical mexicano en la primavera del 2011. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. Morelia, Michoacán.

García-González, L.R. 1994. Distribución espacial de esponjas en el arrecife Chopas, Antón Lizardo, Veracruz, México. Tesis profesional. UNAM. Facultad de Ciencias. 40 pp.

George, A.M., Brodie, J., Daniell, J., Capper, A., y M., Jonker. 2018. Can sponge morphologies act as environmental proxies to biophysical factors in the Great Barrier Reef, Australia? *Ecological Indicators* 93: 1152–1162.

Golicher, D. 2008. ¿Cómo cuantificar la diversidad de especies? Consultado en: <https://duncanjg.files.wordpress.com/2008/02/clasediversidad1.pdf>. Último acceso: agosto 2018.

Gómez, P. 2002. Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe. AGT editor S.A. México. 134 pp.

Gómez, P. 2007. Inventario de las esponjas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, con nuevos registros de especies (Porifera: Demospongiae). 51-72 pp. *En*: Granados-Barba, A., Abarca Arenas, L.G. y J.M., Vargas Hernández (Eds.). 2007. Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.

Gómez, P. 2011. Esponjas marinas y de agua dulce (Porífera). 217-224 pp. *En*: Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México.

González-Gándara, C., Domínguez-Barradas, C., De la Cruz-Francisco, V., Solís-Marín, F.A. y J.P., Carricart Ganivet. 2015. Esponjas, corales escleractinios, equinodermos y peces de arrecifes coralinos del norte y sur de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF124. México D.F. 57 pp.

González-Gándara, C., Patiño-García, A., Asís-Anastasio, U., Serrano, A. y P., Gómez. 2009. Lista de esponjas marinas asociadas al arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 1-5.

González-González, M., de la Cruz-Francisco, V., Morales-Quijano, I. y R.E., Orduña-Medrano. 2016. Diversidad y cobertura de la comunidad bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 8(2): 47-65.

Granados-Barba, A., Abarca Arenas, L.G. y J.M., Vargas Hernández (Eds.), 2007. Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.

Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L.D., Salas-Monreal, D. y C., González-Gándara (Eds.) 2015. Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.

Grant, N., Matveev, E., Kahn, A.S. y S.P., Leys. 2018. Suspended sediment causes feeding current arrests in situ in the glass sponge *Aphrocallistes vastus*. *Marine Environmental Research* 137: 111-120.

Green, G. 1977. Sinopsis taxonómica de 13 especies de esponjas del arrecife La Blanquilla, Ver., México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 4(1): 79-98.

Green, G., Fuentes-Velázquez, L.E. y P., Gómez. 1986. Nuevos registros de Porifera del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 13(3): 127-146.

Gutiérrez-Ruiz, C.V., Román-Vives, M.A.M., Vergara, C.H. y E.I., Badano. 2011. Impact of anthropogenic disturbances on the diversity of shallow stony corals in the Veracruz Reef System National Park. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 249-260.

Hickman, C.P., Roberts, L.S. y A., Parson. 2000. Principios Integrales de Zoología. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U. España. 921 pp.

Hily, C. 1991. Is the activity of benthic suspension feeders a factor controlling water quality in the Bay of Brest? *Marine Ecology Progress Series* 69(1): 179–188.

Hooper, J.N.A. y R.W.M., van Soest (eds.). 2002. Systema Porifera: A guide for the classification of sponges. Kluwer Academic, New York.

Ilan, M. y A., Abelson. 1995. The life of a sponge in a sandy lagoon. *Biological Bulletin* 189: 363–369.

Jackson, J.B.C. 1977. Competition on marine hard substrata: the adaptative significance of solitary and colonial strategies. *American Naturalist* 3(980): 743-767.

Kersken, D., Feldmeyer, B. y D., Janussen. 2016. Sponge communities of the Antarctic Peninsula: influence of environmental variables on species composition and richness. *Polar Biology* 39(5): 851–862.

Kiruba-Sankar, R., Chadha, N.K., Roy, S.D., Banerjee, P., Saharan, N. y P., Krishnan. 2016. Growth and survival of marine sponges, *Stylissa massa* (Carter, 1887) and *Liosina paradoxa* (Thiele, 1899) in sea and land based culture systems. *Indian Journal of Fisheries* 63(4): 55-60.

Krutak, P.R. 1997. Petrography and provenance of siliciclastic sediments, Veracruz, Antón Lizardo Reefs, Mexico. In: San-Joon, J. y. Y., Hi-II (eds.). Paleooceanography and paleoclimatology in the northwest Pacific region. Special Issue 3. *Oc. Res.* 19: 231-243.

Lara, M., Padilla, C., García, C. y J.J., Espejel. 1992. Coral reef of Veracruz Mexico I. Zonation and community. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium* 1: 535-544.

Lee, K.S. y K.H., Dunton. 1996. Production and carbon reserve dynamics of the seagrass *Thalassia testudinum* in Corpus Christi Bay, Texas, USA. *Marine Ecology Progress Series* 143: 201–210.

Lehnert, H., y R.W.M., van Soest. 1999. More North Jamaican Deep fore-reef sponges. *Beaufortia* 49: 141–169.

Leys, S.P. 2013. Effects of Sediment on Glass Sponges (Porifera, Hexactinellida) and projected effects on Glass Sponge Reefs. DFO Canadian Science Advisory Secretariat. Research Document. 23 pp.

Licea, D.S. 1974. Sistemática y distribución de las diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son. / Sin., México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 1(1): 99-156.

Liddell, W.D. 2010. Origen y Geología. 30-47 pp. En: Tunnell Jr., J.W., Chávez, E.A. y K., Withers. 2010. Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 293 pp.

López-Herrera, M. 1992. Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz. Tesis profesional. UNAM. Facultad de Ciencias. 88 pp.

- Maldonado, M., Aguilar, R., Bannister, R.J., Bell, J.J., Conway, K.W., Dayton, P.K., Díaz, C., Gutt, J., Kelly, M., Kenchington, E.L.R., Leys, S.P., Pomponi, S.A., Rapp, H.T., Rützler, K., Tendal, O.S., Vacelet, J. y C.M., Young. 2015. Sponge Grounds as Key Marine Habitats: A Synthetic Review of Types, Structure, Functional Roles, and Conservation Concerns. 1-39 pp. *In*: Rossi, S., Bramanti, L., Gori, A. y C., Orejas Saco del Valle (eds.) *Marine Animal Forests*. Springer, Cham.
- Maldonado, M., Giraud, K. y C., Carmona. 2008. Effects of sediment on the survival of asexually produced sponge recruits. *Marine Biology* 154: 631–641.
- Maliao, R.J., Turingan, R.G. y J., Lin. 2008. Phase-shift in coral reef communities in the Florida Keys National Marine Sanctuary (FKNMS) USA. *Marine Biology* 154: 841–853.
- Mark, J.B. IV, Weisz, J.B. y J., Butler. 2018. The effects of water quality on back-reef sponge survival and distribution in the Florida Keys, Florida (USA). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 503: 92–99.
- Martínez-Vargas, J.A. 2015. Morfología de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) presente en aguas del Pacífico Central Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. 85 pp.
- Meesters, E., Knijn, R., Willemsen, P., Pennartz, R., Roebbers, G. and R.W.M., van Soest. 1991. Sub-rubble communities of Curaçao and Bonaire coral reefs. *Coral Reefs* 10: 189–197.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MyT–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Morrow, C. y P., Cárdenas. 2015. Proposal for a revised classification of the Demospongiae (Porifera). *Frontiers in Zoology* 12: 1-27.
- Nava, H., Ramírez-Herrera, M.T., Figueroa-Camacho, A.G. y B.M., Villegas-Sanchez. 2013. Habitat characteristics and environmental factors related to boring sponge assemblages on coral reefs near populated coastal areas on the Mexican Eastern Pacific coast. *Marine Biodiversity* 44(1): 45-54.

Nava-Bravo, H.H. 2004. Efecto de la complejidad del hábitat sobre la distribución y estructura de las poblaciones de esponjas litorales en la Bahía de Mazatlán (Sinaloa, México). Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Mazatlán, Sinaloa. 76 pp.

Nava-Bravo, H.H. 2008. Dinámica, estructura de la comunidad y procesos de bioerosión de las esponjas perforadoras en algunas comunidades coralinas de Nayarit, México. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Mazatlán, Sinaloa. 147 pp.

Orani, A.M., Barats, A., Vassileva, E. y O.P., Thomas. 2018. Marine sponges as a powerful tool for trace elements biomonitoring studies in coastal environment. *Marine Pollution Bulletin* 131: 633-645.

Ortiz-Lozano, L. 2012. Identification of priority conservation actions in marine protected areas: Using a causal networks approach. *Ocean and Coastal Management* 55: 74-83.

Ortiz-Lozano, L., Granados-Barba, A. y I., Espejel. 2007. El contexto regional del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las implicaciones para su manejo. 275-286 pp. *En: Granados-Barba, A., Abarca Arenas, L.G. y J.M., Vargas Hernández (Eds.). 2007. Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.*

Ortiz-Lozano, L., Martínez-Esponda, F.X., Escorcia-Quintana, M., García-Maning, G., Ramos-Pedruza, X., y C., Colmenares-Campos. 2018. El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Retos y oportunidades para su protección. Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA). México. 78 pp.

Ortiz-Lozano, L.D., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gándara C., Gutiérrez-Velázquez, A. y J., Martos. 2013. The reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: challenges for its management and conservation. *Ocean y Coastal Management* 86: 22-32.

Palumbi, S. R. 1984. Tactics of acclimation: morphological changes of sponges in an unpredictable environment. *Science* 225: 1478-1480.

- Pawlik, J. R., McFall, G., y S., Zea. 2002. Does the odor from sponges of the genus *Ircinia* protect them from fish predators? *Journal of Chemical Ecology* 28(6): 1103–1115.
- Pawlik, J.R. 2011. The chemical ecology of sponges on Caribbean reefs: natural products shape natural systems. *BioScience* 61(11): 888-898.
- Pineda, C.M., Duckworth, A. y N., Webster. 2016. Appearance matters: sedimentation effects on different sponge morphologies. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(02): 481–492.
- Pinheiro, U.S., Hajdu, E. y M.R., Custodio. 2007. *Aplysina* Nardo (Porifera, Verongida, Aplysinidae) from the Brazilian coast with description of eight new species. *Zootaxa* 1609: 1-51.
- Pondella, D., Schiff, K., Schaffner, R., Zellmer, A. y J., Coates. 2016. Southern California Bight 2013 Regional Monitoring Program: Volume II. Rocky Reefs. SCCWRP Technical Report 932. 90 pp.
- Powell, A., Smith, D.J., Hepburn, L.J., Jones, T., Berman, J., Jompa, J. y J.J., Bell. 2014. Reduced diversity and high sponge abundance on a sedimented Indo-Pacific Reef System: Implications for future changes in environmental quality. *PLoS ONE* 9(1): e85253.
- Preston, E.M. y L., Preston. 1975. Ecological structure in a West Indian gorgonian fauna. *Bulletin of Marine Science* 25(2): 248-258.
- Pulitzer-Finali, G. 1986. A collection of West Indian Demospongiae (Porifera). In appendix, a list of the Demospongiae hitherto recorded from the West Indies. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 86: 65–216.
- Queirós, A.M., Birchenough, S.N.R., Bremner, J., Godbold, J.A., Parker, R.E., Romero-Ramirez, A., Reiss, H., Solan, M., Somerfield, P.J., van Colen, C., van Hoey, G. y S., Widdicombe. 2013. A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. *Ecology and Evolution* 3(11): 3958–3985.
- Reiswig, H.M. 1971. *In situ* pumping activities of tropical Demospongiae. *Marine Biology* 9: 38–50.

- Ribeiro, S.M., Omena, E.P. y G., Muricy. 2003. Macrofauna associated to *Mycale microstigmata* (Porifera, Demospongia) in Rio de Janeiro State, SE Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57: 951–959.
- Riveron-Enzastiga, M.L., Carvajal, N. y D., Salas-Monreal. 2016. Tropical coral reef system hydrodynamics in the western Gulf of Mexico. *Scientia Marina* 80(2): 237-246.
- Roberts, D.E., Cummins, S.P., Davis, A.R., y M.G., Chapman. 2006. Structure and dynamics of sponge-dominated assemblage on exposed and sheltered temperate reefs. *Marine Ecology Progress Series* 321: 19–30.
- Rodríguez-Martínez, R., Ruíz-Rentería, F., van Tussenbroek, B., Barba-Santos, G. Escalante-Mancera, E. Jordán-Garza, G. y E., Jordán-Dahlgren. 2010. Environmental state and tendencies of the Puerto Morelos CARICOMP site, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 58: 23-43.
- Romero, M. A., Villamizar, E., y N. Malaver. 2013. Estructura de la comunidad de esponjas (Porifera) en tres arrecifes del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela y su relación con algunas variables ambientales. *Revista Biología Tropical* 61(3): 1229-1241.
- Ruppert, E.E. y R.D., Barnes. 1996. Zoología dos invertebrados. 6^{ta} edición. Editorial Roca. São Paulo. 1028 pp.
- Rützler, K. 1970. Spatial competition among Porifera: solution by epizoism. *Oecologia* 5: 85–95.
- Rützler, K. 1975. The role of burrowing sponges in bioerosion. *Oecologia* 19: 203–219.
- Rützler, K., Díaz, M.C., van Soest, R.W., Zea, S., Smith, K.P., Alvarez, B. y J., Wulff. 2000. Diversity of sponge fauna in mangrove ponds, Pelican Cays, Belize. *Atoll Research Bulletin* 476: 231-248.
- Rützler, K., Maldonado, M., Piantoni, C. y A., Riesgo. 2007. *Iotrochota* revisited: a new sponge and review of species from the western tropical Atlantic (Poecilosclerida: Iotrochotidae). *Invertebrate Systematics* 21: 173-185.

- Rützler, K., Piantoni, C., van Soest, R.W.M. y M.C., Díaz. 2014. Diversity of sponges (Porifera) from cryptic habitats on the Belize barrier reef near Carrie Bow Cay. *Zootaxa* 3805(1): 1-129.
- Salas-Monreal, D., Salas-de-León, D. A., Monreal-Gómez, M. A., y Riverón-Enzástiga, M. L. 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*, 28(4), 871.
- Salas-Monreal, D., Salas-de-Leon, D. A., Monreal-Gomez, M. A., Riverón-Enzástiga, M. L., y Mojica-Ramírez, E. 2012. Hydraulic jump in the Gulf of California. *Open Journal of Marine Science*, 2(4), 141.
- Salas-Pérez, J.J. y A., Granados-Barba. 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz Reefs system. *Atmósfera* 21(3): 281-301.
- Salas-Pérez, J.J., Vargas-Hernández, J.M., Arenas-Fuentes, V. y P., Balderas-Cruz. 2007. Trayectoria de las masas de agua en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y modelos numéricos: circulación de verano. 17-26 pp. *En*: Granados-Barba, A., Abarca Arenas, L.G. y J.M., Vargas Hernández (Eds.). 2007. Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- Sará, M. 1970. Competition and cooperation in sponge populations. *Symposium of the Zoological Society of London* 25: 273–284.
- Sará, M. y M., Vacelet. 1973. Ecologie des Demosponges. 462–576 pp. *In*: Grassé, P.P. (Ed.) *Traite de Zoologie. Anatomie, Systematique, Biologie*. Masson y Cie, Paris.
- Schmidt, O. 1870. Grundzüge einer Spongien-Fauna des atlantischen Gebietes. (Wilhelm Engelmann: Leipzig): iii-iv, 1-88, pls I-VI.
- Schoch, P. 2013. Estructura del filo Porifera Grant, 1836 en dos praderas de fanerógamas de Isla Fuerte, Bolívar. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. 35 pp.
- Schönberg, C.H.L. 2015. Happy relationships between marine sponges and sediments – a review and some observations from Australia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(2): 493–514.

- Sebens, K.P. 1985. Community ecology of vertical rock walls in the Gulf of Maine, USA: small-scale processes and alternative community states. *The ecology of rocky coasts* 346–371.
- Sim, C.J. 1997. A two-sponge associations from Komun Island, Korea. 109-117 pp. *In*: Watanabe, Y. y N., Fusetani. (Eds.) *Sponge Sciences: Multidisciplinary Perspectives*. Springer, Tokyo.
- Topsent, E. 1889. Quelques spongiaires du Banc de Campêche et de la Pointe-à-Pître. *Mémoires de la Société zoologique de France* 2: 30-52.
- Ugalde D., Gómez, P. y N., Simões. 2015. Marine sponges (Porifera: Demospongiae) from the Gulf of México, new records and re-description of *Erylus trisphaerus* (de Laubenfels, 1953). *Zootaxa*, 3911(2):151-183.
- Uriz, M. J. 1981. Estudio sistemático de las esponjas Astrophorida (Demospongia) de los fondos de pesca de arrastre, entre Tossa y Calella (Cataluña). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6(320): 8-57.
- Valadez-Rocha, V. y L., Ortiz-Lozano. 2013. Spatial and temporal effects of port facilities expansion on the surface area shallow coral reefs. *Environmental Management* 52: 250-260.
- Valderrama, D. y S., Zea. 2013. Annotated checklist of sponges (Porifera) from the southernmost caribbean reefs (north-west Gulf of Urabá), with description of new records for the Colombian Caribbean. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 37(144): 353-378.
- Valencia-González, S.B. 2014. Interacción entre las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y el tránsito marítimo en la costa de Colima y sur de Jalisco. Tesis de licenciatura. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Marinas. 84 pp.
- Van Soest, R.W.M, Boury-Esnault, N., Hooper, J.N.A., Rützler, K., de Voogd, N.J., Alvarez, B., Hajdu, E., Pisera, A.B., Manconi, R., Schönberg, C., Klautau, M., Picton, B., Kelly, M., Vacelet, J., Dohrmann, M., Díaz, M.-C., Cárdenas, P., Carballo, J. L., Rios, P. y R., Downey. 2017. World Porifera database. Consultado en: <http://www.marinespecies.org/porifera>
- Van Soest, R.W.M. 1980. Marine sponges from Curacao and other Caribbean localities. Part II. Haplosclerida. *Stud. Fauna Curacao Caribb. Isl.* 62(191).

Van Soest, R.W.M. 1984. Marine sponges from Curaçao and other Caribbean localities. Part III. Poecilosclerida. *In*: Hummelinck, P.W. and L.J., van der Steen. (Eds.). 'Uitgaven van de Natuurwetenschappelijke Studiekring voor Suriname en de Nederlandse Antillen'. No. 112. Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands 66 (199), 1–167 pp. Foundation for Scientific Research in Surinam and the Netherlands Antilles: Utrecht, The Netherlands.

Van Soest, R.W.M. 2002a. Family Desmacididae Schmidt, 1870. 572-574 pp. *In*: Hooper, J.N.A. y van Soest, R.W.M. (ed.) *Systema Porifera. A guide to the classification of sponges. 1*. Kluwer Academic/ Plenum Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.

Van Soest, R.W.M. 2002b. Family Iotrochotidae Dendy, 1922. 594–601 pp. *In*: Hooper, J.N.A. and R.W.M., van Soest. (Eds.). 'Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges'. Kluger Academic/Plenum Publishers: New York, USA.

Villamizar, E., Díaz, M.C., Rützler, K., y R., De Nóbrega. 2013. Biodiversity, ecological structure, and change in the sponge community of different geomorphological zones of the barrier fore reef at Carrie Bow Cay, Belize. *Marine Ecology* 35(4): 425-435.

Wilcox, T.P., Hill, M., y K., DeMeo. 2002. Observations on a new two sponges symbiosis in the Florida Keys. *Coral Reefs* 21: 198–204.

Wildermann, N.E. 2012. Distribución y estructura comunitaria de esponjas marinas en parches arrecifales y pastos marinos del Golfo de Venezuela. Tesis de maestría. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Venezuela. 100 pp.

Wilkinson, C.R. 1983. Role of sponges in coral reef structural processes. *In*: Wulff, J. 2001. Assessing and monitoring coral reef sponges: why and how? *Bulletin of Marine Science* 69(2): 831-846.

Wilkinson, C.R. 1987. Productivity and abundance of large sponge populations on Flinders Reef Flats, Coral Sea. *Coral Reefs* 5: 183–188.

Wilkinson, C.R. y J., Vacelet. 1979. Trasplantation of marine sponges to different conditions of light and current. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 37: 91-104.

Woodin, S. A. y J. B. C., Jackson. 1979. Interphylectic competition among marine benthos. *American Zoologist* 19: 1029-1043.

WoRMS Editorial Board. 2017. World Register of Marine Species. Consultado en: <http://www.marinespecies.org>. doi:10.14284/170

Wulff, J. 1990. Patterns and processes of size change in Caribbean Demosponges of branching morphology. 425-435 pp. *In: Rützler, K. 1990. Perspectives in sponge biology. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 533 pp.*

Wulff, J. 1995. Effects of a hurricane on survival and orientation of large erect coral reef sponges. *Coral Reefs* 14: 55–61.

Wulff, J. 2001. Assessing and monitoring coral reef sponges: why and how? *Bulletin of Marine Science* 69(2): 831-846.

Wulff, J. 2005. Trade-offs in resistance to competitors and predators, and their effects on the diversity of tropical marine sponges. *Journal of Animal Ecology* 74: 313– 321.

Wulff, J. 2008. Collaboration among sponge species increases sponge diversity and abundance in a seagrass meadow. *Marine Ecology* 29: 193-204.

Wulff, J.L. 1997. Mutually beneficial associations among species of coral reef sponges. *Ecology* 78: 146–159.

Wulff, J.L. 2006. Ecological interactions of marine sponges. *Canadian Journal of Zoology* 84: 146–166.

Wulff, J.L. 2012. Ecological interactions and the distribution, abundance, and diversity of sponges. 273–344 pp. *In: Becerro, M.A. (Ed.). Advances in Sponge Science: Phylogeny, Systematics, Ecology, Advances in Marine Biology, 61. Academic, Oxford.*

Zamudio-Alemán, R.E., Castañeda-Chávez, M.R., Lango-Reynoso, F., Galaviz-Villa, I., Amaro-Espejo, A. y L., Romero-González. 2014. Metales pesados en sedimento marino del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(4): 159-168.

Zea, S. 1987. Esponjas del Caribe Colombiano. Editorial Catálogo Científico, Colombia.

Zea, S. 1993. Cover of sponges and other sessile organisms in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science* 29(1-2): 75-88.

Zea, S. 1994. Patterns of coral and sponge abundance in stressed coral reefs at Santa Marta, Colombian Caribbean. 257–264 pp. *In:* van Soest, R.W.M., van Kempen, T.M.G. and J.C., Braeckman. (eds.) Sponges in time and space. Balkema, Rotterdam

Zepeda-Borja, K.M. 2013. Distribución espacio-temporal de tortugas marinas y su relación con variables físico-biológicas en el Pacífico Central Mexicano durante el 2010. Tesis de Licenciatura. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Marinas. 68 pp.

ANEXO 1

FICHA DE CAMPO

Fecha: _____

| Individuo | Morfotipo | Color en vivo | Transecto # | Cuadrante # | Profundidad | Sustrato | T° | Salinidad | pH | O ₂ |
|-----------|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|----|-----------|----|----------------|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |

ANEXO 2

Ficha de identificación por espécimen

Numero de muestra:

Fecha:

Localidad:

Profundidad:

Sustrato/hábitat:

Fotografía:

Orden/Familia:

Género/Especie:

Tamaño y forma:

Superficie y textura:

Color en vivo y en OH:

Olor:

Exudados:

Consistencia:

Ósculos (tamaño, distribución, tipo):

Elementos del esqueleto (tipos de espículas):

Disposición del esqueleto:

Observaciones: