

**DIVERSIDAD DE HIDROIDES (HYDROIDOLINA), CORALES (HEXACORALLIA),  
OCTOCORALES (OCTOCORALLIA), Y ASCIDIAS (ASCIDIACEA) EN ARRECIFES  
ARTIFICIALES DE LA BAHÍA DE POZOS COLORADOS, SANTA MARTA, COLOMBIA**

**ISABEL CAROLINA HERNÁNDEZ CASTELLANOS**

**TRABAJO DE FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGO MARINO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA  
SANTA MARTA, D.T.C.H**

**2017**

**DIVERSIDAD DE HIDROIDES (HYDROIDOLINA), CORALES (HEXACORALLIA),  
OCTOCORALES (OCTOCORALLIA), Y ASCIDIAS (ASCIDIACEA) EN ARRECIFES  
ARTIFICIALES DE LA BAHÍA DE POZOS COLORADOS, SANTA MARTA, COLOMBIA**

**ISABEL CAROLINA HERNÁNDEZ CASTELLANOS**

**TRABAJO DE FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGO MARINO**

**DIRECTOR**

**OSCAR DELGADILLO GARZÓN, Biólogo Marino  
GERENTE GENERAL – MoAm**

**CODIRECTORA**

**ERIKA MONTOYA CADAVID, Bióloga Marina  
Investigadora Científica Museo de Historia Natural Marina de Colombia, INVEMAR**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA  
SANTA MARTA, D.T.C.H**

**2017**

Como todos los mortales soy hija de la mar y el cielo,  
como todos cuando sudo soy la sal que el agua nutre  
pero a diferencia de la mayoría mi sudor no se diluye.

Nací bajo la sombra de un roble alto, sabio y valiente,  
crecí escuchando como es deber morir siempre de pie.  
Me hice flexible, moldeable; fuerte al viento y su embate,  
cara a la adversidad, de frente al viento, miré al poniente.

Como todos los mortales soy hija de la mar y el cielo,  
también soy hija de la savia de un roble, su herencia,  
de las dunas y el manglar, en la costa hice residencia.  
Soy persistente, un sueño recurrente, soy su anhelo.

Me hago libre en los siete vientos, disperso su semilla,  
versos, estrofas y canciones de antaño en mi mochila,  
soy continuación de su esfuerzo, soy su palabra escrita,  
soy la mar, océano donde se hizo eterno, soy su poesía.

Como todos los mortales soy hija de la mar y el cielo,  
como todos soy mi madre, mi padre y también mi descendencia.

*Andrés Ospina Álvarez*

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Fortalecimiento socio-económico y evaluación ecológica de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados, Caribe Colombiano” desarrollado en el año 2016, por medio del convenio de cooperación No. 8000001471 entre Ecopetrol S.A., Fundación Sociedad Portuaria de Santa Marta y MoAm S.A.S; a través del cual pude desarrollar mi trabajo de investigación.

A Oscar Delgadillo por enseñarme sobre la tecnología de arrecifes artificiales, vista como una oportunidad para investigar, conocer su dinámica y el papel que cumplen como parte de la mitigación de impactos ambientales en el medio marino.

A Erika Montoya por asesorarme durante todo el desarrollo de mi investigación, por su dedicación para enseñarme y guiarme en la identificación de los corales y las ascidias.

A los investigadores Eberhard Wedler, Carlos Márques y Susel Castellanos quienes me aportaron datos valiosos para la identificación de los hidroides.

A Juan Armando Sánchez por confirmar la identificación de los octocorales.

A Bibian Martínez por la ayuda en la edición de las fotografías.

A mi familia, mis compañeros y amigos que me han apoyado en todo este proceso, a las personas que se han ido y a los que continúan cerca de mí.



## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA.....	1
2	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	4
2.1	Generalidades de los arrecifes artificiales .....	4
2.2	Diseño, materiales, y localización de los arrecifes artificiales .....	6
2.3	Antecedentes de invertebrados sésiles y epibiota asociados a arrecifes artificiales en Colombia.....	7
2.4	Generalidades de los grupos taxonómicos.....	10
2.4.1	Filo: Cnidaria; Clase: Hydrozoa; Subclase: Hydroidolina.....	10
2.4.2	Filo: Cnidaria; Clase: Anthozoa; Subclase: Hexacorallia; Orden: Scleractinia.....	11
2.4.3	Filo: Cnidaria; Clase: Anthozoa; Subclase: Octocorallia; Orden: Alcyonacea .....	12
2.4.4	Filo: Chordata; Clase: Ascidiacea.....	13
2.5	ESTADO DEL ARTE .....	14
2.5.1	Hidroides ( <i>sensu lato</i> ).....	14
2.5.2	Hexacorales.....	15
2.5.3	Octocorales .....	16
2.5.4	Ascidias .....	18
3	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.1	OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
3.1.1	Objetivo general .....	19
3.1.2	Objetivos específicos.....	20
4	HIPÓTESIS.....	20

5	METODOLOGÍA.....	20
5.1	Área de estudio .....	20
5.2	Características de los arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados.....	22
5.3	Fase de campo.....	24
5.4	Fase de laboratorio.....	25
5.5	Fase de gabinete.....	28
6	RESULTADOS.....	28
6.1	Riqueza total .....	28
6.2	Frecuencia de ocurrencia .....	31
6.3	Fichas de especies.....	31
6.3.1	Clase Hydrozoa; Subclase Hydroidolina.....	31
6.3.2	Clase Anthozoa; Subclase Hexacorallia .....	50
6.3.3	Clase Anthozoa; Subclase Octocorallia.....	57
6.3.4	Clase Ascidiacea .....	64
7	DISCUSIÓN.....	79
8	CONCLUSIONES.....	96
9	RECOMENDACIONES.....	97
10	BIBLIOGRAFÍA.....	97

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5.2.1 Características de los arrecifes artificiales (AA) instalados en la bahía de Pozos Colorados evaluados durante este estudio (P: profundidad; V: volumen; TH: total de huecos; DC: distancia de la costa ; DAC: distancia al arrecife más cercano; DAN: distancia al arrecife natural..	23
Tabla 6.1.1 Listado taxonómico de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales, y ascidias encontradas en los ocho arrecifes artificiales evaluados en la bahía de Pozos Colorados. Las especies se ordenaron filogenéticamente según WoRMS (2016).....	29
Tabla 6.1.2 Presencia y ausencia de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales y ascidias encontradas en los ocho arrecifes artificiales (AA) evaluados en la bahía de Pozos Colorados. ....	30

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1.1. Ubicación de los arrecifes artificiales (AA) en la bahía de Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia. Fuente: MoAm, 2017.....	22
Figura 5.2.1 Arrecifes artificiales construidos con tubería de acero instalados en la bahía de Pozos Colorados. Izquierda: módulos de diseño cúbico; derecha: módulos de diseño piramidal. Fuente: MoAm, 2017.....	23
Figura 5.3.1 Buzo investigador en el proceso de extracción de muestras por medio de una espátula en los arrecifes artificiales de la bahía de Pozos Colorados. ....	25
Figura 6.2.1. Frecuencia de ocurrencia (%) de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales, y ascidias encontradas en los ocho arrecifes instalados en la bahía de Pozos Colorados. ....	31
Figura 6.3.1 <i>Bougainvillia</i> sp.; a. Vista general de la colonia en laboratorio creciendo sobre el hidrocaulo de una colonia muerta de <i>Eudendrium carneum</i> , b. Hidrocaulo con el perisarco recubierto de sedimento, c. Posibles hidromedusas en estadios tempranos de maduración, d. Hidrantes.....	33
Figura 6.3.2 <i>Eudendrium carneum</i> ; a. Vista general de la colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Hidrocaulo monosifónico en las ramas jóvenes con el perisarco anillado en la base, c. Gonóforos femeninos, d. Hidrocaulo polisifónico con organismos adheridos. ....	36
Figura 6.3.3 <i>Clytia</i> aff. <i>linearis</i> ; a. Vista general de la colonia en laboratorio creciendo sobre el hidrocaulo muerto de <i>Eudendrium carneum</i> , b. Pedicelo anillado, c. Hidroteca distal alargada, d. Dientes marginales. ....	39
Figura 6.3.4 <i>Clytia</i> sp; a. Pedicelo anillado en la base de la hidroteca, b. Hidroteca con dientes marginales, c. Colonia creciendo sobre un cirripedio. ....	41
Figura 6.3.5 <i>Halecium</i> sp.; a. Vista general de la colonia en laboratorio (1. Hidrocaulo monosifónico, 2. Hidroteca con el margen no evertido), b. Hidrorriza con restos de balanos. ....	43
Figura 6.3.6 <i>Anthohebella</i> aff. <i>parasitica</i> ; a. Vista general de la colonia en laboratorio, creciendo sobre el hidrocaulo vivo de <i>Thyroscyphus marginatus</i> , b. Detalle de la hidroteca y sus partes (1.	

Margen de la hidroteca, 2. Hidroteca campanular alargada, 3. Pedicelo anillado, 4. Hidrorriza estolonada delgada).....	45
Figura 6.3.7 <i>Sertularia marginata</i> ; a. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia con hidrotecas, b. Detalle de las partes (1. Hidrocaulo transparente, 2. Constricciones ligeramente oblicuas en el perisarco de la hidroteca).....	47
Figura 6.3.8 <i>Thyrosocyphus marginatus</i> ; a. Colonia viva de en los arrecifes artificiales, b. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia, c. Hidrotecas con el margen liso. ....	49
Figura 6.3.9 <i>Madracis</i> aff. <i>pharensis</i> ; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Detalle del coralite (1. Espinas del coenosteum, 2. Columnela masiva, 3. Septos granulados), c. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia. ....	52
Figura 6.3.10 <i>Phyllangia americana</i> ; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Coralite cilíndrico, c. Vista general de la colonia en laboratorio.....	54
Figura 6.3.11 <i>Astrangia solitaria</i> ; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Coralite con septos granulados y columnela papilosa, c. Colonia adherida a un cirripedio y una valva. ....	56
Figura 6.3.12 <i>Carijoa riisei</i> ; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Fragmento de colonia en el laboratorio, c. Escleritos en forma de varillas largas con procesos espinosos. ....	58
Figura 6.3.13 <i>Leptogorgia hebes</i> ; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Escleritos romos muy ornamentados de color morado y escleritos delgados poco ornamentados de color amarillo, c. Vista general en laboratorio. ....	61
Figura 6.3.14 <i>Leptogorgia setacea</i> ; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales con la coloración morada, b. Escleritos agudos y verrugosos, escleritos romos muy ornamentados de color amarillo, c. Colonia en forma de látigo con la coloración amarilla. ....	63
Figura 6.3.15. Individuo de <i>Phallusia nigra</i> adherido a un arrecife artificial.....	65
Figura 6.3.16 <i>Rhopalaea abdominalis</i> ; a. Individuo adherido a un arrecife artificial exhibiendo su coloración morada, b. Zooide (1. Región abdominal, 2. Región torácica), c. Téntaculo oral simple, d. Lámina dorsal.....	68

Figura 6.3.17 <i>Rhopalaea</i> sp. 1; a. Individuo adherido a un arrecife artificial, b. Zooide, c. Velum y tentáculos orales simples, d. Lengüetas. ....	70
Figura 6.3.18 <i>Rhopalaea</i> sp. 2; a. Individuos adheridos a un arrecife artificial, b. Zooide, c. Región torácica mostrando la musculatura longitudinal, d. Vasos longitudinales y estigmas faríngeos..	72
Figura 6.3.19 <i>Didemnum cineraceum</i> ; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Fragmento de colonia (1. Zooide embebido en la túnica, 2. Acumulación localizada de espículas blancas), c. Vista general del zooide (3. Lámina dorsal arriñonada, 4. Sifón oral), d. Vista general de la región torácica (5. Sifón atrial en forma de C cerrada, 6. Proceso muscular largo). ....	74
Figura 6.3.20 <i>Didemnum perlucidum</i> ; a. Espículas vistas en microscopio óptico, b. Vista general de una colonia pequeña en el arrecife artificial, c. Zooide adherido a la túnica. ....	76
Figura 6.3.21 <i>Didemnum psammatores</i> ; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Detalle de un fragmento de colonia donde se observan las espículas de color blanco y una gran cantidad de pellets fecales alrededor. ....	78

## RESUMEN

En la bahía de Pozos Colorados desde el 2009 se gestó el proyecto de arrecifes artificiales para la conservación, ecoturismo, y fortalecimiento de las comunidades. En el 2013 se instalaron seis módulos cúbicos, y en el 2015 seis piramidales. Con el fin de conocer parte de la riqueza de especies en estas estructuras, se evaluó la diversidad de hidroides, corales, octocorales y ascidias, mediante extracción directa y raspados en la superficie. Los individuos fueron identificados taxonómicamente a nivel de especie y se hicieron anotaciones ecológicas durante los muestreos para entender su existencia en el área y contrastar con información en ambientes naturales. En total se registraron 21 especies, distribuidas en orden descendente: hidroides (8), ascidias (7), corales (3) y octocorales (3). De estas, cinco son nuevos registros para el Caribe colombiano (*Leptogorgia hebes*, *Rhopalaea abdominalis*, *Didemnum cineraceum*, *Didemnum perlucidum*, y *Didemnum psammatoedes*) y para tres se amplía su hábitat de distribución a estructuras artificiales. Se presume la existencia de organismos invasores en estos grupos. Los hidroides y ascidias dominaron sobre los corales y octocorales, debido a sus características ecológicas que les permitieron aprovechar este ambiente de manera más eficiente. De otra parte, los arrecifes de 2013 tuvieron mayor riqueza que los de 2015, como era de esperarse por el incremento de la complejidad estructural de los mismos a medida que pasa el tiempo. En suma, los arrecifes artificiales funcionan como herramientas para evaluación de la diversidad, tienen una gran variedad de los grupos estudiados que además incrementan los nichos ecológicos a favor de otras especies de la trama trófica, en concordancia con los objetivos de su implementación en el área.

**Palabras clave:** diversidad, hidroides, corales, octocorales, ascidias, arrecifes artificiales, Pozos Colorados.

## ABSTRACT

Since 2009 in Pozos Colorados Bay, an artificial reef project for conservation, ecotourism promotion, and strengthen of communities has been functioning. In 2013 and 2015 six cubic and six pyramid modules were deployed respectively. In order to get to know part of the species richness associated to these structures, an assessment of the diversity of hydroids, corals, octocorals, and ascidians was performed through direct extraction and surface scrapes. The individuals were taxonomically identified to the species level and ecological annotations were taken during the surveys in order to understand the presence of the organism in the area, as well as to contrast this information with natural habitats. A total of 21 species were recorded, in descending order: hydroids (8), ascidians (7), corals (3), and octocorals (3). Five species are new records for the Colombian Caribbean (*Leptogorgia hebes*, *Rhopalaea abdominalis*, *Didemnum cineraceum*, *Didemnum perlucidum*, and *Didemnum psammatoedes*) and the distribution range of other three species in artificial structures was expanded. Hydroids and ascidians dominated over corals and octocorals, due to their ecological features which allow them to use the habitat more effectively. In addition, the 2013 reefs had higher richness than the 2015, as it was expected by the increase in the structural complexity of the habitats with time. In short, the artificial reefs function as tools for biodiversity evaluation, with a great variety of the studied groups, which in addition improve the ecological niches for the benefit of other species in the trophic spectrum, in correspondence with the goals of its implementation in the area.

**Key words:** diversity, hydroids, corals, octocorals, ascidians, artificial reefs, Pozos Colorados.

## 1 INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA

En todo el mundo, los arrecifes artificiales han sido de gran importancia ambiental, por el papel que desempeñan en el mejoramiento de la pesca artesanal, la restauración de ecosistemas degradados, el mantenimiento y conservación de la biodiversidad, así como en el desarrollo económico y social de los habitantes de las costas (Seaman y Jensen, 2000). Un arrecife artificial es una estructura dispuesta intencionalmente en el fondo marino para influir en procesos biológicos, ecológicos, como también aquellos relacionados con los grupos sociales de interés. Las estructuras pueden ser construidas con materiales naturales o artificiales, implementadas en un momento o durante un largo período, e idealmente servirán de hábitat que funcionará como parte del ecosistema natural, mientras este no se vea afectado (Lindberg y Seaman, 2011).

Los arrecifes pueden proveer estructura que directa o indirectamente tiene la capacidad de sostener el reclutamiento y expansión de varios organismos, como esponjas, briozoos, cirripedios, hidroides, corales, y asociaciones de peces (Love y York, 2005; Sheehy y Vik, 2010). Las diferentes etapas del desarrollo de los organismos pueden tener variados requerimientos de hábitat y limitaciones en las poblaciones; por estas razones, los grupos observados en una estructura artificial, son ecológicamente parte de un número de poblaciones interconectadas (Broughton, 2012).

En las áreas costeras las estructuras artificiales de tipo bentónico, son el principal hábitat usado para mejorar algunas actividades como la pesca y en general el ecosistema, a través de la promoción del uso sostenible de los recursos naturales. A lo largo del tiempo, la implementación de estos espacios ha proporcionado información sobre aspectos biológicos de los organismos que ayudan a cuantificar procesos ecológicos y su funcionalidad, con el propósito de evaluar resultados significativos sobre la producción de

biomasa, la semejanza en cuanto a la utilidad de este tipo de ambientes y los arrecifes naturales, así como las aplicaciones apropiadas de estas estructuras (Seaman, 2008).

En Colombia, los ecosistemas marinos de gran importancia como los pastos y los arrecifes de coral son considerados estratégicos, junto con los bosques de manglar, litorales rocosos, y fondos sedimentarios, playas o ambientes de fondos blandos; esto debido a los servicios ecosistémicos que brindan, tales como alta biodiversidad y productividad, recursos alimenticios para poblaciones aledañas, mejoramiento de la calidad de agua, protección de las costas por efecto del oleaje y la erosión, así como por su atractivo científico, escénico, turístico y su creciente potencial en el campo farmacéutico (Invemar, 2012).

A pesar de esta importancia, los ecosistemas han sufrido una extensa degradación en los últimos 30 años y cerca del 75 % de los arrecifes coralinos están bajo amenaza como resultado de las perturbaciones antropogénicas y naturales (Burke *et al.*, 2011). Factores como la sobrepesca, la pesca destructiva, las enfermedades coralinas, la disminución de herbívoros, los eventos climáticos adversos, las altas tasas de sedimentación, y la contaminación de las zonas costeras, son importantes causas de este deterioro (Birkeland, 1997; Díaz *et al.*, 2000; Wilkinson y Souter, 2008).

Infortunadamente, dichas causas están presentes en casi todas las áreas arrecifales de Colombia, especialmente en el Caribe: San Andrés, las regiones de Santa Marta y Cartagena, incluyendo las islas del Rosario y San Bernardo (Garzón-Ferreira y Kielman, 1994; Garzón-Ferreira, 1997).

En ese orden de ideas, los arrecifes artificiales pueden ser usados como una herramienta de gran potencial para ayudar a preservar la biodiversidad marina del país y también para conocer los procesos ecológicos de las asociaciones y especies presentes allí,

comparables a los que se presentan en hábitats naturales (Wilding y Sayer, 2002). La investigación sobre este tema en Colombia es escasa y los estudios realizados a corto y largo plazo, principalmente en el golfo de Morrosquillo, se han enfocado a determinar la funcionalidad de los arrecifes en el ambiente y cómo estos influyen en la diversidad y estabilidad de las asociaciones bióticas.

Es así como se confirma la idea de los arrecifes artificiales como herramientas efectivas para el manejo de recursos pesqueros y biológicos, en zonas donde la extracción de los activos naturales no contempla un uso racional y sostenible (Delgadillo *et al.*, 2004; Delgadillo-Garzón y García, 2009). Esta tecnología se empezó a implementar desde finales del año 2009 en la bahía de Pozos Colorados, la cuál es un área de gran actividad pesquera, náutica, turística, y con infraestructura costera para el transporte de hidrocarburos. El propósito principal planteado para estos arrecifes artificiales es ayudar al fortalecimiento técnico-organizativo de las comunidades de pescadores artesanales, la conservación de la biodiversidad y el impulso del ecoturismo (MoAm, 2015).

De otra parte, la evaluación ecológica inicial de los arrecifes artificiales instalados en la bahía de Pozos Colorados, evidenció que estos hábitats representan una alternativa efectiva de restauración ambiental en el área de influencia y la integración social de los habitantes que se benefician de los recursos marinos, bajo esquemas rigurosos de manejo responsable. En las evaluaciones precedentes de estos hábitats se registraron 14 fila de organismos sésiles y su epibiota asociada, pero una gran proporción de estos grupos han sido descritos a niveles taxonómicos generales como familia y ordenes en algunos casos, lo que representa un vacío de información sobre la biodiversidad de estos organismos en las estructuras (MoAm, 2014, 2015, 2017).

Se puede establecer que muchas de las especies que componen la diversidad faunística de los ecosistemas marinos colombianos han sido poco estudiadas o subestimadas (Gracia *et al.*, 2011). Muchas no se han registrado y la bibliografía se centra principalmente en aquellos taxones que son más visibles y de fácil acceso, dejando por fuera los que son menos conspicuos y de los cuales se tienen menos registros (e.g. briozoos, hidroides, ascidias, nemátodos, etc.). Sumado a esto, se encuentra el evidente desconocimiento del estado actual de la fauna marina tanto en puertos, muelles, bahías, y estuarios, que comprenden hábitats propicios para el desarrollo de estos organismos (Gracia *et al.*, 2011).

Este estudio se encuentra enmarcado dentro del convenio de cooperación No. 8000001471 entre Ecopetrol S.A., Fundación Sociedad Portuaria de Santa Marta, y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S., para el fortalecimiento socio-económico y evaluación ecológica de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano, apoyado igualmente por el grupo de investigación en Arrecifes Artificiales y Hábitats Acuáticos Relacionados de la empresa MoAm.

## **2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Generalidades de los arrecifes artificiales**

Los arrecifes artificiales históricamente han sido usados alrededor del mundo para atraer peces y facilitar su captura para el consumo humano. Hay evidencia de que en el mar Mediterráneo, los primeros se crearon de manera inadvertida cuando los pescadores de atún dejaban las rocas con las que anclaban las redes de pesca en el fondo marino al final de cada temporada de pesca. Estos anclajes se acumularon con el tiempo y crearon nuevos hábitats rocosos que atrajeron peces, los cuales fueron explotados posteriormente por los marineros locales entre las temporadas de pesca (Riggio *et al.*, 2000).

Hacia el año 1600, en Japón se utilizaron los escombros de construcción y rocas para favorecer el crecimiento de algas marinas; sin embargo, el concepto moderno de arrecife artificial viene del siglo XVIII y se extendió a Estados Unidos en la década de 1830 cuando se utilizaban los troncos de las cabañas en las costas de Carolina del Sur para mejorar la pesca; posteriormente estas prácticas se propagaron a diferentes áreas del mundo donde han sido utilizadas para varios fines (Stone *et al.*, 1991). Actualmente son utilizados en aguas costeras de al menos 80 países de todo el mundo para variadas aplicaciones, entre estas proveer sustratos para cultivos de algas y moluscos, proteger áreas sensibles de actividades pesqueras, para la investigación y educación, etc. (Jensen *et al.*, 2000; Fabi *et al.*, 2015; MoAm, 2015).

Muchas estructuras artificiales han sido creadas para atraer buzos y pescadores deportivos; para asegurar un máximo beneficio, los arrecifes destinados a estos fines deben ser visualmente atractivos e interesantes; los barcos hundidos o partes de estos se utilizan a menudo para crear ambientes con fines recreativos. Estos sitios también pueden contribuir a la conservación de especies marinas, ya que disminuyen la presión ejercida por la pesca que ocurre en habitats naturales adyacentes (UNEP, 2009).

Los objetivos de estos arrecifes son: 1) un aumento general de la biomasa epibiótica así como de la fauna móvil asociada, 2) la creación de un área de alta biodiversidad con fines de conservación, 3) el restablecimiento de comunidades biológicas después de un evento adverso, como un huracán o un suceso de contaminación, y 4) compensación por la pérdida de hábitat en otro lugar (UNEP, 2009).

Generalmente con estas estructuras se logra una asociación biológica de organismos sésiles y vágiles que pueden estar en equilibrio entre uno y cinco años (máximo), aunque algunas veces se pueden observar variaciones de acuerdo a la estacionalidad en el

número de individuos que colonizan los hábitats o eventos adversos de alto impacto. La composición final y abundancia de los organismos bénticos, depende en gran medida de las características del sustrato, la época climática en la que el material es depositado en el fondo marino, y de variables ambientales como la temperatura, la calidad de agua, los factores físicos y químicos, y los patrones locales de corrientes (Bonhsack y Sutherland, 1985).

Es importante entender el valor *per se* de los arrecifes artificiales, es decir, como promotores de la vida marina. El sustrato duro de una estructura artificial provee una superficie sólida y un hábitat de reclutamiento para el asentamiento de larvas de organismos, que de otro modo se perderían (Leitao, 2013). En áreas que anteriormente tenían fondos arenosos, con bajos niveles de productividad, el proceso de asentamiento contribuye a la creación de nuevas áreas de alimentación, incrementando así su eficiencia trófica (Bombace, 1989).

## **2.2 Diseño, materiales, y localización de los arrecifes artificiales**

Para que el uso de una arrecife artificial sea exitoso, es necesario que permanezca en un lugar fijo, que resista las fuerzas de las corrientes, y que no exceda la capacidad de asentamiento sobre el sedimento, para evitar su hundimiento (Sheng, 2000). Las estructuras deben ser fáciles de fabricar, rentables, y de manipulación simple en el fondo marino (NOAA, 2007).

Ya que el éxito de los arrecifes depende directamente de los materiales con los que se construyen, se ha observado que la textura y los componentes químicos afectan la composición y abundancia de los organismos bentónicos móviles, así como de los sésiles, para lo cual se eligen generalmente superficies porosas, ásperas, y rugosas, que permitan el desarrollo óptimo de las asociaciones epibióticas (Edwards y Gómez, 2007). El número y tamaño de las cavidades, así como la forma de los módulos (altura, perfil, relación entre

superficie y volumen, etc.) tienen un importante efecto sobre la biodiversidad y la abundancia de los organismos que atraerá el arrecife. Cuanto más compleja sea la estructura mayor será la diversidad de especies que la utilizarán como sustrato de establecimiento, refugio, zona de alimentación, y reproducción (UNEP, 2009).

En general, los arrecifes artificiales no deben ser dispuestos en sustratos rocosos, en arrecifes de coral o praderas de pastos marinos, a menos que la estructura tenga como fin restaurar un hábitat degradado. En el caso de que sea fondeado cerca de hábitats de fondos duros u otro ambiente sensible, se debe instalar una estructura de defensa alrededor del hábitat natural, que tenga un tamaño suficiente para protegerlo (Lindberg y Seaman, 2011).

En la construcción de arrecifes, se han utilizado una amplia gama de materiales como concreto, hormigón, acero, y plástico; también la fibra de vidrio y cerámica han sido usadas; así mismo se han empleado elementos naturales como rocas, conchas y madera, donde este último es el que menos vida útil tiene en los fondos marinos debido a los organismos excavadores que hacen sus madrigueras allí. Materiales como las rocas pueden estar dispersas en el fondo o apiladas, otras ensambladas dentro de marcos de acero, hierro, plástico o madera para generar una mayor estabilidad (Fabi *et al.*, 2015).

### **2.3 Antecedentes de invertebrados sésiles y epibiota asociados a arrecifes artificiales en Colombia**

Restrepo (1976), evaluó la ecología del quitón *Acanthopleura granulata* en dos sustratos en la bahía de Cartagena, un espolón en el cuál encontró 30 individuos por metro cuadrado y un sustrato natural con 42 individuos. Concluyó que en el espolón las hendiduras de la superficie permitieron mayor protección, facilitaron mayores tallas y longevidad a los juveniles, por el contrario en el sustrato natural, hubo mayor exposición a

la radiación solar y un acelerado metabolismo que ocasionó un crecimiento menor, así como longevidades más cortas.

Por su parte, Moreno (1978) evaluó comunidades adherentes en cinco estaciones sobre diferentes sustratos artificiales en la bahía de Cartagena. Encontró que los máximos crecimientos con una baja diversidad, correspondieron a zonas de notable alteración. En la bahía de Cartagena, Rodríguez (1985) valoró la estructura biocenótica de una sucesión de organismos adherentes mediante un modelo matemático, usó placas fabricadas en cemento y asfalto, y concluyó que el modelo no fue apropiado como medio predictivo, ya que no fue eficaz a la hora de enfrentar los cambios ambientales, ni los referentes a las relaciones inter o intraespecíficas de los organismos que conformaron la asociación.

En el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Becerra y Jiménez (1989) describieron el desarrollo de las asociaciones en estructuras sometidas a la acreción electrolítica durante 45 días; para tal fin, se probaron dos tipos de ánodos (grafito y acero). Se concluyó que el grafito fue el más eficiente, y se registró que después del proceso de desconexión, los organismos adherentes empezaron a ser significativos.

En la bahía de Santa Marta, García y Salzwedel (1993) mediante el uso de placas de asbesto estudiaron los patrones de sucesión de las comunidades del *fouling*. Sugirieron que las formas coloniales fueron los principales competidores por el espacio con respecto a los organismos solitarios. De otra parte, observaron que las tendencias de autoreemplazamiento de las formas solitarias y las bajas tasas de reclutamiento y crecimiento de las coloniales, fueron responsables de la mayor parte de los patrones sucesionales.

Rojas (1996) evaluó la sucesión biológica de los organismos sésiles sobre una avioneta de aluminio hundida en las islas del Rosario, para lo cual utilizó placas del mismo material ubicadas en sitios sometidos a distintas condiciones de luz. Al finalizar el estudio, se

definió la presencia de dos asociaciones, una externa y otra interna. Asimismo, se encontró que en condiciones de luz las especies más abundantes fueron los productores primarios y en la penumbra la comunidad tuvo un proceso de sucesión, donde los organismos más desarrollados fueron las algas filamentosas.

Nieto (2004) en la bahía de Taganga, evaluó el patrón temporal de sucesión de invertebrados sésiles en bloques de concreto. Demostró que las especies solitarias dominaron sobre las coloniales, esto probablemente debido a que las estructuras artificiales no eran muy grandes; encontró que los cirripedios fueron los invertebrados más abundantes, seguidos por las esponjas, tunicados, briozoos y poliquetos de la familia Serpulidae.

En el golfo de Morrosquillo, Delgadillo (2005 a, b) evaluó los macroinvertebrados móviles y la biota sésil asociada a dos arrecifes artificiales; en ellos observó 23 especies de organismos móviles, principalmente crustáceos, mientras que de la biota sésil registró 24 especies y 20 categorías de cobertura. En general concluyó que la biota sésil estuvo compuesta principalmente por esponjas del género *Mycale* y el octocoral *Carijoa riisei*. Vishnoff y Delgadillo-Garzón (2010), evaluaron la cobertura de la biota sésil asociada a cuatro arrecifes artificiales en el golfo de Morrosquillo y concluyeron que la composición de las categorías principales de organismos fueron semejantes a otros estudios relacionados y que las características fisicoquímicas del área favorecieron un mayor porcentaje de algas y esponjas.

Gracia, *et al.* (2013) estudiaron las especies de invertebrados marinos establecidos sobre las plataformas permanentes para la explotación de gas ubicadas mar afuera en el departamento de La Guajira. Como resultado recolectaron e identificaron 116 especies. Notaron que los organismos sésiles filtradores dominaron en número de individuos, mientras que las formas móviles presentaron un mayor número de especies. Perdomo-

Ramos (2014) realizó una evaluación preliminar de la biota sésil y la epibiota asociada a dos arrecifes artificiales en el golfo de Morrosquillo, donde encontró que los organismos filtradores presentaron alta cobertura, lo cual estuvo posiblemente relacionado a las condiciones de alta sedimentación presentes en el área de estudio. En cuanto a la epibiota, registró una abundancia total de 1882 individuos, distribuidos en 31 géneros, 27 especies y seis morfotipos, pertenecientes a siete fila. Las mayores abundancias fueron de Bryozoa (61.21 %) y Cnidaria (13.55 %).

## **2.4 Generalidades de los grupos taxonómicos**

### **2.4.1 Filo: Cnidaria; Clase: Hydrozoa; Subclase: Hydroidolina**

Los hidroides (*sensu lato*) son organismos que presentan un ciclo de vida compuesto por pólipos o medusas, o ambas fases. Se encuentran ubicados dentro de la subclase Hydroidolina. Esta se subdivide a su vez en tres ordenes, de los cuales dos son de interés para este estudio. El orden Leptothecata, el cual contiene más de 1200 especies caracterizadas porque los pólipos o hidrantes están cubiertos por un perisarco firme, que les sirve de protección. De otra parte, el orden Anthoathecata, está representado por más de 1900 especies registradas en todo el mundo y se caracteriza porque sus pólipos o hidrantes no se encuentran cubiertos por un perisarco. Por el contrario, están desnudos y sus tentáculos generalmente son filiformes (Rogers, 2009). Estos organismos se encuentran en todos los hábitats marinos naturales y artificiales desde zonas someras hasta las llanuras abisales, y son uno de los componentes más importantes en los ensamblajes de las aguas someras y los fondos duros (Calder, 1991; Di Camillo *et al.*, 2008).

Debido a su rápido crecimiento y asentamiento, los hidroides son los primeros en colonizar sustratos vírgenes. Son a menudo sustituidos por otros organismos más

grandes como las algas, esponjas, poliquetos, cirripedios, briozoos, moluscos, y ascidias; aunque algunos hidroides son capaces de defender su espacio en el sustrato. En los fondos duros, dominan los primeros estadios de sucesión, contrario a lo observado sobre fondos blandos someros donde raramente se asientan, aunque al aumentar la profundidad de 40 a 50 m forman grandes comunidades. Los que logran establecerse en estos hábitats pueden alcanzar tamaños considerables (Boero, 1984).

#### **2.4.2 Filo: Cnidaria; Clase: Anthozoa; Subclase: Hexacorallia; Orden: Scleractinia**

En el Atlántico Occidental Tropical se han descrito 197 especies de corales zooxantelados (Cairns *et al.*, 1999), de las cuales el 60 % se encuentran en el Caribe colombiano; en cuanto a los azooxantelados, se han documentado 65 especies que equivalen al 54.1 % de las 120 conocidas en el Atlántico Occidental (Reyes *et al.*, 2010).

Los denominados comúnmente corales pétreos, son un grupo que se caracteriza por presentar dos variedades ecológicas muy diferentes entre sí. Los corales de aguas someras, hermatípicos o zooxantelados, son reconocidos por formar grandes y complejas estructuras arrecifales en los trópicos y por su asociación con algas endosimbiontes llamadas zooxantelas, las cuales pasan los excedentes fotosintéticos a los pólipos de los corales (Veron, 1995). El máximo desarrollo arrecifal se presenta a profundidades entre los 0 y 50 m, principalmente en aguas claras, cálidas y con salinidades entre 33 y 36 (Díaz, *et al.*, 2000).

Además de ellos, hay especies que no construyen arrecifes y que se asocian facultativamente con las zooxantelas o definitivamente son independientes de ellas, llamados corales ahermatípicos o azooxantelados (Wells, 1956). Estos corales generalmente no requieren de la luz solar para sobrevivir, sino que capturan con sus pólipos plancton como alimento, y gracias a estas características pueden desarrollarse en

un ámbito de mayor profundidad y en latitudes tan altas como los círculos polares (Cairns, 1982). Son organismos notables por encima de los 500 m pero forman estructuras complejas desde el límite inferior de la zona intermareal hasta los 1500 m (Hovland *et al.*, 1998; Freiwald *et al.*, 2002).

#### **2.4.3 Filo: Cnidaria; Clase: Anthozoa; Subclase: Octocorallia; Orden: Alcyonacea**

Los gorgonáceos son organismos sésiles coloniales representados por más de 3000 especies que incluyen los corales blandos, abanicos de mar, y plumas de mar, los cuales dependiendo de la especie y las condiciones ambientales, pueden estar constituidos por cientos o miles de individuos modulares (Sánchez *et al.*, 1998). Son algunos de los componentes más prolíficos y conspicuos de las comunidades marinas en la región Caribe y el Atlántico Occidental Tropical, representando aproximadamente un 38 % de la fauna, donde las familias Plexauriidae y Gorgonidae son las más abundantes (Bayer, 1961).

Estos organismos se encuentran en todos los mares, ocupando hábitats desde el polo Norte al polo Sur, adaptados a condiciones ambientales muy diferentes en sus rangos de distribución. Por tanto, los octocorales se pueden encontrar desde las zonas someras y cálidas hasta las grandes y frías profundidades oceánicas, llegando a más de 5000 m de profundidad (Sánchez *et al.*, 1998).

La diversidad de tamaños y formas de crecimiento (incrustantes, masivas, arborescentes, y látigo), muchas veces están determinadas por las condiciones ambientales en las que habitan, como la disponibilidad de luz o la exposición al oleaje. Debido a su crecimiento ramificado crean estructuras tridimensionales que contribuyen a la complejidad ambiental y por ende a la biodiversidad del sistema. Las colonias se caracterizan por las asociaciones que realizan con otras especies como el molusco *Cyphoma gibbosum* con

*Eunicea tayrona*, la ascidia *Clavelina picta* con *Antillogorgia americana* en las zonas arrecifales y litorales tropicales (Sánchez y Dueñas, 2012).

#### **2.4.4 Filo: Chordata; Clase: Ascidiacea**

Hay una gran diversidad de especies de ascidias que viven en los mares tropicales poco profundos, en su mayoría coloniales, aunque también hay solitarias. El Caribe presenta un alto grado de riqueza y de endemismo de especies. En todo el mundo existen entre 2800 a 3000 especies aproximadamente (Lambert, 2005; Faria, 2006).

En las comunidades bentónicas y epibióticas marinas, las ascidias son miembros notables, organismos sésiles y filtradores de apariencia simple que están estrechamente relacionados con los vertebrados, ya que pertenecen al filo Chordata, subfilo Tunicata. Esto se debe a que en su estado larval, las ascidias tienen todas las características de los cordados, como son una cola postanal, una notocorda, un cordón nervioso dorsal hueco, y hendiduras faríngeas (Monniot *et al.*, 1991).

La mayoría de las especies habitan aguas costeras poco profundas en áreas con disponibilidad de sustratos duros, ya que se fijan a rocas, conchas, y sustratos artificiales donde se alimentan filtrando el agua. Cuando la larva planctónica se asienta sobre un sustrato y sufre metamorfosis para convertirse en adulto, pierde estas características distintivas al reabsorberlas (Millar, 1971). Sólo se mantienen en los adultos las hendiduras faríngeas que son caracteres taxonómicos de importancia para la identificación. Las ascidias poseen una cubierta externa protectora llamada túnica, la cual crece con el animal y tiene la función de un exoesqueleto flexible, además de servir de anclaje para adherir el organismo al sustrato. Esta túnica está constituida por un tipo de celulosa llamada tunicina (Millar, 1971) y puede variar en consistencia de suave y delicada, a áspera y fuerte; además presenta una diversa gama de patrones de coloración.

Los sustratos inestables pueden crear dificultades para las ascidias, especialmente cuando las olas y corrientes levantan sedimentos y estos quedan en suspensión. Como se alimentan filtrando, no pueden seleccionar las partículas disueltas por lo cual se obstaculiza en gran medida el saco branquial y el tracto digestivo (Monniot *et al.*, 2001).

## **2.5 ESTADO DEL ARTE**

### **2.5.1 Hidroides (*sensu lato*)**

En Curazao, Aruba, Bonaire, Venezuela, Colombia, y algunas islas del Caribe, Van Gemerden-Hoogeveen (1965) trabajó sobre la distribución de varias especies de las familias Sertulariidae, Plumulariidae, y Aglaopheniidae. Kelmo y Vargas (2002) hicieron el primer reporte taxonómico de los órdenes de hidroides Anthoathecatae y Leptothecatae en las costas del Caribe y el Pacífico costarricense. Castellanos-Iglesias *et al.* (2011) hicieron una descripción de las especies, el tipo de sustrato, y la profundidad en la cual se encontraron los hidroides de las subclases Anthoathecatae y Leptothecatae de los cayos en el sur del golfo de Batabanó en Cuba. Para el Caribe colombiano, Wedler, 1973 y Wedler, 1975 describió aspectos ecológicos de los hidroides presentes en el área de Santa Marta. Bandel y Wedler (1987) hicieron una caracterización de hidroides y gasterópodos en la zona litoral del Caribe colombiano, donde destacaron la importancia de algunas especies como indicadores de la zonación como supra, meso e infralitoral.

En cuanto a trabajos taxonómicos importantes se encuentra el de Flórez (1983) quien estudió 15 familias, 31 géneros y 51 especies en Cartagena. Más recientemente, Posada *et al.* (2010) adicionaron tres primeros registros de hidroides al inventario de especies del Caribe colombiano y aportaron nueva información morfológica y de ámbito batimétrico para seis especies del Caribe sur colombiano.

En arrecifes artificiales el estudio de estos organismos ha sido limitado; algunos trabajos recientes en la costa norte de Río de Janeiro en Brasil, en la ensenada de Manguinhos a una profundidad de nueve metros, se observaron en dos estructuras con forma de columnas verticales hechas de caucho y de concreto, los hidroides *Aglaophenia pluma*, *Bougainvillia* sp., *Clytia* sp. 1, *Clytia* sp. 2, *Obelia* sp., *Sertularia* sp., *Sertularia marginata* y *Tubularia* sp. (Zalmon y Gomes, 2003). Otro estudio en la misma zona realizado por Krohling *et al.*, (2004), donde utilizaron Reefballs® encontraron que después de un año de estudio, los grupos más abundantes en las estructuras fueron los hidroides con representantes de siete taxones, y las especies dominantes fueron *Clytia* spp y *Obelia* spp.

En el año 2006, Krohling *et al* (2006) en la costa norte de Río de Janeiro utilizaron placas experimentales unidas a la superficie de los Reefballs® previamente mencionados, en las cuales encontraron a los hidroides *Bougainvillia* sp. y *Obelia* sp. como los primeros colonizadores en un periodo inicial de uno a tres meses. Luego en el mes 11, observaron las especies *Obelia bidentata*, *Plumularia* sp., *Clytia linearis* y *Obelia dichotoma*. En el Caribe colombiano, Gracia *et al.*, (2013) encontraron en las plataformas de gas en La Guajira hidroides de los géneros *Zyzyzus* sp. y *Plumularia* sp. adheridos a estas estructuras. Por otro lado, en el golfo de Morrosquillo, Perdomo-Ramos (2014) reportó la cobertura de dos morfotipos del antiguo Orden Hydroida en San Antero y Coveñas. MoAm (2015) registró en los arrecifes instalados en el sector de Pozos Colorados a la familia Campanulariidae como un residente sésil sobre las estructuras, con coberturas altas.

### **2.5.2 Hexacorales**

Hasta 1999 el inventario de especies para el Caribe colombiano permitió establecer que el 46 % de estas especies válidas para el Atlántico Occidental, se encontraron en aguas de

Colombia (Cairns, 2000; Lattig y Cairns, 2000; Reyes, 2000). Durante los cruceros Invermar-Macrofauna realizados entre 1998 y 1999 fueron recolectadas 26 especies, donde nueve de ellas fueron primeros registros para la costa Caribe colombiana (Lattig y Reyes, 2001).

En la actualidad, la cantidad de estos corales registrados en aguas colombianas asciende a un 50 % que corresponde a 65 especies de las 129 conocidas para el Atlántico Occidental, lo cual refleja un conocimiento mediano de la fauna de corales azooxantelados (Reyes *et al.*, 2010).

En el golfo de México, Sammarco *et al.* (2013), estudiaron la comunidad de corales en plataformas petroleras donde encontraron al zooxantelado *Madracis decactis* y los azooxantelados *Tubastrea coccinea*, *Oculina diffusa* y *Phyllangia americana*. En el Caribe colombiano, en el estudio de Perdomo-Ramos (2014) se registraron dos especies *Astrangia solitaria* y *Phyllangia americana* típicas de arrecifes artificiales, las que están adaptadas a soportar condiciones adversas de turbidez y bajas temperaturas (Sant *et al.*, 2003). Gracia *et al.*, 2013 encontraron las especies *Phyllangia americana* y *Tubastrea coccinea* creciendo principalmente dentro de tubos de balanos vacíos.

### **2.5.3 Octocorales**

A partir de los años 60 se realizaron diversos estudios en el área del Caribe sobre taxonomía, biología, y ecología de la subclase Octocorallia. Dentro de éstos se destacan los de Bayer (1961) sobre la taxonomía de los octocorales de las costas de Surinam y América del Sur, y los de las aguas someras de las Indias Occidentales respectivamente. Otros trabajos acerca de la taxonomía, se hicieron en zonas específicas del Caribe como los de González (1970) y Rees (1973) en Puerto Rico, Tortora y Keith (1980) en las islas y suroeste de Honduras, Romero y Rada (1999) en aguas costeras de la isla Margarita,

Venezuela, y Silva y Pérez (2002) en la región nordeste de Brasil. En Colombia se citan los trabajos de Manjarrés (1979) en las islas del Rosario, Botero (1987) en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona; Wedler y Álvarez-León (1989) en La Bahía de Nenguange, Sánchez *et al.* (1998) en los atolones oceánicos del suroeste del mar Caribe colombiano (Albuquerque y Courtown), y Sánchez y Dueñas (2012) en el Pacífico y Caribe colombianos. En el área de la ecología, están los trabajos de Goldberg (1973) en la Florida, y Yoshioka y Yoshioka (1987) en Puerto Rico. En cuanto a zonación se destacan los de Wheaton (1987) en el sur de la Florida, Dahlgren (1989) en Yucatán, y Ramsaroop (1990) en Trinidad y Tobago.

En arrecifes artificiales a nivel mundial, Ben-Yosef y Benayahu (1999) encontraron en plataformas de petróleo en el golfo de Eliat (mar Rojo) al octocoral *Acabaria biserialis* a profundidades entre los seis y 18 metros, habitando pilares metálicos en posición vertical. En Pernambuco, Brasil, Lira *et al* (2010), encontraron en el naufragio de Pirapama, que el octocoral *Carijoa riisei*, se encontró ocupando casi todos los espacios sombreados y los agujeros disponibles; fue encontrada especialmente en áreas donde había menos exposición solar y sedimentación, siempre con organismos epibiontes.

En cuanto al estudio de estos organismos en arrecifes artificiales de Colombia, Vishnoff y Delgadillo-Garzón (2010) encontraron al octocoral *Carijoa riisei* en asociación con la esponja *Mycale microsigmatosa* en estructuras evaluadas en el golfo de Morrosquillo. Gracia *et al.* (2013) encontraron que *C. riisei* fue uno de los principales constituyentes del *fouling* asociado a estructuras de gas en la Guajira. Perdomo-Ramos (2014) los muestra como la tercera categoría más importante de las estructuras del golfo de Morrosquillo. Igualmente, MoAm (2014) reportó para la bahía de Pozos Colorados a *C. riisei* como un residente sésil sobre y dentro de las estructuras con coberturas medias.

#### 2.5.4 Ascidiias

En el Caribe, los inventarios de especies han sido realizados en las Antillas holandesas (Millar, 1962; Goodbody, 1984), Guadalupe (Monniot y Monniot, 1985), Jamaica (Goodbody, 1993; Goodbody, 2003), Cuba (Zanui, 1990), Belice (Goodbody, 2000; Goodbody, 2004), Panamá (Rocha *et al.*, 2005) y Venezuela (Rocha *et al.*, 2010). En otras áreas se tiene poca información de la cual podrían documentarse especies nuevas (Rocha *et al.*, 2005).

En el golfo de Eilat (mar Rojo), Oren y Benayahu (1998), encontraron en arrecifes artificiales las ascidias *Didemnum granulatum* y *Didemnum* sp. Estas fueron monitoreadas durante un año en el cual observaron que *D. granulatum* fue la primera en aparecer y la más prominente; *Didemnum* sp. creció a diferentes profundidades a lo largo de la estructura. Ambas especies colonizaron satisfactoriamente los hábitats, previo a la aparición de organismos longevos como los corales. Rocha *et al.*, 2005 encontraron adheridas a un barco pesquero y otro de investigaciones dos ascidias, *Styela picata* y una sin identificar en el puerto de Recife en Pernambuco, Brasil. A *Styela picata* se le asignó el estado de especie exótica por no estar reportada para la biodiversidad de la región.

En Colombia las ascidias han recibido poca atención pues solo existen algunos estudios desde el punto de vista taxonómico; se desconocen los aspectos ecológicos y de distribución en los diferentes ambientes, a pesar de que este grupo de invertebrados es conspicuo entre los miembros de la fauna bentónica. Hasta ahora no se han realizado inventarios, sin embargo se han hecho aproximaciones al conocimiento de estos organismos en arrecifes artificiales, como los de Santodomingo *et al.*, (2004) quienes reportaron tres especies en las plataformas de gas de La Guajira, y Caicedo (2010) quien hizo el primer registro de *Ascidia multitentaculata* para el Caribe colombiano, recolectada

de un sistema de cultivo de bivalvos marinos en bahía Portete. En cuanto a hábitats naturales, se encuentra el trabajo de grado de Endara (2011) sobre identificación taxonómica y caracterización de la gemación en ascidias de Colombia y Panamá; Chasqui *et al.* (2013), registró a la especie *Rhopalaea abdominalis* creciendo sobre arena compuesta en ambientes someros en La Guajira, aunque este reporte parece ser dudoso en cuanto a su correcta determinación taxonómica. Por último se encuentra otro trabajo de grado, de Paucar (2014) sobre la determinación morfológica y molecular de ascidias provenientes de Santa Marta y Cartagena.

### **3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Como respuesta a la escasez de información taxonómica y ecológica sobre grupos de invertebrados sésiles asociados a arrecifes artificiales en el Caribe colombiano, se hace necesario evaluar la diversidad de hidroides, corales, octocorales y ascidias, que sirva como referente en los programas de monitoreo y en la profundización de estudios de estos grupos biológicos presentes en estos hábitats de la bahía de Pozos Colorados y otras áreas del Caribe.

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

##### **3.1.1 Objetivo general**

- Evaluar la diversidad de los grupos taxonómicos Hydroidolina, Hexacorallia, Octocorallia y Ascidiacea asociados a arrecifes artificiales de la bahía de Pozos Colorados.

### **3.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar hasta la jerarquía taxonómica más baja posible los organismos pertenecientes a los grupos Hydroidolina, Hexacorallia, Octocorallia y Ascidiacea asociados a arrecifes artificiales.
- Describir algunos aspectos ecológicos de los taxones evaluados en los arrecifes artificiales.
- Analizar la variación de la diversidad de los grupos de interés entre los diferentes arrecifes artificiales instalados en el área.

## **4 HIPÓTESIS**

Existen diferencias en la diversidad de los distintos grupos taxonómicos en los arrecifes artificiales.

Se encontrarán más organismos pertenecientes a las clases Hydroidolina y Ascidiacea que a las subclases Hexacorallia y Octocorallia.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Área de estudio**

La bahía de Pozos Colorados (11°06'00"- 11°09'00" N y 74°14'00" - 74°16'00" W) está ubicada en el departamento del Magdalena. Hace parte de la ecorregión natural marina y costera Magdalena (MAG), y se encuentra en el noroccidente de la subecorregión golfo de Salamanca (Díaz y Gómez, 2000); tiene una extensión de playa de 6.7 kilómetros, desde el sector de punta Gloria al norte hasta punta La Loma en el sur (Figura 5.1.1). En el área se encuentran algunos parches rocosos con escaso desarrollo de las comunidades asociadas a estos sustratos duros (Martínez, 2005; Ramírez y Valencia, 2005). Se caracteriza por sus sedimentos de origen continental recibidos de las descargas

de la Ciénaga Grande de Santa Marta y del río Magdalena, donde predominan los cienos por debajo de los 10 m de profundidad y en zonas someras las arenas grises de grano fino (Molina, 1990). El ecosistema predominante en esta zona son los fondos blandos. El área se encuentra dentro de la zona de convergencia intertropical (ZCIT). El clima presenta dos tendencias durante el ciclo anual, un periodo seco que va desde diciembre a abril dominado por los vientos Alisios del noreste y un período lluvioso de mayo a noviembre con precipitaciones menores a los 200 mm, el cual incrementa la entrada de agua continental proveniente de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los ríos Toribio y Córdoba, uno de los factores por los cuales la sedimentación y turbidez es alta en el área y por ende disminuye la incidencia de luz en la columna de agua (García *et al.*, 2013). En el año, la temperatura superficial del mar oscila entre 21 y 29 °C en los sectores someros de la costa, y la salinidad entre 31 a 38 (Díaz *et al.*, 2000; Lozano-Duque *et al.*, 2010; García, *et al.*, 2013).

El área tiene un clima seco con características semidesérticas y desérticas (Franco-Herrera, 2005). En cuanto a las corrientes marinas, la zona presenta un patrón de circulación dependiente del sistema de vientos. Los vientos Alisios del noreste crean una corriente con flujo oeste-este paralela a la costa en el período de sequía; para la época lluviosa, cuando la frecuencia de los Alisios disminuye esta corriente es contrarrestada por otra que pasa en dirección este-oeste originada en el Caribe suroccidental llamada la contracorriente Panamá-Colombia (Pujos *et al.*, 1986; Ramírez, 1990).

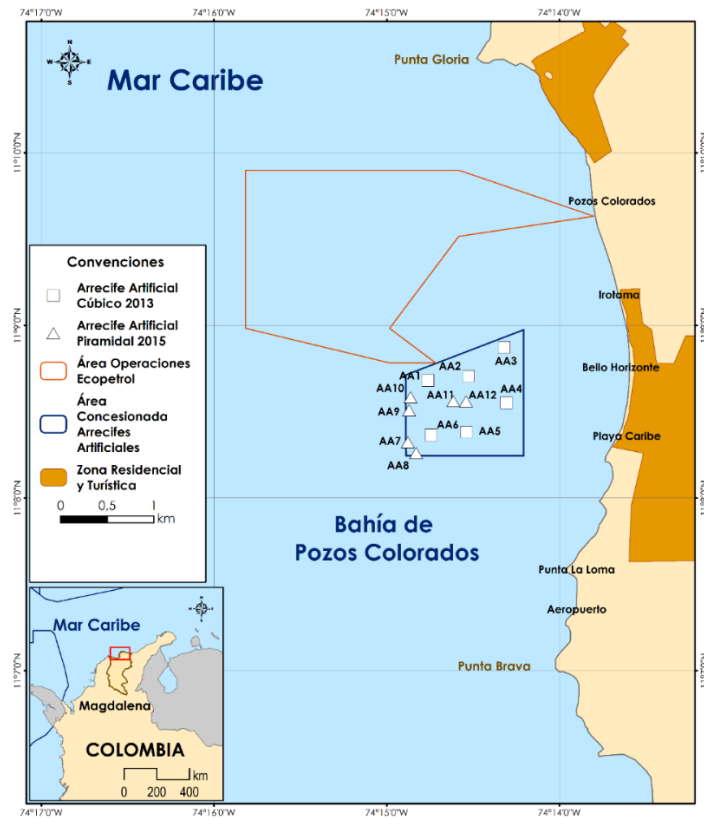


Figura 5.1.1. Ubicación de los arrecifes artificiales (AA) en la bahía de Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia. Fuente: MoAm, 2017.

## 5.2 Características de los arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados

Los arrecifes fueron construidos con tubería de acero en desuso proveniente de la actividad de transporte de hidrocarburos; el material fue reciclado para elaborar las estructuras luego de ser sometido a un proceso de limpieza para eliminar los residuos de alquitrán. Los tubos tienen 46 cm de diámetro y 1 cm de grosor (Figura 5.2.1). El diseño de los módulos fue creado por la empresa MoAm teniendo en cuenta aspectos como la complejidad estructural para fomentar la biodiversidad y la productividad, así como las características del fondo marino y algunos aspectos oceanográficos relevantes como la profundidad y las corrientes (MoAm, 2015).



Figura 5.2.1 Arrecifes artificiales contruidos con tubería de acero instalados en la bahía de Pozos Colorados. Izquierda: módulos de diseño cúbico; derecha: módulos de diseño piramidal. Fuente: MoAm, 2017.

En 2013 se instalaron seis módulos con forma cúbica de 4.5 x 4.5 x 4.5 metros en todas sus partes. En 2015 se diseñaron e instalaron otros seis módulos con forma piramidal de 3 x 3 x 2.7 metros. Todas las estructuras se encuentran a profundidades entre 10 y 17 m, y una distancia mínima de 1000 m de la costa (MoAm, 2015) (Tabla 5.2.1).

Tabla 5.2.1 Características de los arrecifes artificiales (AA) instalados en la bahía de Pozos Colorados evaluados durante este estudio (P: profundidad; V: volumen; TH: total de huecos; DC: distancia de la costa ; DAC: distancia al arrecife más cercano; DAN: distancia al arrecife natural.

AA	Modelo	Coordenadas Datum WGS84	P (m)	V (m <sup>3</sup> )	TH	DC (m)	DAC (m)	DAN (m)
AA1	Cubo diagonal	11° 08' 40.9" N - 74° 14' 45.6" W	15.9	91	153	2130	254	1840
AA2	Cubo diagonal	11° 08' 42.4" N - 74° 14' 31.4" W	14.1	91	153	1700	280	1430
AA3	Cubo diagonal	11° 08' 52.4" N - 74° 14' 19.1" W	12.9	91	153	1320	486	1260
AA4	Cubo vertical	11° 08' 33.1" N - 74° 14' 18.3" W	10.6	91	44	1280	421	978
AA5	Cubo vertical	11° 08' 23.0" N - 74° 14' 32.3" W	12.1	91	44	1630	326	1350
AA6	Cubo vertical	11° 08' 21.9" N - 74° 14' 44.6" W	14.6	91	44	1990	253	1690
AA10	Pirámide II	11° 08' 35.0" N - 74° 14' 51.7" W	16.1	8.1	62	2290	146	1990
AA11	Pirámide III	11° 08' 33.7" N - 74° 14' 36.8" W	13.9	8.1	16	1830	134	1530

### 5.3 Fase de campo

Para llevar a cabo este estudio, dos investigadores con equipo autónomo de buceo SCUBA realizaron por medio de inspección visual, extracciones manuales puntuales de los organismos de interés, entre los meses de julio y septiembre del año 2016, en ocho arrecifes; se extrajeron las muestras una sola vez por arrecife y para ello se hizo un recorrido por toda la estructura con el fin de abarcar toda su extensión. El criterio de selección de las estructuras se basó en las diferencias del tiempo de desarrollo desde la instalación, además de un principio de oportunidad de las condiciones oceanográficas ideales para asegurar el éxito en los muestreos. La parte expuesta del arrecife artificial es la superficie externa de los tubos y la parte interna es el área dentro de la tubería. Previo a la extracción de cada organismo se realizaron dos tipos de anotaciones: 1) las características macroscópicas: tipo de crecimiento, consistencia, textura, color, tamaño, y 2) observaciones ecológicas: profundidad, ubicación dentro del arrecife, inclinación, asociaciones biológicas. Todo el trabajo de campo estuvo apoyado por un registro fotográfico exhaustivo. Posterior a este procedimiento, los dos investigadores extrajeron los organismos con ayuda de una espátula tanto en la parte expuesta como en la interna de la tubería, según donde se encontraran y se pusieron en bolsas plásticas resellables debidamente rotuladas (Perdomo-Ramos, 2014) (Figura 5.3.1). En superficie, se pasaron las muestras a frascos de plástico de boca ancha debidamente rotulados, lo cuales contenían una mezcla de solución saturada de cristales de menta en agua de mar. Los organismos permanecieron durante dos horas en estas condiciones para asegurar una completa relajación de todas sus estructuras, lo cual es indispensable para su identificación en laboratorio (Miller y Fallace 2000; Rocha *et al.*, 2010; Perdomo-Ramos 2014).



Figura 5.3.1 Buzo investigador en el proceso de extracción de muestras por medio de una espátula en los arrecifes artificiales de la bahía de Pozos Colorados.

#### **5.4 Fase de laboratorio**

Una vez se llevaron las muestras al laboratorio de MoAm, se retiró la solución narcotizante y en el caso de los hidroides, estos se separaron de los demás organismos que hacían parte del raspado, se fijaron con formalina al 10 %, tratando de cubrir todo el material dentro del frasco (Rocha *et al.*, 2010). Los rótulos incluyeron la fecha de la colecta, el número del arrecife, la ubicación y el lote asignado para la colección de referencia del estudio.

La identificación y descripción morfológica se hizo de manera general en las instalaciones de MoAm con estereoscopios y microscopios AmScope. Para complementar este procedimiento, mediante microscopía óptica con un estereoscopio Leica Microsystems DFC450 y microscopio trilocular Primo Star Carl Zeiss del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, ambos acoplados a una cámara digital, se enviaron las imágenes a un computador, a través del cual se efectuaron mediciones de los organismos observados con el programa para el análisis de fotografías LAS SCORE, con el cual se incluyeron las escalas métricas para cada morfotipo. Los datos oceanográficos de cada arrecife artificial fueron tomados de registros históricos de los monitoreos que realiza

MoAm en el área de estudio, así como durante cada una de las salidas a los arrecifes. La información se registró con una sonda multiparámetro Hach HQ40d Multi. La determinación taxonómica se realizó con literatura especializada para cada grupo, de esta manera en el caso de los hidroides se siguieron los trabajos de Calder (1991), Boero *et al.* (1997), Marques *et al.* (2000), Cantero *et al.* (2002), Kelmo y Vargas (2002), Marques y Oliveira (2003), Calder (2005), Di Camillo *et al.* (2008), Galea (2008), Castellanos *et al.* (2011), Calder (2013), y Galea (2015); para hexacorales se empleó a Cairns (2000), Reyes *et al.* (2010), Cairns y Kitahara (2012); octocorales con Bayer (1961), Sánchez (1994), Chacón-Gómez *et al.* (2010), y DeVictor y Morton (2010). En el caso de la ascidias, se siguió a Millar (1962); Monniot *et al.* (1991), Rocha y Monniot (1995), Goodbody (2000), Lambert (2002), Goodbody (2003), y Rocha *et al.* (2005; 2012). Todo el proceso de identificación de las especies contó con la asesoría en cuanto a la confirmación de especies por expertos en cada uno de los temas.

Para la identificación de los hidroides, se examinaron tres estructuras principales los gonóforos, hidrantes, e hidrocaulo (Calder, 2012). También se describieron estructuras como los márgenes de las hidrotecas en el caso que se presentaran, y la forma de crecimiento, además se hicieron anotaciones sobre su fauna acompañante. Para la observación de este material se utilizaron agujas entomológicas, agua destilada, y cajas de Petri. Las estructuras claves fueron dibujadas y fotografiadas para su revisión exhaustiva.

En los hexacorales, los caracteres tomados en cuenta para identificación fueron la costa, septos, columnela, cálize, palis, coralum, y coenosteum (Lattig y Reyes, 2001; Cairns y Kitahara, 2012). Los hexacorales se dispusieron en hipoclorito de sodio comercial durante ocho horas para digerir el material orgánico y limpiar la estructura calcárea, esto con el fin

de facilitar la observación de las estructuras nombradas anteriormente. Todos los fragmentos de colonia y sus estructuras clave fueron fotografiados. En cuanto a los octocorales, con ayuda de unas tijeras se tomaron trozos de diferentes secciones de la colonia como el cenénquima, los tallos, cálices, ejes, y pólipos (Chacón-Gómez, *et al.*, 2010), para ponerlas en un frasco con hipoclorito de sodio comercial durante ocho horas y así separar los escleritos calcáreos del material orgánico. Posteriormente, se realizó un lavado con agua destilada, con mucho cuidado para no perder el material; se utilizaron agujas delgadas para separar los escleritos, los que se ubicaron en portaobjetos y se observaron bajo el microscopio óptico, donde se tomaron las medidas de la longitud total de las estructuras, y el debido registro fotográfico (Haverkort-Yeh *et al.*, 2013).

Las ascidias permanecieron al menos 48 horas en el proceso de fijación antes de ser disectadas (Rocha *et al.*, 2005). Este proceso consistió básicamente en remover la túnica, lo cual inició con un corte al lado del sifón oral, luego por el tórax hasta bordear todo el organismo, y terminó en el sifón atrial. Posteriormente, se retiró la túnica y se extrajo con mucho cuidado el zooide, el cual se dispuso en una caja de petri con parafina, donde se realizó el mismo corte descrito anteriormente. Seguido de esto, se fijó el zooide con alfileres entomológicos para observar sus estructuras internas, como los tentáculos orales, los patrones de la musculatura, el número de lóbulos de los sifones, la ausencia o presencia de pliegues en la faringe, la forma de los estigmas, la forma del intestino, la posición de las gónadas y las lengüetas. Para este proceso se hizo necesario contar con instrumentación adecuada como tijeras oftalmológicas, agujas delgadas, alfileres y pinzas entomológicas, frasco lavador, cajas de vidrio, parafina y un buen registro fotográfico (Monniot *et al.*, 1991; Caicedo, 2010).

## **5.5 Fase de gabinete**

La información obtenida en campo se tabuló y digitó en una matriz de presencia - ausencia en el programa Microsoft Excel 2013 ® para su posterior análisis.

### *Diagnóstico de los taxones y anotaciones ecológicas*

Para realizar la descripción taxonómica y ecológica de los grupos, se tuvieron en cuenta las sinonimias con otros taxones, la procedencia del material examinado, la descripción morfológica del organismo basada en sus características anatómicas, las mediciones de las estructuras cuando se requirió, así como la descripción de algunos aspectos ecológicos básicos y su distribución (Delgadillo-Garzón y Flórez 2015).

Se hicieron conteos de riqueza total y por arrecife, la cual se determinó a partir del número total de taxones registrados para los grupos estudiados; la frecuencia de ocurrencia se estimó como el número de veces que aparecieron, con respecto al total de los arrecifes (Moreno, 2001).

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Riqueza total**

En total para los ocho arrecifes se identificaron 21 taxones entre los cuatro grupos de organismos estudiados, los cuales correspondieron a 11 familias y 12 géneros. La subclase Hydroidolina estuvo representada por ocho especies de hidroides distribuidas en seis familias. Dentro del orden Anthoathecata, se encontraron dos familias, Bougainvillidae y Eudendriidae. El orden Leptothecata presentó cuatro familias; Sertulariidae, Hebellidae, Campanulariidae y Haleciidae. La subclase Hexacorallia presentó tres especies de corales azooxantelados dentro del orden Scleractinia y compuesta por tres familias, Astrocoeniidae, Caryophylliidae, y Rhizangiidae. La subclase

Octocorallia incluyó tres especies de octocorales dentro del orden Alcyonacea, distribuidas en dos familias, Clavulariidae y Gorgoniidae. Dentro de la clase Ascidiacea se encontraron siete especies de ascidias distribuidas en tres familias, dos de ellas pertenecientes a organismos solitarios, la familia Ascidiidae y Diazonidae; en cuanto a las ascidias coloniales estuvieron representadas por la familia Didemnidae. (Tabla 6.1.1).

Tabla 6.1.1 Listado taxonómico de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales, y ascidias encontradas en los ocho arrecifes artificiales evaluados en la bahía de Pozos Colorados. Las especies se ordenaron filogenéticamente según WoRMS (2016).

Filo	Clase	Subclase	Orden	Familia	Género/Especie		
Cnidaria	Hydrozoa	Hydroidolina	Anthoathecata	Bougainvillidae	<i>Bougainvillia</i> sp.		
				Eudendriidae	<i>Eudendrium carneum</i>		
				Leptothecata	Campanulariidae	<i>Clytia</i> aff. <i>linearis</i> <i>Clytia</i> sp.	
					Haleciidae	<i>Halecium</i> sp.	
					Hebellidae	<i>Anthohebella</i> aff. <i>parasitica</i>	
			Sertulariidae	<i>Sertularia marginata</i> <i>Thyroscyphus marginatus</i>			
			Anthozoa	Hexacorallia	Scleractinia	Astrocoeniidae	<i>Madracis</i> aff. <i>pharensis</i>
						Caryophylliidae	<i>Phyllangia americana</i>
						Rhizangiidae	<i>Astrangia solitaria</i>
				Octocorallia	Alcyonacea	Clavulariidae	<i>Carijoa riisei</i>
Gorgoniidae	<i>Leptogorgia setacea</i> <i>Leptogorgia hebes</i>						
Chordata	Ascidiacea		Aplousobranchia	Didemnidae	<i>Didemnum cineraceum</i> <i>Didemnum perlucidum</i> <i>Didemnum psammatodes</i>		
					Diazonidae	<i>Rhopalaea abdominalis</i> <i>Rhopalaea</i> sp. 1 <i>Rhopalaea</i> sp. 2	
						Phlebobranchia	Ascidiidae

La riqueza encontrada por arrecife osciló entre dos y 13 especies (Tabla 6.1.2); el arrecife AA4 presentó el valor más alto con un total de 13 especies y donde además se

encontraron todos los representantes de las ascidias reportados en este trabajo; por otra parte, el AA2 y AA6 tuvieron una riqueza de 12 cada uno, el AA2 con una especie exclusiva de hidroide y además exhibió la mayor diversidad de estos (seis) dentro de la subclase hydroidolina; seguido, el AA1 mostró un total de 11 especies con los tres representantes de la subclase hexacorallia y octocorallia; continuó el AA5 con ocho especies, el AA3 con siete, el AA10 con cinco y por último el AA11 con dos especies (Tabla 6.1.2)

Tabla 6.1.2 Presencia y ausencia de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales y ascidias encontradas en los ocho arrecifes artificiales (AA) evaluados en la bahía de Pozos Colorados.

<b>Grupo</b>	<b>Especie</b>	<b>AA1</b>	<b>AA2</b>	<b>AA3</b>	<b>AA4</b>	<b>AA5</b>	<b>AA6</b>	<b>AA10</b>	<b>AA11</b>
Hidroides	<i>Bougainvillia</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Eudendrium carneum</i>	1	1	1	1	0	1	1	1
	<i>Clytia</i> aff. <i>linearis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Clytia</i> sp.	1	0	1	0	1	1	0	0
	<i>Halecium</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Anthohebella</i> aff. <i>parasitica</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
	<i>Sertularia marginata</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Thyroscyphus marginatus</i>	0	1	0	0	0	0	1	0
Hexacorales	<i>Madracis</i> aff. <i>pharensis</i>	1	1	0	0	0	1	0	0
	<i>Phyllangia americana</i>	1	1	1	1	1	1	0	0
	<i>Astrangia solitaria</i>	1	1	1	1	1	1	0	0
Octocorales	<i>Carijoa riisei</i>	1	0	1	1	1	1	1	1
	<i>Leptogorgia setacea</i>	1	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Leptogorgia hebes</i>	1	0	0	0	0	1	0	0
Ascidias	<i>Didemnum cineraceum</i>	1	0	0	1	0	1	0	0
	<i>Didemnum perlucidum</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Didemnum psammatoedes</i>	0	0	0	1	0	1	0	0
	<i>Rhopalaea abdominalis</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
	<i>Rhopalaea</i> sp. 1	1	1	1	1	1	1	0	0
	<i>Rhopalaea</i> sp. 2	0	1	0	1	1	1	0	0
	<i>Phallusia nigra</i>	0	0	0	1	1	0	0	0
	Total		11	12	7	13	8	12	5

## 6.2 Frecuencia de ocurrencia

En cuanto a la frecuencia de ocurrencia de cada una de las especies, en orden descendente se observó que el hidroide *E. carneum* y el octocoral *C. rissei* aparecieron en el 87.5 % de los arrecifes artificiales. Los hexacorales *P. americana* y *A. solitaria* así como la ascidia *Rhopalaea* sp. 1 se observaron en el 75 % de todo el muestreo. El hidroide *Clytia* sp. y las ascidias solitarias *R. abdominalis* y *Rhopalaea* sp. 2 aparecieron en el 50 % de las estructuras (Figura 6.2.1).

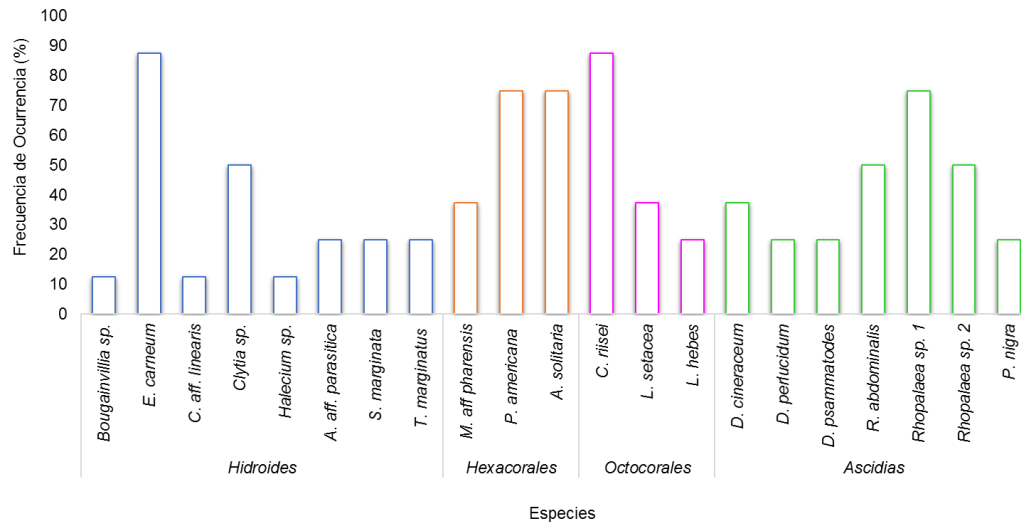


Figura 6.2.1. Frecuencia de ocurrencia (%) de las especies de hidroides, hexacorales, octocorales, y ascidias encontradas en los ocho arrecifes instalados en la bahía de Pozos Colorados.

## 6.3 Fichas de especies

### 6.3.1 Clase Hydrozoa; Subclase Hydroidolina

Orden Anthoathecata Cornelius, 1992

Familia Bougainvilliidae Lütken, 1850

***Bougainvillia* sp.**

**Material examinado:** MoAm-Hyd-03B, estación AA2, una colonia.

**Descripción:** Colonia estolonial que surge directamente desde una hidrorriza intrincada y ramificada adherida al hidrocaulo muerto de otro hidroide. Esta colonia presenta el hidrocaulo sin un patrón específico de ramificación aparente. El color de la colonia es café claro. Hidrocaulo monosifónico, muy delgado, y de apariencia frágil. Perisarco liso, en algunas partes levemente ondulado, y totalmente incrustado por partículas de sedimento; este se extiende hasta el hidrante formando una pseudohidroteca. Los hidrantes son cilíndricos y tienen aproximadamente 20 tentáculos filiformes largos, muy unidos entre sí. La colonia está llena de pequeños brotes de color blanco, individuales, que se proyectan desde el hidrocaulo y muy cerca de los hidrantes; posiblemente son medusas en estadios tempranos de maduración (Figura 6.3.1).

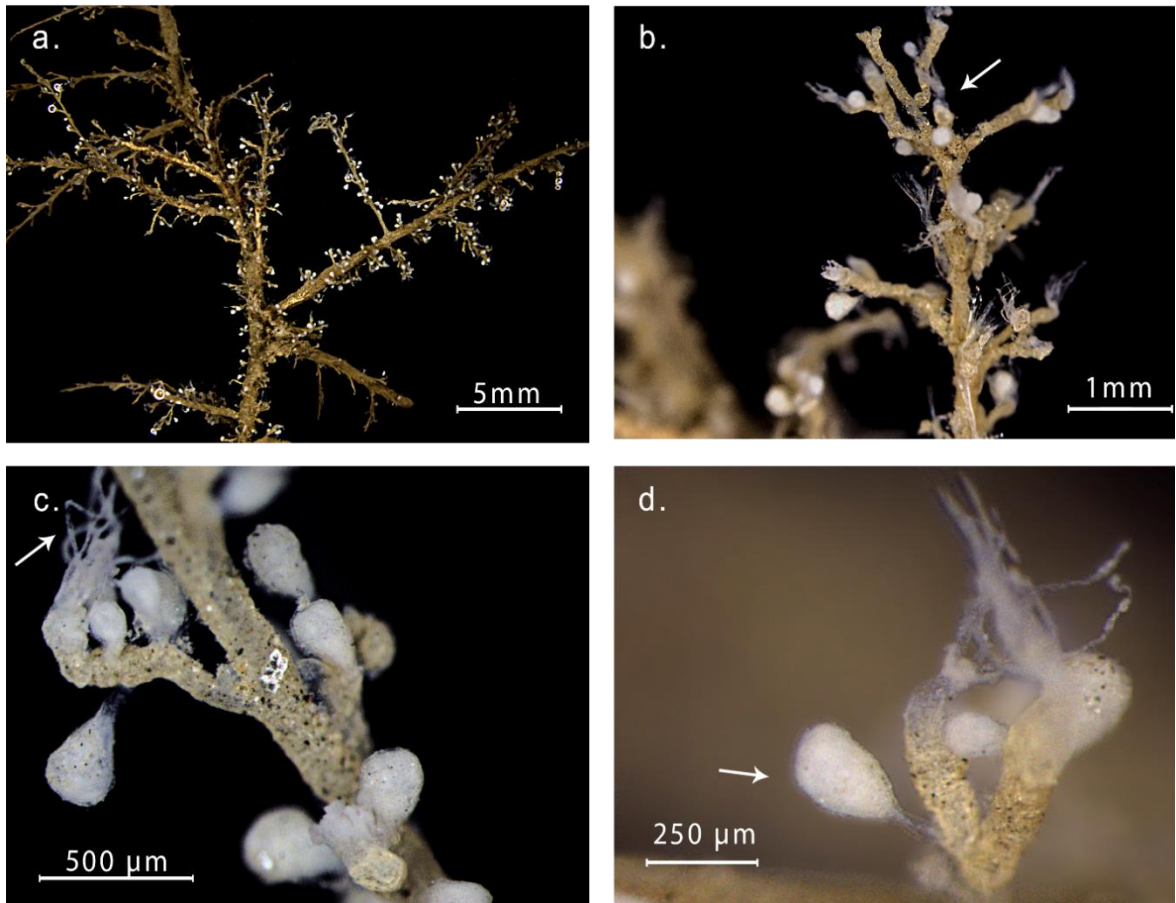


Figura 6.3.1 *Bougainvillia* sp.; a. Vista general de la colonia en laboratorio creciendo sobre el hidrocaulo de una colonia muerta de *Eudendrium carneum*, b. Hidrocaulo con el perisarco recubierto de sedimento, c. Posibles hidromedusas en estadios tempranos de maduración, d. Hidrantes.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue colectada a una profundidad de 14.1 metros, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. Con una frecuencia de ocurrencia de 12.5 %, este organismo se encontró creciendo sobre el hidrocaulo de una colonia muerta de *Eudendrium carneum*. En su ambiente natural se encuentra en la zona intersticial de ambientes rocosos, cuevas, y hábitats bentónicos costeros poco profundos. Se han reportado especies de este género a profundidades entre los 10 y 30 m, normalmente más abundantes sobre los 20 m

(Ballard y Myers, 1996). Sus medusas soportan temperaturas desde 0.8 hasta 25.7 °C y salinidades de 35.6 (Andrade, 2012). Las colonias son conocidas por ser epibiontes de otros hidroides (Palomares y Pauly, 2016).

El género *Bougainvillia* se encuentra ampliamente distribuido en los océanos Atlántico y Pacífico, en zonas tropicales y subtropicales, con gran preponderancia de especies en el Atlántico, aunque se ha extendido al norte de los océanos Ártico y Antártico. Se ha encontrado entre los 76.8 °N y los 54.0 °S, en temperaturas del agua desde 0.8 a 20.7 °C (Vannucci, 1957; Calder, 1990; Petrova *et al.*, 2011), y a una profundidad máxima de 7000 m (Kramp, 1965).

Se han reportado especies de este género en el mar Mediterraneo (Motz-Kossowska, 1905; Bouillon *et al.*, 2004), Macronesia, Mauritania, y Marruecos (Vervoort, 2006). En el Atlántico occidental, en Canadá (Fraser, 1944), Estados Unidos y Bermuda (Calder, 1993), las Bahamas (Bigelow, 1918), Puerto Rico (Wedler y Larson, 1986), y México (Segura-Puertas, 1992). En el Caribe colombiano se encuentra el registro de la familia Bougainvillidae por Wedler en 1975, pero en la literatura disponible no se encontró el registro oficial la especie.

**Comentarios:** No se observaron con detalle los hidrantes debido a posibles efectos del estrés durante el proceso de fijación. Además la colonia no presentó gonóforos, lo cual dificultó su identificación hasta el nivel taxonómico de especie. Cabe resaltar que la familia Bougainvillidae comprende un grupo de hidroides atecados que se encuentra taxonómicamente mal estructurado, y su biología, ecología y biogeografía han sido poco estudiadas (Mendoza-Becerril y Marques, 2013).

Familia Eudendriidae L. Agassiz, 1862

***Eudendrium carneum*** Clarke, 1882

**Sinonimias:** Según Kelmo y Vargas, 2002: *Eudendrium ramosum* McCrady, 1859; A. Agassiz, 1865. *Eudendrium cunninghami* Kirkpatrick, 1910; Fraser, 1912; Bennitt, 1922. *Eudendrium carneum* Clarke, 1882; Calder, 1988; Marques, 1992; Kelmo y Santa-Isabel, 1998.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-01, MoAm-Hyd-03A, MoAm-Hyd-08A, MoAm-Hyd-10; MoAm-Hyd-06A, estación AA2, ocho colonias; MoAm-Hyd-07, estación AA3, una colonia, tres fragmentos; MoAm-Hyd-32, estación AA4, una colonia; MoAm-Hyd-02, MoAm-Hyd-11, estación AA10, cuatro colonias, tres fragmentos; MoAm-Hyd-09, estación AA11, diez colonias.

**Descripción:** Colonia frondosa, ramificada en un solo plano y frágil, con aproximadamente 20 cm de alto de longitud total en los especímenes más grandes, de color marrón o verde oscuro; surge desde una hidrorriza estolonar rastretera adherida al sustrato artificial. Hidrocaulo vertical, polisifónico, y ramificado alternadamente. El perisarco es grueso, usualmente anillado en las bases de las ramas, y arrugado en los pedicelos del hidrante; a veces con anillos evidentes en otros lugares de la colonia como las partes medias de las ramas; estas son monosifónicas e irregularmente ramificadas. Los huevos están sostenidos por un espádice bífido en forma de cesta, el cual procede de una espiral alrededor del cuerpo del hidrante (algunas veces con unos remanentes de tentáculos degenerados); gonóforos femeninos maduros dispersos a lo largo del eje del blastostilo de color naranja intenso, los que preservados pierden su coloración. El

blastostilo masculino es muy reducido, los esporosacos son de color blanco y tienen forma de perla con alrededor de cinco cámaras. En las colonias observadas no se encontraron hidrantes en buen estado por lo cual no se pudieron contar los tentáculos (Figura 6.3.2).

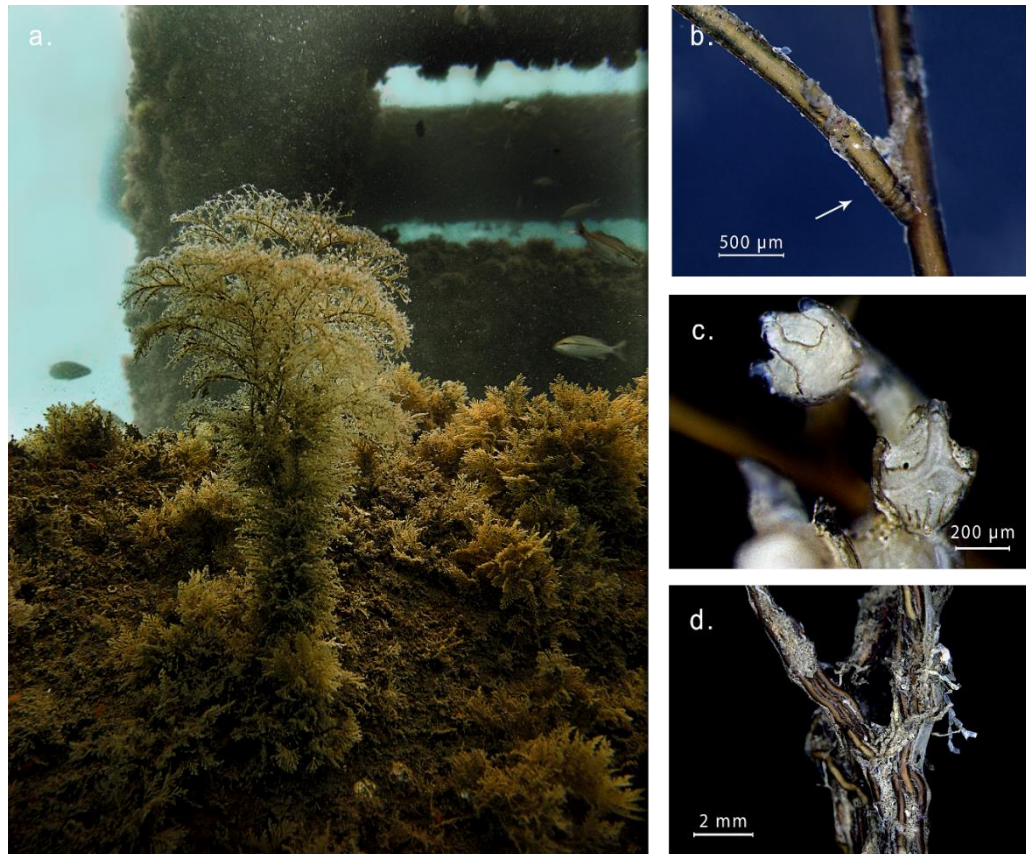


Figura 6.3.2 *Eudendrium carneum*; a. Vista general de la colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Hidrocaulo monosifónico en las ramas jóvenes con el perisarco anillado en la base, c. Gonóforos femeninos, d. Hidrocaulo polisifónico con organismos adheridos.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró en los arrecifes a diferentes profundidades entre los 10.6 y 16.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia

fue de 87.5 %. Se observó creciendo verticalmente sobre los arrecifes artificiales, principalmente en la parte más cercana al fondo.

Es un organismo muy abundante en los arrecifes artificiales, con algunas colonias de gran tamaño (máximo 20 cm), arborescentes y voluminosas, en algunos casos conformando pequeños bosques de varios individuos en la base de las estructuras. En la hidrorriza y en el hidrocaulo de la colonia se encontraron como fauna acompañante poliquetos de la especie *Hermodice carunculata*, huevos de moluscos, isópodos, foraminíferos, briozoos del género *Scrupocellaria* sp., *Catenicella uberrima*, y *Nolella* sp., otros hidroides como *Bougainvillia* sp., y *Thyroscyphus marginatus*, así como algunos ejemplares de la ascidia *Didemnum perlucidum*. También se observó la presencia de anfípodos y camarones siempre sobre las ramas de las colonias, además del nudibranquio *Dondice occidentalis* el cual se registró casi de forma exclusiva sobre el hidroide.

En su ambiente natural la especie es cosmopolita y eurihalina, habita en aguas poco profundas, en la zona intermareal, en sustratos artificiales, y rocas, también sobrevive en ambientes con baja incidencia de luz (Marques *et al.*, 2000). Su ecología en ambientes naturales es poco conocida y los estudios encontrados se basan principalmente en describir especies del género pues se sabe que la taxonomía de este grupo es una de las más complicadas debido a que las descripciones se basan solo en caracteres morfológicos macroscópicos (Marques *et al.*, 2000).

Se distribuye en las aguas templadas y tropicales del Atlántico y el Pacífico hasta el océano Índico. En el Pacífico oriental en Ecuador, Centro América, México, y el golfo de California (Kirkpatrick, 1910; Fraser, 1944; Millard, 1975). En el Atlántico occidental en Bermuda (Congdon, 1907; Bennett, 1922; Summers, 1972; Calder, 1986; Calder, 1988),

Brasil (Marques, 1993; Kelmo y Santa-Isabel, 1998), y en Colombia en el departamento del Magdalena (Wedler 1975; Flórez, 1983).

**Comentarios:** En los especímenes examinados no se encontraron hidrantes en buen estado, por lo cual no fue posible determinar el número de tentáculos. En la mayoría de colonias se encontraron gonóforos maduros (estructuras que producen gametos), tanto femeninos como masculinos, por lo cual se pudo identificar la especie, debido a que es un carácter importante para determinar este nivel taxonómico.

Orden Leptothecata Cornelius, 1992

Familia Campanulariidae Johnston, 1836

***Clytia* aff. *linearis*** (Thorneley, 1900)

**Sinonimias.** Según Millard y Bouillon, 1973: *Obelia linearis* Thorneley, 1900. *Campanularia* Gravieri Billard, 1904. *Clytia gravieri* Picard, 1958; Millard y Bouillon, 1974; Millard, 1975; García Carrascosa, 1981.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-08B, estación AA2, una colonia.

**Descripción:** Colonia erecta, que se levanta desde una hidrorriza estolonial, muy delicada, la cual da lugar a dos pedicelos largos y delgados. Cada uno de estos sostiene una sola hidroteca distal transparente en forma de copa alargada. Perisarco transparente y liso. Las paredes de los pedicelos son lisas, con aproximadamente ocho o 10 anillos distales y basales. La hidroteca es acampanada, profunda, tiene aproximadamente 10 dientes marginales o menos, los cuales son redondeados y están separados por valles profundos, ligeramente recurvados hacia el interior (Figura 6.3.3).

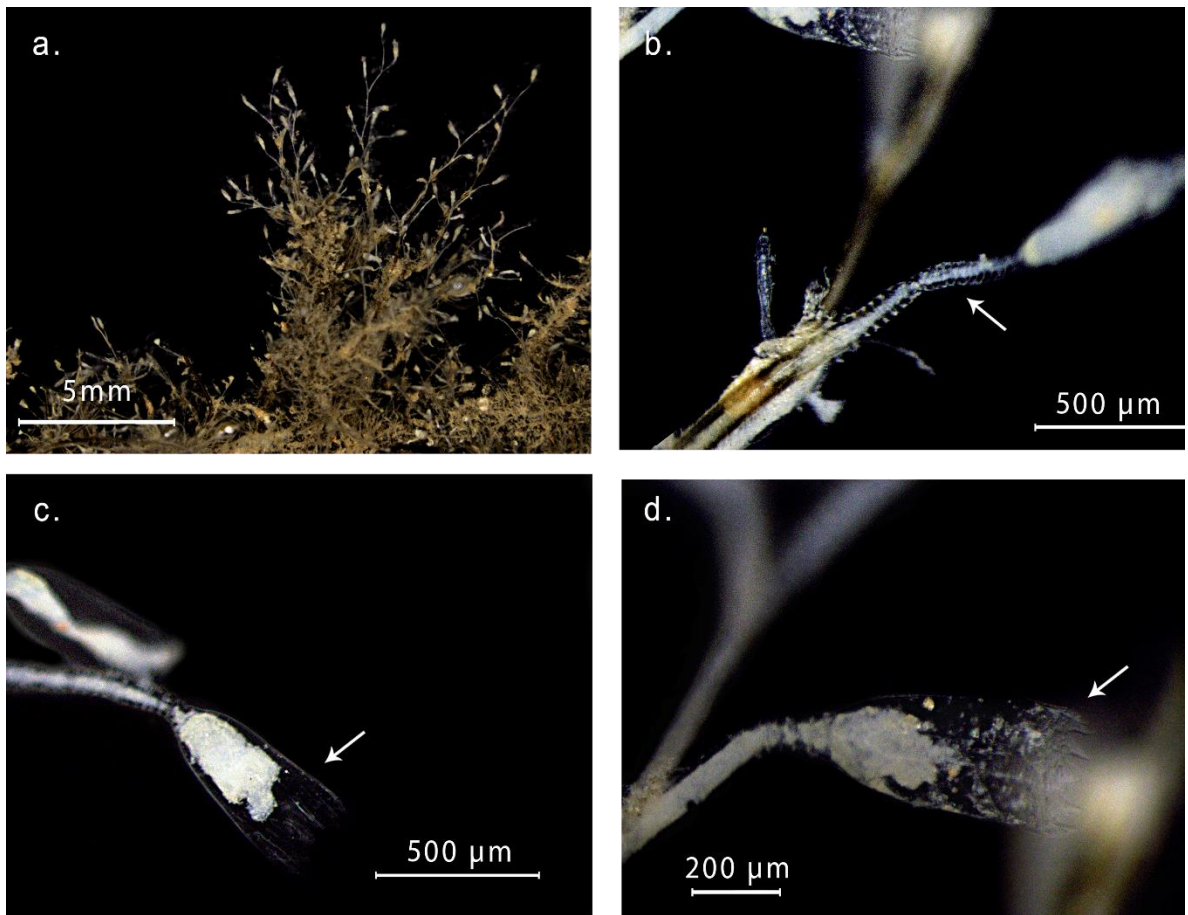


Figura 6.3.3 *Clytia* aff. *linearis*; a. Vista general de la colonia en laboratorio creciendo sobre el hidrocaulo muerto de *Eudendrium carneum*, b. Pedicelo anillado, c. Hidroteca distal alargada, d. Dientes marginales.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 14.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. En los arrecifes artificiales se encontró adherida a las ramas de una colonia muerta de *E. carneum*. En su ambiente natural, es frecuente encontrarla en el infralitoral entre 4 y 25 m de profundidad (García-Carrascosa, 1981), aunque se ha reportado que en la zona del estrecho de Gibraltar alcanza profundidades entre 150 y 170 m (Ramil y Vervoort, 1992), muy abundante en aguas eutróficas. Se ha observado

colonizando esponjas, algas, y briozoos, donde se dispone típicamente en la extremidad distal de estos organismos (Andrade, 2012). Es una especie circumtropical (Picard, 1958), ampliamente distribuida en aguas tropicales y subtropicales del océano Atlántico, Índico, y Pacífico (Rees y Vervoort, 1987). En el Atlántico oriental es conocida desde el norte de España (Altuna, 1994) hasta el Sur de África (Millard, 1975).

En el Caribe se ha registrado en Puerto Rico como *C. fragilis* (Nutting, 1915); en islas Vírgenes como *Laomedea (Phialidium) tottoni* (Vervoort, 1968); en Colombia, departamento del Magdalena como *Laomedea (Phialidium) tottoni* (Vervoort, 1968); como *L. tottoni* (Wedler, 1973; Wedler, 1975; Mergner y Wedler, 1977), como *L. (Obelia) tottoni* (Flórez, 1983), y como *C. gravieri* en Belice (Calder, 1991).

**Comentarios:** Esta especie es muy delicada y por ello se hace necesario examinar el material inmediatamente ha sido recolectado, para no perder ninguna de sus estructuras en el proceso de relajación y fijación. Dadas las características de la muestra examinada, el diafragma fue difícil de observar, así como determinar el conteo exacto y la posición de los dientes marginales.

### ***Clytia* sp.**

**Sinonimias.** Según Peña-Cantero y García Carrascosa, 2002: *Clytia* spec.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-14/72B, estación AA1, un fragmento; MoAm-Hyd-20/195B, MoAm-Hyd-23/122B, MoAm-Hyd-27/249, estación AA3, tres fragmentos; MoAm-Hyd-28/223A, estación AA5, un fragmento; MoAm-Hyd-16/4A, MoAm-Hyd-24/27 estación AA6, dos fragmentos.

**Descripción:** Colonia erecta muy delicada, que se levanta desde una hidrorriza estolonar adherida al sustrato. Con dos pedicelos que se elevan directamente de la hidrorriza y que

sostienen una sola hidroteca distal. Las paredes del pedicelo son lisas con anillos especialmente en la base de la hidroteca y otros irregularmente distribuidos. La hidroteca tiene forma de campana, es muy delicada, delgada, y profunda. Con unos seis a ocho dientes separados por valles asimétricos y algo ondulados (Figura 6.3.4)

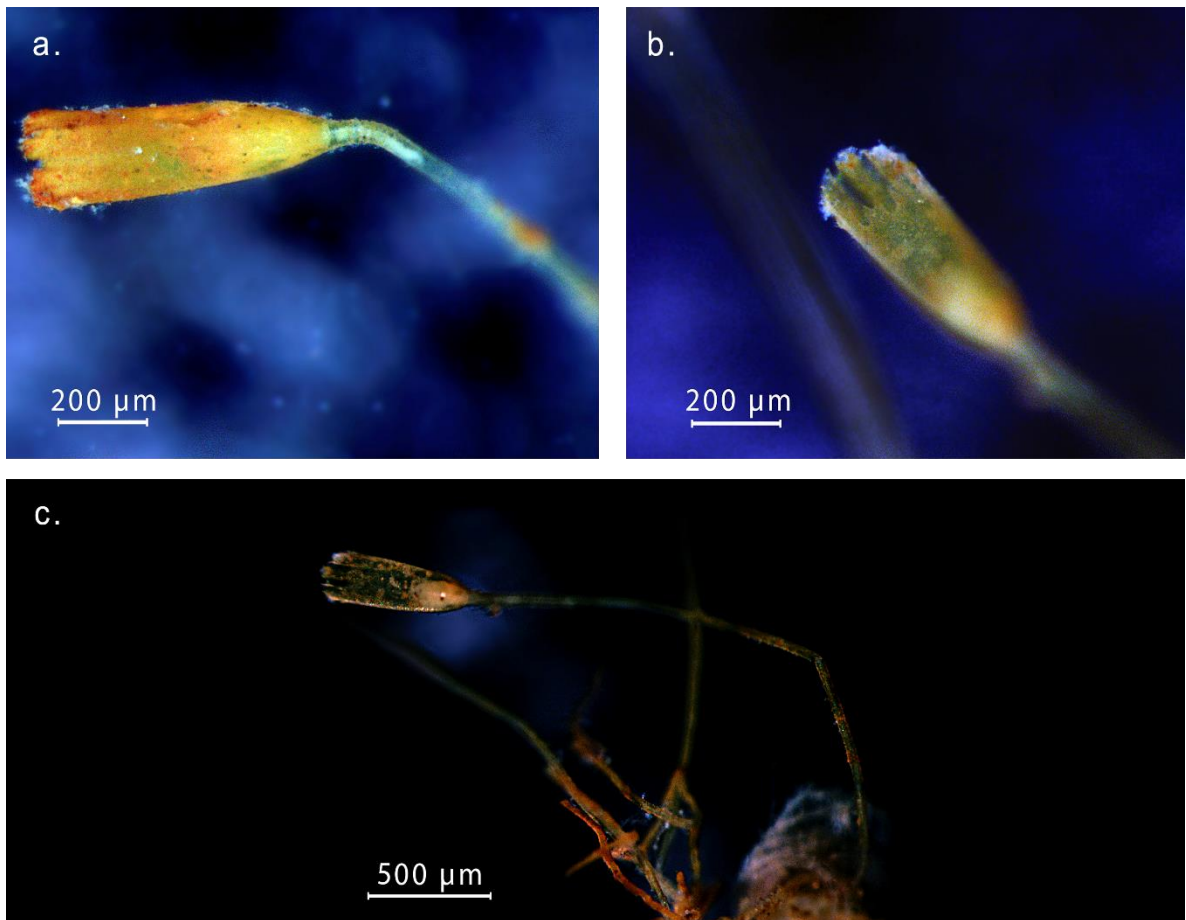


Figura 6.3.4 *Clytia* sp; a. Pedicelo anillado en la base de la hidroteca, b. Hidroteca con dientes marginales, c. Colonia creciendo sobre un cirripedio.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad entre 12.1 y 15.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue del 50 %. En los arrecifes

artificiales se encuentran haciendo parte de conglomerados de hidroides en forma de tapete en la superficie de las estructuras. Bajo el estereoscopio se observaron ligadas a balanos, al briozoo del género *Scrupocellaria*, y a algunas conchas de bivalvos. En su ambiente natural, se han encontrado desde los nueve hasta los 46 m de profundidad, casi exclusivamente como epibionte de otros organismos, entre ellos briozoos, hidroides, antozoos, tubos de poliquetos y algunas veces también sobre algas (Peña-Cantero y García-Carrascosa, 2002).

**Comentarios:** En el material examinado no se encontraron gonotecas ni estadios tempranos de medusas.

Familia Haleciidae Hincks, 1868

***Halecium* sp.**

**Material examinado:** MoAm-Hyd-12, estación AA2, una colonia.

**Descripción:** Colonia erecta que se levanta desde una hidrorriza rastrera con ramas pinnadas. Hidrocaulo recto, polisifónico, dividido en entrenodos con hidrotecas superficiales alternas en un solo plano. Perisarco transparente y liso. El final distal de cada entrenodo tiene una hidroteca y una apófisis que sostiene a la superior. Tienen margen no evertido y la pared de la hidroteca es acampanada (Figura 6.3.5)

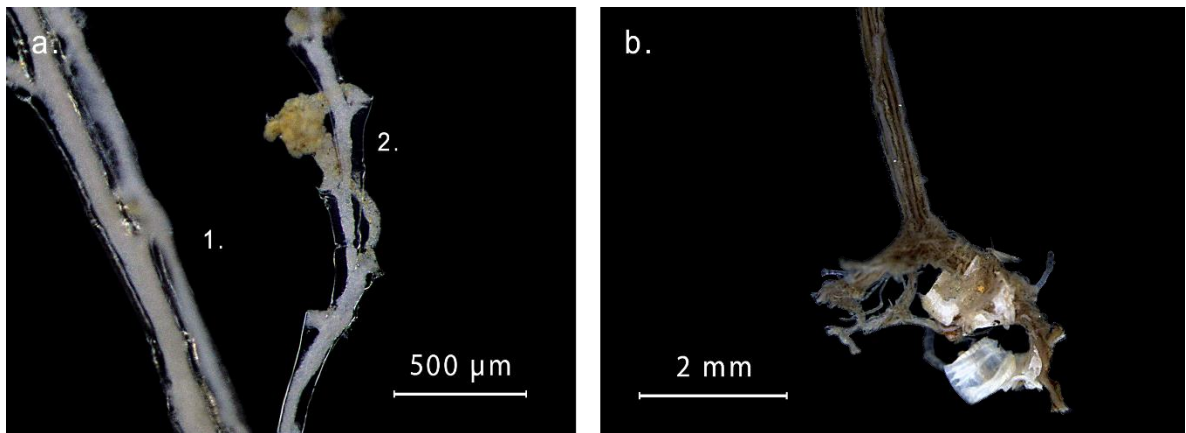


Figura 6.3.5 *Halecium* sp.; a. Vista general de la colonia en laboratorio (1. Hidrocaulo monosifonico, 2. Hidroteca con el margen no evertido), b. Hidrorriza con restos de balanos.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 14.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. Con una frecuencia de ocurrencia de 12.5 %.

Está ampliamente distribuida en todos los océanos del mundo y muy bien representada en aguas poco profundas (Schuchert, 2005). Se puede encontrar desde la superficie en la zona intermareal, sobre raíces de *Rhizophora mangle* y sobre rocas arrecifales a 32 m de profundidad. También se han encontrado sobre algas y esponjas entre los 9 y 36 m (Castellanos-Iglesias *et al.*, 2011).

Se han reportado especies en el Ártico, en el Atlántico Norte al sur del cabo Farewell en Groenlandia, Islandia, y las islas Faroe (Clark, 1887); en el Atlántico Oriental en Inglaterra, cerca de Scarborough y Plymouth (Cornelius, 1975); en el Mediterráneo, el canal Inglés y el mar del Norte (Schuchert, 2005). En el Caribe, este género se reportó en Bonaire y Curazao (Leloup, 1935), en el golfo de México (Fraser, 1944), y Cuba (Castellanos-

Iglesias, 2007; y Castellanos-Iglesias *et al.*, 2009). En Colombia, el género *Halecium* fue descrito por Wedler (2004) en la región de Santa Marta.

**Comentarios:** El espécimen examinado se encontró muy deteriorado, por tanto no se observaron los hidrantes; adicionalmente la colonia no estaba en proceso reproductivo, lo cual dificultó observar las gonotecas.

Familia Hebellidae Fraser, 1912

***Anthohebella* aff. *parasitica*** (Ciamician, 1880)

**Sinonimias.** Según Boero *et al.*, 1997: *Lafoea parasitica* Ciamician, 1880. *Hebella parasitica* Ciamician, 1880.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-04B, estación AA2, un fragmento de colonia adherido a *Thyroscyphus marginatus*. MoAm-Hyd- 21/32, estación AA6, un fragmento de colonia adherido a *Thyroscyphus marginatus*.

**Descripción:** Colonia trepadora, de color amarillo traslucido, con una hidrorriza estolonar muy delgada y fuertemente adherida que recubre el hidrocaulo de su hospedador; hidrocaulo erecto. Las hidrotecas surgen más o menos en intervalos regulares y tienden a ocupar los espacios libres entre el hidrocladio del hidroide que las sostiene. Las hidrotecas varían en tamaño, son cilíndricas y las paredes son lisas, el margen es muy delgado y está un poco curvado hacia afuera. Los pedicelos están corrugados (Figura 6.3.6).

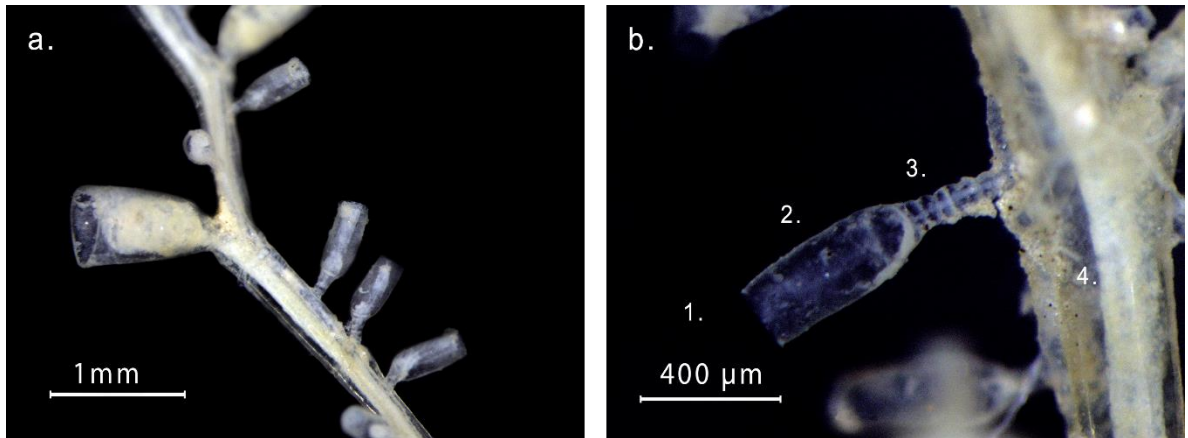


Figura 6.3.6 *Anthohebella* aff. *parasitica*; a. Vista general de la colonia en laboratorio, creciendo sobre el hidrocaulo vivo de *Thyrosocyphus marginatus*, b. Detalle de la hidroteca y sus partes (1. Margen de la hidroteca, 2. Hidroteca campanular alargada, 3. Pedicelo anillado, 4. Hidrorriza estolonifera delgada).

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada entre 14.1 y 14.6 m de profundidad, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue del 50 %. Este organismo se encontró creciendo sobre el hidrocaulo de una colonia de *Thyrosocyphus marginatus*.

En su medio natural se ha encontrado como un componente importante de las comunidades bentónicas de los fondos rocosos a profundidades entre los cero y diez metros (González *et al.*, 2014). En el mar Mediterráneo, se encuentra en los litorales desde el nivel de marea hasta los 30 m de profundidad (Stechow, 1919). Es una especie reportada casi exclusivamente creciendo en otros hidroides, sobre todo en *Aglaophenia* y *Sertularella* (García-Carrascosa, 1981), *Eudendrium racemosum* (Peña-Cantero y García-Carrascosa, 2002) como también en briozoos y algas (Altuna, 1994).

Se distribuye en aguas cálidas circumtropicales. En el Atlántico oriental ha sido reportada en Francia (Billard, 1926), Portugal (Da Cunha, 1944) y las costas españolas (Isasi, 1986; Altuna, 1994). En el Mediterráneo es conocida desde el Adriático (Marktanner-Turneretscher, 1890) hasta las islas Baleares (Roca, 1986). En el Atlántico occidental en Carolina del Norte (Cain, 1972), Bermuda (Calder, 1991), y el golfo de México (Calder y Cairns, 2009). En el mar Caribe, en Colombia fue reportada por Wedler (1975) en la región de Santa Marta.

**Comentarios:** La identificación se consideró afín a *Anthohebella aff. parasitica* debido a que exhibió todas las características de dicha especie, pero como no se encontraron gonotecas, no fue posible asegurar que se trató de esta especie.

Familia Sertulariidae Lamouroux, 1812

***Sertularia marginata*** (Kirchenpauer, 1864)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Sertularia amplexans* Allman, 1885. *Tridentata marginata* Kirchenpauer, 1864. *Sertularia inflata* Versluys, 1899. *Sertularia versluysi* Nutting, 1904. *Sertularia longa* Millard, 1958.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-13/72A, estación AA1, un fragmento de colonia; MoAm-Hyd-31, estación AA4, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Colonia erecta, creciendo desde una hidrorriza estolonar. Hidrocaulo monosifónico, dividido en entrenodos transversales con hidrocladios alternados. Colonias jóvenes sin eje ramificado. Las hidrotecas tienen constricciones ligeramente oblicuas, el perisarco es bastante grueso. Algunos ejemplares exhibieron un color naranja (Figura 6.3.7).

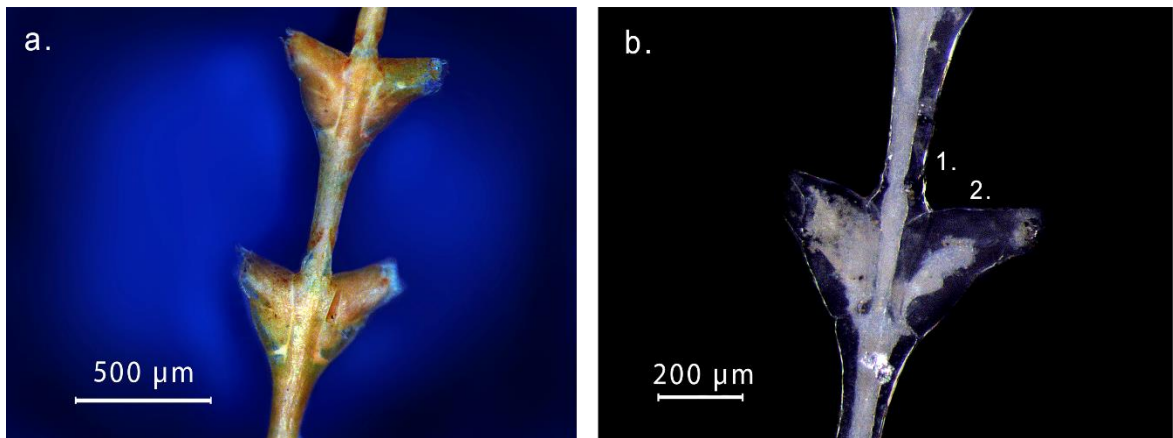


Figura 6.3.7 *Sertularia marginata*; a. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia con hidrotecas, b. Detalle de las partes (1. Hidrocaulo transparente, 2. Constrictiones ligeramente oblicuas en el perisarco de la hidroteca).

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a profundidades entre los 10.6 y 15.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. Se encontró formando parte de tapetes conglomerados de hidroides que se forman en la superficie de los arrecifes.

En su ambiente natural, se encuentra en sustratos rocosos a profundidades entre 0 y 35 m, y es muy común encontrarla sobre algas del género *Sargassum* (Medel y Vervoort, 1998).

Habita las zonas tropicales y subtropicales (Calder, 2000). Se ha reportado en el Pacífico Occidental (Bale, 1913; Totton, 1930; Ralph, 1961; Watson, 1994), en el Océano Índico (Millard y Bouillon, 1974; Millard, 1975; Venugopalan y Wagh, 1986), en el Atlántico Occidental, desde Carolina del Sur (Calder, 1983) hasta Brasil (Vannucci, 1949), con registros en Bermuda (Bennitt, 1922; Calder, 1991; Calder, 2000) y el mar Caribe

(Jäderholm, 1903; Vervoort, 1967), donde no se especificó su distribución en cuanto a los países. En Colombia, en el departamento del Magdalena fue registrada por Vervoort (1968), Wedler (1975) y Bandel y Wedler (1987) como *Sertularia inflata*.

**Comentarios:** En estas muestras no se pudieron observar claramente los hidrantes, ya que la mayoría de las hidrotecas se encontraban en mal estado; así mismo, se trataba de colonias muy jóvenes en las cuales no fue posible encontrar gonotecas.

### ***Thyrosocyphus marginatus*** (Allman, 1877)

**Sinonimias.** Según Calder, 1990: *Obelia marginata* Allman, 1877. *Campanularia insignis* Allman, 1888. *Obelia (Lytoscyphus) marginata* Ritchie, 1909. *Lytoscyphus insignis* Ritchie, 1909. *Lytoscyphus marginata* Ritchie, 1909. *Lytoscyphus marginatus* Billard, 1910. *Campanularia marginata* Nutting, 1915. *Leptocysphus marginatus* Jaderholm, 1920. *Cnidoscypus marginatus* Splettsosser, 1929. *Thyrosocyphus marginatus* Calder, 1983; 1990.

**Material examinado:** MoAm-Hyd-02B, estación AA10, una colonia; MoAm-Hyd-04A, estación AA2, una colonia.

**Descripción:** Colonia erecta y ramificada, de color crema, surge desde una hidrorriza estolonial rastrera. Hidrocaulo monosifónico, recto, delgado, puede ser geniculado en la parte distal, dividido en internodos a intervalos regulares. Perisarco grueso basalmente y delgado distalmente. Internodos con apófisis prominentes en la parte distal, la apófisis alterna de lado y lado cada una soportada por una hidroteca. Hidrocladios alternos y divididos por nodos oblicuos en los internodos pero más delgados que los internodos del hidrocaulo. Con hidrotecas en forma de cono con el margen entero y el hidrante asociado a la pared hidrotecal (Figura 6.3.8).

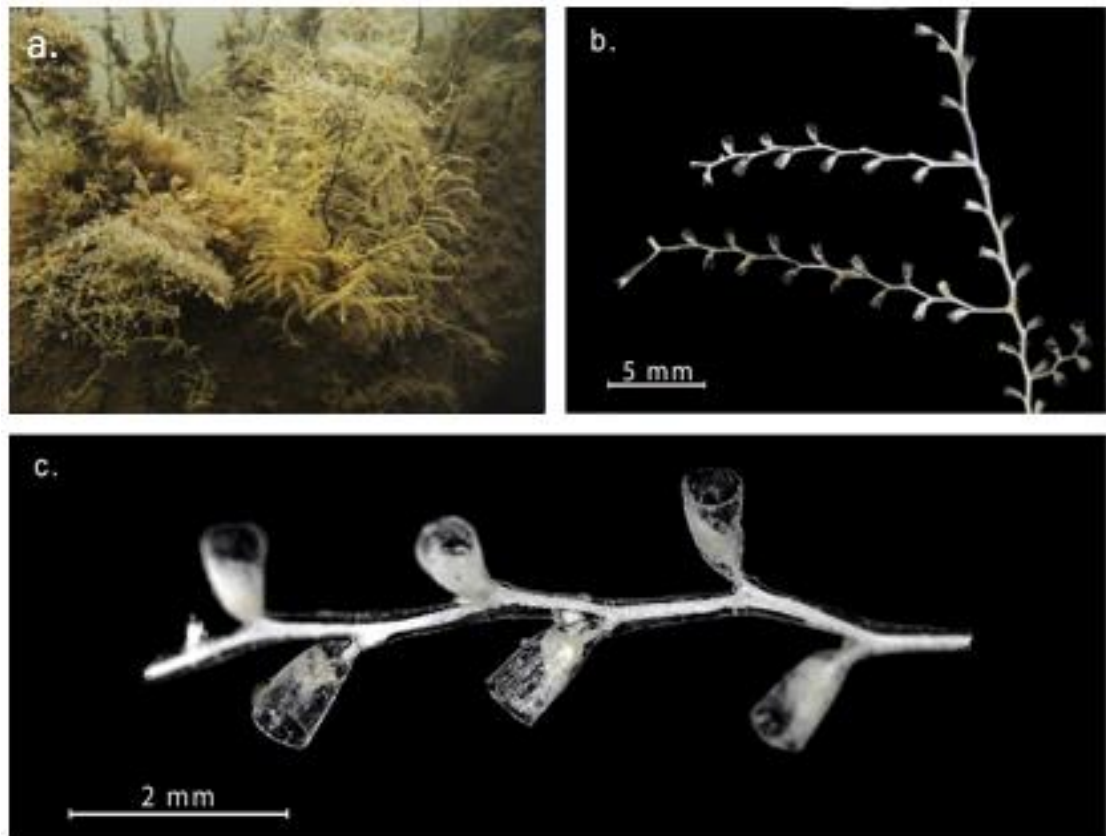


Figura 6.3.8 *Thyroscyphus marginatus*; a. Colonia viva de en los arrecifes artificiales, b. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia, c. Hidrotecas con el margen liso.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a una profundidad de 14.1 y 16.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. Se observó con un patrón de crecimiento frondoso y ramificado en diferentes planos, de color amarillo o crema. Ubicado en la base del arrecife, cerca al fondo, con otras colonias adheridas al hidrocaulo de *E. carneum*. La especie *A. aff. parasitica* se encontró creciendo sobre su hidrocaulo.

En su ambiente natural, es muy notoria debido al gran tamaño que alcanzan sus colonias, común en áreas con movimientos de corrientes o sujetas a la acción moderada de las

olas, se encuentra bien distribuida en profundidades de 0 a 20 m (Medel y Vervoort, 1998).

Presente en el Atlántico occidental, se ha reportado en el sudeste de Estados Unidos (Cain 1972 como, *Cnidoscyphus marginatus*), el golfo de México (Calder y Cairns, 2009, como *C. marginatus*), y Bermuda (Calder, 1991). Los registros en el Caribe se encontraron en las islas Testigos (Versluys, 1899, como *Obelia marginata*), Anguilla (Jäderholm, 1903, como *O. marginata*), Barbados (Nutting, 1919, como *O. marginata*), Venezuela (Leloup, 1935, como *Lytoscyphus marginata*), Puerto Rico (Fraser, 1944, como *C. marginata*; Wedler y Larson 1986), Aruba (Fraser, 1947, como *Campanularia marginata*), Curazao (Van Gemerden- Hoogeveen, 1965), Islas Vírgenes (Vervoort, 1968), Belice (Spracklin, 1982), y Costa Rica (Kelmo y Vargas 2002, como *Thyroscyphus marginatus*). En Colombia fue registrada para la región de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona (Wedler, 1975; Flórez, 1983; Bandel y Wedler 1987).

**Comentarios:** No se observaron gonotecas, ni hidrantes en buen estado.

### 6.3.2 Clase Anthozoa; Subclase Hexacorallia

Orden Scleractinia Bourne, 1900

Familia Astrocoeniidae Koby 1890

***Madracis aff. pharensis*** (Heller, 1868)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Astrocoenia pharensis* Heller, 1868. *Madracis pharensis f. pharensis* Heller, 1868. *Madracis pharensis f. luciphila* Wells, 1973.

**Material examinado:** MoAm-Cor-01, estación AA3, un fragmento de colonia; MoAm-Cor-03, estación AA2, un fragmento de colonia; MoAm-Cor-12, estación AA4, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Colonia incrustante, de color crema y apariencia delicada, cerioide, formada por coralites yuxtapuestos en forma de nódulos, los cuales son cilíndricos y alcanzan aproximadamente 2.3 mm de diámetro. El corallum es de color crema o amarillo y no es ramificado. Coenosteum con espinas delgadas y proyectadas hacia arriba, los septos están organizados en dos ciclos, dispuestos hexameralmente. Los septos S1 muy delgados y exertos (separados de la teca periférica), bordes de los septos finamente espinados o granulados (apariencia aspera). Los septos S2 son muy pequeños, delicados, y no exertos. Columnela masiva y puntiaguda de textura fina (Figura 6.3.9).

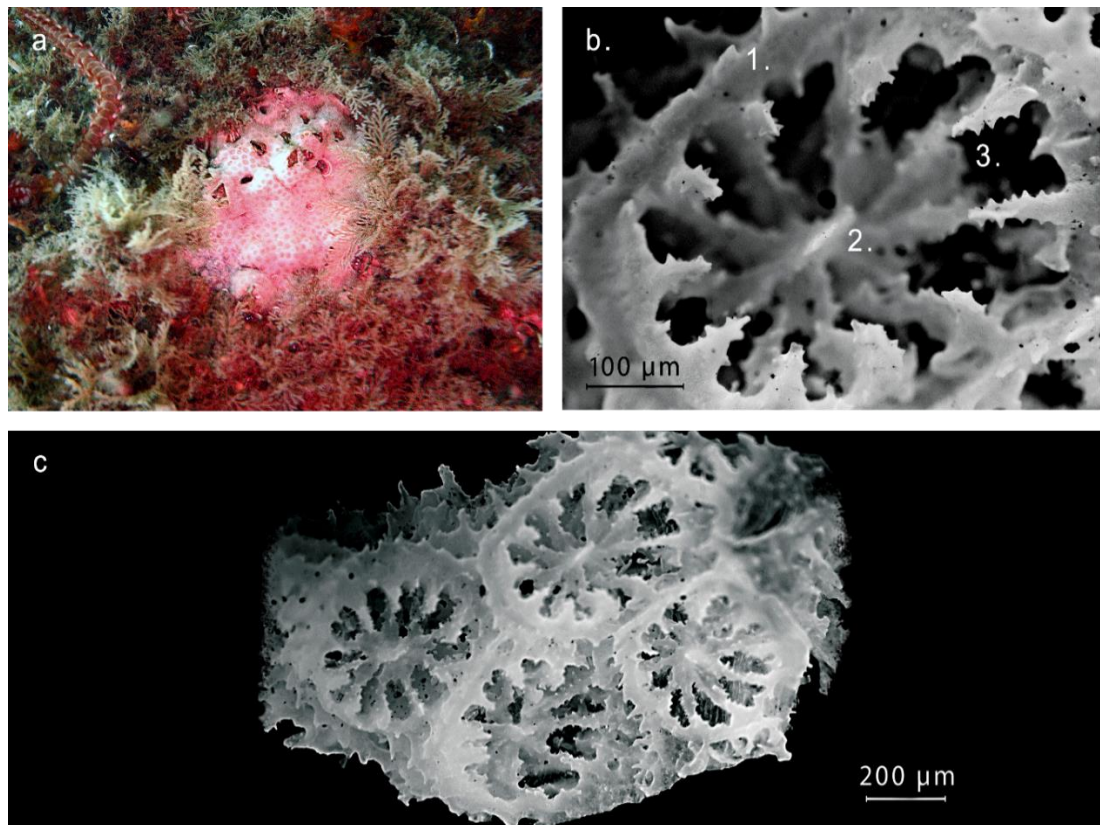


Figura 6.3.9 *Madracis* aff. *pharensis*; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Detalle del coralite (1. Espinas del coenosteum, 2. Columnela masiva, 3. Septos granulados), c. Vista general en laboratorio de un fragmento de colonia.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a una profundidad entre 10.6 y 14.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 37.5 %. En los arrecifes artificiales se observó creciendo en la zona más cercana a la superficie, con un color café pálido. Las colonias son irregulares de más o menos 3 a 6 cm y poco abundantes.

En su ambiente natural, es común en hábitats crípticos como cuevas o hendiduras y en arrecifes de profundidad. También en ambientes con fondos limosos y estuarios, desde los 5 a 30 m (Precht, *et al.*, 2008). Se ha demostrado que esta especie puede sobrevivir con tan solo un 0.26 % de radiación solar a profundidades hasta de 133 m (Vermeij y Bak, 2002).

Este coral está distribuido a profundidades moderadas en aguas del Atlántico occidental tropical, el Pacífico oriental y el Mediterráneo. Los registros en el gran Caribe son en el golfo de México, Florida, las Bahamas y Bermuda (Precht, *et al.*, 2008). En Colombia se encontró en el archipiélago de San Bernardo (Santodomingo *et al.*, 2007), Islas del Rosario, bahía de Santa Marta (Reyes *et al.*, 2010), y en el Parque Nacional Natural Tayrona (Reyes, 2000).

Familia Caryophylliidae Dana, 1846

***Phyllangia americana*** Milne Edwards y Haime, 1849

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Phyllangia fuegoensis* Squires, 1963.

**Material examinado:** MoAm-Cor-02, estación AA3, un fragmento de colonia; MoAm-Cor-04, estación AA2, un fragmento de colonia; MoAm-Cor-09, estación AA2, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Colonia moderadamente grande de color café oscuro a naranja en el interior del coralite y beige o crema en el exterior, con crecimiento extratentacular, y un coenosteum delgado e incrustante que se adhiere a la superficie del arrecife. Coralites cilíndricos de 8 a 9 mm de diámetro y 8 mm de alto. La teca es granular y los ciclos de septos C1 y C3 forman crestas bien definidas. Los septos están organizados hexameralmente en cinco ciclos denominados S1, S2, S3, S4 y S5, los que varían en tamaño (organizado de manera descendente: S1 el más grande, S5 el más pequeño) y en la posición con respecto a la teca. La fosa es moderadamente profunda y contiene una corona de lóbulos paliformes. La columnela es poco visible, rudimentaria, y trabecular (Figura 6.3.10).

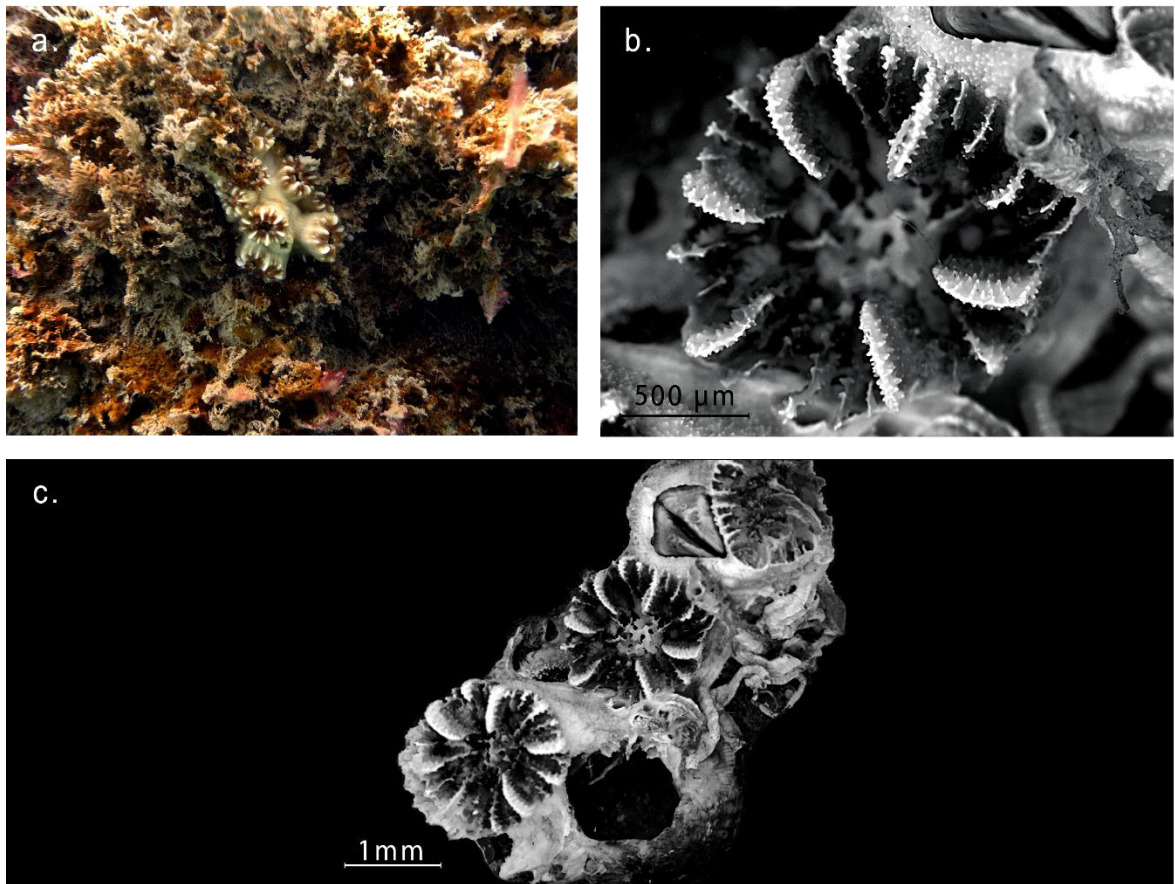


Figura 6.3.10 *Phyllangia americana*; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Coralite cilíndrico, c. Vista general de la colonia en laboratorio.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a profundidades entre los 12.9 y 14.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 75 %. En los arrecifes artificiales se observó creciendo principalmente en la parte media de las estructuras. Las colonias son robustas y de fácil reconocimiento, con tallas que alcanzaron aproximadamente 10 cm, y poco abundante. En su hábitat natural, es común en áreas sujetas a la acción moderada de las olas y se encuentra comúnmente en cualquier tipo de estructura artificial (Cairns, 2000).

Este coral es muy común en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte hasta Brasil, incluyendo el Caribe, las Bahamas, el golfo de México y Bermuda, entre los 0 y 53 m de profundidad. En Colombia se distribuye desde La Guajira hasta el golfo de Morrosquillo, entre los 2 y 73 m de profundidad (Reyes, 2000; Reyes *et al.*, 2009; Reyes *et al.*, 2010).

Familia Rhizangiidae d'Orbigny, 1851

***Astrangia solitaria*** (Le Sueur, 1818)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Caryophyllia solitaria* Le Sueur, 1818. *Astrangia neglecta* Duchassaing y Michelotti, 1860. *Astrangia epithecata* Duncan, 1876.

**Material examinado:** MoAm-Cor-03, MoAm-Cor-05, MoAm-Cor-06, MoAm-Cor-07, estación AA2, cuatro fragmentos de colonia; MoAm-Cor-01, estación AA3, un fragmento de colonia; MoAm-Cor-12, MoAm-Cor-13, estación AA4, dos fragmentos de colonia.

**Descripción:** Colonias incrustantes pequeñas y frágiles, de color café a naranja, cuyos coralites presentan crecimiento extratentacular. Los coralites no están unidos por un coenosteum, sino por estolones incrustantes los cuales dan un aspecto de coralites individuales y aislados a la colonia. Los septos están organizados hexameralmente en cuatro ciclos, distribuidos en S1, S2, S3 y S4. Presentan aproximadamente 36 septos y los S1 están exertos. La columnela es muy delicada, rudimentaria, y papilosa (Figura 6.3.11).

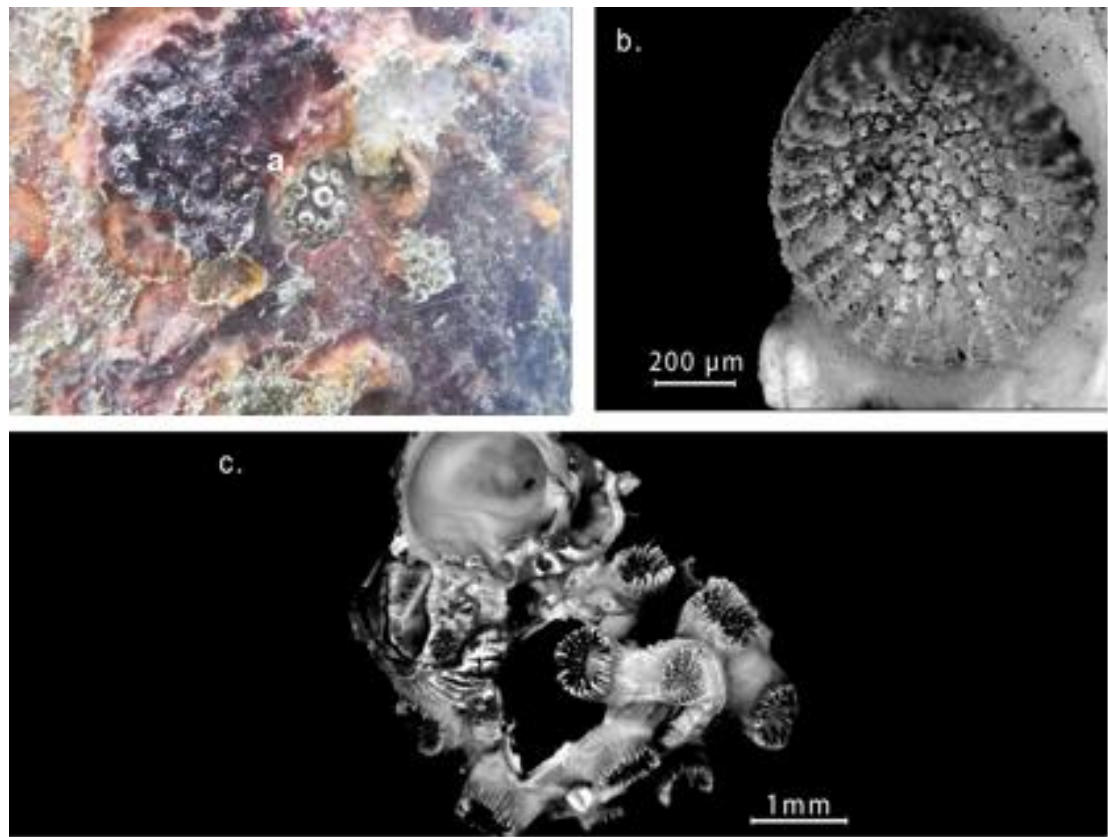


Figura 6.3.11 *Astrangia solitaria*; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Coralite con septos granulados y columnela papilosa, c. Colonia adherida a un cirripedio y una valva.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a una profundidad entre 10.6 y 14.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 75 %. En los arrecifes artificiales se observó creciendo en la parte media de las estructuras. Las colonias son de apariencia frágil y miden más o menos 5 cm, es poco abundante. En su ambiente natural se puede encontrar bajo corales de crecimiento plano, salientes de rocas o cuevas (Prahl y Erhardt, 1985), y comúnmente adherida a coral muerto. Los pólipos pueden ser transparentes, verdes o cafés (Cairns, 2000).

Esta especie está ampliamente distribuida en todo el gran Caribe, desde la Florida hasta el sur de Brasil, a profundidades desde los 0 a 573 m de profundidad (Zlatarski y Martinez-Estalella, 1982; Cairns, 2000). En Colombia se ha encontrado en el golfo de Urabá, el golfo de Morrosquillo, las islas del Rosario, isla de Salamanca, Santa Marta, La Guajira, San Andrés, y Providencia (Pfaff, 1969; Phral y Erhardt, 1988; Reyes, 2000; Reyes *et al.*, 2010).

**Comentarios:** Los fragmentos de colonia son muy delicados y se pueden romper con la manipulación en el laboratorio, es importante tratarlos con mucho cuidado al momento de remover la parte orgánica para dejar al descubierto el esqueleto de carbonato de calcio.

### **6.3.3 Clase Anthozoa; Subclase Octocorallia**

Orden Alcyonacea Lamouroux, 1812

Familia Clavulariidae Hickson, 1894

***Carijoa riisei*** (Duchassaing y Michelotti, 1860)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Telesto riisei* Duchassaing y Michelotti, 1860

**Material examinado:** MoAm-Oct-03, estación AA1, dos fragmentos de colonia; MoAm-Oct-05, estación AA4, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Colonia densamente ramificada, recta, y flexible, de color blanco o amarillo crema, alcanza los 40 cm de altura; tiene forma de arbusto. Los pólipos se encuentran totalmente contraídos en las colonias preservadas. Cálices cilíndricos, varillas anticodales varían entre entre 0.07 - 0.5 mm de largo; los de mayor talla presentan procesos espinosos y curvaturas. Los escleritos de la pared del cuerpo presentan dos formas: varillas largas y curvas con procesos espinosos entre 0.3 y 0.7 mm de largo, y escleritos

gruesos y cortos entre 0.1 y 0.4 mm de largo, con tubérculos y procesos complejos de formas irregulares (Figura 6.3.12)

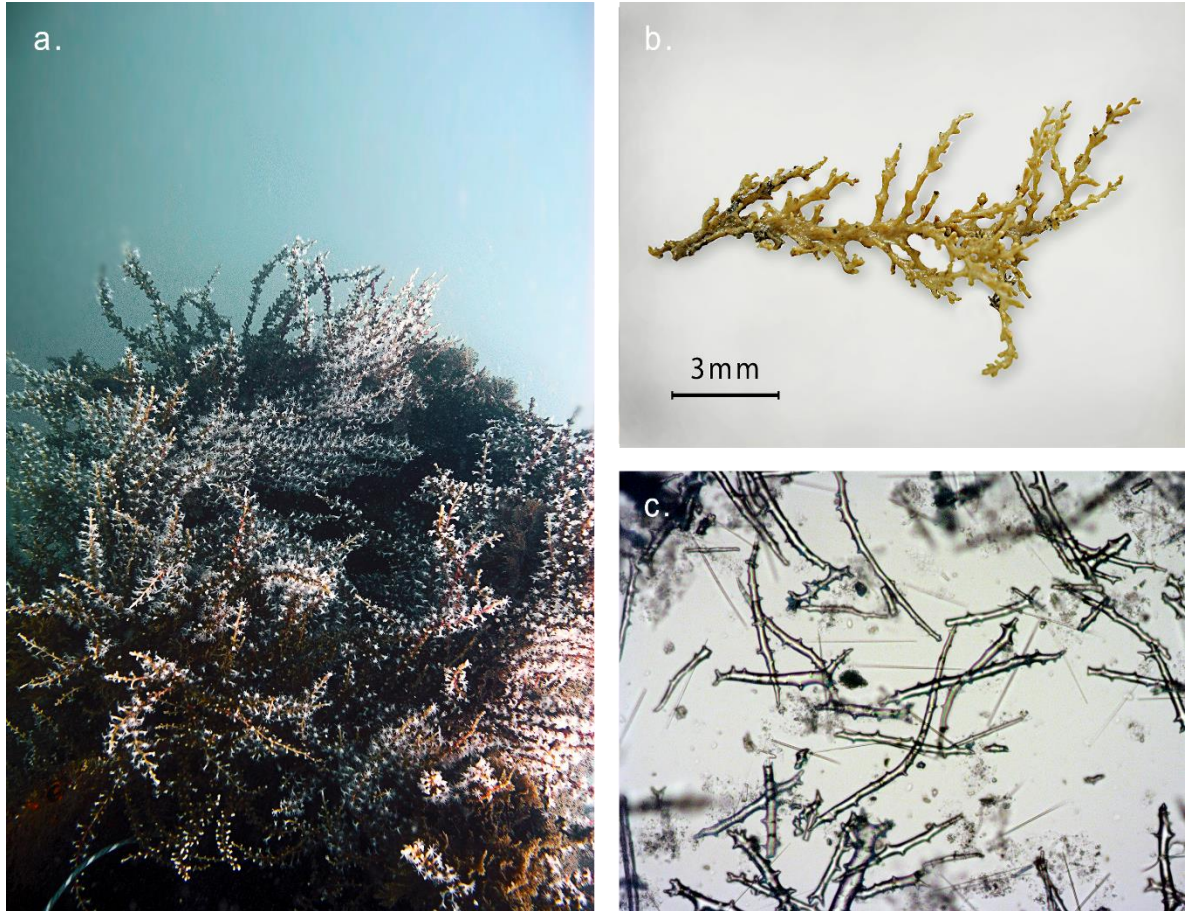


Figura 6.3.12 *Carijoa riisei*; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Fragmento de colonia en el laboratorio, c. Escleritos en forma de varillas largas con procesos espinosos.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a profundidades entre los 10.6 y 15.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 87.5 %. En los arrecifes artificiales se encontró creciendo sobre la mayoría de las estructuras, desde la parte profunda hasta la más superficial, en las superficies horizontales y verticales, alcanzando

grandes tamaños, más o menos de 40 a 50 cm de altura. En algunos de los arrecifes más antiguos tienen coberturas de hasta el 31.5 % creciendo sobre otros organismos y sobre la tubería. Se ha observado en asociación con esponjas de las especies *Mycale angulosa* y *Mycale microsigmatosa*, donde la esponja recubre las ramas de la colonia sin afectar a los pólipos; por ello, adquiere un color morado, rojo, naranja o amarillo, esto debido a la coloración que le confiere la esponja. También se han encontrado otras especies asociadas como el cangrejo *Stenorhynchus seticornis*, el camarón boxeador *Stenopus hispidus*, el gusano de fuego *Hermodice carunculata*, el briozoo del género *Scrupocellaria* sp., y el hidroide *Eudendrium*. Peces juveniles como *Thalassoma bifasciatum*, *Stegastes partitus*, *Serranus flaviventris*, y *Cantigaster rostrata* son frecuentes cerca de la especie y la utilizan como refugio. La mayoría de colonias crecen sobre los bordes de las tuberías, y son bastante voluminosas, lo que genera tridimensionalidad al arrecife (Coms. Pers. O. Delgadillo).

Habita en aguas turbias, ricas en materia orgánica, y zooplancton del cual se alimenta. Se adhiere fácilmente a estructuras sumergidas y ha sido reportada en arrecifes artificiales. Generalmente es más abundante en las superficies rocosas u otros sustratos duros, a profundidades donde no hay una fuerte penetración de luz. Se encuentra en diversos hábitats y tipos de sustrato; en el infralitoral rocoso, en estructuras artificiales, como espolones; en aguas con alta energía de oleaje y generalmente turbias. También en compañía de esponjas e hidroides y en arrecifes coralinos. Forma densos tapetes de colonias (Sánchez, 1994).

Se distribuye en el Atlántico occidental y el Caribe, desde Carolina del Sur hasta Brasil, pasando por el golfo de México, Cuba, los cayos de la Florida (Deichmann, 1936), Jamaica, Puerto Rico, las Antillas, Curazao, y Venezuela (Sánchez *et al.*, 2014)). En

Colombia se encuentra en toda la costa Caribe desde La Guajira hasta el golfo de Urabá (Sánchez, 1994), también en la costa Pacífica, en las islas de Gorgona y Malpelo (Sánchez *et al.*, 2014).

**Comentarios:** Esta especie nativa del Atlántico occidental, se registró como exótica invasora en el Pacífico desde hace unos cuarenta años y en Colombia hace 20 años, donde se ha observado sobrecreciendo a otros octocorales nativos con un comportamiento agresivo, tanto así, que se ha notado la extinción de algunas especies de *Muricea* y una constante competencia y cubrimiento de las *Pacifigorgias* y *Leptogorgias* (Sánchez *et al.*, 2014).

Familia Gorgoniidae Lamouroux, 1812

***Leptogorgia hebes*** Verrill, 1869

**Sinonimias.** Según Bayer, 1961: *Leptogorgia rubropurpurea* Verrill, 1912.

**Material examinado:** MoAm-Oct-03, estación AA1, una colonia; MoAm-Oct-05; estación AA4, una colonia.

**Descripción:** Colonia ramificada en un solo plano, irregularmente pinnada, con un disco córneo basal prominente que la sostiene a la estructura artificial. El color de la colonia es morado oscuro. Los montículos de los pólipos son hemisféricos en la parte basal de la rama principal, y menos notorios cerca de los extremos distales de las ramas. En toda la colonia se observa un surco marcado, que se extiende por los lados de las ramas, las cuales son ligeramente aplanadas. Las ramas cerca de la base son más prominentes que en la parte distal. Escleritos romos, ovalados, muy ornamentados de 1.1 mm; algunos más delgados, poco ornamentados y cónicos, a veces agudos, pero poco abundantes (Figura 6.3.13).

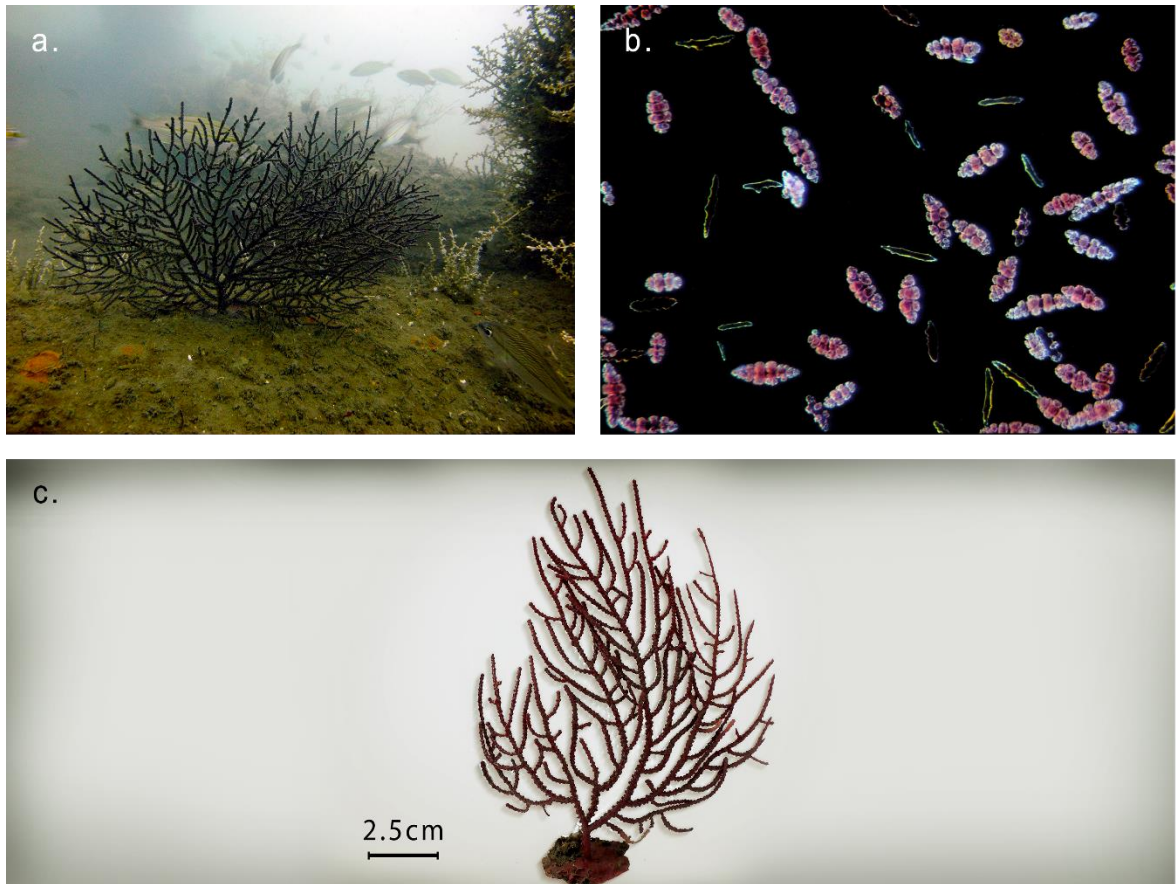


Figura 6.3.13 *Leptogorgia hebes*; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales, b. Escleritos romos muy ornamentados de color morado y escleritos delgados poco ornamentados de color amarillo, c. Vista general en laboratorio.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a profundidades entre los 10.6 y 15.9 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m; la frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. En los arrecifes artificiales, solo se encuentra en las bases de la estructura, todos en la superficie horizontal; las colonias alcanzan un tamaño aproximado de 20 cm de ancho, de color morado en vivo.

Octocoral común en aguas poco profundas desde los 22 a 27 m de profundidad, se puede encontrar en fondos duros sobre rocas de piedra caliza. Usualmente es de color rojo brillante, naranja o amarillo oscuro, pero también se han encontrado colonias moradas (Bayer, 1961).

La especie se distribuye en el Atlántico occidental desde Virginia hasta el norte de la Florida, el golfo de México, Aruba y Brasil (DeVictor y Morton, 2010). En Colombia, no se encontró un reporte oficial de la especie, por lo cual se presume que es un nuevo registro para el país.

***Leptogorgia setacea*** (Pallas, 1766)

**Sinonimias.** Según DeVictor y Morton, 2010: *Gorgonia setacea* Pallas, 1766.

**Material examinado:** MoAm-Oct-07, estación AA10, dos colonias, una amarilla y otra morada; MoAm-Oct-08, estación AA4, tres colonias, moradas.

**Descripción:** Colonias filiformes no ramificadas, o con unas pocas ramas cortas y flexibles. Las colonias son moradas y amarillas. Presentan un disco córneo que las ancla a la estructura artificial. Su única rama es muy delgada y alcanzó casi 50 cm en el ejemplar más largo. Las aberturas de los pólipos están a la misma altura con el cenénquima (montículos de pólipos ausentes), a lo largo de dos lados del eje central; la abertura de los pólipos tiene una coloración morada en el ejemplar de color amarillo. Los escleritos del cenénquima tienen forma de husos agudos y verrugosos con 0.2 mm de longitud; mientras los escleritos anticodiales son más pequeños, con aproximadamente 0.1 mm de longitud (Figura 6.3.14).

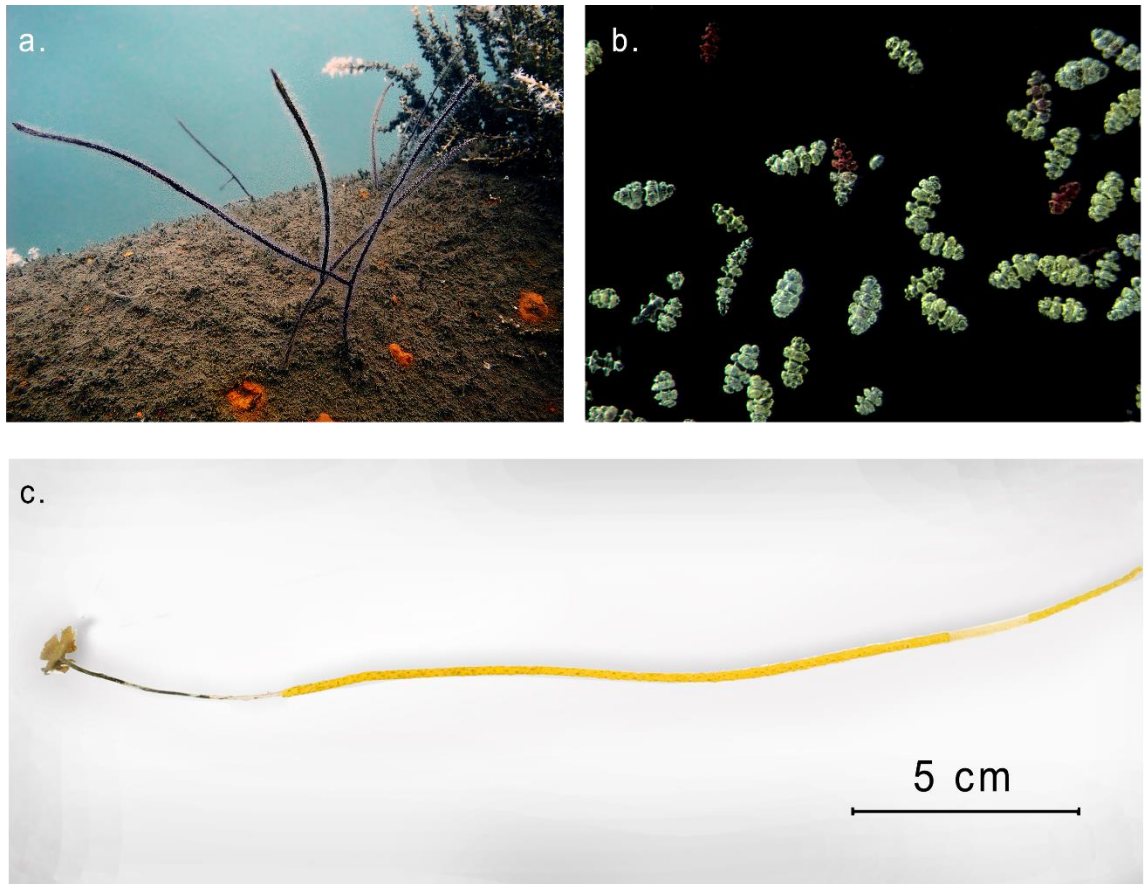


Figura 6.3.14 *Leptogorgia setacea*; a. Colonia viva en los arrecifes artificiales con la coloración morada, b. Escleritos agudos y verrugosos, escleritos romos muy ornamentados de color amarillo, c. Colonia en forma de látigo con la coloración amarilla.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a profundidades entre los 10.6 y 16.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 37.5 %. En los arrecifes artificiales, pueden llegar a formar pequeñas “praderas”, crecen en las superficies horizontales y verticales, se encuentran por todo el arrecife, desde la parte alta hasta la parte baja, dentro de la tubería y fuera de ella; algunos pueden llegar a medir 50 cm. Se

ha reportado en hábitats de baja salinidad como arroyos de marea o bahías (DeVictor y Morton, 2010), y hasta los 200 m de profundidad (Chacón *et al.*, 2010).

En el Atlántico occidental, la especie se ha reportado en la bahía de Chesapeake, en la Florida, el golfo de México y Brasil (DeVictor y Morton, 2010), también en las Bahamas y las Antillas (Deichmann, 1936). En Colombia se ha reportado en las regiones de La Guajira, Palomino, y Tayrona (Chacón *et al.*, 2010).

**Comentarios:** Esta especie comparte muchos caracteres de los escleritos con *Leptogorgia virgulata*. La mayoría de las colonias de *L. setacea* son fácilmente reconocibles basándose en su morfología, pero si solo están disponibles fragmentos de colonias, es necesario un examen detallado de los escleritos (DeVictor y Morton, 2010).

#### **6.3.4 Clase Ascidiacea**

Orden Phlebobranchia Lahille, 1886

Familia Ascidiidae Herdman, 1882

***Phallusia nigra*** Savigny, 1816

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Ascidia nigra* Savigny, 1816. *Phallusiopsis nigra* Savigny, 1816. *Thallusia nigra* Savigny, 1816. *Tunica nigra* Savigny, 1816. *Phallusia atra* Lesuer, 1823.

**Material examinado:** MoAm-Asc-09, MoAm-Asc-15; estación AA4, dos individuos.

**Descripción:** *Ascidia* solitaria, con túnica lisa y sin epibiontes, de color negro brillante y gran tamaño (aproximadamente seis cm). Cuerpo no dividido en regiones, con cavidad única donde se encuentra el tórax y el abdomen. El zooide es negro igual que la túnica. El sifón oral con 11 lóbulos y 30 tentáculos orales simples, el canal alimentario se encuentra ubicado al lado izquierdo de la faringe. Sin pliegues faríngeos; las papilas faríngeas

proyectadas desde vasos longitudinales completos hacia el lumen. Presenta 43 hileras de estigmas simples con cinco barras completas. Musculatura longitudinal de los sifones sin un patrón de distribución aparente, mientras que las fibras musculares del lado derecho del saco branquial, se distribuyen en varias direcciones (Figura 6.3.15).



Figura 6.3.15. Individuo de *Phallusia nigra* adherido a un arrecife artificial.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 10.6 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. En los arrecifes artificiales se encontraron pocos ejemplares creciendo sobre los tubos verticales de la estructura, generalmente del lado expuesto de la tubería, aunque en algunas ocasiones también se hallaron en las grietas y dentro de los tubos que se encuentran dispuestos verticalmente.

A lo largo de su amplio rango de distribución por el Atlántico occidental tropical, esta especie se encuentra formando parte importante de las comunidades incrustantes “fouling” en las que suele ser muy notoria por su color y tamaño; se le encuentra comúnmente habitando sobre superficies rocosas, raíces de mangle, y arrecifes de coral; así como en estructuras artificiales, tales como pilotes, boyas o flotadores (Van Name, 1945; Lambert, 2002).

Se ha reportado en el océano Índico, en el mar Rojo, el golfo de Aden y el golfo de Guinea (Van Name, 1945). Común en las aguas tropicales del Atlántico occidental, desde Bermuda hasta San Sebastián en Brasil (Rocha *et al.*, 2012), y Venezuela (Rocha *et al.*, 2010). Para el Caribe colombiano, no existe en la literatura una publicación oficial que registre la especie, la única referencia que se tiene es un trabajo de grado de Caicedo (2010) con una descripción corta de sus características morfológicas en individuos recolectados en La Guajira.

**Comentarios:** Muy evidente en el medio por su tamaño. En el laboratorio, no fue posible observar las gónadas, ni el intestino, debido probablemente a que los individuos sufrieron estrés en la recolección, por lo que la región abdominal se adhirió a la túnica, impidiendo una adecuada diferenciación.

Orden Aplousobranchia Lahille, 1886

Familia Diazonidae Seeliger, 1906

***Rhopalaea abdominalis*** (Sluiter, 1898)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Ciona abdominalis* Sluiter, 1898.

**Material examinado:** MoAm-Asc-10, estación AA4, un individuo.

**Descripción:** Ascidia solitaria, de color morado oscuro, con la túnica lisa y sin incrustaciones; ejemplar con aproximadamente dos cm de longitud después de ser fijado; tórax con 1.5 cm de longitud. Cuerpo dividido en dos regiones bien definidas, tórax y abdomen. Zooide de color morado oscuro desde la base del sifón atrial hacia el final del oral; la región torácica es blanca y la región abdominal morada. Abdomen no embebido en la túnica, con una longitud aproximada a la mitad del diafragma. Sifón oral orientado más o menos a 45 grados del atrial; cada sifón con seis lóbulos. Presenta 24 tentáculos orales simples y delgados, de los cuales 12 son largos y 12 son cortos. La lámina dorsal está dividida en 27 lengüetas, que van desde el ganglio neural hasta el término del tórax. Los vasos longitudinales son completos. Las hileras de estigmas varían entre 75 y 78 en total; estigmas faríngeos simples, cada uno con tres barras completas. Musculatura longitudinal formada por fibras delgadas, oblicuas al endostilo (Figura 6.3.15).

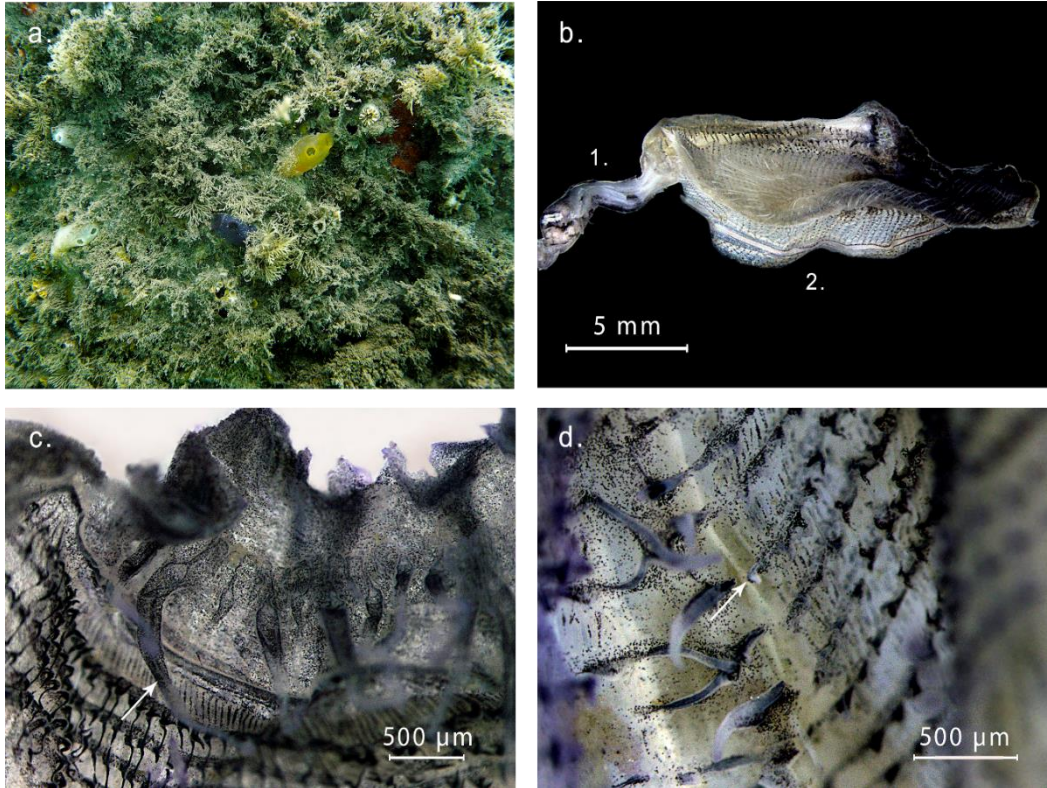


Figura 6.3.16 *Rhopalaea abdominalis*; a. Individuo adherido a un arrecife artificial exhibiendo su coloración morada, b. Zooide (1. Región abdominal, 2. Región torácica), c. Téntaculo oral simple, d. Lámina dorsal.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada 10.6 m de profundidad, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 50 %. En los arrecifes artificiales, es una especie llamativa debido a su coloración morado oscuro; se observa creciendo en las partes de la tubería expuestas a la luz, sobre bivalvos, y balanos. Muy cerca a los individuos de esta especie, se encuentran los demás ejemplares que tienen variaciones de color (amarillo, rosado, blanco) que hacen parte del mismo género.

Es común en aguas poco profundas, se encuentra en los arrecifes de coral y también crece sobre las raíces de mangle. La mayor parte del cuerpo está oculta en grietas estrechas o agujeros, dejando al descubierto sólo la parte superior del cuerpo y los sifones (Humann, 1992).

Se distribuye en el Atlántico occidental, se ha reportado en la Florida, Cuba, Belice, Guadalupe, Panamá, el golfo de México, Venezuela y el noreste de Brasil (Rocha *et al.*, 2012). Para el Caribe colombiano, el único registro proviene de una observación en campo realizada en la plataforma somera de La Guajira sobre fondos arenosos (Chasqui *et al.*, 2013), la cual es bastante dudosa debido a que se efectuó con base en observaciones de campo, lo cual podría prestarse para confusiones, especialmente si el material no fue identificado en laboratorio con las herramientas adecuadas.

### ***Rhopalaea* sp. 1**

**Material examinado:** MoAm-Asc-01, MoAm-Asc-04, MoAm-Asc-07; estación AA2; tres individuos.

**Descripción:** Ascidia solitaria, de color blanco, con tonalidades naranja. Túnica lisa, de forma irregular, en la que algunos ejemplares presentaron incrustaciones de otros organismos como briozoos e hidroides, y otros ejemplares no tuvieron ningún tipo de epibionte sobre su túnica. También con proyecciones (rizoides) en diferentes direcciones para aferrarse al sustrato (arrecife artificial); se observaron cinco gemaciones en diferente estado de desarrollo proyectadas desde la parte basal de la túnica (región abdominal). Cuerpo dividido en dos regiones bien definidas, tórax y abdomen. Zooide de color naranja, desde la base del sifón atrial hacia el final del oral; la región torácica y abdominal es blanca. Abdomen embebido en la túnica con tres cm de longitud (mayor a la del diafragma). Gónadas posicionadas en la parte lateral de la pared abdominal. Dos sifones, uno oral y otro atrial. Sifón oral orientado más o menos a 45 grados del atrial; cada sifón cuenta con ocho lóbulos. Presenta 19 tentáculos orales simples y delgados, 8 cortos y 11 largos. La lámina dorsal está dividida en 23 lengüetas, que van desde el ganglio neural hasta el término del tórax. Los vasos longitudinales son completos. Presenta 30 hileras de estigmas en total; estigmas faríngeos simples, cada uno con tres barras completas. Musculatura longitudinal formada por fibras delgadas, oblicuas al endostilo (Figura 6.3.17).

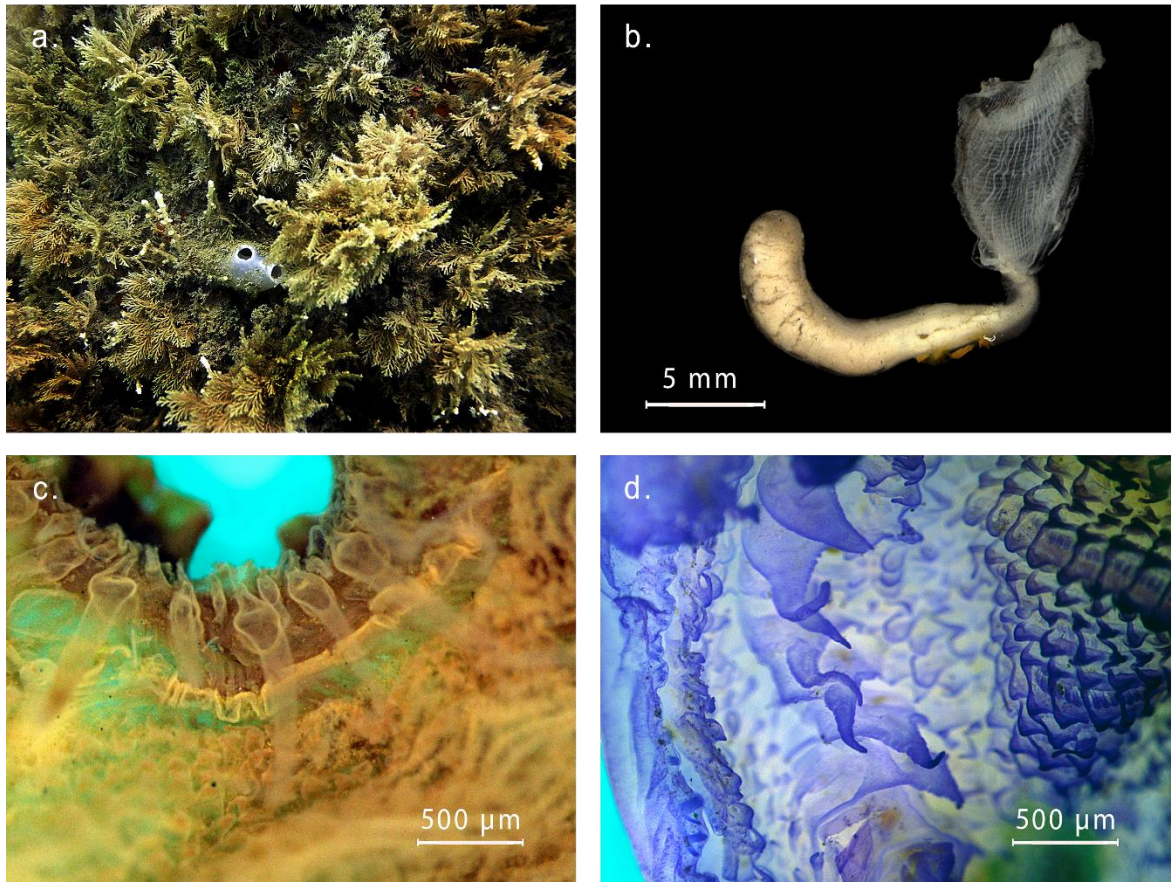


Figura 6.3.17 *Rhopalaea* sp. 1; a. Individuo adherido a un arrecife artificial, b. Zooide, c. Velum y tentáculos orales simpes, d. Lengüetas.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 14.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. Con una frecuencia de ocurrencia de 75 %. En los arrecifes artificiales se encontró creciendo en superficies verticales, la mayoría de las veces sobre otros organismos, como balanos y bivalvos, de forma particular, pareciera que crecen en lugares protegidos, donde se ven siempre rodeadas de organismos más grandes.

Este género tiene distribución circumtropical, y hasta el momento se han registrado 25 especies dentro del taxón (Worms, 2016). A pesar de ser un género que se destaca en los arrecifes naturales, se tiene muy poca información sobre su taxonomía, ecología y biogeografía.

### ***Rhopalaea* sp. 2**

**Material examinado:** MoAm-Asc-03, estación AA2, un individuo; MoAm-Asc-12, MoAm-Asc-28, MoAm-Asc-14, estación AA4, tres individuos.

**Descripción:** Ascidia solitaria, de color amarillo o rosado pálido translucido. El espécimen de tipo amarillo perdió su color luego de ser fijado. Túnica lisa, sin incrustaciones. Zooide blanco o rosado. Cuerpo dividido en dos regiones bien definidas, tórax y abdomen. Tórax 2.8 cm de longitud. Abdomen embebido en la túnica, con una longitud de más o menos un tercio el tamaño del tórax. Dos sifones, uno oral y otro atrial. Sifón oral orientado más o menos a 45 grados del atrial; cada sifón con seis lóbulos. Presenta 28 tentáculos orales simples y delgados, 12 largos y 16 cortos. La lámina dorsal está dividida entre 28 a 30 lengüetas, que se distribuyen desde el ganglio dorsal hasta el final del tórax. Los vasos longitudinales son completos. Tiene entre 70 a 76 hileras de estigmas en total; los estigmas faríngeos son simples, cada uno con tres barras completas. Musculatura longitudinal formada por fibras delgadas y oblicuas al endostilo (Figura 6.3.18).

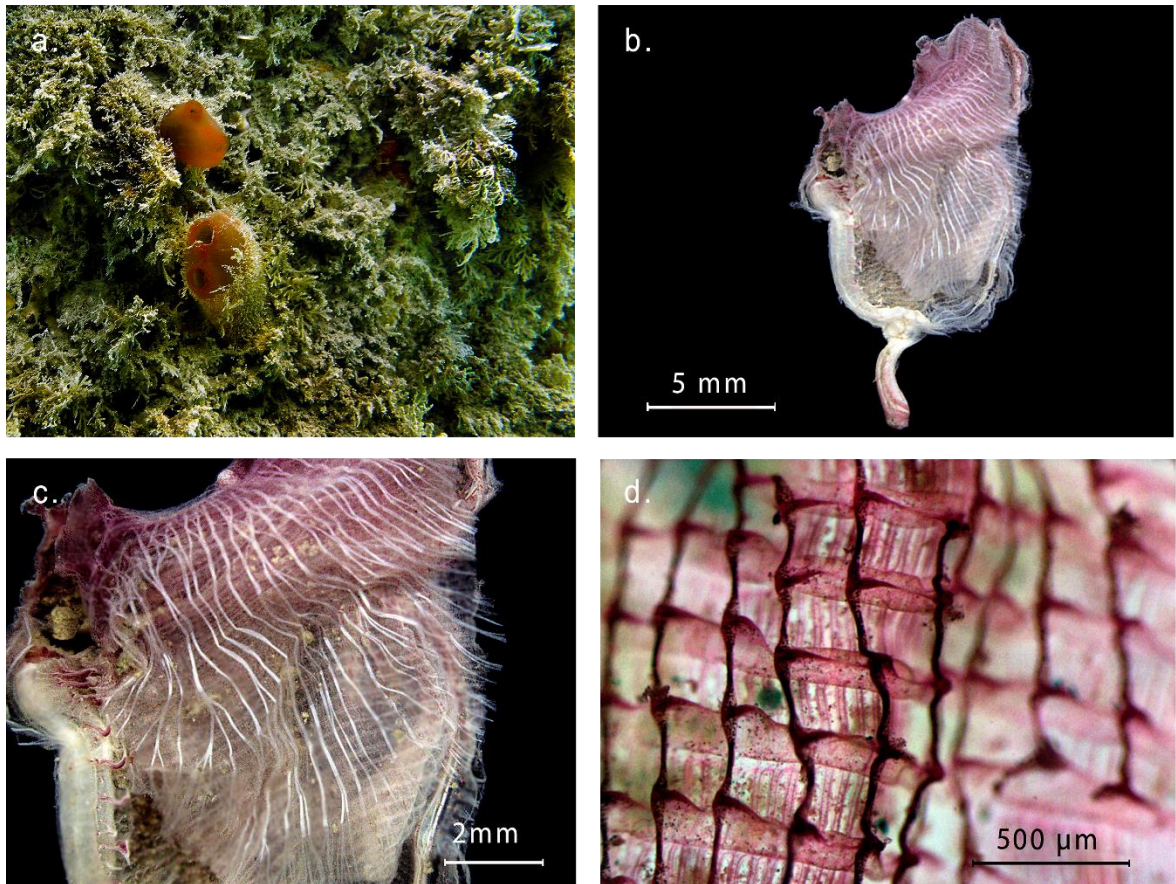


Figura 6.3.18 *Rhopalaea* sp. 2; a. Individuos adheridos a un arrecife artificial, b. Zooide, c. Región torácica mostrando la musculatura longitudinal, d. Vasos longitudinales y estigmas faríngeos.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 14.1 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. Con una frecuencia de ocurrencia de 75 %. En los arrecifes artificiales se encontró creciendo en superficies verticales, la mayoría de las veces sobre otros organismos, como balanos y bivalvos, de forma particular, pareciera que crecen en lugares protegidos, donde se ven siempre rodeadas de organismos más grandes.

Este género tiene distribución circumtropical, y hasta el momento se han registrado 25 especies dentro del taxón (Worms, 2016). A pesar de ser un género que se destaca en los arrecifes naturales, se tiene muy poca información sobre su taxonomía, ecología y biogeografía.

Familia Didemnidae Giard, 1872

***Didemnum cineraceum*** (Sluiter, 1898)

**Sinonimias.** Según Worms, 2016: *Leptoclinum cineraceum* Sluiter, 1898.

**Material examinado:** MoAm-Asc-29, estación AA6, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Ascidia colonial, incrustante, en vivo de color negro o gris azulado, con un patrón reticulado el cual es formado por los espacios que hay entre los zooides. Túnica traslúcida, muy gruesa; con pocas espículas, muy pequeñas, de forma esférica con numerosos radios, las cuales se encuentran dispersas, pero en algunas zonas se observan agrupadas. Zooides muy pequeños de color crema, embebidos en la túnica, con dos regiones corporales bien definidas, tórax y abdomen; proyectan sus sifones orales en la superficie de la túnica; en estos se observa un canal muy delgado y frágil que comunica la región torácica con la abdominal. El abdomen es más grande que el tórax y se encuentra plegado, en este se pueden observar pellets fecales. El sifón oral es corto y tubular, tiene aproximadamente seis lóbulos poco profundos. El sifón atrial es una amplia abertura que deja expuesta una porción grande del saco branquial, tiene forma de “C” cerrada y expone unas dos filas de estigmas. En toda la región torácica, se observan más o menos cuatro filas de estigmas. La lámina dorsal muy conspicua, en forma arriñonada y dividida horizontalmente. Se observa el proceso muscular largo que se proyecta oblicuamente desde la parte baja del tórax, cerca de donde se une con el

abdomen; en algunos zooides es más corto que en otros, pero siempre está presente (Figura 6.3.19).

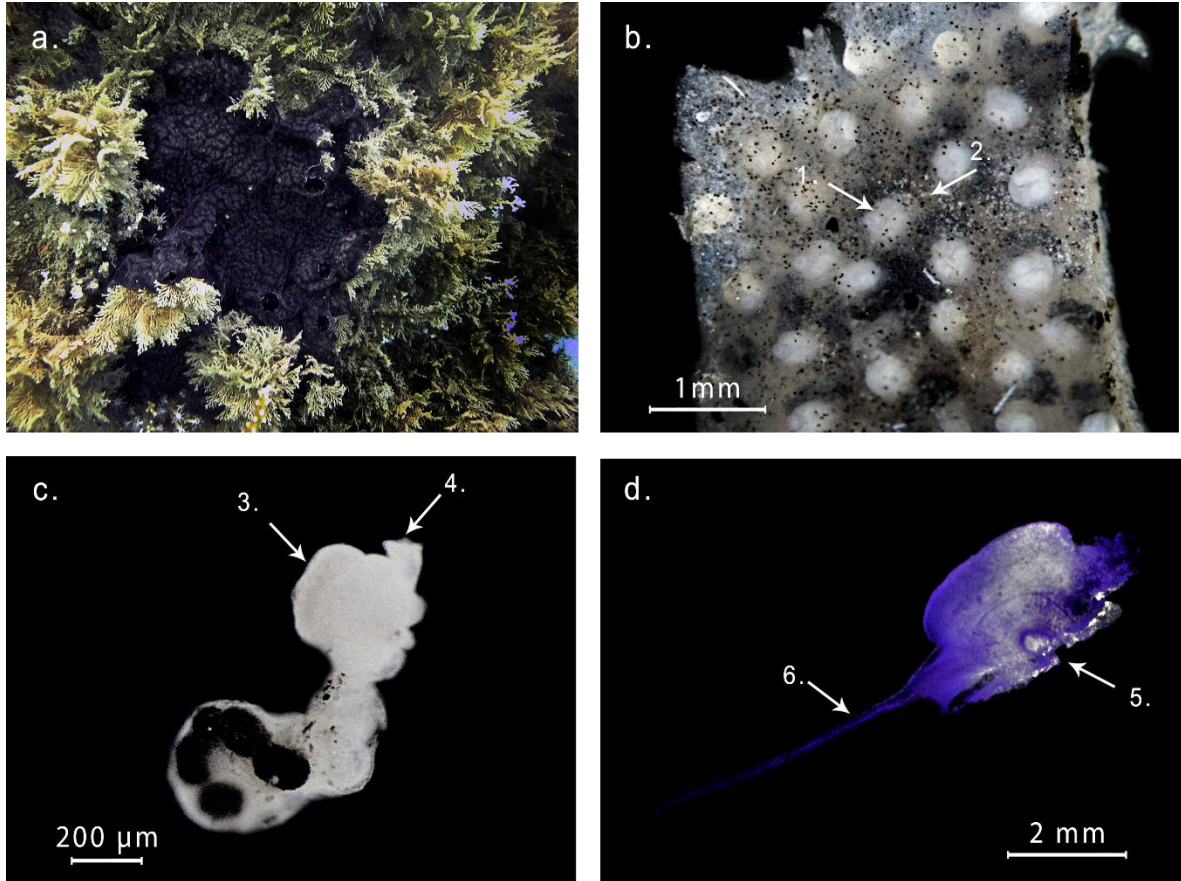


Figura 6.3.19 *Didemnum cineraceum*; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Fragmento de colonia (1. Zooide embebido en la túnica, 2. Acumulación localizada de espículas blancas), c. Vista general del zooide (3. Lámina dorsal arriñonada, 4. Sifón oral), d. Vista general de la región torácica (5. Sifón atrial en forma de C cerrada, 6. Proceso muscular largo).

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a una profundidad de 14.6 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 37.5 %. En los arrecifes artificiales se

observó con un patrón de crecimiento incrustante sobre las estructuras que están expuestas a la luz, recubriendo otros organismos y rodeada del briozoo *Scrupocellaria* sp.

En su ambiente natural forma grandes colonias conspicuas, y ha sido clasificada como criptogénica (Rocha y Bonnet, 2009). Es una especie poco estudiada en cuanto a sus ámbitos ecológicos y biogeográficos. Esta ascidia presenta pocos registros en el mundo, presumiblemente distribuida en aguas tropicales del Pacífico y el Atlántico (Rocha *et al.*, 2012). Para el mar Caribe ha sido reportada en Belice, Jamaica, Guadalupe, Panamá, Venezuela y Brasil, (Rocha *et al.*, 2012). En el Caribe colombiano no existe ningún tipo de reporte científico sobre esta especie.

**Comentarios:** No fue posible observar el espermiducto enrollado, ni el testículo, debido a los numerosos y grandes pellets fecales que los recubren, por lo demás todas las características concuerdan con la descripción de la especie.

***Didemnum perlucidum*** Monniot F., 1983

**Material examinado:** MoAm-Asc-26, estación AA4, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Ascidia colonial incrustante de color blanco. Túnica muy delgada con muchas espículas calcáreas, las cuales se disponen de manera muy agregada. Estas tienen forma de estrella con numerosos radios cónicos. Los zooides son de color blanco, muy pequeños, de aproximadamente 1 mm de longitud, organizados en grupos y embebidos en la túnica, con sus sifones orales proyectados en la superficie de la misma (Figura 6.3.20).

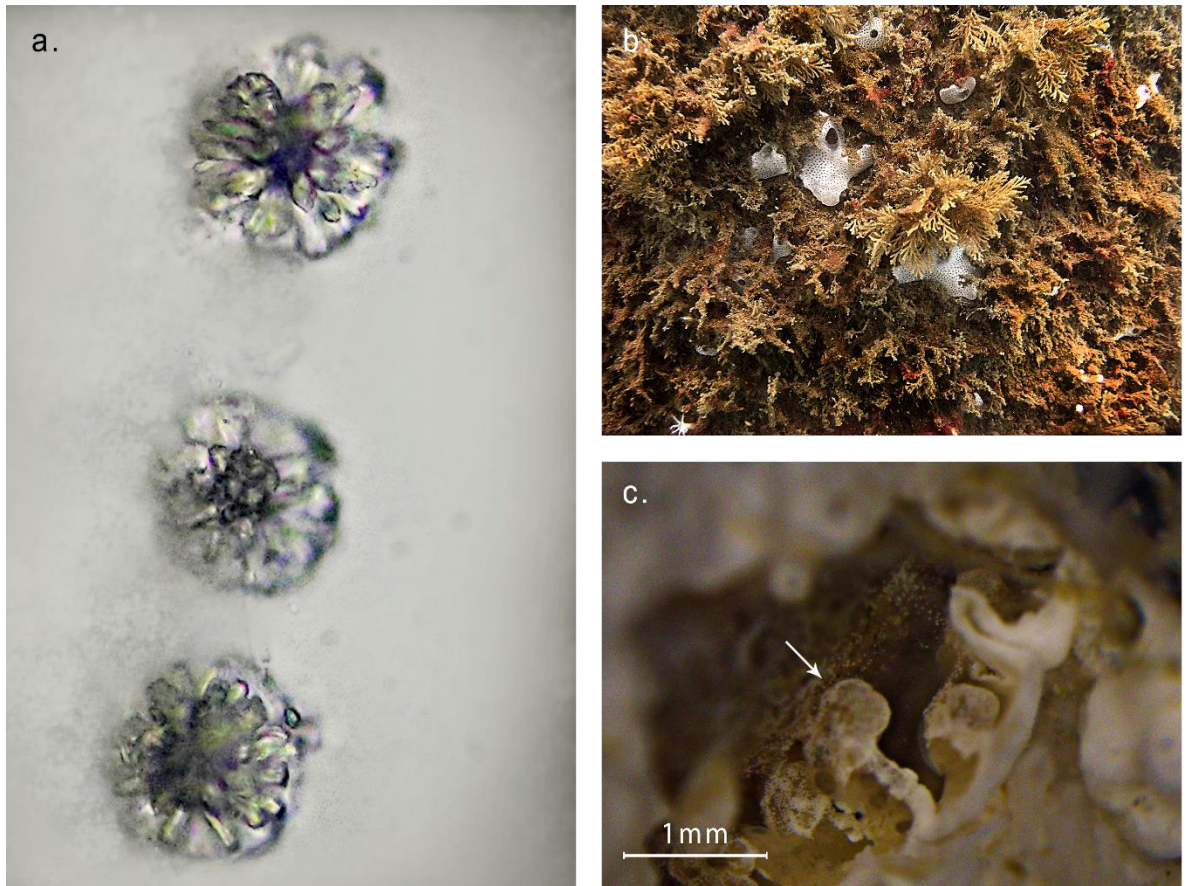


Figura 6.3.20 *Didemnum perlucidum*; a. Espículas vistas en microscopio óptico, b. Vista general de una colonia pequeña en el arrecife artificial, c. Zooide adherido a la túnica.

**Ecología y distribución:** Esta especie fue recolectada a una profundidad de 10.6 metros, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. Algunas colonias en los arrecifes artificiales se encuentran recubriendo otros organismos como balanos e hidroides del género *Eudendrium*.

En su ambiente natural se encuentra cubriendo diferentes tipos de sustrato: coral, conchas muertas, algas, esponjas, tubos de poliquetos, ascidias solitarias, otros sustratos duros, así como también a los sustratos artificiales como boyas, cascos de barcos, y

muelles. Se observa en el medio como una película blanca y suave creciendo sobre el sustrato cerca de la superficie del agua (Fofonoff *et al.*, 2003). Especie tropical cosmopolita (Monniot *et al.*, 1991). Se ha reportado en la Florida, el golfo de México, Guadalupe, Belice, Panamá, Venezuela y Brasil (Rocha *et al.*, 2012). En el Caribe colombiano, hasta el momento no existe ningún tipo de reporte científico sobre este organismo. Se ha observado en los arrecifes artificiales del golfo de Morrosquillo desde enero y febrero de 2010 (Coms. Pers. O. Delgadillo) y posteriormente encontrada por F. Brown en la Marina Internacional de Santa Marta, posiblemente entre los años 2012 y 2015 (Dias *et al.*, 2016).

**Comentarios:** Aunque la especie ha sido observada en arrecifes y hábitats artificiales en el Caribe colombiano, no hay un reporte oficial donde se describa y presente como registro nuevo para la diversidad.

***Didemnum psammatodes*** (Sluiter, 1895)

**Sinonimias.** Según Sanamyan, 2007: *Didemnum psamathodes* Sluiter, 1895. *Didemnum psammatode* Sluiter, 1895. *Didemnum siphoniatum* Sluiter, 1895. *Didemnum psammathodes* Sluiter, 1895. *Leptoclinum psamathodes* Sluiter, 1895. *Leptoclinum psammathodes* Sluiter, 1895. *Leptoclinum psammatodes* Sluiter, 1895. *Leptoclinum siphoniatum* Sluiter, 1895. *Leptoclinum ianthinum* Sluiter, 1898.

**Material examinado:** MoAm-Asc-29, estación AA6, un fragmento de colonia.

**Descripción:** Ascidia colonial, incrustante, de color gris o marrón debido a la gran acumulación de pellets fecales. A veces se observan lóbulos carnosos o ramas irregulares en la colonia. Túnica delgada, con pocas espículas, muy pequeñas, de forma esférica con numerosos radios, las cuales se encuentran únicamente en la parte de la túnica que

cubre los sifones orales de los zooides. Zooides muy pequeños, de color crema, completamente embebidos en la túnica (Figura 6.3.21).

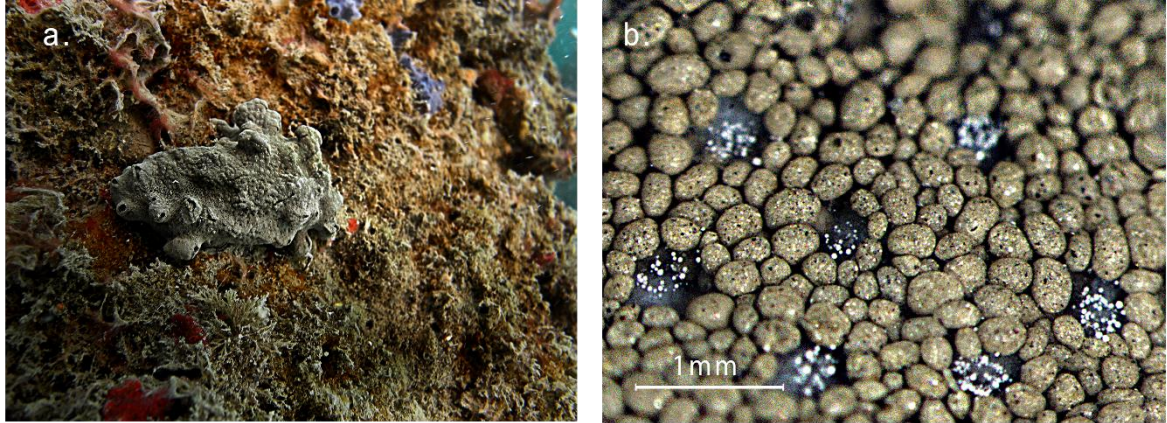


Figura 6.3.21 *Didemnum psammotodes*; a. Colonia adherida a un arrecife artificial, b. Detalle de un fragmento de colonia donde se observan las espículas de color blanco y una gran cantidad de pellets fecales alrededor.

**Ecología y distribución:** Esta especie se encontró a una profundidad de 14.6 m, a una temperatura de 26.1 °C con ámbitos entre 24 y 28 °C, salinidad de 36.9 con valores que oscilaron entre 31.1 y 38.9, y transparencia del agua promedio de 4.15 m con ámbitos entre 1 y 12.5 m. La frecuencia de ocurrencia fue de 25 %. En los arrecifes artificiales se observó creciendo sobre la tubería del lado expuesto, con colonias de hasta 30 cm en sus porciones más largas, algunas veces cubriendo otros organismos.

En su ambiente natural, es común encontrarla en algunas zonas particulares como las raíces de manglares, en aguas poco profundas y con alta turbidez; no se observa muy a menudo en sustratos artificiales y está asociada a ambientes con alta carga de sedimentos (Goodbody, 2003).

Esta ascidia es originaria de la región tropical y subtropical del Indo pacífico (Monniot y Monniot, 1985; Monniot y Monniot, 1994; Carlton y Eldredge, 2009), cuya área de

distribución natural es desde el este de África hasta China, Japón, Fiji, Tonga, y Nueva Zelanda (Fofonoff *et al.*, 2003). Se considera una especie introducida en las islas de Hawai y en la costa pacífica de Panamá (Calton y Eldredge, 2009; Carman *et al.*, 2011). Fue registrada en la isla de Guadalupe en 1980 por Monniot y Monniot, también en la Florida y Brasil (Rocha y Monniot 1995), en la Guayana francesa (Monniot y Monniot, 1994), Bocas del Toro, Panamá, Belice, y Jamaica (Rocha *et al.*, 2005).

**Comentarios:** En el Caribe colombiano, hasta el momento no existe ningún tipo de reporte científico sobre esta especie.

## 7 DISCUSIÓN

En Colombia, los arrecifes artificiales son un tema poco explorado en cuanto a la biodiversidad que pueden albergar. La información obtenida por medio de este trabajo de grado, representa el inicio de una línea base para la evaluación de estos grupos de invertebrados en arrecifes artificiales en el Caribe colombiano, así como un referente para entender que tipo de asociaciones biológicas se pueden encontrar en este tipo de hábitats. Los grupos estudiados, sirvieron como punto de partida para observar posibles especies criptogénicas o introducidas en áreas poco estudiadas.

Trabajos recientes en el país han demostrado la importancia de los arrecifes artificiales en la diversificación de su área de influencia, puesto que aumentan la disponibilidad de sustrato para favorecer el asentamiento y desarrollo de formas sésiles y epibiontes (Vishnoff y Delgadillo-Garzón, 2010; Gracia *et al.*, 2013; Perdomo-Ramos, 2014).

La riqueza de especies encontrada en las estructuras, hidroides (8), ascidias (7), corales (3), y octocorales (3), presentó algunas similitudes con otros estudios en el Caribe colombiano. Vishnoff y Delgadillo-Garzón (2010) en arrecifes artificiales del golfo de

Morrosquillo, registraron el octocoral *Carijoa riisei*; por su parte, Gracia *et al.*, (2013) en las plataformas de gas de Chuchupa en La Guajira, encontraron dos hidroides diferentes a los reportados aquí, dos corales azooxantelados, en común con este estudio a *Phyllangia americana*, y además el octocoral *C. riisei*; Perdomo–Ramos (2014), encontró en Morrosquillo dos morfotipos de hidroides, dos especies de corales azooxantelados, iguales a las de este estudio, *Astrangia solitaria* y *P. americana*, y nuevamente el octocoral previamente mencionado. Teniendo en cuenta que los antecedentes de estos estudios en el Caribe colombiano son muy escasos, se puede considerar que esta investigación refleja una riqueza relativamente alta de estos cuatro grupos en particular. Cabe resaltar que en ninguno de los trabajos previos se destacó la presencia de ascidias, solitarias o coloniales.

Con respecto a lo anterior, se deben considerar las diferencias en cuanto a las localidades, y el tipo de trabajo realizado. Vishnoff y Delgadillo-Garzón (2010) por ejemplo, hicieron una evaluación de la cobertura sésil con la técnica de fotocadrante a nivel de categorías generales, razón por la cual solo observaron organismos macrobentónicos, diferente a este estudio que tuvo un fuerte énfasis taxonómico; Gracia *et al.*, (2013) a través de raspados sobre la estructura de dos plataformas de gas, identificaron taxonómicamente los invertebrados marinos con una escasa presencia de los grupos registrados aquí, lo cual estuvo posiblemente relacionado con el tiempo de permanencia de estas estructuras, el cual es de 40 años, y su avanzada sucesión, dominada por otros grupos diferentes a los encontrados en Pozos Colorados, adicional a las diferencias en las características ambientales de esta región del Caribe colombiano. Finalmente, Perdomo-Ramos (2014) hizo una evaluación preliminar de la biota sésil y la epibiota asociadas a arrecifes artificiales con un año de instalados, en el golfo de

Morrosquillo, donde se registró una baja diversidad de invertebrados de interés en este estudio, lo cual puede ser el resultado de su corto periodo de instalación debido a que algunos grupos biológicos en las estructuras, durante la colonización o en las primeras etapas de sucesión presentan un número reducido de especies (Walker *et al.*, 2007).

Con respecto a la riqueza de especies de estudios en arrecifes artificiales del Caribe y el Atlántico occidental, de manera análoga, Krohling y Zalmon (2004), registraron en la costa norte de Río de Janeiro en Brasil, sobre Reef Balls™ de concreto después de un año de instalación, siete taxones de hidroides; de estos el género *Clytia* spp., fue compartida con Pozos Colorados. En la misma línea de análisis, Woodhead y Jacobson (1985) en New York, durante dos años, reportaron ocho hidroides, un coral, y dos ascidias, de los cuales compartieron los géneros *Clytia*, *Halecium*, *Sertularia*, y el coral *Astrangia*. En un barco hundido en la Florida (USA), Baynes y Szmant (1989), a los 15 años de instalación, hallaron tres hidroides, diez corales, tres gorgonias, y tres ascidias, de los cuales tuvieron en común a los géneros de coral *Astrangia*, *Phyllangia*, y *Madracis*, así como el octocoral *Carijoa riisei*. En este mismo estado pero en Boca Raton, Cummings (1994) a los dos años de instalación del arrecife artificial, identificó seis hidroides (en común el género *Eudendrium* y la especie *Thyroscyphus marginatus*), un coral, el octocoral *C. riisei* y 10 ascidias (en común el género colonial *Didemnum*). Mas recientemente, frente a la ciudad de Miami en módulos de piedra caliza utilizados como arrecifes artificiales monitoreados durante cinco años, (Thanner *et al.*, 2006), encontraron por módulo hasta un hidroide, 25 corales, un octocoral, y siete ascidias. En el Atlántico oriental, Megina *et al.*, (2013), muestrearon durante tres meses en puertos marítimos en el golfo de Cádiz, España, donde encontraron 11 especies de hidroides, en común *Bougainvillia* sp., y *Eudendrium carneum*. En el mar Tirreno, Italia, Ardizzone *et al.*, (1989) a los cinco años de instalación

de arrecifes de concreto, encontraron 16 especies de hidroides, de los que compartieron a *Bougainvillia*, *Clytia*, y *Halecium*. En Australia (Butler y Connolly, 1999) a los seis años y medio de inmersión de arrecifes artificiales, registraron un hidroide, un octocoral, y al menos 16 ascidias, de estas últimas compartió con este estudio los géneros *Phallusia* y *Didemnum*. Finalmente, en el Mediterráneo y Mar Rojo (Cook *et al.*, 2006) a los seis meses de monitoreo en estructuras para maricultura, hallaron 12 hidroides y 12 ascidias, de los que tuvieron en común al cnidario del género *Thyroscyphus*, y los tunicados del género *Didemnum*, y la especie *Phallusia nigra*. En términos generales, en Pozos Colorados se halló una diversidad análoga de estos organismos a otros estudios similares en todo el mundo, con diferencias evidentes respecto a la ubicación geográfica de cada estudio y su características ambientales particulares, pero en correspondencia con la idea de los arrecifes artificiales como herramientas útiles para el establecimiento y estudio de especies escasamente evaluadas en ambientes naturales, y de gran importancia ecológica, así como para la trama trófica en el desarrollo de las asociaciones biológicas en este tipo de hábitats.

En la bahía de Pozos Colorados, el grupo con mayor riqueza fue el de los hidroides, los cuales se encontraron en todas las estaciones. Esto tiene relación con su biología y ecología, debido que en ambientes naturales se caracterizan por tener un asentamiento y crecimiento rápido sobre sustratos vírgenes, donde muchas veces son sustituidos por organismos masivos y complejos como los poliquetos tubícolas, balanos, briozoos, moluscos, y ascidias (Boero, 1984). Es importante mencionar que en Pozos Colorados, siguen siendo un componente dominante en cuanto a la cobertura ya que forman extensos tapetes y las formas arbustivas son muy comunes.

Se ha comprobado que los hidroides presentan una dinámica ecológica similar en otros arrecifes artificiales. En el mar Tirreno, a los dos meses de haber sumergido bloques de concreto, se encontraron dos especies de hidroides como primeros colonizadores, y aproximadamente al primer y segundo año, se asentaron 13 especies más (Ardizzone *et al.*, 1989); en Río de Janeiro en una zona de alta sedimentación y turbidez causada por las precipitaciones y las descargas del río Paraíba do Sul, Krohling y Zalmon (2008) registraron a los hidroides como uno de los taxones más abundantes, después de 12 meses de haber sumergido placas adheridas a Reef Balls <sup>TM</sup>. Estos resultados son correspondientes con lo reportado aquí, pues los arrecifes artificiales tuvieron edades similares (i.e. entre uno y tres años de instalados), y se puede suponer que se encuentran en una etapa equivalente de sucesión.

Debido a estas razones, los hidroides son un grupo exitoso en la colonización de nuevos ambientes, como se evidenció en la zona de estudio, donde se empezaron a observar más o menos a los 15 días de haber instalado los primeros arrecifes artificiales en el año 2013 y posteriormente en 2015 (comp. pers. O. Delgadillo, 2016), lo que lleva a pensar que se han mantenido por aproximadamente dos a tres años en las estructuras. Para reforzar esta idea, en otros estudios en estructuras de hasta 10 años de instaladas, los hidroides continuaron dominando en las asociaciones (Wendt *et al.*, 1989). En cuanto a la riqueza, se puede decir que lo encontrado en este estudio, está dentro de los valores reportados para otras zonas del mundo, por ende es un buen punto de partida para conocer la diversidad de estos organismos en arrecifes artificiales.

De otra parte, los hidroides tuvieron la tendencia a ser más diversos en los arrecifes artificiales de 2013 con respecto a los de 2015. Al parecer, esto fue mediado en parte por la mayor abundancia de colonias de *E. carneum* formando jardines en las primeras

estructuras (obs. pers.), sobre las que se encontraron el mayor número de hidroides epibiontes. Por el contrario en los arrecifes de 2015, *E. carneum* solo se observó en colonias aisladas y muy escasas (máximo tres por estructura), esto debido posiblemente a su corto tiempo de instalación.

Las ascidias fueron el segundo grupo con mayor riqueza y presencia en siete de los ocho hábitats. Las ascidias se caracterizan por presentar tasas de crecimiento rápido (Millar, 1971, Lambert, 2002), y esta depende de factores físicos como la luz (Glasby, 1999), la sedimentación (Balata *et al.*, 2005), el flujo del agua (Glasby, 2000), la competencia y el pastoreo (Baynes, 1989). Las ascidias son muy exitosas bajo sustratos artificiales como muelles y otras estructuras realizadas por el hombre (Goren, 1979; Wendt *et al.*, 1989; Perkol-Finkel y Benayahu, 2007), razones que justifican su presencia y variedad en las estructuras de Pozos Colorados.

En el Caribe colombiano, Caicedo (2010) reportó tres especies de ascidias en colectores artificiales para bivalvos en bahía Portete, La Guajira, con un nuevo registro para Colombia, la especie *Ascidia multitentaculata* y en común con los arrecifes artificiales de este estudio tuvieron a *Phallusia nigra*. En la costa norte de Santa Catarina, Brasil, Rocha *et al.* (2009), hallaron un total de 17 especies de ascidias sobre colectores para cultivo de ostras, en común con este estudio *Didemnum perlucidum*. En el golfo de Eliat (mar Rojo), sobre placas experimentales de concreto dispuestas sobre un sustrato arenoso, encontraron 14 especies, entre ellas dos posibles nuevos registros para la ciencia (Shenkar *et al.*, 2008), las especies *Phallusia nigra* y *Rhopalaea* sp. fueron compartidas con los arrecifes artificiales de Pozos Colorados. Por lo anterior, se resalta que los tunicados tienen una importante asociación con hábitats artificiales en diferentes lugares

del mundo, lo cual puede estar relacionado con su abundante presencia en arrecifes naturales (Rocha *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta los valores anteriormente descritos y las limitaciones para contrastar lo encontrado debido a las diferencias ambientales, se puede decir que la riqueza de estos organismos en Pozos Colorados es superior a lo encontrado en La Guajira, posiblemente por la evidente divergencia en las dimensiones físicas de los hábitats, el tipo de sustrato, y el tiempo de desarrollo.

De otra parte, con respecto a diferentes estudios, es inferior a otros arrecifes artificiales, para resaltar, el trabajo de Rocha *et al.* (2009) tuvo una recolección intensa de organismos entre los años 1998 a 1999 y 2004 a 2007. Por otra parte, en Shenkar *et al.*, (2008) las muestras fueron tomadas en los años 2004 y 2005, igualmente superior en tiempo a los de este estudio. No obstante, si se observa esta información a nivel regional y resaltando que no existen estudios taxonómicos y ecológicos de las comunidades de ascidias en el Caribe colombiano, este trabajo aporta bases interesantes para seguir con el estudio de estos organismos, entender su ecología, y el papel que cumplen en los hábitats tanto naturales como artificiales.

La tendencia que presentaron las ascidias en los arrecifes artificiales, muestra que su ámbito en 2013 fue de dos a seis especies y en 2015 de cero a una, resultados que sugieren una mayor diversidad en las primeras estructuras. Se destaca el AA4 el cual tuvo a todas las especies, lo que probablemente estuvo mediado por su mayor cercanía a un bajo arrecifal. Es conocido que los ecosistemas circundantes tienen una gran influencia en los organismos que colonizan sustratos artificiales (Moura *et al.*, 2006; Page *et al.*, 2008). También, es posible que los arrecifes artificiales de mayor edad, al presentar una complejidad estructural superior en términos de las asociaciones biológicas (i.e. sustrato

calcáreo de etapas de sucesión previa) brinden condiciones más favorables a las larvas para su asentamiento y posterior crecimiento. Como ejemplo, Wendt *et al.* (1989) en arrecifes de diferente edad, observaron el mayor número de especies de ascidias en las estructuras más antiguas.

Los corales azooxantelados, como los tres registrados en Pozos Colorados, tienen rangos amplios de distribución geográfica, batimetría, temperatura, y se pueden encontrar en fondos duros, arenosos y fangosos (Hatcher y Scheibling, 2001), pero son un grupo poco explorado en cuanto a su alta biodiversidad (Urriago, 2006). En el Caribe colombiano, para arrecifes artificiales solo existen los registros de Gracia *et al.* (2013) en La Guajira, de *T. coccinea* y *P. americana*, y de Perdomo-Ramos (2014) quién en el golfo de Morrosquillo observó a *A. solitaria* y *P. americana*. De otra parte, en plataformas de gas en el golfo de México, Sammarco (2012) reportó tres especies de azooxantelados, incluida *P. americana*. Con los datos expuestos anteriormente se enfatiza que estas especies son típicas y frecuentes en estos ambientes, y al parecer conforman un grupo faunal básico, principalmente porque sus características de azooxantelados, les permiten adaptarse a las condiciones físico-químicas donde son instalados los arrecifes, las que presentan en términos generales alta sedimentación y bajos niveles de iluminación (Vermeij y Bak, 2002), como es el caso de Pozos Colorados, los que comparten dichas características ambientales.

De otra parte, las diferencias entre los hábitats instalados en 2013 y 2015, puede deberse al periodo de sucesión en cada uno, relacionada con la calidad del sustrato y su complejidad. Wendt *et al.* (1989), afirman que el desarrollo de la comunidad coralina en arrecifes artificiales de entre ocho y 10 años de instalación es mayor que en los más jóvenes de entre tres y cinco años, y que la composición de especies en los más antiguos

difiere según la cercanía de las estructuras a un arrecife natural. En las estructuras de tres años, al parecer estos patrones están ocurriendo y se ha propiciado un espacio ideal para el asentamiento y crecimiento de los corales, contrario a los arrecifes que llevan entre uno y dos años, donde apenas se están iniciando los primeros estadios de sucesión y estas especies son incipientes, lo que fundamenta las diferencias encontradas.

En los arrecifes artificiales se observaron tres especies de octocorales. Su estudio, tanto taxonómico como ecológico se ha realizado principalmente en el Caribe, y existe poca información sobre aquellos que habitan los fondos arenosos y blandos de la plataforma continental (com. pers. Juan A. Sánchez, 2016), por lo que la implementación de hábitats artificiales puede facilitar su conocimiento en ambientes escasamente explorados en el país. El rango de distribución y abundancia de los gorgonáceos (*sensu lato*) depende de factores ambientales como el tipo de sustrato, su mayor limitante, debido a que crecen típicamente en ambientes rocosos y con mínima cobertura de algas (Bayer, 1961). Este aspecto ayuda a entender su presencia en las estructuras, pues estas representan un sustrato duro disponible a donde adherirse por medio de sus discos córneos y además libre de algas, pues estas últimas se encuentran escasamente representadas en los arrecifes artificiales de Pozos Colorados (obs. pers.). Con el asentamiento de octocorales, se pueden formar estructuras tridimensionales en el nuevo hábitat y así fomentar la complejidad a favor de la biodiversidad.

Estudios en Colombia sobre estos organismos en estructuras artificiales, muestran que la especie dominante es *Carijoa riisei* (Vishnoff y Delgadillo-Garzón, 2010; Gracia *et al.*, 2013; Perdomo-Ramos, 2014), en todos los casos y la única registrada, lo cual concuerda con la frecuencia de ocurrencia en Pozos Colorados (87.5 %), pues es muy común en todo el Caribe y se adapta fácilmente a diversos ambientes (Sánchez, 1998). La

importancia de encontrar especies como está indica que los arrecifes artificiales son una herramienta para potenciar los ambientes naturales, favoreciendo la producción secundaria, y dando refugio y alimentación a las comunidades de peces e invertebrados móviles quienes tienen una asociación casi dependiente por el hábitat proporcionado por esta especie.

Por otra parte, la presencia en este estudio de *Leptogorgia hebes* y *Leptogorgia setacea* amplía las observaciones sobre la distribución y hábitats de estos organismos, para su estudio taxonómico y ecológico, así como los aportes iniciales en ambientes en los que su conocimiento es limitado.

En general, los hidroides y las ascidias fueron los grupos más diversos y dominantes en las estructuras, comparado con los corales y los octocorales. Esto se relaciona aparentemente con las particularidades de los arrecifes artificiales, los procesos de sucesión ecológica y las características ambientales de la bahía. Se conoce que algunos de los primeros colonizadores son los hidroides, y a partir de ellos continúan las etapas de desarrollo en el sustrato (Boero, 1984), tal como lo muestra la diversidad encontrada de este grupo tanto en las estructuras antiguas como en las nuevas.

De otra parte, es aceptado que las larvas de las ascidias son lecitotróficas y tienden a nadar por unos pocos minutos antes del asentamiento (Svane y Young, 1989). Además, las larvas tienen compuestos que son fotopositivos, luego de la liberación al medio, nadan en asenso buscando lugares donde adherirse (Olson y McPherson, 1987). El asentamiento está fuertemente influenciado por la luz (Davis y Butler, 1989) y el régimen de corrientes (Olson, 1985). Por tal motivo son excelentes colonizadoras de sustratos disponibles, esto indica su predominio en las estructuras de Pozos Colorados.

En cuanto a la baja diversidad de los corales azooxantelados y los octocorales, esta se puede explicar teniendo en cuenta que los reclutas de corales son raramente observados en estructuras artificiales durante el primer año debido a sus pequeños tamaños y sus preferencias por hábitats crípticos (Abelson y Shlesinger, 2002). Sin embargo, Burt *et al.* (2011) ha observado incrementos rápidos en las densidades de corales entre los primeros meses y el segundo año de instalación de arrecifes artificiales dependiendo de sus particularidades ambientales; cuando el reclutamiento es alto, se reduce la mortalidad y los juveniles que sobreviven crecen hasta alcanzar tamaños visibles (Abelson y Shlesinger, 2002). En Pozos Colorados, es evidente que la representatividad de corales en los arrecifes con un año de instalación es mínima, y aunque en los arrecifes instalados en 2013 existe una mayor presencia de los mismos, su baja diversidad y frecuencia con relación a los otros grupos, se debe posiblemente a las condiciones ambientales de los arrecifes, y el relativo aislamiento de arrecifes naturales, lo que limita la presencia de reclutas, y así mismo su aparición durante etapas más avanzadas de sucesión.

Algunos autores como (Perkol-Finkel y Benayahu, 2007) sugieren que la proliferación de octocorales en los arrecifes artificiales puede ser atribuida a las características de su historia de vida; estas incluyen una temporada extensa de reproducción y varios modos de propagación asexual (Lutzky, 1997). La reproducción sexual da como resultado una expansión de la población a nuevos lugares, en cambio, la reproducción asexual contribuye a su abundancia local (Lasker y Coffroth, 1999), como es el caso evidente de *Carijoa riisei* y en menor medida de *Leptogorgia setacea* el cual formó densas “praderas” en algunos arrecifes.

A nivel de especies, los hidroides *Bougainvillia* sp., *Clytia* aff. *linearis*, *Clytia* sp., *Halecium* sp., *Anthohebella* aff. *parasitica* y *Sertularia marginata* formaron un conglomerado en

forma de tapetes sobre las estructuras, y sobre otros organismos sésiles. Todos ellos son hidroides típicos en el Caribe colombiano, en ambientes intersticiales de fondos rocosos, cavidades, y fondos blandos. Son abundantes en zonas con poca incidencia de luz, alta turbidez, con amplia distribución en cuanto a la profundidad y también presentan estadios de medusa, razones que favorecen su capacidad para colonizar diferentes ambientes (Boero, 1984, Marques, 2000), por ello es de esperarse su presencia en las estructuras de Pozos. Para reforzar esta idea, especímenes de algunos de estos géneros han sido reportados en arrecifes artificiales de norte América y el Mediterráneo (Woodhead y Jacobson, 1985; Ardizzone *et al.*, 1989), en concordancia con su amplia distribución en el Caribe colombiano. Estas estructuras, además de proveerles un sustrato virgen para el asentamiento, se encuentran sometidas a características ambientales propicias para que puedan sobrevivir, reproducirse y mantenerse. Adicionalmente, estas especies crecieron como epibiontes de balanos, bivalvos y otros hidroides, lo que sugiere que estos continúan colonizando el arrecife en etapas posteriores de la sucesión y por lo tanto, pueden permanecer en etapas avanzadas.

Las consultas realizadas en bases de datos y artículos científicos sobre la distribución de *Bougainvillia* sp. indican que no hay registros del género para el Caribe colombiano. Sin embargo, se debe manejar con precaución y corroborar con material tipo para la confirmación de este hidroide. En concordancia con la ausencia generalizada de reportes, el género solo se ha visto en arrecifes artificiales de Italia (Ardizzone *et al.*, 1989).

*Thyroscyphus marginatus* es común en ambientes con corrientes y fuerte acción del oleaje, alcanza grandes tamaños (Medel y Vervoort, 1998) y su presencia en Pozos Colorados sugiere que si bien la especie tiene registros en ambientes naturales de la región (Wedler 1975; Flórez, 1983; Bandel y Wedler, 1987), en artificiales son escasos.

Según los trabajos revisados, la misma especie se registró en hábitats artificiales de Boca Raton, Florida (Cummings, 1994), y el género en estructuras del Mediterráneo y el mar Rojo. De esta manera, se amplía su hábitat de distribución a arrecifes artificiales dispuestos en ambientes dominados por fondos blandos de la ecoregión del golfo de Salamanca.

*Eudendrium carneum* fue la especie con mayor frecuencia de ocurrencia. Este organismo colonial presenta como estrategia de reproducción, la liberación de la larva plánula al medio a través de un hilo de mucus adherido a la colonia madre; cuando la larva alcanza un sustrato adecuado, se rompe este hilo y facilita que la plánula se sitúe en sitios muy definidos con alta probabilidad de desarrollarse (Marques, 1993). Por los resultados aquí descritos, esta es una excelente adaptación de la especie para vivir en los arrecifes artificiales, pues asegura la supervivencia de las larvas al adherirse al sustrato, lo cual fue evidente, ya que muchas de estas se encontraban sucesivamente en un mismo tubo, formando “jardines”, especialmente en la base horizontal de las estructuras. Se observó que en la costa este de norte américa, tuvo frecuencias superiores al 25 % (Wendt *et al.*, 1989; Cummings, 1994), evidencias que fundamentan su presencia y alta ocurrencia en las estructuras.

*Madracis aff. pharensis*, *Phyllangia americana* y *Astrangia solitaria* son especies comúnmente encontradas en estructuras artificiales a lo largo del Caribe y Atlántico occidental (Woodhead y Jacobson, 1985; Van Moorsel, 1988; Baynes y Szmant, 1989; Sammarco, 2012). Sus requerimientos ecológicos les otorgan la capacidad de colonizar estos ambientes y formar estructuras complejas junto a otros organismos. Su presencia puede indicar que en el área de Pozos Colorados hay un movimiento de larvas de estas especies que encuentran un lugar apropiado para su desarrollo, aunque se observaron en

bajas frecuencias, como ha sido reportado en arrecifes artificiales alejados de áreas coralinas, e incluso con varios años de instalación en la costa este de los Estados Unidos, en el golfo de Morrosquillo y La Guajira (Wendt *et al.*, 1989; Gracia *et al.*, 2013; Perdomo-Ramos, 2014). Su observación es relevante para reiterar que los arrecifes artificiales son estructuras que favorecen la llegada de especies poco estudiadas en la biodiversidad marina.

*Carijoa riisei* fue la especie con mayor frecuencia entre los octocorales, debido a su crecimiento oportunista que forma grandes y densas colonias, muy ramificadas y arborescentes; algunas de las características ecológicas que le permiten adaptarse a los arrecifes artificiales, son un sistema pasivo de filtración de materia orgánica, por lo que necesitan cantidades moderadas de corriente para su supervivencia, crece en aguas turbias, es azooxantelada y no necesita de la luz solar directa para crecer (Sánchez, 1994). Su presencia típica en arrecifes artificiales del Caribe colombiano (Vishnoff y Delgadillo-Garzón 2010; Gracia *et al.*, 2013; Perdomo-Ramos, 2014), y en otras estructuras similares en la Florida (Baynes y Szmant 1989; Cummings, 1994), justifican su aparición en Pozos Colorados, gracias a las condiciones ambientales del área y la posibilidad de encontrar un sustrato estable para su asentamiento.

*Leptogorgia hebes* constituye un nuevo registro para el Caribe colombiano. También se amplía su hábitat de distribución a hábitats artificiales, y con características ambientales diferentes a las de un área arrecifal natural, puesto que se ha reportado sobre fondos rocosos, principalmente en profundidades desde los 22 a 27 m (DeVictor y Morton, 2010). La presencia de esta especie indica que las estructuras artificiales de Pozos Colorados sirven como herramienta para ampliar el conocimiento de la biodiversidad y sus rangos de distribución. *Leptogorgia setacea* es una especie común en bahías y fondos rocosos. En

Colombia los reportes indican que alcanza hasta los 200 metros de profundidad (Chacón *et al.*, 2010), y en los arrecifes fue dominante en etapas tempranas, incluso conformando pequeñas “praderas”.

Con respecto a las ascidias, la presencia de *Phallusia nigra* en Pozos Colorados, es de esperarse, en cuanto que tiene una distribución cosmopolita, se ha reportado en diferentes sustratos artificiales alrededor del Atlántico occidental tropical y el Mediterráneo, haciendo parte del “fouling” (Fofonoff *et al.*, 2003; Cook *et al.*, 2006). Con el registro de *Rhopalaea abdominalis* se amplía el ámbito de distribución de la especie hasta la bahía de Pozos Colorados y se reporta por primera vez para ambientes artificiales en el país, y posiblemente en el Caribe colombiano. Aunque la especie fue registrada en La Guajira para fondos blandos compuestos por pastos marinos y arenas (Chasqui *et al.*, 2013), la certeza de la identificación en dicho trabajo es bastante dudosa debido a que se efectuó con base en observaciones de campo, lo cual podría prestarse para confusiones, especialmente si el material no fue identificado en laboratorio con las herramientas adecuadas. Dicho registro no relaciona evidencia física de fotografías o ejemplares depositados en colecciones que permitan hacer una comprobación de la identificación y además los sustratos en los cuales se indicó su presencia no corresponden con el hábitat típico de la especie. Es por esto que Ceríaco *et al.* (2016) mencionan que las descripciones de especies no deben hacerse sin evidencia material, a través de al menos un espécimen tipo.

El análisis morfológico interno de los géneros *Rhopalaea* sp. 1 y *Rhopalaea* sp. 2 con base en las claves de Rocha *et al.*, (2005) indica que efectivamente pertenecen a este taxón. Se encontraron variaciones en la coloración tanto de la túnica como del zooide, entre rosado, amarillo y blanco, algunas veces naranja, también en el tamaño del torax y

del abdomen. De otra parte, es común que en la taxonomía de las ascidias solitarias, las claves o guías tengan rangos de variación en el número de algunas estructuras como las lengüetas, los tentáculos orales, las hileras de estigmas, por lo que es necesaria la revisión cuidadosa de los caracteres morfológicos internos, para determinar con precisión a que especie pertenecen o si tal vez son coloraciones diferentes de *R. abdominalis*. Por tal motivo se requiere de análisis complementarios con herramientas moleculares para establecer su verdadera identidad.

Con la descripción de *Didemnum cineraceum* se aporta un nuevo registro de ascidia colonial para la fauna marina colombiana. Según Rocha y Bonnet (2009), presenta pocos registros en el mundo, y se ha visto en el canal de San Sebastian en Sao Paulo y en la bahía de Alcatrazes, en Brasil, donde forma colonias grandes. Además sugieren que a pesar de ser clasificada como criptogénica, existen fuertes indicios de que se trata de una especie introducida proveniente del Indo Pacífico (Rocha *et al.*, 2012).

En cuanto a *Didemnum perlucidum* aunque fue difícil disectar los zooides debido a su pequeño tamaño, la identificación de la especie se realizó gracias a su característica particular de tener abundantes espículas de color blanco en su túnica delgada y traslúcida. Esta especie es muy común en estructuras artificiales y su presencia en Pozos Colorados indica que los arrecifes sirven como sustrato para su asentamiento. El registro para el Caribe colombiano encontrado en la literatura fue un reporte de Dias *et al.* (2016) donde nombran a *D. perlucidum* como una observación hecha en la marina de Santa Marta. Sin embargo, este no corresponde a un registro oficial donde se describen las características de la especie y no se encuentra depositado en ninguna colección de referencia, por lo cual esta especie también es un nuevo aporte al conocimiento y distribución del organismo en el Caribe colombiano.

Se conoce que *Didemnum psammatoedes* es originaria del Indo Pacífico y que ha sido registrada en algunas localidades del gran Caribe y más próximas a Colombia como en Panamá y Brasil (Rocha *et al.*, 2005). Esta especie habita en áreas con constante remoción de sedimento, por lo cual es bastante probable que se asiente en las estructuras artificiales. En Colombia no ha sido reportada previamente y se puede asegurar que este es un nuevo registro de ascidia colonial para el Caribe colombiano, el que requiere un examen biológico y ecológico más profundo, debido que puede tener potencial invasor.

Algunas hipótesis sobre la introducción de especies de ascidias en los mares y océanos del mundo, dicen que estas aumentan en la medida que se transportan grandes volúmenes de agua de lastre desde los puntos de embarque hasta los lugares de destino. Las larvas de estos organismos, aunque no se alimentan y se consideran de corta duración, a menudo pueden posponer el asentamiento y sobrevivir a los viajes transoceánicos (Lambert, 2002). Con lo expuesto anteriormente y relacionando la cercanía de la bahía de Pozos Colorados con los puertos marítimos de cargue de carbón y el puerto de Santa Marta, se puede dar una idea de que estas especies pudieron llegar en las aguas de lastre de barcos de carga y se dispersaron por las corrientes, encontrando un buen lugar de asentamiento en los arrecifes artificiales.

Con los resultados encontrados en este trabajo, se pone en evidencia la variedad de especies en estos grupos escasamente explorados en arrecifes artificiales, así como otros poco estudiados en Colombia. De esta manera, las estructuras de Pozos Colorados funcionan como herramientas útiles para evaluaciones de biodiversidad, evidente por el reporte de nuevos registros para el país y la ampliación de los ámbitos de distribución en otros. En términos generales, los organismos encontraron un sustrato adecuado para su asentamiento y desarrollo en los arrecifes artificiales, en concordancia con su potencial

para mejorar áreas desprovistas de ecosistemas estructurantes. Algunas de las especies encontradas se comportaron como ingenieros del ecosistema, formando microhábitats para un sinnúmero de otros invertebrados, incrementando así la productividad en el arrecife y el espectro de la trama trófica a favor de especies amenazadas y de importancia como peces y macroinvertebrados móviles. Finalmente, la diversidad registrada de solo estos cuatro grupos, patenta de manera visible la aplicación de esta tecnología para la restauración ecológica, la conservación, y el impulso de actividades de turismo sostenible, lo cual está en línea con los objetivos del programa de arrecifes en el que se enmarcó esta investigación.

## **8 CONCLUSIONES**

Los arrecifes artificiales son una herramienta efectiva para el estudio de la biodiversidad de grupos biológicos escasamente evaluados en ambientes poco explorados como los fondos blandos de la plataforma continental.

El empleo de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados permitió el establecimiento de especies que son nuevos registros para la fauna marina colombiana y además funcionan como un hábitat de alerta para la detección temprana de posibles especies introducidas.

Los hidroides y las ascidias fueron más diversos en comparación con los corales y octocorales debido a las ventajas ecológicas que tienen en las condiciones ambientales donde están los arrecifes artificiales, así como por la etapa de sucesión en la que se encuentran.

Los arrecifes artificiales instalados en el 2013 fueron más diversos en todos los grupos con respecto a los instalados en el 2015 como respuesta a una sucesión ecológica más

avanzada que permitió el establecimiento de más especies, debido a una mayor complejidad estructural de los arrecifes más antiguos.

## **9 RECOMENDACIONES**

Dar continuidad a este tipo de estudios, incluyendo otros taxones con el fin de ampliar los conocimientos en cuanto a la biodiversidad y dinámica ecológica que ofrecen este tipo de estructuras en zonas costeras, ya que son una fuente promisoría de nuevos reportes de especies para el país.

Es necesario monitorear las especies de ascidias con potencial invasor para determinar su comportamiento en el medio marino y posible propagación a otros lugares.

Continuar con la instalación de arrecifes artificiales en áreas desprovistas de sustrato como fondo blandos y arenosos de la plataforma continental, como una herramienta promisoría para el mejoramiento ambiental, el incremento de la productividad, y para la investigación.

## **10 BIBLIOGRAFÍA**

Abelson, A y Y, Shlesinger. 2002. Comparison of the development of coral and fish communities on rock-aggregated artificial reefs in Eilat Red Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 59: 122–126.

Agassiz, A. 1865. North American Acalephae. *Illustrated Catalogue of the Museum of Comparative Zoology. Harvard College, Cambridge*, 11: 234 p.

Allman, G. J. 1885. Description of Australian, Cape and other Hydroida, mostly new, from the collection of Miss H. Gatty. *Journ. Linn. Soc. London. Zool.* 19: 132-161.

Allman, G. J. 1887. Report on the Hydroida collected during the exploration of the Gulf Stream by L. F. de Portualés. *Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard*, 5: 2 p.

- Altuna, A. 1994. Estudio faunístico, ecológico y biogeográfico de los cnidarios bentónicos de la costa Vasca. PhD Thesis. Universidad de Navarra, Pamplona, 1-769.
- Andrade, C. 2012. Distribución estacional y ecología de las medusas (Cnidarias: Hydrozoa) en la zona costera sur de la bahía de Santa Elena durante el período (Octubre 2004 - Octubre 2005). *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17 (1): 127-137.
- Ardizzone, G. D., Gravina, M. F y Belluscio, A. 1989. Temporal development of epibenthic communities on artificial reefs in the central Mediterranean Sea. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 592-608.
- Balata D., Piazzì L., Cecchi E., Cinelli F. 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. *Mar Environ Res.*, 60: 403–421.
- Bale, W. M. 1913. Further notes on Australian hydroids. II. Proceedings of the Royal Society of Victoria, 26: 114-147.
- Ballard, L y A. Myers. 1996. Seasonal changes in the vertical distribution of five species of the family Bougainvillidae (Cnidaria: Anthomedusae) at Lough Hyne, south-west Ireland. *Sci. Mar.* 60 (1): 69-74.
- Bandel, K. y E. Wedler. 1987. Hydroid, amphineuran and gastropod zonation in the littoral of the Caribbean Sea, Colombia. *Senckenbergiana Marit.* 19 (1/2): 1-129.
- Bavestrello, G., Puce S., Cerrano C., Zocchi E y Boero N. 2006. The problem of seasonality of benthic hydroids in temperate waters. *Chemistry and Ecology.* 22: 197-205.
- Bayer, F. M. 1961. The Octocorallia of West Indian region. A manual for Marine Biologists. The Hauge, Martinus Nijhoff, Netherlands. 373 p.

- Baynes, T. W y A. M, Szmant. 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. *Bulletin of Marine Science*. 44 (2): 545-566.
- Becerra, J y A, Jiménez. 1989. Evaluación cualitativa de los organismos adherentes sobre sustrato elaborado por electrólisis en agua de mar en una zona del Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 147 p.
- Bennitt, R. 1922. Additions to the hydroid fauna of the Bermuda. *Contributions from the Bermuda Biological Station for Research No 136*. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci*. 57: 241-259.
- Bennitt, R. 1922. Additions to the hydroid fauna of the Bermudas. *Contributions from the Bermuda biological Station for Research. No. 136*. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. 57 (10): 241-259.
- Ben-Yosef, Z y Y, Benayahu. 1999. The gorgonian coral *Acabaria biserialis*: life history of a successful colonizer of artificial substrata. *Marine Biology*. 135: 473-481.
- Bigelow, H. B. 1918. Some medusae and siphonophora from the western Atlantic. *Bull. Mus. Com. Zool*. 62: 363-442.
- Billard, A. 1904. Contribution á l'étude des Hydroides. *Ann. Sci- Nat. Zool.*, 8 (20): 1-251.
- Billard, A. 1910. Révision d'une partie de la collection des hydroides du British Museum. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*. 11: 1-67.
- Billard, A. 1926 Cambridge Expedition to the Suez Canal, 1924. IV. Rapport sur les hydroides. *Transactions of the Zoological Society of London*. 22: 85-104.
- Birkeland, C. (Ed). 1997. Life and death of corals reefs. Chapman y Hall, Nueva York. 536 p.

- Boero, F. 1984. The Ecology of Marine Hydroids and Effects of Environmental Factors: A Review. *Marine Ecology*. 5 (2): 93-118.
- Boero, F., Bouillon, J., Kubota, S., y Hartog, J. C. 1997. The medusae of some species of *Hebella* Allman, 1888, and *Anthohebella* gen. nov. (Cnidaria, Hydrozoa, Lafoeidae), with a world synopsis of species. Nationaal Natuurhistorisch Museum.
- Bombace, G. 1989. Artificial reefs in the Mediterranean sea. *Bul. Mar. Sci.* 37 (1): 710-723.
- Bonhsack, J y D, Sutherland. 1985. Artificial reef research: a review with recomendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*. 37 (1): 11-39.
- Botero, L. 1987. Zonación de Octocorales Gorgonaceos en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, Costa Caribe Colombiana. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín*. 17: 61-80.
- Bouillon, J., M.D. Medel., F. Pagès, J.M. Gili., F. Boero y C. Gravili. 2004. Fauna of the Mediterranean Hydrozoa. *Sci. Mar.* 68: 5-438.
- Broughton, K. 2012. Office of National Marine Sanctuaries Science Review of Artificial Reefs. *Marine Sanctuaries Conservation Series ONMS-12-05*. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries, Silver Spring, MD. 42 p.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M y A. Perry. 2011. Reef at risk: revisited. World Resources Institute. Washington. 114 p.
- Burt, J., Bartholomew, A y P, Sale. 2011. Benthic development on large-scale engineered reefs: A comparison of communities among breakwaters of different age and natural reefs. *Ecological Engineering*. 37: 191-198.
- Butler, A. J y R. M Connolly. 1999. Assemblages of sessile marine invertebrates: still changing after all this years? *Marine Ecology Progress Series*. 182: 109-118.

- Caicedo, I. 2010. Evaluación del potencial antimicrobiano de los extractos de las ascidias *Phallusia nigra*, *Microcosmus exasperatus* y *Ascidia multitentaculata* del Caribe colombiano. Tesis de grado para optar al título de Biólogo Marino. Programa de Biología Marina. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 59 p.
- Cain, T. D. 1972. Additional epifauna of a reef off North Carolina. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*. 88: 79-82.
- Cairns, S. D. 1982. Stony corals (Cnidaria: Hydrozoa, Scleractinia) of Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine sciences*. 12:271-302. En: Invemar (Eds). 2010. Corales Escleractinios de Colombia. Invemar Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta. 246 p.
- Cairns, S. D. 1999. Species richness of recent Scleractinia. *Atoll Research Bulletin*, 459: 1-12.
- Cairns, S. D. 2000. A revision of the shallow water azooxanthellate scleractinia of the Western Atlantic. *Studies of the Natural History in the Caribbean Region*. 75: 1-231.
- Cairns, S., y M, Kitahara. 2012. An illustrated key to the genera and subgenera of the Recent azooxanthellate Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa), with an attached glossary. *ZooKeys*. 227: 1.
- Calder, D. 2012. On a collection of hydroids (Cnidaria, Hydrozoa, Hydroidolina) from the west coast of Sweden, with a checklist of species from the región. *Zootaxa*. 3171: 1-77.
- Calder, D. R. 1986. Class Hydrozoa. En: Sterrer, W., ed., *Marine fauna and flora of Bermuda: a systematic guide to the identification of marine organisms*. New York, Wiley-Interscience. 127-155.

- Calder, D. R. 1988. Shallow-water hydroids of Bermuda: the Athecatae. Royal Ontario Museum, Life Sciences Contributions. 148: 1-107.
- Calder, D. R. 1990. Shallow-water hydroids of Bermuda: the Thecatae, exclusive of Plumularioidea (No. 154). Royal Ontario Museum.
- Calder, D. R. 1991. Shallow-water hydroids of Bermuda: the Thecatae, exclusive of Plumularioidea. R Ont Mus Life Sci Contrib. 154: 1–140.
- Calder, D. R. 1993. Local distribution and biogeography of the hydroids (Cnidaria) of Bermuda. Carib. J. Sci. 29: 61-74.
- Calder, D. R. 2000. Assemblages of hydroids (Cnidaria) from three seamounts near Bermuda in the western North Atlantic. Deep-Sea Research I. 47: 1125–1139.
- Calder, D. R. 2013. Some shallow-water hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) from the central east coast of Florida, USA. Zootaxa. 3648 (1): 1-72.
- Calder, D. R., y L. Kirkendale. 2005. Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) from shallow-water environments along the Caribbean coast of Panama. Caribbean Journal of Science. 41(3): 476-491.
- Calder, D. R., y S. C, Cairns. 2009. Hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) of the gulf of Mexico. Gulf of Mexico. Origin, waters, and biota. 1: 381-394.
- Cantero, A. L. P., Carrascosa, A. M. G y W, Vervoort. 2002. The benthic hydroid fauna of the Chafarinas Islands (Alborán Sea, western Mediterranean) (No. 337). National Natuur historisch Museum.
- Carlton, J. T y L. G, Eldredge. 2009. Marine bioinvasions of Hawai'i. Bernice P. Bishop Museum/Bishop Museum Press.

- Carman, M. R., S. G, Bullard., R. M, Rocha., G, Lambert., J. A, Dijkstra., J. J, Roper., A, Goodwin., M. M, Carman y E. M, Vail. 2011. Ascidians at the Pacific and Atlantic entrances to the Panama Canal. *Aquatic Invasions*. 6 (1): 371–380.
- Castellanos-Iglesias, S. 2007. Hidrozoos-Superclase HYDROZOA. En: R. Claro (Ed.), *La biodiversidad marina de Cuba (Cap. III) [CD-ROM]*. La Habana, Cuba: Instituto de Oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Castellanos-Iglesias, S., C, Varela., M, Ortiz y M, Orozco. 2009. Hidrozoos tecados (Cnidaria, Hydrozoa, Lepthothecata) con fase pólipo conocida de Cuba. *Ser. Ocean.* 6: 95-104.
- Castellanos-Iglesias, S., C, Varela., M, Ortiz y M, Orozco. 2011. Los hidrozoos (Cnidaria, Hydrozoa) de la cayería sur del golfo de Batabanó, Cuba. *Rev. Mar.Cost.* 3: 9-29.
- Ceríaco, L., E, Gutiérrez y A, Dubois. 2016. Photography-based taxonomy is inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences. *Zootaxa*. 4196 (3): 435-445.
- Chacón-Gómez, I., N, Santodomingo., J, Reyes y C,Vann. 2010. Chrysogorgiidae (Octocorallia) Recolectados durante las Expediciones Macrofauna I y II en el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 39 (2): 427-445.
- Chasqui, L., R, Nieto., A, Rodríguez-Rincón y D, Gil-Agudelo. 2013. Ambientes marinos de la plataforma somera de la Guajira, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 42 (2): 401-412.
- Clark, S. F. 1876. Report the hydroids collected on the coast of Alaska and the Aleutian Islands by W.H Dall, U.S. Coast Survey, and party, from 1871 to 1874 inclusive. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 1876: 209-235.

- Clarke, S. F. 1882. New and interesting hydroids from Chesapeake Bay. Mem. Boston Soc. Nat. Hist. 3: 135-142.
- Congdon, E. D. 1907. The hydroids of Bermuda. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. 42: 463-485.
- Cook E. J., K. D, Black., D. J, Sayer., C. J, Cromey., D. L, Angel., E, Spanier., A, Tsemel., T, Katz., N, Eden., I, Karakassis., M, Tsapakis., E. T, Apostolaki y A, Malej. 2006. The influence of caged mariculture on the early development of sublittoral fouling communities: a pan-European study. ICES Journal of Marine Science. 63: 637-649.
- Cornelius, P. F. S. 1975. A revision of the species of Lafoeidae and Haleciidae (Coelenterata: Hydroida) recorded from Britain and nearby seas. Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology. 28 (1): 375-426.
- Cummings, S. L. 1994. Colonization of a nearshore artificial reef at Boca Raton (Palm Beach county), Florida. Bulletin of Marine Science. 55 (2-3): 1193-1215.
- Da Cunha, A. 1994. Hidropólipos das costas de Portugal. Mem. Mus. Zool. Univ. Coimbra. 161 (1): 101 p.
- Dahlgren, E. J. 1989. Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs. Bull. Mar. Sci. 45 (3): 678-696.
- Davis, A. R. y A. Butler. 1989. Direct observations of larval dispersal in the colonial ascidian *Podoclavella moluccensis* Sluiter: evidence for closed population. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 127: 189–203.
- Deichmann, E. 1936. The Alcyonaria of the western part of the Atlantic Ocean. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology. 53: 317 p.

Delgadillo, O. 2005 a. Motile macroinvertebrates assemblages in two artificial reefs of the Morrosquillo Gulf, Colombian Caribbean. 8<sup>th</sup> International Conference on Artificial Reefs and Artificial Habitats. The Palace Resort and Casino. Biloxi, MS, USA. Abril 10-14, 2005. Abstract. 20 p.

Delgadillo, O. 2005 b. Sessile assemblages on two artificial reefs in the Morrosquillo Gulf, Colombian Caribbean. Poster presentation. 8<sup>th</sup> International Conference on Artificial Reefs and Artificial Habitats. The Palace Resort and Casino. Biloxi, MS, USA. Abril 10-14, 2005. Resumen, 86 p.

Delgadillo, O., C, García y J, Correa. 2004. Dinámica temporal de la asociación de peces en dos arrecifes artificiales del golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*. 26 (81): 219-230.

Delgadillo-Garzón, O y García, C. 2009. Impacto de dos arrecifes artificiales en la pesca artesanal diurna del golfo de Morrosquillo, Caribe de Colombia. *Revista de biología tropical*. 57 (4): 993-1007.

Delgadillo-Garzón, O y P, Flórez. 2015. Primeros registros del Phylum Bryozoa asociados a hábitats artificiales en el Caribe colombiano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43 (1): 33-45.

DeVictor, S. T y S. L, Morton. 2010. Identification guide to the shallow water (0–200 m) octocorals of the South Atlantic Bight. *Zootaxa*. 2599: 1–62.

Di Camillo, C., G, Bavestrello., L, Valisano y S, Puce. 2008. Spatial and temporal distribution in a tropical hydroid assemblage. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 88 (8): 1589-1599.

Dias, J., R, Rocha., S, Godwin., A, Tovar-Hernández., M, Delahoz., S, McKirdy., P, Lestang., I, McDonald y M, Snow. 2016. Investigating the cryptogenic status of the sea

squirt *Didemnum perlucidum* (Tunicata, Ascidiacea) in Australia based on a molecular study of its global distribution. *Aquatic Invasions*. 11 (3): 239-245.

Díaz, J y D, Gómez. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Plan de Acción 2001 – 2010. Invemar, FONADE, MMA. Santa Marta. 83 p.

Díaz, J. M., L. M, Barrios., M. H, Cendales., J, Garzón-Ferreira., J, Geister., M, López-Victoria., G. H, Ospina., F, Parra-Velandia., J, Pinzón., B, Vargas-Angel., F, Zapata y S, Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Invemar. Serie publicaciones especiales, No. 5. Santa Marta. 176 p.

Duchassaing, P y J, Michelotti. 1860. Mémoire sur les corallaires des Antilles. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino*. 2 (19): 279-365.

Edwards, A y Gómez, E. 2007. "Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty". Programa CRTR, Sta Lucia, Australia. 38 p.

Endara, P. 2011. Identificación taxonómica y caracterización de la gemación en ascidias de Colombia y Panamá. Tesis de grado Biología. Universidad de los Andes, Bogotá. 24 p.

Fabi, G., G, Scarcella., A, Spagnolo., S, Bortone., S, Charbonnel., J, Goutayer., N, Haddad., A, Lök., M, Trommelen. 2015. Practical guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black Sea. *FAO*. 96 (1): 1-73.

Faria, S. B. 2006. Padrão de distribuição de Ascidiacea (Tunicata) no Atlântico e regiões polares adjacentes: um enfoque através da análise parcimoniosa de endemidade (PAE). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad de Paraná. 83 p.

- Flórez, L. 1983. Inventario preliminar de la fauna hydroide de la Bahía de Cartagena y áreas adyacentes. *Bol. Mus. Mar.* 11: 112-140.
- Fofonoff, P. W., G. M, Ruiz., B, Steves y J. T, Carlton. 2003. In ships or on ships? Mechanisms of transfer and invasion for nonnative species to the coasts of North America. *Invasive species: vectors and management strategies.* 152: 162-169.
- Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 58 p.
- Fraser, C. M. 1912. Some hydroids of Beaufort, North Carolina. *Bull. U. S. Bur. Fish.* 30: 339-387.
- Fraser, C. M. 1944. Hydroids of the Atlantic Coast of North America. University of Toronto Press, Toronto. 451 p.
- Freiwald, A., V, Hühnerbach., B, Lindberg., J. B, Wilson y J, Campbell. 2002. The Sula Reef Complex, Norwegian Shelf. *Facies.* 47: 179-200.
- Galea, H. R. 2008. On a collection of shallow-water hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) from Guadeloupe and Les Saintes, French Lesser Antilles. *Zootaxa.* 1878: 1-54.
- Galea, H. R. 2015. Hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) from Tristan da Cunha and St. Helena. *Marine Biodiversity Records.* 8: 1-18.
- García, B., O, Duarte y G, Ramírez. 2013. Fisiografía y Oceanografía del golfo de Salamanca (mar Caribe, Colombia). *Investigación en Ciencias del Mar: Aportes de la Universidad Nacional de Colombia.* Universidad Nacional de Colombia. Red de Estudios del Mundo Marino. Bogotá. 111-140.

García, C y H, Salzwedel. 1993. Recruitment patterns of sessile invertebrates onto fouling onto fouling plates in the bay of Santa Marta. Colombian Caribbean. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*. 22: 30-44.

García-Carrascosa, M. A. 1981. Hidrozoos Tecados (Hydrozoa) de las costas mediterráneas espariolas: faunística, ecología, bionomía béntica y biogeografía. Tesis Doctoral inédita, Universidad de Valencia. 464 p.

Garzón-Ferreira, J. 1997. Arrecifes coralinos: ¿Un tesoro camino a la extinción? *Ciencia y Tecnología*. 15 (1): 11-19.

Garzón-Ferreira, J. y M, Kielman. 1994. Extensive mortality of corals in the Colombian Caribbean during the last two decades. p. 247-253. En: Ginsburg, R.N (Ed.). *Proceedings of the colloquium on global aspect of coral reefs. Health, hazards and history*. RSMAS, University of Miami, Miami. 420 p.

Glasby, T. M. 2000. Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 248: 177–190.

Goldberg, W. 1973. The ecology of the coral-octocoral communities of the southeast Florida coast: geomorphology, species composition and zonation. *Bull. Mar. Sci.* 23 (3): 465-488.

González, M. M., C, Megina y S, Piraino. 2014. Looking for long-term changes in hydroid assemblages (Cnidaria, Hydrozoa) in Alboran Sea (South-Western Mediterranean): a proposal of a monitoring point for the global warming. *Helgoland Marine Research*. 68 (4): 511 p.

- González, P. 1970. Algunos octocorales de la Isla de Margarita, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 9 (1-2): 79-92.
- Goodbody, I. 1984. The ascidian fauna of two contrasting lagoons in the Netherlands Antilles: Piscadera Baai, Curacao, and the Lac of Bonaire. Stud. Fauna Curaçao Caribb. Isl. 67 (202): 21-61.
- Goodbody, I. 1993. The ascidian fauna of a Jamaican lagoon: thirty years of change. Rev. Biol. Trop. 41 (10): 35-38.
- Goodbody, I. 2000. Diversity and distribution of ascidians (Tunicata) in the Pelican Cays, Belize. Atoll Res. Bull. 480: 302-326.
- Goodbody, I. 2003. The ascidian fauna of Port Royal, Jamaica. I. Harbor and mangrove dwelling species. Bull. Mar. Sci. 73 (2): 457-476.
- Goren, M. 1979. Succession of benthic community on artificial substratum at Eilat (Red Sea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 38 (1): 19-40.
- Gracia, A., J, Medellín-Mora., D. L, Gil-Agudelo y V, Puentes (eds). 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. Invemar. Serie de Publicaciones Especiales. No. 23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 136 p.
- Gracia, A., N, Cruz., G, Borrero., D, Báez y N, Santodomingo. 2013. Invertebrados marinos asociados con las plataformas de gas en la Guajira (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost. 42 (2): 361 – 386.
- Hatcher, B. G. y R. E. Scheibling. 2001. What determines whether deep water corals build reefs: do shallow reef models apply? 6-18. En: Willison, J. H., J. Hall, S. E. Gass, E. L. R.

Kennington, M. Butler y P. Doherty (Eds.). Proc. First Int. Symp. Deep-Sea Corals. Ecology Action Centre y Nova Scotia Museum, Halifax, Nova Scotia. 231 p.

Haverkort-Yeh, R. D., C, McFadden., Y, Benayahu., M, Berumen., A, Halász y R, Toonen. 2013. A taxonomic survey of Saudi Arabian Red Sea octocorals (Cnidaria: Alcyonacea). Marine Biodiversity. 13 p.

Heller, C. 1868. Die Zoophyten und Echinodermen des Adriatischen Meeres. Kaiserliche Koniglichen Zoologisch Botanisch Gesellschaft, Wien.

Hovland, M., P. B, Mortensen., T, Brattegard., P, Strass y K, Rokoengen. 1998. Ahermatypic coral Banks off mid Norway: Evidence for a link with seepage of light hydrocarbons. *Palaios*, 13 (1): 189-200.

Humann, P. 1992. Reef Creature Identification - Florida Caribbean Bahamas, (ed. N. Deloach). New World Publications, Inc., Paramount Miller Graphics, Inc., Jacksonville, Florida.

Invemar. 2012. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2011. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 203 p.

Isasi, I y J. L, Saiz. 1986. Sistemática de Cnidarios del Abra de Bilbao. *Cuad. Biol.* 9: 67-74.

Jäderholm, E. 1903. Aussereuropäische Hydroiden im schwedischen Reichsmuseum. *Arkiv för Zoologi.* 1: 259-312.

Jäderholm, E. 1920. On some exotic hydroids in the Swedish Zoological State Museum. *Arkiv för Zoologi.* 13 (3): 1-11.

- Jensen, A. C., K. J, Collins y A. P, Lockwood (eds). 2000. Artificial Reefs in European Seas. Kluwer. 508 p.
- Kelmo, F. y L. M. Santa-Isabel. 1998. Athecatae hydroids (Cnidaria-Hydrozoa) from Northern Bahia, Brazil. Proc. 28th Meet. Asso. Mar. Lab. Caribbean. Rev. Biol. Trop. 46 (5): 61-72.
- Kelmo, F. y R. Vargas. 2002. Anthoathecatae and Leptothecatae hydroids from Costa Rica (Cnidaria: Hydrozoa). Rev. Biol. Trop. 50 (2): 599-627.
- Kirchenpauer, G. H. 1864. Neue Sertulariden aus verschiedenen Hamburgischen Sammlungen, nebst allgemeinen Bemerkungen uber Lamouroux's Gattung Dynamena. Verh. K. Leopold. Carol. Deutsch. Akad. Natur. 3: 3.
- Kirkpatrick, R. 1910. Hydrozoa and Porifera. Proc. Zool. Soc. London. 86-131.
- Kramp, P. L. 1965. The hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans. Dana Rep. 63: 1-162.
- Krohling, W y I, Zalmon. 2008. Epibentic Colonization on an Artificial Reef in a Stressed Environment off the North Coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology. 51 (1): 213 - 221.
- Krohling, W., D, Brotto y I. R, Zalmon. 2006. Fouling community recruitment on an artificial reef in the north coast of Rio de Janeiro State. J. Coast. Res. 39: 1118-1121.
- Krohling, W., D. S, Brotto y I. R, Zalmon. 2004. Fouling community recruitment on an artificial reef in the north coast of Rio de Janeiro State. J. Coast.. Res., SI (39) no prelo. (ainda não foi publicado).

- Lambert, G. 2002. Nonindigenous ascidians in tropical waters. *Pacific Science*. 56 (3): 291-298.
- Lambert, G. 2005. Ecology and natural history of the protochordates. *Can. J. Zool.* 83 (1): 34-50.
- larvae of the ascidian *Lissoclinum pattela* (Gottsschaldt). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 110: 245–256.
- Lasker, H. R y M. A. Coffroth. 1999. Response of coral reef taxa to environmental change. *Am Zool.* 39: 92-103.
- Lattig, P y J, Reyes. 2001. Nueve primeros registros de corales azooxanquelados (Anthozoa: Scleractinia) del Caribe colombiano (200 – 500 m). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 30: 19-38.
- Lattig, P. y S. D, Cairns. 2000. A new species of *Tethocyathus* (Scleractinia: Caryophylliidae), a trans-isthmian azooxanthellate species. *Proceedings of the biological society of Washington.* 113 (3): 590-595.
- Le Sueur, C. A. 1818. Observations on several species of the genus *Actinia*; illustrated by figures. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.* 1 (6): 149-154; 169-189.
- Leitao, F. 2013. Artificial reefs from ecological processes to fishing enhancement tools. *Brazilian Journal of Oceanography.* 61 (1): 77-81.
- Leloup, E. 1935. Hydraires calyptoblastiques des Indes Occidentales. *Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, me série,* 2: 1-73.

Lindberg, W y W, Seaman. 2011. Guidelines and Management Practices for Artificial Reef Siting, Use, Construction, and Anchoring in Southeast Florida. Florida Department of Environmental Protection. Miami, FL. 150 p.

Lira, S. M. A., C. M. R, Farrapeira., F. M. D, Amaral y C. A. C, Ramos. 2010. Sessile and sedentary macrofauna from the Pirapama Shipwreck, Pernambuco, Brazil. *Biota Neotrop.* 10 (4): 155-165.

Love, M. S. y A. York. 2005. A comparison of the fish assemblages associated with an oil/gas pipeline and adjacent seafloor in the Santa Barbara Channel, Southern California. *Bull. Mar. Sci.* 77 (1): 101-117.

Lozano-Duque, Y., J, Medellín-Mora y G. R, Navas. 2010. Contexto climatológico y oceanográfico del mar Caribe colombiano. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. *INVEMAR, Ser. Publ. Esp.* 20 (1): 52-85.

Lutzky, S. 1997. Reproductive strategies of two soft coral species: *Scleronephthya corymbosa* and *Nephthea* sp. MSc Thesis, Tel-Aviv University, Israel (Hebrew; English summary).

Manjarres, G. A. 1979. Observaciones sobre los Anthozoa (excepto Madreporaria) en las Islas del Rosario. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín.* 11: 23-24.

Marktanner-Turneretscher, G. 1890. Die Hydroiden des K. K. Naturhistorischen Hofmuseums. *Annalen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums.* 5: 195–286.

Marques, A. C y O. M, Oliveira. 2003. *Eudendrium caraiuru* sp. n. (Hydrozoa; Anthoathecata; Eudendriidae) from the southeastern coast of Brazil. *Zootaxa.* 307 (1): 1-12.

- Marques, A. C. 1992. Sistemática dos Eudendriidae L. Agassiz, 1862 (Cnidaria, Hydrozoa) do Litoral Paulista. M. Sc. Thesis, Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil. 125 p.
- Marques, A. C. 1993. Sistemática dos Eudendriidae L. Agassiz, 1862 (Cnidaria, Hydrozoa) do litoral paulista. M.Sc. Thesis, University of São Paulo. São Paulo, Brazil. 168 p.
- Marques, A. C., A. P, Cantero y W, Vervoort. 2000. Mediterranean species of Eudendrium Ehrenberg, 1834 (Hydrozoa, Anthomedusae, Eudendriidae) with the description of a new species. *Journal of Zoology*. 252 (02): 197-213.
- Martínez, O. 2005. Evaluación del asentamiento de estadios tempranos de peces en colectores flotantes tipo GuSi en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 142 p.
- McCrary, J. 1859. Gymnophthalmata of Charleston Harbor. *Proc. Elliott Soc. Nat. Hist.* 1: 103-221.
- Medel, M. D y W, Vervoort. 1998. Atlantic Thyroscyphidae and Sertulariidae (Hydrozoa, Cnidaria) collected during the CANCAP and Mauritania-II expeditions of the National Museum of Natural History, Leiden. The Netherlands. *Zoologische Verhandelingen*. 320: 1-85.
- Megina, C., M. M, González-Duarte., P. J, López-González y S, Piraino. 2013. Harbours as marine habitats: hydroid assemblages on sea-walls compared with natural habitats. *Marine biology*. 160 (2): 371-381.
- Mendoza-Becerril, M y A. C, Marques. 2013. Synopsis on the knowledge and distribution of the family Bougainvilliidae (Hydrozoa, Hydroidolina)/Sinopsis sobre el conocimiento y distribución de la familia Bougainvilliidae (Hydrozoa, Hydroidolina). *Latin American Journal of Aquatic Research*. 41 (5): 908-924.

- Mergner, H y E. Wedler. 1977. Ueber die Hydroidpolypenfauna des Roten Meeres und seiner Ausgänge "Meteor" Forschungs-Ergebnisse, (D). 24 (1): 1-32.
- Millar, R. H. 1962. Some Ascidians from the Caribbean. Stud. Fauna Curaçao Caribb. Isl. 13 (59): 61-77.
- Millar, R. H. 1971. The biology of ascidians. Adv. Mar. Biol. 9 (1): 1-100.
- Millard, N. A. H. 1958. Hydrozoa from the coasts of Natal and Portuguese East Africa. Part I. Calyptoblastea. Ann. South Afr. Mus. 44: 165-226.
- Millard, N. A. H. 1975. Monograph on the Hydroida of southern Africa. Annals of the South African Museum. 68: 1-513.
- Millard, N. A. H. y J. Bouillon. 1974. A collection of hydroids from Moçambique, East Africa-Ann. S. Afr. Mus. 65 (1): 1-40.
- Millard, N. A. H., y J. Bouillon. 1973. Hydroids from the Seychelles: Coelenterata.
- Miller, M y A. Falace. 2000. Evaluation methods for trophic resource factors-nutrients, primary production, and associated assemblages. En: Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats. Seaman, W. Editorial CRC Press. Estados Unidos. 95-126.
- MoAm. 2014. Evaluación ecológica de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano. Acuerdo de Cooperación No. 002 Ecopetrol S.A., Universidad del Magdalena y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S. Informe Técnico Final ITF-2014-N1. MoAm Monitoreos Ambientales. Santa Marta, Colombia. 165 p.
- MoAm, 2015. Evaluación ecológica de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano. Acuerdo de Cooperación No. 002 Ecopetrol S.A.,

Universidad del Magdalena y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S. Informe Técnico Final ITA-2014-N1. MoAm Monitoreos Ambientales. Santa Marta, Colombia. 165 p.

MoAm, 2017. Evaluación ecológica, pesquera y de la biodiversidad asociada a los arrecifes artificiales de la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano. Delgadillo-G O (Ed.). Ecopetrol S.A., Fundación Sociedad Portuaria de Santa Marta, y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S. Convenio 8000001471. Informe Técnico Final. ITF-N2-2017. MoAm. Santa Marta, Colombia. 197 p.

Molina, A. 1990. Estudio sedimentológico y morfológico de la plataforma continental caribe entre el sector de Santa Marta y Punto Morro Hermoso. Bol. Cient. CIOH. 14: 67-77.

Monniot, C y F, Monniot, 1994. Additions to the inventory of Eastern tropical Atlantic ascidians; arrival of cosmopolitan species. Bulletin of Marine Sciences. 54 (1): 71-93.

Monniot, C., F, Monniot y P, Laboute. 1991. Coral Reef Ascidians of New Caledonia. Institut Francais de Recherche Scientifique Pour Le Developpement En Cooperation. Orstom Editions. 1-233.

Monniot, C., F, Monniot., C, Griffiths y M, Schleyer. 2001. South African Ascidians. Annals of the South African Museum. Cape Town. 108 (1): 141 p.

Monniot, F. y C. Monniot. 1985. Ascidiés littorals de Guadalupe. IX. Caracteristiques des populations. Ecologie, Rapports avec la faune mondiale. Tethys. 11 (3-4): 203-213.

Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: MyT-Manuales y Tesis SEA.

Moreno, M. 1978. Estudio de la composición y desarrollo de la macrofauna adherente sobre sustratos artificiales en la bahía de Cartagena. Trabajo de grado para optar al título

de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 43 p.

Motz-Kossowska, S. 1905. Contribution à la connaissance des hydraires de la Méditerranée occidentale. I. Hydraires gymnoblastiques. Arch. Zool. Exp. Gén. Sér. 4: 39-98.

Moura A., D, Boaventura., J, Curdia., M. N, Santos y C. C, Monteiro. 2006. Biomass production of early macrobenthic communities at the Faro/Ancao artificial reef (Portugal): effect of depth and reef layer. Bulletin of Marine Science. 78: 83–92.

Nieto, R. 2004. Evaluación del patrón de sucesión de invertebrados sésiles sobre sustratos artificiales en la bahía de Taganga, Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 64 p.

NOAA. 2007. Plan Nacional de Arrecifes artificiales. Directrices para la ubicación, construcción, desarrollo y evaluación de arrecifes artificiales. Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. 51 p.

Nutting, C. C. 1904. American Hydroids. Part II. The Sertularidae. Spec. Bull. U.S. Nat. Mus. 4: 1-325.

Nutting, C. C. 1915. American hydroids. Part III. The Campanularidae and the Bonneviellidae. Smithsonian Institution, United States National Museum Special Bulletin, 4 (3): 1–126.

Nutting, C. C. 1919. Barbados-Antigua Expedition. Narrative and preliminary report of scientific expedition from the University of Iowa to the Lesser Antilles under the auspices of the Graduate College. Univ. Iowa Stud. Natur. Hist. 8 (3): 1-274.

- Olson, R. R y R. McPherson. 1987. Potential vs. realized larval dispersal: fish predation on  
Olson, R. R. 1985. The consequences of short-distance larval dispersal in a sessile marine  
invertebrate. *Ecology*. 66: 30–39.
- Oren, U., y Y, Benayahu. 1998. Didemnid ascidians: rapid colonizers of artificial reefs in  
Eilat (Red Sea). *Bulletin of Marine Science*. 63 (1): 199-206.
- Page, H. M., C. S, Culver., J. E, Dugan y B, Mardian. 2008. Oceanographic gradients and  
patterns in invertebrate assemblages on offshore oil platforms. *ICES Journal of Marine  
Science*. 65: 851-861.
- Pallas, P. S. 1766. *Elenchus zoophytorum sistens generum adumbrationes generaliores et  
specierum cognitarum succinctas descriptiones cum selectis auctorum synonymis*. Hagrae  
Comitum. 451 p.
- Palomares, M. L. D. y D, Pauly. Editores. 2016. SeaLifeBase. World Wide Web electronic  
publication. [www.sealifebase.org](http://www.sealifebase.org), version (10/2016).
- Paucar, M. 2014. Determinación morfológica y molecular de ascidias provenientes de  
Santa Marta y Cartagena Colombia, sobre la base de una muestra proporcionada por el  
laboratorio de Biología del desarrollo evolutiva de la Universidad de los Andes, Bogotá,  
D.C. Tesis Ingeniería en Biotecnología, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí,  
Ecuador. 88 p.
- Peña Cantero, A. L y A. M, García Carrascosa. 2002. The benthic hydroid fauna of the  
Chafarinas Islands (Alborán Sea, western Mediterranean). *Zool. Verh. Leiden*. 337 (1):  
180 p.
- Perdomo-Ramos, S. 2014. Evaluación preliminar de la biota sésil y la epibiota asociada a  
dos arrecifes artificiales del golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Tesis de grado para

optar al título de Biólogo Marino. Programa de Biología Marina. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 80 p.

Perkol-Finkel, S y Y. Benayahu. 2007. Differential recruitment of benthic communities on neighboring artificial and natural reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 340 (1): 25-39.

Petrova, E. A., T. N, Dautova y L. S, Shkoldina. 2011. Species composition, seasonal dynamics of quantities and spatial distribution of hydromedusae (Cnidaria: Hydrozoa) in Vostok Bay of the Sea of Japan. *Russ. J. Mar. Biol.* 37 (2): 111-122.

Picard, J. 1958. Origines et affinités de la faune d'hydropolypes (Gymnoblastes et Calyptoblastes) et d'hydroméduses (Anthoméduses et Léptomeduses) de la Méditerranée. *Rapp. P. v. Réun. Comm. int. Explor. scient. Mer Médit.* 14: 187-199.

Posada, T., A, Peña y G, Navas. 2010. Hidrozoos de la familia Aglaopheniidae de la plataforma continental y talud superior del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 39 (1): 67-81.

Prahl, H. Von y H, Erhardt. 1985. Colombia, corales y arrecifes coralinos. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 295 p.

Precht, W. F., R. B, Aronson., K. J. P, Deslarzes., M. L, Robbart., D. J, Evans., B, Zimmer y L, Duncan. 2008. Long-term monitoring at the East and West Flower Garden Banks. 2004–2005 — Interim Report: Technical Report. OCS Reports: US Miner. Manage. Serv., No. 2008–027, 123 p.

Pujos, M., J. L, Pagliardini., R, Steer., G, Vernet y D, Weber. 1986. Influencia de la contra-corriente Norte Colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma

continental: su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. Bol. Cient. CIOH. 6: 3-15.

Ralph, P. 1961. New Zealand thecate hydroids. Part III.- Family Sertulariidae. Transactions of the Royal Society of New Zealand. 88 (4): 749-838.

Ramil, F. y W. Vervoort. 1992. Report on the Hydroida collected by the "BALGIM" expedition in and around the Strait of Gibraltar. Zool. Verh. Leiden. 277: 1-262.

Ramírez, G. 1990. Evaluación de parámetros hidrográficos y su relación con la surgencia en las aguas costeras. 19-54 p, En: Díaz, J. M. (ed). Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Invemar. Informe final. Santa Marta. 440 p.

Ramírez, L. y J. P. Valencia. 2005. Caracterización de los fondos marinos-costeros, sector aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 71 p.

Ramsaroop, D. 1990. Octocorals from Trinidad and Tobago. Caribb. Mar. Stud. 1 (2): 137-151.

Rees, J. T. 1973. Shallow-water octocorals of Puerto Rico: species account and corresponding depth records. Carib. J. Sci. 13 (1-2): 57-58.

Rees, W. J. y W. Vervoort. 1987. Hydroids from the John Murray expedition to the Indian Ocean, with revisory notes on *Hydrodendron*, *Abietinella*, *Clyptaria* and *Zygophylax* (Cnidaria: Hydrozoa). Zool. Verh. Leiden. 237: 1-209.

Restrepo, F. 1976. Observaciones generales sobre *Acanthopleura granulata* (Gmelin, 1971) (Mollusca: Polyplacophora) sobre sustrato natural y artificial en Cartagena y sus

alrededores. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 57 p.

Reyes, J. 2000. Lista de los corales. (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de Colombia. *Biota Colombiana*. 1 (2): 164-176.

Reyes, J., N, Santodomingo y P, Flórez. 2010. Corales escleractinios de Colombia. Invermar, Serie de Publicaciones Especiales No.14. Santa Marta. 246 p.

Reyes, J., N, Santodomingo y S. D. Cairns. 2009. Caryophylliidae (Scleractinia) from the Colombian Caribbean. *Zootaxa*. 2262: 1-39.

Riggio, S., F, Badalamenti y G, D'anna. 2000. Artificial reefs in Sicily: an overview. 65-73. En: Jensen et al. (eds) *Artificial reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publishers. 508 p.

Ritchie, J. 1909. Supplementary report on the Hydroids of the Scottish National Antarctic Expedition. *Trans. Roy. Soc. Edinb.* 47 (1): 65-101.

Roca Martínez, I. 1986. Estudio de los Cnidarios Bentónicos de las aguas costeras de Mallorca. PhD Thesis. Universitat de les illes Balears, Palma de Mallorca. 1-32.

Rocha, R. M y F, Monniot. 1995. Taxonomic and ecological notes on some *Didemnum* species (Ascidiacea, Didemnidae) from São Sebastião Channel, South-Eastern Brazil. *Revista Brasileira de Biología*. 55 (4): 639-649.

Rocha, R. M. D., T. B, Zanata y T. R, Moreno. 2012. Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians. *Biota Neotropica*. 12 (1): 269-303.

Rocha, R. M., E, Guerra-Castro., C, Lira., S. M, Paul., S. M, Hernández., I, Pérez., A, Sardi., A, Pérez., J, Herrera., C, Carbonini., A. K, Caraballo., V, Salazar., M. C, Díaz y J. J, Cruz Motta. 2010. Inventory of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. *Biota Neotrop.* 10 (1): 216-218.

Rocha, R. M., S. B, Faria y T. R, Moreno. 2005. Ascidians from Bocas del Toro, Panamá. I. Biodiversity. *Caribbean Journal of Science.* 41 (3): 600-612.

Rocha, R. M., y Bonnet, N. Y. 2009. Ascídias (Tunicata, Ascidiacea) introducidas no Arquipélago de Alcatrazes, São Paulo. *Iheringia Série Zoologia.* 99 (1): 27.

Rodríguez, R. 1985. Estudio del comportamiento en comunidades de organismos adherentes mediante el uso de modelos biomatemáticos. Bahía de Cartagena, Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 101 p.

Rogers, A. D. 2009. Cnidarians (Cnidaria). 233-238. En: *The Timetree of Life.* Hedges, S. B y Kumar, S (eds). Oxford University Press.

Rojas, M. 1996. Evaluación del proceso de sucesión de los organismos adherentes sobre placas de aluminio en Isla Naval (Islas del Rosario). Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá. Colombia. 115 p.

Romero, N y M, Rada. 1999. Ocotocorales de las aguas costeras de la isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Memoria. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. LIX. 151: 95-116.

Sammarco, P. W., A. D, Atchison., G. S, Boland., J, Sinclair y A, Lirette. 2012. Geographic expansion of hermatypic and ahermatypic corals in the Gulf of Mexico, and implications for dispersal and recruitment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 436: 36-49.

Sammarco, P., A. Lirette., Y, Tung., G, Boland., M, Genazzio y J, Sinclair. 2013. Coral communities on artificial reefs in the gulf of Mexico: standing vs toppled oil platforms. *ICES Journal of Marine Science*. 71 (2): 417-426.

Sanamyan, K. 2007. Database of extant Ascidiacea. Version of 2 November 2007.

Sánchez, J. A y L. Dueñas. 2012. Diversidad y evolución de Octocorales. *Hipótesis, Apuntes científicos uniandinos*. Núm. 12.

Sánchez, J. A. 1994. Presencia de los octocorales *Stylatula diadema* bayer (Pennatulacea) y *Carijoa riisei* (Duchassaing y Michelotti) (Teleostacea) en la costa Caribe colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*. 23 (1): 137-147.

Sánchez, J. A., J. M, Díaz y S, Zea. 1998. Octocoral and black coral distribution patterns on the barrier reef-complex of Providencia island, Southwestern Caribbean. *Caribb. J. Sci*. 34 (3-4): 250-264.

Sánchez, J. A., N. E, Ardila., J, Andrade., L. F, Dueñas., R, Navas y D, Ballesteros. 2014. Octocoral densities and mortalities in Gorgona Island, Colombia, Tropical Eastern Pacific. *Rev Biol Trop*. 62: 209–219.

Sant, S., A, Prieto y E. de Elguezabal. 2003. Composición y estructura de corales en dos localidades del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Corales del Golfo de Cariaco*.

Departamento de Biología Escuela de Ciencias. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela. 6 p.

Santodomingo, N., A. Gracia., A, Rodríguez-Ramírez., C, Reyes-Nivia., J, Reyes., D. P, Báez., N, Cruz., F, Cortés., P, Flórez., M, Díaz-Ruiz., G. H, Borrero., J. C, Márquez. 2004. Biodiversidad Asociada a las Plataformas de Gas Natural Complejo Chuchupa (La Guajira-Colombia). Informe Final. Invemar-Ecopetrol S.A. 225 p.

Santodomingo, N., J, Reyes., A, Gracia., A, Martínez., G, Ojeda y C, García. 2007. Azooxanthellate *Madracis* coral communities off San Bernardo and Rosario Islands (Colombian Caribbean). Bulletin of Marine Science. 82 (3): 273-287.

Savigny, J. C. 1816. Memoires sur les animaux sans vertebres. Paris. 2: 1-239

Schuchert, P. 2005. Taxonomic revision and systematic notes on some Halecium species (Cnidaria, Hydrozoa). Journal of Natural History. 39: 607–639.

Seaman, W y A, Jensen. 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation. En: Artificial Reef Evaluation: with application to natural marine habitats. Seaman, W. Editorial CRC Press. Estados Unidos. 1-19.

Seaman, W. 2008. Coastal artificial hábitats for fishery and environmental management and scientific advancement. Department of Fisheries and Aquatic Sciences. University of Florida. Fisheries for Global Welfare and Environment 5th World Fisheries. 335-349.

Segura-Puertas, L. 1992. Medusae (Cnidaria) from the Yucatan shelf and Mexican Caribbean. Bull. Mar. Sci. 51: 353-359.

Sheehy, D. y S. F, Vik. 2010. The role of constructed reefs in non-indigenous species introductions and range expansions. Ecological Engineering. 36 (1): 1-11.

- Sheng, Y. 2000. Physical characteristics and engineering at reef sites. En: Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats. Seaman, W. Editorial CRC Press. Estados Unidos. 51-94.
- Shenkar, N., Y, Zeldman y Y, Loya. 2008. Ascidian recruitment patterns on an artificial reef in Eilat (Red Sea). *Biofouling*. 24 (2): 119-128.
- Silva, B y C, Pérez. 2002. Diagnosis del conocimiento de la fauna de Octocorales (Cnidaria, Anthozoa) de la región nordeste de Brasil. *Tropical Oceanography*. 30 (1): 15-22.
- Sluiter, C. P. 1898. Tuniciers recueilli en 1896, par la Chazalie, dans la mer des Antilles. *Mem. Soc. Zool. France*. 11: 5-34.
- Splettstosser, W. 1929. Beiträge zur Kenntnis der Sertulariiden. *Thyroscyphus* Allm., *Cnidoscypus* nov. gen., *Parascyphus* Ritchie. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*. 58 (1): 1-134.
- Spracklin, B. W. 1982. Hydroidea (Cnidaria: Hydrozoa) from Carrie Bow Cay, Belize. In Rützler, K., and I. G. Macintyre, eds., *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, I. Structure and communities*. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 12 (1): 239-251.
- Stechow, E. 1919. Zur Kenntnis der Hydroidenfauna des Mittelmeeres, Amerikas und anderer Gebiete, nebst Angaben über einige Kirchenpauer'sche Typen von Plumulariden. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere*. 42: 1-172.

Stone, R. B., J. M, McGurrin., L. M, Sprague y W, Seaman Jr. 1991. Artificial habitats of the world: synopsis and major trends. 31-60. En: Seaman W.Jr. y Sprague, L.M. Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries. Academic press. 285 p.

Summers, R. G. 1972. A new model for the structure of the centriolar satellite complex in spermatozoa. *J. Morph.* 137: 229-242.

Svane, I y C. M. Young. 1989. The ecology and behavior of ascidian larvae. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 27: 45–90.

Thanner, S. E., T. L, McIntosh y S. M, Blair. 2006. Development of benthic and fish assemblages on artificial reefs materials compared to adjacent natural reef assemblages in Miami-Dade County, Florida. *Bulletin of Marine Science.* 78 (1): 57-70.

Thornely, L. R. 1900. The hydroid zoophytes collected by Dr. Willey in the southern seas. p. 451-457. *In* A. Willey (ed.). Zoological results based on material from New Britain, New Guinea, Loyalty Islands and elsewhere, collected during the years 1895, 1896 and 1897. Part IV. Cambridge University, Cambridge.

Tortora, L. R. y D. E. Keith. 1980. Octocorals of the SW an islands, Honduras. *Carb. J. Sci.*, 15 (3-4): 87-93.

Totton, A. K. 1930. Coelenterata. Part V. Hydroida. British Museum (Natural History). British Antarctic (“Terra Nova”) Expedition, 1910. Natural History report, Zoology V. 5: 131-252.

UNEP. 2009. London Convention and Protocol. Guidelines for the Placement of Artificial Reefs. London, United Kingdom. 100 p.

- Urriago, J. D. 2006. Corales de profundidad: Criterios biológicos para la conformación de áreas marinas protegidas del margen continental (100-300 m), Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 96 p.
- Van Gemerden-Hoogeveen, G. C. H. 1965. Hydroids of the Caribbean: Sertulariidae, Plumulariidae and Aglaopheniidae. Stud. Fauna Curaçao Carib. Isl. 22 (84): 1-87.
- Van Moorsel, G. W. N. M. 1988. Early maximum growth of stony corals (Scleractinia) after settlement on artificial substrata on a Caribbean reef. Marine ecology progress series. Oldendorf. 50 (1): 127-135.
- Van Name, W. G. 1945. The North and South American ascidians. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 84: 1-476.
- Vannucci, M. 1949. Hydrozoa do Brasil. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Zoologia. 14: 219-266.
- Vannucci, M. 1957. On Brazilian Hydromedusae and their distribution in relation to different water masses. Bol. Inst. Ocean. 8: 23-109.
- Venugopalan, V y A. B, Wagh.1986. A note on the fouling hydroids from the offshore waters of Bombay. Mahasagar-Bulletin of the National Institute of Oceanography. 19 (4): 275-277.
- Vermeij, M. J. A., y R.P.M, Bak. 2002. How are coral populations structured by light? Marine light regimes and the distribution of Madracis. Marine Ecology Progress Series. 233: 105-116.
- Veron, J. E. N. 1995. Corals in space and time. The biogeography and evolution of the Escleractinia. Cornell University Press. Ithaca, New York. 321 p.

- Verrill, A. E. 1869. Critical remarks on the halcyonoid polyps with descriptions of new species in the Museum of Yale College. No. 4. American Journal of Science. 2 (48): 419–429.
- Versluys, J. 1899. Hydraires calyptoblastes recueillis dans la mer des Antilles. Mem. Soc. Zool. France 2: 29-58.
- Vervoort, W. 1967. Report on a collection of Hydroida from the Caribbean region, including an annotated checklist of Caribbean hydroids. Zoologische Verhandelingen. 92 (1): 1-124.
- Vervoort, W. 1968. Report on a collection of Hydroida from the Caribbean region, including an annotated checklist of Caribbean hydroids. Zoologische Verhandelingen. 92 (1): 1-124.
- Vervoort, W. 2006. Leptolida (Cnidaria: Hydrozoa) collected during the CANCAP and Mauritania-II expeditions of the National Museum of Natural History, Leiden, The Netherlands [Anthoathecata, various families of Leptothecata and addenda]. Zool.Meded. Leiden. 80 (1): 181-318.
- Vishnoff, I y O, Delgadillo-Garzón. 2010. Cobertura de la biota sesil asociada a cuatro arrecifes artificiales en el golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. En: Libro de resúmenes extendidos. 2010. Evento: Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del mar. 367-371.
- Walker, S. J., T. A, Schlacher y M. A, Schlacher-Hoenlinger. 2007. Spatial heterogeneity of epibenthos on artificial reefs: fouling communities in the early stages of colonization on an East Australian shipwreck. Marine Ecology. 28 (4): 435-445.
- Watson, J. 1994. Shallow water hydroids from eastern Bass Strait. Victorian Naturalist. 111 (2): 65-69.

- Wedler, E. 1973. Die Hydroiden der Ciénaga Grande de Santa Marta (Kolumbien) und einiges zu ihrer Ökologie. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient. 7: 31-39.
- Wedler, E. 1975. Ökologische Untersuchungen an Hydroiden des Felslitorals von Santa Marta (Kolumbien). Helgoländ. wiss. Meeresun. 27 (3): 324-363.
- Wedler, E. 2004. Inducción de formación de gonóforos de hidrozooos en el medio natural para fines taxonómicos. Intrópica. 1: 85-90.
- Wedler, E. y R. Alvarez-León. 1989. Estructura de una sección del arrecife coralino en La Playa del Muerto (Bahía de Nenguange, Caribe Colombiano). Carib. J. Sci. 25 (3-4): 203-217.
- Wedler, E. y R. Larson. 1986. Athecate hydroids from Puerto Rico and the Virgin Islands. Stud. Neotrop. Fauna E. 21: 69-101.
- Wells J. W. 1973. New and old scleractinian corals from Jamaica. Bull Mar Sci. 23:16–55.
- Wells, J. W. 1956. Scleractinia. 328-444. En: Moore, R.C. (Ed.). Treatise on invertebrate Paleontology. University Kansas press. USA.
- Wendt, P., D. Knott y Van Dolah, R. 1989. Community structure of the sessile biota on five artificial reefs of different ages. Bulletin of Marine Science. 44 (3): 1106-1122.
- Wheaton, J. L. 1987. Observations on the octocoral fauna of southeast Florida's outer slope and fore zones. Carib. J. Sci. 23 (2): 306-312.
- Wilding, T y M, Sayer. 2002. Evaluating artificial reef performance: approaches to pre and post deployment research. ICES Journal of Marine Science. 59: 222-230.

Wilkinson, C. y D, Souter. 2008. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network y Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia. 152 p.

Woodhead P. M. J y M. E, Jacobson.1985. Epifaunal settlement, the processes of community development and sucesion over two years on an artificial reef in the New York bight. *Bulletin of Marine Science*. 37 (1): 364-376.

WoRMS Editorial Board. 2016. World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2017-05-19. doi:10.14284/170

Yoshioka, P. M. y B. B, Yoshioka. 1987. Variable effects of hurricane David on the shallow water gorgonians of Puerto Rico. *Bull. Mar. Sci.* 40 (1): 132-144.

Zalmon, I y F, Gomes. 2003. Comunidade incrustante em diferentes materiais de um recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. *Biotemas*. 16: 57-80.

Zanui, A. H. 1990. Lista de ascidias cubanas. *Poeyana*. 388: 1-7.

Zlatarski, V.N y N.M, Estalella. 1982. Les Scléactiniaires de Cuba. *Academie Bulgare des Sciences*, Sofia, 472 p.