



El Colegio de la Frontera Sur

Estructura de la comunidad octocoralina en arrecifes del sur de
Quintana Roo, México

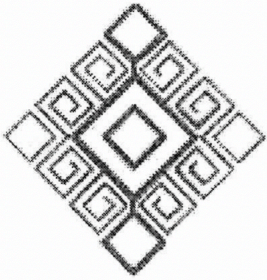
Tesis

**Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestra en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable
Con orientación en Ecología y Sistemática**

Por

Ursula Andrea Olvera Moreno

2018



ECOSUR

El Colegio de la Frontera Sur

_____, ____ de _____ de 20 ____.



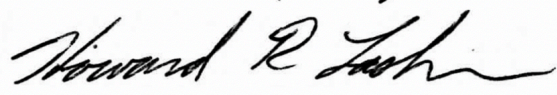



Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Ursula Andrea Olvera Moreno

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

Estructura de la comunidad octocoralina en arrecifes del sur de Quintana Roo,

México para obtener el grado de **Maestro (a) en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

	Nombre	Firma
Director/a	Dr. Miguel Ángel Ruíz Zárate	
Aseñor/a	Dr. Sergio Salazar Vallejo	
Asesor/a	Dr. Howar Lasker	
Sinodal adicional	M. en C. Alejandro Vega Zepeda	
Sinodal adicional	Dr. Luis F. Carrera Parra	
Sinodal adicional	Dr. David González Solís	

Chetumal, Quintana Roo, 20 de febrero del 2018

DIDICATORIA

A mi padre por ser mi pilar y darme fuerza cuando más lo he necesitado, eres y seguirás siendo mi héroe...

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Ruíz por aceptarme y permitirme tomar las riendas de este proyecto, al M. en C. Alejandro Vega por toda la ayuda brindada.

Un gran agradecimiento al laboratorio de Poliquetos en especial al Dr. Sergio Salazar y Dr. Luis Carrera por su gran apoyo en la realización de este proyecto y por acogerme como parte de su familia.

A Alicia, Isabel, Tulio, Suly y Sele simplemente por brindarme su amistad y hacerme placentera la aventura de la maestría. Ustedes me enseñaron lo lindo que es Chetumal.

A Fernando Aguilar por los miles de buenas letras y notas compartidas :)

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	I
RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULOS:	
Gorgonian community structure and associated sessile macrofauna in a Mexican Caribbean protected area.....	10
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Géneros de gorgonias reportados en la costa oriental mexicana y su distribución batimétrica	8
Tabla 2. Especies de gorgonias distribuidas en Xcalak	60
Tabla 3. Material revisado en el Museo Nacional de Historia Natural, Instituto Smithsonian	63

RESUMEN

Las gorgonias, grupo de cnidarios coloniales de gran importancia ecológica, pertenecen a la subclase Octocorallia y han sido consideradas como un grupo faunístico olvidado en las ciencias marinas por las dificultades en su identificación. En el Caribe mexicano, los pocos trabajos ecológicos sobre este grupo fueron realizados hace más de 20 años y se restringen a las zonas norte y centro de esta región. Xcalak se localiza en la porción más sureña del Caribe mexicano y es parte del límite geográfico entre México y Belice. Los arrecifes bordantes de esta zona se componen por estructuras calcáreas divididas por canales (pasos o “quebrados”) que permiten el flujo de agua entre la laguna arrecifal y el mar Caribe. Dicho acomodo estructural genera características oceanográficas particulares en cada una de las zonas arrecifales, mismas que moldean la fauna béntica al igual que la distribución y abundancia de las especies de gorgonias. Con el fin de evaluar la estructura comunitaria de este grupo, al igual que la fauna béntica asociada, se realizaron observaciones y colectas en tres zonas arrecifales en las inmediaciones del Parque Marino Arrecifes de Xcalak. Se eligieron tres localidades (Hobná, Doña Nica y Portillas) en los extremos y centro del Parque donde se tendieron transectos de banda de 1x10m² para censar las especies de gorgonias encontradas en el arrecife posterior, arrecife frontal somero y en los canales (cinco transectos por cada zona arrecifal). El análisis béntico se realizó a partir de 10 fotocuadrantes hechos en cada uno de los transectos. Adicionalmente, se colectó por lo menos un ejemplar de cada especie para su corroboración en laboratorio. Todas las colonias fueron analizadas y comparadas con el material depositado en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian en Washington. Para evaluar el efecto de la zona arrecifal y la localidad en las comunidades de gorgonias, así como su relación con el bentos, se ejecutaron ANOVAS con la riqueza y diversidad (H'). Para probar las posibles diferencias por localidad y zona arrecifal, se corrieron dos PERMANOVAs (uno para la comunidad de gorgonias y el segundo para el bentos), los resultados obtenidos se representaron gráficamente mediante CAPs. Se identificaron 29 especies de gorgonias, siendo *Gorgonia ventalina* Linnaeus, 1758 y *Eunicea mammosa* Lamouroux, 1816 las únicas con distribución en las tres zonas arrecifales de todas las localidades. Se encontraron diferencias significativas en los análisis de riqueza y diversidad, al igual

que en ambos PERMANOVA. El análisis de gorgonáceos y la estructura béntica mostraron diferencias entre localidades, zonas arrecifales y la interacción de ambos factores. Las gorgonias no mostraron un patrón de distribución relacionada con ninguna localidad. No obstante, para las zonas arrecifales se encontró un patrón definido de especies dominantes. En el frente arrecifal *Antillogorgia americana* (Gmelin, 1791) fue la más importante, mientras que el arrecife posterior estuvo dominado por *Briareum asbestinum* (Pallas, 1766) y los pasos por *G. ventalina*. En cuanto al bentos, el arrecife frontal estuvo dominado por macroalgas, corales duros y gorgonias, el arrecife posterior por pastos marinos y los canales por gorgonias, macroalgas y esponjas. La composición de gorgonias de Xcalak mostró similitudes con la estructura comunitaria reportada para otras regiones de la península de Yucatán; no obstante, se distingue de otras regiones por la abundancia de *G. ventalina* en los canales y la relativa baja riqueza relacionada con la profundidad y zonas arrecifales de muestreo. Las diferencias en la estructura de gorgonias pueden deberse a la distribución diferencial de las especies, a cambios en la diversidad reportada hace más de 20 años o a la errónea identificación de las especies. Por otra parte, la estructura del bentos describe la hidrodinámica de cada zona arrecifal y es semejante a lo encontrado en el centro y norte del Caribe mexicano: el frente arrecifal es el más dinámico al mantenerse constantemente impactado por las olas y la marea; los canales suelen recibir gran cantidad de energía al transportar el agua entre la laguna y el océano; el arrecife posterior es considerado un ambiente más tranquilo debido a que el oleaje rompe en la cresta arrecifal. Los cambios en la estructura de los arrecifes coralinos han impulsado el reciente interés por su conservación. Los gorgonáceos son una de las faunas más importantes en estos sistemas, por lo que su estudio provee información indispensable para su cuidado y conservación.

Palabras clave: Xcalak, gorgonias, ensamblaje comunitario, zonas arrecifales.

INTRODUCCIÓN

La subclase Octocorallia perteneciente a la clase Anthozoa, conforma el grupo comúnmente denominado octocorales o corales blandos. Son cnidarios coloniales caracterizados por presentar ocho tentáculos pinnados y ocho mesenterios en su cavidad gastrointestinal; actualmente, suman 3,400 especies descritas (Williams y Cairns, 2017).

Su distribución incluye todos los océanos del mundo con un intervalo batimétrico que abarca desde zonas someras hasta profundidades de más de 6,000 m (Alderslade y McFadden 2007; McFadden et al. 2010; López-González y Williams 2011). Su morfología es muy diversa, lo que les permite ser usados como criaderos por distintas especies de peces y ser microhábitats de una gran variedad de microorganismos e invertebrados (Morgan et al. 2006).

El grupo Octocorallia, por su composición esquelética y la morfología externa de las colonias, se clasifica en tres órdenes: Alcyonacea (gorgonias y corales blandos), Pennatulacea (plumas de mar), y Helioporacea (coral azul) (Daly et al. 2007; Williams y Cairns, 2017). Particularmente, las gorgonias o corales blandos constituyen una de las faunas más representativas, conspicuas, y dominantes en los arrecifes rocosos y coralinos del Atlántico tropical (Kinzie 1970; Opresko 1973). Algunos de los géneros distintivos de esta región (*Antillologorgia*, *Briareum*, *Pterogorgia*, y *Renilla*) han sido evaluados para su uso en la farmacognosia y tratamiento de enfermedades crónicas por la variedad de compuestos bioactivos que presentan (Rodríguez y Cobar 1995; Mayer et al. 1998; Guo et al. 1999; Barsby y Kubanek 2005). Asimismo, son utilizados como bioindicadores de los ecosistemas porque al ser organismos sésiles son más susceptibles a las variaciones ambientales. También se ha mostrado que son relevantes para especies de peces de importancia comercial (Breedy y Calvo 2000; Morgan et al. 2006; Hernández-Muñoz et al. 2008).

Pese a su importancia ecológica y económica, este grupo ha recibido poca atención científica en las costas mexicanas, siendo la mayoría de los estudios de carácter

taxonómico, habido escasos trabajos ecológicos con poca resolución y certeza taxonómica (Cairns y Bayer 2009; Martínez-Rendis et al. 2015).

La escasa investigación ha ocasionado cierto desconocimiento de su taxonomía, ecología y función en los arrecifes coralinos de México, producto de la dificultad en la identificación por la elevada variabilidad fenotípica y las numerosas homoplasias (convergencia o cambio evolutivo paralelo que hace que dos organismos presenten un mismo carácter adquirido independientemente) presentes tanto en la morfología externa como en la interna (Joseph et al. 2014).

Los estudios genéticos han ayudado a esclarecer la relación entre familias. No obstante, la diferenciación específica aun es confusa debido a que el genoma mitocondrial de estos organismos tiene poca resolución para la discriminación a nivel de especies (McFadden et al. 2006). Otra de las dificultades en la evaluación del genoma octocoralino es la constante contradicción entre las hipótesis filogenéticas con la taxonomía morfológica (Wirshing y Baker 2015).

En la actualidad, la diferenciación entre gorgonias se basa principalmente en la morfología de las colonias y las diversas combinaciones en el arreglo, composición, y proporción de sus estructuras de soporte llamadas escleritas (Alderslade 2001). Estas estructuras son un carácter diagnóstico para la identificación de las especies; sin embargo, son variables incluso dentro de la misma especie. Una correcta identificación requiere el uso de caracteres morfológicos externos y el estudio detallado de las escleritas (Lewis y Von Wallis 1991; Sánchez y Wirshing 2005).

En los arrecifes coralinos de diferentes regiones del Mar Caribe se ha constatado que las gorgonias son un grupo conspicuo y dominante con alta relevancia relacionada con su aporte en el incremento de heterogeneidad ecológica y espacial (Jordán-Dahlgren 2002). Asimismo, las características oceanográficas de las diferentes porciones del Mar Caribe limitan la distribución de las especies y con ello la morfología de los arrecifes (Jordán-Dahlgren 1979a; 1989).

Los arrecifes del Caribe mexicano forman parte de la barrera litoral que se extiende paralela a la costa desde Quintana Roo hasta Honduras y las características oceanográficas que los definen son producto del sistema de corrientes del Caribe (DiMego et al. 1976; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 2003; Carrillo et al. 2015a). En la porción sur de dicha barrera se localizan los arrecifes de Xcalak, caracterizados por extenderse como franjas angostas con condiciones diferenciales entre la región de sotavento, barlovento, y la cresta arrecifal (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 2003).

Estas variaciones ambientales han sido usadas para explicar la distribución de los gorgonáceos en diferentes arrecifes del Atlántico, encontrando que el tipo de sustrato, la iluminación, e hidrodinámica juegan un papel fundamental en la composición y abundancia de las comunidades octocoralinas (Alcolado 1981; Lasker y Coffroth 1983; Jordán-Dahlgren 1989; 2002; Alcolado et al. 2008).

La escasez de estudios taxonómicos y la compleja identificación de los morfotipos de gorgonias han provocado que existan zonas marinas donde se desconoce esta fauna. Bayer (1981) categorizó al Atlántico occidental como un área con profundo desconocimiento de los octocorales. Pese al creciente esfuerzo realizado para describir las comunidades de octocorales en esta región, el Caribe mexicano continúa con un enorme desconocimiento sobre las especies de gorgonáceos, por lo que los trabajos ecológicos carecen de certidumbre taxonómica debido a la actualización sistemática y a la dificultad para identificar a estos organismos a nivel específico (Ruiz y Rada 2006).

Por otra parte, el análisis de las escleritas ha mejorado gracias a los avances tecnológicos que posibilitan esquematizar y observar estas estructuras de forma precisa. A pesar de que las descripciones originales y muchos estudios taxonómicos cuentan con dibujos de las escleritas, frecuentemente no son adecuados para la identificación (Breedy y Guzmán 2002).

Los estudios taxonómicos de octocorales en el Atlántico iniciaron en la segunda parte del siglo XIX, resaltando las revisiones, descripciones, y listados de especies realizados

por Verrill (1864a,b; 1868; 1869; 1870; 1872; 1912), Künkenthal (1916), Deichmann (1936), y Bayer (1952; 1954; 1959; 1961; 1981).

Posterior a las descripciones originales, se han realizado importantes trabajos taxonómicos en diferentes partes del Caribe, siendo Venezuela uno de los países con mayor avance en el conocimiento de su fauna octocoralina (Ruiz y Rada 2006). A pesar de que en la costa caribeña existen algunas revisiones taxonómicas de las especies encontradas en sus costas e islas (Rees 1972 - Puerto Rico; Kocurko 1987 y Manjarres 1979 - Colombia; Tortora y Keith 1980 y Keith 1992 - Honduras), para el Caribe mexicano no existe ningún trabajo de esta índole, siendo, la guía de identificación de las especies de octocorales del Golfo de México, Florida y el Caribe elaborada por Cairns (1977) la única con cierto enfoque en el Caribe mexicano.

Los trabajos ecológicos de estos organismos han recibido atención esporádica en la región del mar Caribe y solo algunos autores han incluido revisiones taxonómicas en estudios ecológicos enfocados principalmente en la presencia de ciertas especies y distribución con los factores ambientales. Goldberg (1973) y Opresko (1973) estudiaron la estructura comunitaria de los arrecifes de Florida encontrando que las gorgonias fueron el principal componente y que su abundancia, riqueza, y diversidad están relacionadas con la profundidad, tipo de sustrato, iluminación, sedimentación, y corrientes.

Preston y Preston (1975) evidenciaron que el crecimiento de las colonias de gorgonias está relacionado directamente con las perturbaciones (oleaje, sedimentación) y que los sitios más estables permiten mayor crecimiento de las colonias en comparación con los que presentan cambios radicales y frecuentes. Debido a su relación con la intensidad del oleaje y la conformación del sustrato (liso, con elevaciones, barreras) donde se encuentran anclados, Alcolado (1981) propuso el uso de estos organismos como indicadores de la tensión hidrodinámica.

Muzik (1982) y Lasker y Coffroth (1983) mostraron la correlación entre la estructura del arrecife, la distribución, y abundancia de los octocorales en el cayo Carrie Bow en

Belice; asimismo, señalaron que los ciclos de vida de las especies son delimitantes en el establecimiento de las comunidades octocoralinas en diferentes tipos de ambientes.

La influencia de la agitación del agua en el establecimiento de estos organismos fue evaluada en dos puntos de las costas colombianas por Botero (1987), concluyendo que en zonas expuestas las colonias de octocorales tienden a ser menores y las especies con mayor resistencia al oleaje son las predominantes.

El estudio de los octocorales en la costa oriental mexicana puede dividirse en dos regiones: Golfo de México y Caribe mexicano. Para el Golfo de México existen algunos trabajos que describen la biota octocoralina, los trabajos más destacados son los realizados en Veracruz por Chamberlain (1966), Nelson et al. (1988), Tunnell y Nelson (1989), y Carballo-Guerrero (2011); en diferentes localidades del Golfo de México por Rezak et al. (1985) y Jordán-Dahlgren (2002); mientras que Cairns y Bayer (2009) realizaron un recuento de las especies encontradas en esta región.

En el caso del Caribe mexicano, la información sobre octocorales es escasa y se cuenta únicamente con los trabajos de Jordán-Dahlgren (1979 a,b; 1987; 1989), en los que se documenta la distribución y abundancia de las gorgonias en diferentes arrecifes de noreste de la península de Yucatán.

Actualmente se han reportado 45 especies de octocorales en el noreste de la península de Yucatán y Golfo de México, representadas en 15 géneros y distribuidas diferencialmente por profundidad (Tabla 1) (Goldberg 1973; Jordán-Dahlgren 1987; 1989; 2002). Los géneros con distribución principalmente somera son *Erythropodium*, *Gorgonia*, y *Pterogorgia*; mientras que *Ellisella*, *Iciligorgia*, *Muriceopsis*, *Nicella*, *Pleuxaurella*, y *Pseudoplexaura* se encuentran con mayor frecuencia en zonas profundas. *Antillogorgia*, *Briareum*, *Eunicea*, *Lophogorgia*, *Murciea*, y *Plexaura* no poseen una distribución restringida respecto a la profundidad (Goldberg 1973; Jordán-Dahlgren 1987; 1989; 2002). Es importante señalar que la delimitación de la zona somera y profunda depende de la incidencia lumínica, factor que modifica sus límites de acuerdo con la latitud y características particulares de la región estudiada (Tabla 1) (Goldberg 1973).

Tabla 1. Géneros de gorgonias reportados en la costa oriental mexicana y su distribución batimétrica.

Género	somero profundo	
<i>Antillogorgia</i>	x	x
<i>Briareum</i>	x	x
<i>Ellisella</i>		x
<i>Erythropodium</i>	x	
<i>Eunicea</i>	x	x
<i>Gorgonia</i>	x	
<i>Iciligorgia</i>		x
<i>Lophogorgia</i>	x	x
<i>Muricea</i>	x	x
<i>Muriceopsis</i>		x
<i>Nicella</i>		x
<i>Plexaurella</i>		x
<i>Plexuara</i>	x	x
<i>Pseudoplexaura</i>	x	x
<i>Pterogorgia</i>	x	x*

*Reportes únicos del Golfo de México

El punto más cercano a la localidad de Xcalak en el que se realizó un estudio sobre gorgonias es Banco Chinchorro. Jordán-Dahlgren (1987) reportó un total de 39 especies distribuidas diferencialmente de acuerdo con la zona del arrecife (frontal interior, frontal exterior, cresta, y parche).

En décadas recientes, las amenazas hacia los arrecifes de coral del Caribe han aumentado debido al incremento de la temperatura media del mar, acidificación del agua, aumento en la frecuencia de huracanes intensos, eventos del Niño más frecuentes y prolongados, y por acción humana (contaminación, uso recreativo no controlado, extracción) (Kelly y Hofmann 2013; Fabricius et al. 2014; Jackson et al. 2014). Estas perturbaciones producen estrés en las gorgonias, generan efectos negativos en la salud de los ecosistemas coralinos e incluso la muerte masiva de sus organismos (Kim et al. 2000; Harvell et al. 2002).

Por otra parte, la incorporación de técnicas genéticas ha modificado recientemente la clasificación y jerarquización de algunos géneros y especies como es el caso de *Lophogorgia* recientemente sinonimizado con *Leptogorgia*; *Pseudopterogorgia* es un género actualmente restringido a especies del Indo-Pacífico y *Antillogorgia* resurrecto recientemente para albergar a las especies de *Pseudopterogorgia* distribuidas en el Atlántico tropical (Sánchez 2007; Williams y Chen 2012).

Aunado a ello, la falta de trabajos puntuales y actuales en el Caribe mexicano amplía las posibilidades de encontrar especies erróneamente diagnosticadas, nuevos registros y/o nuevas especies, generando un gran desconcierto sobre la diversidad y abundancia de octocorales que existe en la zona y trabajos de esta índole son esenciales para el manejo y conservación de dichos ecosistemas.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión de las especies de gorgonias encontradas en los arrecifes de Xcalak para evaluar la riqueza, diversidad, y abundancia de sus comunidades, con el fin de establecer una línea base con certidumbre taxonómica y determinar algunas características ambientales que podrían influir en su distribución o variantes morfológicas.

En el presente documento se reportan los hallazgos del estudio realizado en los arrecifes de Xcalak con la estructura comunitaria de gorgonáceos y el ensamblaje béntico. Se muestran los resultados más importantes sobre la riqueza, distribución, y abundancia de las gorgonias en relación a la zona arrecifal, localidad y su relación con el tipo de sustrato. El apartado de conclusiones muestra los hallazgos más importantes así como la interpretación biológica de los mismos, y los anexos muestran algunas de las problemáticas taxonómicas más importantes del grupo.

Gorgonian community structure and associated sessile macrofauna in a Mexican Caribbean protected area

Ursula Olvera-Moreno^a, Miguel Ángel Ruiz-Zárate^{b,*}, Alejandro Vega-Zepeda^b

^a Maestría Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, México.

^b Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, México, maruizzar@ecosur.mx, phone: 983 835-0440 ext. 4862

* Corresponding author

Abstract

Gorgonians are an important component of coral reefs and they show a differential distribution related to oceanographic and benthic conditions. Xcalak is an important marine protected area (MPA) in southern Mexico. The reef's structure create environmental differences between leeward and windward sides of the reef that shape the gorgonian's assemblage. We evaluated the influence of water flow and benthic assemblage on gorgonian communities at three localities and three reef zones (shallow water fore reef, back reef and reef passes) in the MPA. Twenty-nine species were identified. Localities, reef zones and their interaction showed significant differences in both gorgonian and benthic assemblages. The passes were the only habitat without differences regarding gorgonian species and benthic composition. The differences between localities were related to species richness and dominance by certain species or substrate type. The benthic composition and gorgonian community conformed a homogeneous group related to reef zones and they were consistent with other reports in the region. Differences in the specific composition and abundance of gorgonian species in contrast to other Mexican Caribbean reefs may be associated with morphological variation, patterns of currents, a lack of recent ecological studies, or changes in the oceanic condition during the past 20 years.

Key words: octocorals, Xcalak, reef zones, assemblages

Introduction

The coral reefs of the Mexican Caribbean conform the northern sector of Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS) (Wilkinson 2008). This section of the reef comprises approximately 400 km of discontinuous fringing reefs along the Yucatan Peninsula coast, which are an important source of food, nursery and habitat for marine and coastal associated species (McField and Kramer 2005; Birkeland 2015; Kramer *et al.* 2015). Coral reef ecosystems are an invaluable source of economic and ecosystem services such as coastal protection against natural phenomena (Barbier 2017), and it is surprising that very few studies on environmental services have been performed on the coral reefs of the Mexican Caribbean (reviewed in Perevochtchikova and Oggioni 2014).

Coral reef ecological research in the MBRS has increased in recent decades in response to the high degradation affecting them (Birkeland 2015). A great effort has been made to evaluate the structure and changes in scleractinian communities as a result of climate change and other anthropogenic and natural impacts (e.g. Bozec *et al.* 2008; Acosta-González *et al.* 2013; Carriquiry *et al.* 2013; Figueroa-Zavala *et al.* 2015), however the attention paid to other groups has been scarce.

Gorgonians are an essential fauna on coral reefs (Sorokin 1995); they pay an important contribution to reef community biomass with a number of species facilitating reef consolidation and framework construction. Furthermore, their taxonomic diversity is comparable to zooxanthellate scleractinian corals (Glynn and Enochs 2011); the diversity of their morphological

patterns allows them to act as nurseries for different species of fish and to provide microhabitats for a great number of microorganisms and invertebrates (Morgan *et al.* 2006).

Some of the distinctive genera from the Mexican Caribbean region such as *Antilloorgia*, *Briareum*, and *Pterogorgia*, contain bioactive compounds evaluated for their use in pharmacognosy and the treatment of chronic diseases (Rodríguez and Cobar 1995; Mayer *et al.* 1998; Guo *et al.* 1999). Gorgonians are also regarded as bioindicators because, being sessile organisms, they are susceptible to environmental variations, and have been associated with the presence of commercially important fish (Breedy and Calvo 2000; Hernández-Muñoz *et al.* 2008).

The distribution of gorgonians is explained by oceanographic and benthic conditions, controlling the richness and abundance of species depending on their adaptations. In the Caribbean, the most important environmental factors affecting gorgonian species distribution are depth, substrate type, illumination, sedimentation, and currents (Goldberg 1973; Opresko 1973; Preston and Preston 1975; Alcolado 1981; Muzik 1982; Lasker and Coffroth 1983; Botero 1987).

Despite their importance and dominance on Mexican Caribbean reefs, few ecological studies have performed on gorgonian communities (Jordán-Dahlgren 1989). The most important contributions were carried out by Jordán-Dahlgren (1979a, 1979b, 1987a, 1987b, 1989, 1990, 1993, 2008) and Jordán *et al.* (1981, 1995), to describe the community structure in different reefs along the northern and central Yucatan Peninsula coasts, while the southern portion has not received the same scientific attention.

Xcalak's reefs are included in a marine protected area in the southern part of the Mexican Caribbean and have significant reef structures (Quesada *et al.* 2004). Tourism is relatively low in

Xcalak, however the surrounding areas have undergone intensive coastal development. Without adequate knowledge of the reef communities, it will be difficult to detect and evaluate the possible impacts or shifts (Martínez-Rendis *et al.* 2015).

The aim of the present study was to assess the gorgonian community structure together with the associated sessile macrofauna in different habitats of Xcalak reefs. Furthermore, this study will increase the current knowledge of the gorgonian fauna in the southern Mexican Caribbean, which would be useful for establishing an ecological baseline and for evaluating future community changes of this important group over time.

Materials and Methods

Study area

The reefs of Xcalak, along the southern portion of the Yucatan Peninsula coast, are located within a marine protected area (Parque Nacional Arrecifes de Xcalak) defined by the coordinates 18°10'-19°06' N and 87°33'-88°05' W (Quesada *et al.* 2004). In an attempt to obtain a representative sample of the gorgonians diversity on Xcalak's reefs, the study area was allocated in three reefs along the protected area: a) Hobna, b) Doña Nica, and c) Portillas (Fig. 1).

The coral reefs along the southern portion of the Yucatan Peninsula coast form a discontinuous strip parallel to the coast (fringing reef), with gaps (passes) in the coral reef that allow water to flow through them (Jordán-Dahlgren and Rodríguez-Martínez 2003) and also allow the passage of medium-sized vessels. Following Jordán (1989), the zonation of Yucatan coral reefs consists of: back reef, reef crest, shallow water fore reef, deep water fore reef, and reef pass. In this study

the shallow water fore reef, back reef (protected zone from wave impact and strong currents), and passes were evaluated in order to study the differences associated with water flow and benthic assemblage (Fig. 1).

The main back reef substrate is dead coral, rubble and abundant patches of seagrasses (*Thalassia* sp.). The depth is 3-5 m and the most common scleractinian coral genus is *Siderastrea*. Reef passes are natural channels in the reef structure that allow the flow of water into the reef lagoon; most of them are low relief grounds with depths between 5-7 m and a relatively low dominance of *Porites astreoides*.

The shallow water fore reef extends to a depth of 10-20 m depth, distinguished by the high abundance of stony corals and spur and groove formations. In this deeper environment, the most important scleractinian genera are *Agaricia*, *Siderastrea*, *Montastrea* (specifically *M. cavernosa*) and *Orbicella*; some rocky bottoms are covered by crustose coralline algae.

Due to its geographic position, Xcalak is under the influence of trade winds almost all year, except during winter when northern winds predominate (Álvarez-Cadena *et al.* 2007). It is also part of the transition region between hydrographic patterns that dominate the northern and southern portions of the Mesoamerican Reef System (MRS), receiving a weak influence of the Cayman Current (Carrillo *et al.* 2015a).

The average temperature in the study area is 26.5 °C with an annual range of 26-28 °C. The salinity range is 34.5-36.1 ‰, although surface waters have an average salinity of 35.6 ‰ (Carrillo *et al.* 2015b). The zooplankton biomass in the reef lagoon has a maximum mean of 76.82 ml m⁻³ and due to its low productivity the region is oligotrophic (Castellanos and Suárez-Morales 1997).

Sampling design

Sampling was performed along belt transects positioned towards the coast and separated from one another by 3-5 m on the back reef, reef pass and shallow water fore reef using a stratified random method. Due to logistical considerations, the samplings were performed during two field trips: The census of the back reef and passes were carried out during the first trip (June 2016) and the census of the shallow water fore reef during the second (April 2017). On each reef (Hobna, Doña Nica, and Portillas), were conducted 14 belt transects of 1x10 m, five for the back reef, five for the reef pass and four for the shallow water fore reef.

The gorgonian colonies present in the transect were identified *in situ* and their size was measured with a PVC tube marked every 2 cm. Those colonies impossible to identify were collected (small sample or whole colony depending on their size), labeled and fixed with 95% ethanol for further examination. Additionally, one colony of each species was collected to corroborate previous identification. Sample collection was granted with the permission of the Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA permit PPF/DGOPA-258/16), and Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Benthic assemblage

In order to obtain information on the benthic sessile macrofauna coverage and other benthic elements of the reef (sand, grass, macroalgae, stony corals, gorgonians, sponges, and other macroinvertebrates) 10 photoquadrats (PQs) were taken, systematically distributed along the belt transect. A quadrat of 25 x 25 cm was placed each meter along the transect belt and photographed twice (to avoid blurred images for identification) with a Canon G11 PowerShot (Hill and

Wilkinson 2004; Molloy *et al.* 2013). A total of 420 PQs have been analyzed in this study, 140 per locality, divided by reef zone: 50 for the back reef, 50 for the passes and 40 for the shallow water fore reef.

Laboratory analyses

The morphological analyses of the colonies in the laboratory were carried out in two parts: external and internal morphology (axis and sclerites) following Bayer (1961). Specialized literature was used for the identification and use of appropriate terminology (Bayer 1961; Cairns 1977; Sánchez 2009). All samples taken were compared with material in the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, for taxonomic corroboration. The results of these analyses are reported elsewhere, except the taxonomic identification.

Data analyses

To evaluate whether sampling was representative of gorgonian diversity in the different reef zones, sample-based rarefaction curves (randomized species accumulation curves) were constructed (Fig. 2) using EstimateS software 9.1.0 for Mac (Colwell 2013). Mao Tau estimator was employed to assess expected species richness with a 95% confidence interval.

Richness and the Shannon-Wiener diversity index ($\log e$) (Šigut *et al.* 2017) were calculated for each transect and analyzed with two factor ANOVAs as a community response variable, and the locality and reef zone as fixed orthogonal factors. To test homoscedasticity, a Levene's test was performed.

Differences in gorgonian community were assessed by permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA, $\alpha = 0.01$; Anderson, 2001). The data on gorgonian abundance were square transformed to construct a triangular similarity matrix based on the Bray-Curtis similarity index. Multivariate analysis was employed to test two hypotheses associated with the effect of locality and reef zone on the gorgonian community using a crossed model.

Pairwise comparisons were performed for the interaction locality by reef zone. In order to display the differences in assemblage structures in unconstrained ordination plots, two canonical analyses of principal coordinates were constructed (Anderson and Willis 2003), one for the interactions among localities and one to represent the reef zone differences. The possible relationship between species abundance and the pattern in the gorgonian assemblage was tested using a multiple regression, correlating the species with canonical axis 1.

Photoquadrats were analyzed using CPCe software (Coral Point Count with Excel extension) V4.1 (Kohler and Gill 2006), to arrange 25 randomly placed points on each PQ and identify the type of substrate or organism marked by each point (Table 1). The percentage cover of benthic organisms and substrate (per transect) were obtained, exported to Excel format and a multivariate analysis was performed. The data were fourth-root transformed before creating the resemblance matrix with the Bray-Curtis coefficient. A two-way PERMANOVA crossed design analysis was applied to demonstrate the influence of factors, locality and reef zone, on the benthic assemblage; pairwise comparison tests were employed when the effect between the two factors was statistically significant. A canonical analysis of principal coordinates was constructed to visualize the benthic community patterns.

Table 1. Categories of benthic organisms and substrates used in the photo quadrat analysis.

Abbreviation	Category	Abbreviation	Category
ANE	Anemone	CA	Coralline algae
SEA	Seagrass	G	Gorgonians
MIA	Microalgae	SEA	Sponges
MA-Ge	General macroalgae	Z	Zoanthids
C	Stony coral	OL	Other live
MAR	Red macroalgae	DCA	Dead coral with algae
MAG	Green macroalgae	DC	Diseased corals
MABG	Blue-green macroalgae	SPR	Sand, pavement, rubble
MABG	Brown macroalgae	TWS	Tape, wand, shadow

To perform the multivariate statistical analysis, an additional transect was incorporated in the base data (for each locality) using the average of the observed abundances along the four shallow water fore reef transects (Rässler *et al.* 2013). The significance level was set at $\alpha = 0.01$ for all tests. The Shannon-Wiener index, Levene's test and ANOVAs were performed in the R program (R Core Team 2017). Multivariate analysis were run using PRIMER 6 with PERMANOVA+ add-on package (Clarke and Gorley 2006).

Results

The gorgonian fauna on the reefs of Xcalak were represented by 25 species in four families: Briareidae, Anthothelidae, Plexauridae and Gorgoniidae. Gorgonians were abundant and conspicuous in all censused localities; however, the distribution between reef zones was different. The shallow water fore reef had the highest species richness (S= 12-15 min/max) and diversity ($H' = 1.75$), while the back reef had lower richness (S= 5-9 min/max) and diversity ($H' = 1.42$) than the shallow water fore reef and reef passes (S=6-10 min/max; $H' = 1.57$).

Gorgonia ventalina and *Eunicea mammosa* were the most abundant species and were found in all localities and reef zones; however, the dominance in each reef zone corresponded to different species. The shallow water fore reef was mainly dominated by *Antillogorgia americana* (1.63-5.85 colonies m⁻²; min/max respectively) and *Eunicea flexuosa* (1.3-0.85 colonies m⁻²). *Briareum asbestinum* (0.56-2.9 colonies m⁻²), and *E. mammosa* (0.02-3.46 colonies m⁻²) had high densities on the back reef, while *G. ventalina* (2.64-6.5 colonies m⁻²) and *E. mammosa* (2.5-3.32 colonies m⁻²) were the most important species in reef passes (Table 2).

Table 2. List of gorgonians species from Xcalak Reefs Marine Park. Mean and standard deviation (SD) of colony density (col/m²) by reef zone in each locality.

	Hobna						Doña Nica						Portillas					
	Fore		Back		Pass		Fore		Back		Pass		Fore		Back		Pass	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
ALCYONACEA																		
SCLERAXONIA																		
BRIAREIDAE																		
<i>Briareum asbestinum</i>	0.025	0.0075	0.56	0.612	1	1.1	-	-	2.9	12.18	-	-	-	-	1.9	1.1	2.02	10.608
ANTHOTHHELIDAE																		
<i>Erythropodium caribaeorum</i>	-	-	-	-	-	-	0.075	0.0275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HOLAXONIA																		
PLEXAURIDAE																		
<i>Eunicea asperula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.128	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunicea calyculata</i>	-	-	0.04	0.032	0.12	0.188	-	-	-	-	0.1	0.12	0.15	0.27	0.04	0.012	0.3	0.26
<i>Eunicea flexuosa</i>	0.85	0.05	0.04	0.012	0.24	0.332	1.3	0.38	-	-	0.2	0.1	1.25	0.69	0.14	0.072	0.52	1.828
<i>Eunicea fusca</i>	0.025	0.0075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.025	0.0075	-	-	-	-
<i>Eunicea laciniata</i>	0.05	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunicea laxipica</i>	0.025	0.0075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.025	0.0075	-	-	-	-
<i>Eunicea mammosa</i>	0.075	0.0275	0.02	0.008	3.32	13.488	0.25	0.09	0.06	0.032	3.16	28.052	0.875	1.4075	3.46	1.452	2.5	14.4
<i>Eunicea succinea</i>	0.05	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunicea tourneforti</i>	-	-	0.06	0.032	0.56	0.292	0.2	0.34	0.34	0.172	0.26	0.032	0.15	0.05	0.36	0.032	0.44	0.892
<i>Muricea muricata</i>	-	-	0.02	0.008	0.12	0.108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Muriceopsis flavida</i>	-	-	-	-	0.04	0.032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plexaura homomalla</i>	-	-	-	-	-	-	0.025	0.0075	-	-	-	-	0.1	0.06	-	-	0.06	0.072
<i>Plexaurella dichotoma</i>	0.025	0.0075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoplexaura flagellosa</i>	0.15	0.09	-	-	0.04	0.012	0.3	0.02	-	-	-	-	0.075	0.0275	0.02	0.008	0.06	0.012
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	-	-	-	-	-	-	0.425	0.3675	-	-	-	-	0.35	0.03	-	-	-	-
GORGONIIDAE																		
<i>Antillogorgia acerosa</i>	0.4	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Antillogorgia americana</i>	1.625	4.5275	-	-	0.38	0.408	4.35	6.35	-	-	-	-	5.85	0.99	0.08	0.028	-	-
<i>Antillogorgia bipinnata</i>	1.1	0.74	-	-	0.1	0.08	0.075	0.0675	-	-	-	-	0.175	0.1675	-	-	-	-
<i>Antillogorgia kallos</i>	-	-	-	-	0.86	2.192	0.025	0.0075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Antillogorgia rigida</i>	0.05	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gorgonia mariae</i>	0.475	0.0075	-	-	-	-	0.625	0.1675	0	0	0.08	0.068	0.425	0.2675	0.08	0.028	0.04	0.012
<i>Gorgonia ventalina</i>	0.075	0.0675	0.92	1.468	2.6	2.26	0.35	0.21	0.22	0.288	6.5	11.48	0.375	0.1275	2.06	3.792	2.64	3.832
<i>Pterogorgia citrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.008

1 Table 3. Results of two-factor ANOVAs on gorgonian richness. Bold values
 2 represent statistically significant differences ($P < 0.01$).

Source	df	SS	F	P
Locality	2	28.072	2.6705	0.084
Reef zone	2	135.422	12.8829	0.001
Reef zone x Locality	4	27.992	1.3315	0.278
Error	34	178.7		
Total	42	370.186		

3

4 Table 4. Results of two-factor ANOVAs on gorgonian Shannon-Wiener diversity
 5 index values (H'). Bold values represent statistically significant differences ($P < 0.01$)

Source	df	SS	F	P
Reef	2	2.284	13.8501	0.001
Reef zone	2	2.4988	15.1525	0.001
Reef zone x Locality	4	1.6571	5.0244	0.003
Residual	33	2.721		
Total	41	9.1609		

6

7 Species richness only showed significant differences ($p < 0.01$) in the reef zone (-
 8 Two-factor ANOVA, Table 3). This is a product of the specific composition of the
 9 shallow water fore reef which had a higher richness than the passes and back reef
 10 (lower richness than the other two sampling zones) (Fig. 3). Diversity (H') differed
 11 between localities and reef zones (Table 4 - ANOVA, $P < 0.01$) as result of the
 12 influence of the abundance on this index. The localities of Hobna and Doña Nica
 13 showed differences in most of the reef zones compared; the back reef was the most
 14 diverse area (Fig. 3).

15 The PERMANOVA identified significant differences in gorgonian community
 16 composition between both localities and reef zones; the interaction term (locality x
 17 reef zone) was also significant and showed the second highest value of component
 18 of variation (CV), reef zone factor had the highest CV (Table 5). In the pairwise
 19 tests, the only comparison with no statistically significant differences between the
 20 back reef and reef pass was for Doña Nica and Portillas. Hobna-Portillas were
 21 statistically similar between passes, and Doña Nica-Portillas were not significantly
 22 different when comparing the shallow water fore reef (Table 6).

23

24 Table 5. PERMANOVA results of the gorgonian community for the main factors
 25 and interaction term. Structured two factor crossed design with component of
 26 variation (CV) in percentage explained by each factor. Bold values represent
 27 statistically significant differences (P<0.01).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	<i>P</i> (perm)	CV%
Locality	2	5602	2801	6.4376	0.0001	12.41
Reef zone	2	51748	25874	59.466	0.0001	40.68
Locality x Reef zone	4	15917	3979.2	9.1454	0.0001	26.30
Residual	36	15664	435.1			20.61
Total	44	88930				100.00

28

29 Transects within the same locality (e.g. Portillas transects, P-F Δ , P-L \blacktriangle , P-Q \times)
 30 were more similar to each other than the same transects from the same zones but in a
 31 different locality (Fig. 4).

32 The differences found between localities were related to the richness and dominance
 33 of certain species, e.g. Hobna presented the highest number of species recorded on

34 passes (12 spp), while for Doña Nica only half as many were recorded and Portillas
 35 was the only locality where *P. hommomalla* and *P. citrina* were presented on passes
 36 (Fig. 4).

37

38 Table 6. Results of pairwise comparison of the gorgonian community for the
 39 interaction term locality x reef zone with *locality* and *reef zone* fixed respectively.

40 Fore = shallow water fore reef, Back = Back reef and Pass = reef pass.

Group	t-test	P(perm)
Locality	Nica	
Fore-Back	6.6282	0.009
Fore-Pass	6.2692	0.0073
Back-Pass	5.3954	0.0108
Locality	Hobna	
Fore- Back	5.4774	0.0081
Fore-Pass	5.431	0.0074
Back-Pass	3.4232	0.0077
Locality	Portillas	
Fore-Back	6.7144	0.0081
Fore-Pass	4.482	0.0074
Back-Pass	1.182	0.2135
Reef zone	Back	
Nica-Hobna	2.6397	0.0093
Nica-Portillas	3.6825	0.0079
Hobna-Portillas	3.5778	0.0072
Reef zone	Pass	
Nica-Hobna	2.9997	0.008
Nica-Portillas	2.3901	0.0081
Hobna-Portillas	1.6655	0.0323
Reef zone	Fore	
Nica-Hobna	3.1952	0.0085
Nica-Portillas	1.5212	0.0486
Hobna-Portillas	3.5346	0.0076

41

42 No pattern was found when correlating species abundances with the localities, even
43 when certain species could be related to a particular locality. In general, species
44 were not associated with any locality and the structure of the gorgonian
45 communities was associated with the reef zones.

46 Fixing the locality factor the reef zone effect is noticeable, indicating a strong
47 habitat pattern of differences, all pairs of reef zones showed significant differences,
48 except in the comparisons between back reef and reef pass (Doña Nica and
49 Portillas). On the shallow water fore reef, *Eunicea flexuosa* and *Antillogorgia* spp
50 were dominant; *Briareum asbestium* was the most abundant species on the back
51 reef, while *Eunicea laxispica* and *Gorgonia ventalina* preferred the pass, where
52 water movement was high. The back reef and passes shared three species: *E.*
53 *calyculata*, *E. tourneforti* and *Muricea muricata*, producing higher similarity
54 between these two regions than with the shallow water fore reef (Fig. 5)

55 The benthic assemblage showed significant differences among localities, reef zones,
56 and the interaction term. The CV had the highest variation associated with the
57 residuals (heterogeneity of substrates between zones) and reef zone, followed by the
58 locality factor (Table 7). Pairwise comparisons (Table 7) detected differences in the
59 interactions between localities by reef zone. Fixing the locality term, the reef zone
60 showed an important effect in most censused localities; however, Portillas pass only
61 presented differences with the back reef ($P < 0.01$, $\alpha = 0.01$). These statistical
62 similarities between the pass and the other two reef zones was clearly represented in
63 the CAP plot, where the pass transects were disperse among back and shallow water
64 fore reef samples. Shallow water fore reefs were associated with macroalgae, stony

65 corals and gorgonians; passes were dominated by gorgonians, macroalgae and
 66 sponges, while seagrass was the most important benthic component on back reefs.
 67 Sand, pavement, and rubble were the main components of the substrate for all
 68 environments showing a greater influence on the back reefs (Fig. 6).

69 When the reef zone was fixed, only the comparison between Hobna and Portillas
 70 showed significant differences for the back reef, and these same localities were
 71 statistically similar for the shallow water fore reef comparison (Table 8).

72

73 Table 7. Results of the PERMANOVA of significant differences in benthic
 74 community structure for the main factors and interaction term for a structured two
 75 factor crossed design with components of variation (CV) in percentages explained
 76 by each factor. Bold values represent statistically significant differences.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	<i>P</i> (perm)	CV%
Locality	2	2031.2	1015.6	4.0686	0.0001	14.41
Reef zone	2	7980.4	3990.2	15.985	0.0001	31.84
Locality x Reef zone	4	3357.6	839.41	3.3627	0.0001	21.90
Residual	36	8986.4	249.62			31.85
Total	44	22356				100.00

77

78 In both analyses (gorgonian and benthic assemblage), Portillas was the only locality
 79 that did not present differences in some of the comparisons between reef zones; the
 80 pass was the type of habitat that shares community structure with the other two reef
 81 zones. However, the pattern of difference changed in relation to locality and reef
 82 zone.

83 Table 8. Results of pairwise comparison of benthic community for the interaction
 84 term locality x reef zone with *locality* and *reef zone* fixed respectively. Fore=
 85 shallow water fore reef, Back= back reef and Pass= reef pass.

86

Group	t-test	P(perm)
Locality	Nica	
Fore-Back	2.7516	0.0075
Fore-Pass	2.8078	0.0069
Back-Pass	2.3093	0.0092
Locality	Hobna	
Fore-Back	3.9866	0.0073
Fore-Pass	3.2847	0.0085
Back-Pass	3.4657	0.008
Locality	Portillas	
Fore-Back	2.324	0.008
Fore-Pass	2.1669	0.0233
Back-Pass	1.8978	0.0327
Reef zone	Back	
Nica-Hobna	1.156	0.5068
Nica-Portillas	1.6374	0.0642
Hobna-Portillas	2.3404	0.0094
Reef zone	Pass	
Nica-Hobna	2.6401	0.0099
Nica-Portillas	2.2633	0.0078
Hobna-Portillas	2.6808	0.0086
Reef zone	Fore	
Nica-Hobna	2.5035	0.008
Nica-Portillas	1.8988	0.0091
Hobna-Portillas	1.7978	0.0181

87

88

89

90

91 **Discussion**

92

93 This study examined the gorgonian community structure in a Marine Protected Area
94 and its relationship with coral reef features and the rest of the benthic community.
95 Twenty-nine gorgonian species were found, 25 spp censused and collected and 4
96 only collected. *Pterogorgia anceps* and *P. guadalupensis* were not identified in the
97 census but were collected inside the reef lagoon; these species preferred protected
98 shallow water zones and they are morphologically adapted to avoid sediment
99 accumulation, high temperatures and salinity variations (Opresko 1973). On the
100 other hand, *G. flabellum* has been widely reported for the north-central reefs of
101 Yucatan and the Gulf of Mexico (Jordán-Dahlgren 1979a, 1979b, 1987a, 1989,
102 1990, 1993, 2008; Jordán-Dahlgren *et al.* 1995). However, it was not observed along
103 any transect (only collected) in this study, probably because the dominance of this
104 species is greater in the northern portion of the Caribbean and decreases in the south,
105 where it has rarely been reported. In contrast *G. ventalina* is well represented in this
106 region (Preston and Preston 1975; Muzik 1982; Lasker and Coffroth 1983; Yoshioka
107 and Yoshioka 1987; Rada and Ruiz 2004; Etnoyer *et al.* 2010). However, a study
108 focused on the distribution and abundances of *Gorgonia* species across Caribbean
109 reefs needs to be conducted, considering the lack of homogeneity in the reports
110 related to *G. ventalina* and *G. flabellum*, which could be associated with a
111 differential distribution pattern, a change in the specific composition reported in the
112 80's to today, or a possible field misidentification.

113 The gorgonian richness found in this study was relatively low in comparison to other
114 regions of the Mexican Caribbean. Studies focused on the central and northern
115 portion of the Yucatan Peninsula have reported 39-40 species (Jordán-Dahlgren
116 1979a, 1987a, 1989, 1990, 1993; Jordán-Dahlgren *et al.* 1995), although only 35
117 were nominal species. Five species (*Ellisella barbadensis*, *E. elongata*, *Icilligorgia*
118 *schrammi*, *Pterogorgia anceps* and *P. guadalupensis*) inhabit different habitats than
119 those considered in this work and the identity of some species such as *Filiogorgia*
120 *sanguinolenta* (reported in the northern portion of the Yucatan Peninsula) is
121 arguable due to the lack of adequate descriptions and comparative images (colonies
122 and sclerites) (Bayer 1961).

123 Nevertheless, the community assemblage was consistent with other gorgonian
124 studies in the region. Jordán (1989) reported a similar pattern of distribution and
125 dominance on the fore reef with a higher abundance of *Antillologorgia* species,
126 especially *A. americana* at a depth of 5-15 m. As in this study, *B. asbestinum* has
127 been reported as the dominant species on back reef zones (Kinzie 1973; Pérez-
128 Angulo and De La Nuez-Hernández 2011), however it has been also observed in
129 shallow or deep areas with low or high wave energy (Guzmán and Cortés 1985;
130 Etnoyer *et al.* 2010). The lowest richness of gorgonians in Xcalak (11 spp.) was
131 found on the back reef, and although in other parts of the Mexican Caribbean the
132 conditions in this zone are suitable for gorgonian fauna, in the study area the
133 influence of the reef lagoon environment was evident. The reef lagoon is recognized
134 for having more abrupt changes in temperature and salinity than other reef zones

135 (pers. comm. Laura Carrillo), permitting only species that are tolerant to these
136 variations to inhabit this zone (Jordán-Dahlgren 1989).

137 Pass zones on the Caribbean reefs are characterized by severe environmental
138 conditions, which are product of the constant wave motion and variation in
139 temperature, factors which difficult the settlement and restrict the permanence of
140 gorgonian species (Jordán-Dahlgren *et al.* 1981). The richness of gorgonians on reef
141 passes has been considered lower than in other reef zones (Jordán-Dahlgren 1989),
142 however in Xcalak this was not the case.

143 *Gorgonia* genus is one of the most important gorgonian components in the reef
144 passes; however, its dominance is associated with the presence of a single species,
145 which can either be *G. flabellum* or *G. ventalina* depending on the region of study
146 (Jordán-Dahlgren 1989). In the Yucatan Peninsula the dominant species reported in
147 the passes is *G. flabellum*, while in Carrie Bow Key, Belize (Muzik 1982; Lasker
148 and Coffroth 1983), Los Colorados Reef-Cuba (Pérez-Angulo and De La Nuez-
149 Hernández 2011) and this study, *G. ventalina* presented the highest abundances.

150 *Eunicea mammosa* was the second most abundant species in the reef passes and was
151 widely distributed across the three studied reefs. This species is frequently reported
152 on the reefs of the Mexican Caribbean, reaching high densities generally on the
153 deeper water fore reef (Jordán-Dahlgren 1989; Jordán-Dahlgren *et al.* 1995), where
154 the impact of waves is attenuated by depth. Nevertheless, this species and *G.*
155 *ventalina* were the main component of the passes, which could be related to lower
156 wave intensity compared to other Caribbean regions (Alcolado 1981)

157 The presence and abundance of *Eunicea asperula* in our study area (Table 2) were
158 low. This species is more common and abundant in the Gulf of Mexico (Jordán-
159 Dahlgren 2002) and has only been reported in Cozumel in the Mexican Caribbean
160 (Jordán-Dahlgren 2008). In fact, the distribution of *E. asperula* is in South Florida,
161 the Gulf of Mexico, and the northern Lesser Antilles and it is uncommon in the
162 southern Caribbean (Bayer 1961; Sánchez 2009), nevertheless it would be important
163 to corroborate its presence and abundance along the Mexican Caribbean coast.

164 Both the community of gorgonians and the benthic community, showed a similar
165 pattern (Figs. 5 and 6), in which only the reef zones conformed homogeneous
166 groups. This is consistent with gorgonian species, several community components
167 and environmental conditions, shaping the community structure at the scales
168 analyzed. The relatively high abundance of macroalgae and the type of substrate
169 dominated by sand, pavement and/or rubble in the reef passes, the importance of
170 seagrass on the back reef and the increase of coralline algae and stony corals on the
171 shallow water fore reef are characteristics of other Mexican Caribbean reefs (Garza-
172 Pérez *et al.* 2004; Cerdeira-Estrada *et al.* 2012). Furthermore, wave energy and
173 hydrodynamic disturbance are different in each zone; back reef zones inside the reef
174 lagoon are generally calm, stable environments, where the main currents and wave
175 energy from the windward side are reduced by the reef crest; the reef fronts are
176 exposed to waves and swell however the movement are attenuated for the depth
177 (Blanchon 2011). The reef pass are shallow channels interconnecting the lagoon and
178 the ocean; the excess water filling the lagoon is balanced by strong currents flowing
179 out through the passes (Rougerie *et al.* 1997).

180 In general, the gorgonian community in Xcalak shares certain similarity with the
181 reefs of the Caribbean, including the dominance of the genus *Antillogorgia* on the
182 shallow water fore reef (Lasker and Coffroth 1983; Jordán-Dahlgren 1989; Jordán-
183 Dahlgren *et al.* 1995). Even when the Caribbean is considered homogenous, the
184 gorgonian communities along the reefs are subject to regional environmental
185 conditions that produce different assemblages in response to small or medium scale
186 spatial variation (Jordán-Dahlgren 1989; Williams *et al.* 2015; Pawlik and Loh
187 2016). Differences in the specific composition and abundance of gorgonian species
188 in contrast to other areas of the Mexican Caribbean may be associated with currents
189 in the region. Muhling *et al.* (2013) indicated that the Caribbean Current/Yucatan
190 Current system is the dominant oceanographic feature along the Mexican Caribbean
191 and the distribution of fish larvae is strongly related to this current. The influence of
192 this current on the southern portion of the Yucatan Peninsula is weak, while it has a
193 more direct influence on the northern portion of the Peninsula (Muhling *et al.* 2013;
194 Carrillo *et al.* 2015b). The dominance of *G. ventalina* in Xcalak could be associated
195 with the weaker influence of the Cayman current, and considering that the larval
196 transport from the eastern Caribbean to northern parts of the Mexican Caribbean is
197 more direct, it could be the cause for the *G. flabellum* dominance in this portion of
198 the Mexican Caribbean (Jordán-Dahlgren 1979a, 1979b, 1989, 1990, 1993, 2002;
199 Jordán-Dahlgren *et al.* 1995).

200 Although the number of species found in Xcalak was lower than those reported for
201 other Mexican Caribbean reefs, the sampling effort was significant to represent the
202 gorgonian community in the area (Fig. 2). However, not all possible gorgonian

203 species were found during the samplings; the distribution of some of these species is
204 restricted to deeper areas than those reached in this work, or they are rare and have
205 low abundances (e.g. *Antillogorgia elisabethae*, *Muricea elongata*). These issues
206 could be solved by increasing sampling effort, or by exploring deep-water reefs to
207 record azooxanthellate gorgonians.

208 The specific composition and distribution of gorgonians in Xcalak reefs presented
209 similarities with the reefs in the center and north of the Yucatan Peninsula (e.g.
210 dominance of *Antillogorgia* genus on the shallow water fore reef), and showed
211 particularities that distinguish it, such as the dominance of *G. ventalina* and *E.*
212 *mammosa* in the passes. These variations could be associated with a differential
213 distribution of the species, resulting from the influence of currents, morphological
214 variation resulting from the environmental conditions of each locality, lack of recent
215 ecological studies (most of them date back to the 80's or earlier) or changes in the
216 oceanic condition in the past 20 years (producing a shift in species dominance).

217 Gorgonians are recognized as a good measure of coral reef health (Hernández-
218 Muñoz *et al.* 2008), therefore the continued study of their communities can provide
219 relevant information for monitoring these systems.

220

221 **Acknowledgements**

222

223 This project could not have been conducted without the logistical support of the
224 CONANP. Special thanks to Dr. Howard Lasker for helping in the taxonomic and

225 ecological approaches. We gratefully acknowledge the staff of the Polychaeta Lab
226 (ECOSUR), especially to Sergio Salazar and Luis Carrera for providing facilities
227 and orientation. We thank Victor Reulet for helping in the photoquadrats analysis,
228 Dr. David González for his support and Dr. Isael Victoria for his statistical
229 orientation. Specially thanks to Dr. S Cairns for his experience and help during a
230 research visit to the Smithsonian museum collections. The first author received a
231 Master's Degree scholarship from CONACyT.

232

233 **Conflicts of Interest**

234

235 "The authors declare no conflicts of interest"

236

237 **References**

238

239 Acosta-González, G., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Hernández-Landa, R. C., and
240 Arias-González, J. E. (2013). Additive Diversity Partitioning of Fish in a
241 Caribbean Coral Reef Undergoing Shift Transition. *PLoS One* **8**, e65665.
242 doi: 10.1371/journal.pone.0065665

243 Alcolado, P. M. (1981). Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible
244 uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los
245 organismos del bentos. (Editora de la ACC: Cuba.)

- 246 Álvarez-Cadena, J. N., Ordóñez-López, U., Valdés-Lozano, D., Almaral-Mendivil,
247 A. R., and Uicab-Sabido, A. (2007). Estudio anual del zooplancton:
248 composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo,
249 mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**, 421-430.
- 250 Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of
251 variance. *Austral Ecology* **26**, 32–46
- 252 Anderson, M. J., and Willis, T. J. (2003). Canonical analysis of principal
253 coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology*
254 **84**, 511-525.
- 255 Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology* **27**, R507-R510.
- 256 Bayer, F. M. (1961). The shallow-water octocorallia of the west indian region. A
257 manual for marine biologists. *Studies on the fauna of CuraCao and other*
258 *caribbean islands* **55**, 1-373, figs. 1-101, pls. 1-27.
- 259 Birkeland, C. (2015). Coral reefs in the Anthropocene. (Springer: Honolulu)
- 260 Blanchon, P. (2011). Geomorphic Zonation. In ' Encyclopedia of Modern Coral
261 Reefs: Structure, Form and Process '. Eds D. Hopley) pp. 469-486 (Springer:
262 Netherlands.)
- 263 Botero, L. (1987). Zonación de octocorales en el área de Santa Marta y Parque
264 Nacional Tayrona, Costa Caribe Colombiano. *Anales del Instituto de*
265 *Investigaciones Marinas de Punta Betín* **17**, 61-80
- 266 Bozec, Y. M., Acosta-González, G., Núñez-Lara, E., and Arias-González, J. E.

267 (2008). Impacts of coastal development on ecosystem structure and function
268 of Yucatan coral reefs, Mexico. *Proceedings of the 11th international coral*
269 *reef symposium* **18**, 691-695

270 Breedy, O., and Calvo, A. (2000). La creación de léxico científico: terminología
271 aplicada a la subclase: Octocorallia (Anthozoa: Cnidaria). *Filología y*
272 *Lingüística* **36**, 81-89

273 Cairns, S. D. (1977). 'Guide to the commoner shallow-water gorgonians (sea whips,
274 sea feathers and sea fans) of Florida, The Gulf of Mexico, and the Caribbean
275 region. ' 1st Edn. (University of Miami Sea Grant: Florida.)

276 Carrillo, L., Johns, E. M., Smith, R. H., Lamkin, J. T., and Largier, J. L. (2015).
277 Pathways and Hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System Part
278 1: Circulation. *Continental Shelf Research* **109**, 164-176.

279 Carrillo, L., Johns, E. M., Smith, R. H., Lamkin, J. T., and Largier, J. L. (2016).
280 Pathways and Hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System Part
281 2: Water masses and thermohaline structure. *Continental Shelf Research* **120**,
282 41-58.

283 Carriquiry, J. D., Barranco-Servin, L. M., Villaescusa, J. A., Camacho-Ibar, V. F.,
284 Reyes-Bonilla, H., and Cupul-Magaña, A. L. (2013). Conservation and
285 Sustainability of Mexican Caribbean Coral Reefs and the Threats of a
286 Human-Induced Phase-Shift. In 'Environmental Change and Sustainability'.
287 (Eds S. Silver and S. Young.) pp. 29-51. (InTech: New York, US).

288 Castellanos, O. I., Suárez-Morales, E. (1997). Observaciones sobre el zooplancton

289 de la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (Mar Caribe mexicano).
290 *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de*
291 *México* **68**, 237-252

292 Cerdeira-Estrada, S., Heege, T., Kolb, M., Ohlendorf, S., Uribe, A., Müller, A.,
293 Garca, R., Ressler, R., Aguirre, R., Mariño, I., Silva, R., and Martell, R.
294 (2012). 'Benthic habitat and bathymetry mapping of shallow waters in Puerto
295 Morelos reefs using remote sensing with a physics based data processing'. p.
296 4383-4386. (IEEE International Geoscience and Remote Sensing
297 Symposium: Munich)

298 Clarke, K., and Gorley, R. (2006). 'PRIMER v6: user manual/tutorial'. 1st Edn.
299 (PRIMER-E: United Kingdom.)

300 Colwell, R. (2013). 'EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and
301 Shared Species from Samples. Version 9.1.0. User's Guide and Application.'
302 1st Edn. (University of Connecticut: Connecticut, US)

303 Etnoyer, P. J., Wirshing, H. H., and Sánchez, J. A. (2010). Rapid assessment of
304 octocoral diversity and habitat on Saba Bank, Netherlands Antilles. *PLoS*
305 *One* **5**, e10668.

306 Figueroa-Zavala, B., Correa-Sandoval, J., Ruiz-Zárate, M. Á., Weissenberger, H.,
307 and González-Solís, D. (2015). Environmental and socioeconomic
308 assessment of a poorly known coastal section in the southern Mexican
309 Caribbean. *Ocean and Coastal Management* **110**, 25-37.

310 Garza-Pérez, J. R., Lehmann, A., and Arias-González, J. E. (2004). Spatial

- 311 prediction of coral reef habitats: integrating ecology with spatial modeling
312 and remote sensing. *Marine Ecology Progress Series* **269**, 141-152.
- 313 Glynn P. W., and Enochs, I. C. (2011). Invertebrates and Their Roles in Coral Reef
314 Ecosystems. In 'Coral Reefs: An Ecosystem in Transition'. (Eds Z. Dubinsky
315 and N. Stambler.) pp. 273-325. (Springer: Holland).
- 316 Goldberg, W. M. (1973). The ecology of the coral-octocoral communities off the
317 southeast Florida coast: Geomorphology, species composition, and zonation.
318 *Bulletin of Marine Science* **23**, 465-488.
- 319 Guo, Y. W., Gavagnin, M., Mollo, E., Trivellone, E., and Cimino, G. (1999). Three
320 new butenolide lipids from the Caribbean gorgonian *Pterogorgia anceps*.
321 *Journal of Natural Products* **62**, 1194-1196.
- 322 Guzmán, H. M., and Cortés, J. (1985). Organismos de los arrecifes coralinos de
323 Costa Rica. IV. Descripción y distribución geográfica de Octocoralarios
324 (Cnidaria: Anthozoa) de la costa caribe. *Brenesia* **24**, 125-173.
- 325 Hernández-Muñoz, D., Alcolado, P. M., and Hernández-González, M. (2008).
326 Efecto de un emisario submarino de aguas "residuales" urbanas sobre
327 comunidades de octocorales (Octocorallia: Alcyonacea) en Cuba. *Revista de*
328 *Biología Tropical* **56**, 65-75.
- 329 Hill, J., and Wilkinson, C. (2004). Methods for ecological monitoring of coral reefs.
330 Australian Institute of Marine Science, Townsville
- 331 Jordán-Dahlgren, E. (1989). Gorgonian community structure and reef zonation

- 332 patterns on Yucatan coral reefs. *Bulletin of Marine Sciences* **45**, 678-696.
- 333 Jordán-Dahlgren, E. (1979a). An analysis of gorgonian community in a reef
334 calcareous platform on the Caribbean Coast of Mexico. *Anales del Centro de*
335 *Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, **6**, 87-96.
- 336 Jordán-Dahlgren, E. (1979b). Estructura y composición de arrecifes coralinos en la
337 región noreste de la Península de Yucatán, México. *Anales del Instituto de*
338 *Ciencias del Mar Y Limnología UNAM*, **6**:69–86.
- 339 Jordán-Dahlgren, E. (1987a). Chinchorro: morphology and composition of a
340 Caribbean Atoll. *Atoll Research Bulletin*, **310**, 1-20.
- 341 Jordán-Dahlgren, E. (1987b). Arrecifes profundos de la isla de Cozumel, México.
342 *Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, **15**, 195-208.
- 343 Jordán-Dahlgren, E. (1990). Corales escleractíneos y gorgonáceos del ambiente
344 arrecifal coralino de Sian Ka'an. In ' Diversidad biológica en la Reserva de
345 la Biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo, México'. (Eds D. Navarro, and J.
346 G. Robinson.) pp. 127-130. (CIQRO-Program for Studies in Tropical
347 Conservation, Florida.)
- 348 Jordán-Dahlgren, E. (1993). El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano.
349 *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, **44**, 157-175
- 350 Jordán-Dahlgren, E. (2008). Arrecifes coralinos. In ' Biodiversidad acuática de la
351 Isla de Cozumel '. (Eds L. M. Mejía-Ortíz.) pp. 163-186 (Universidad de
352 Quintana Roo, DF.)

353 Jordán-Dahlgren, E. (2002). Gorgonian distribution patterns in coral reef
354 environments of the Gulf of Mexico: evidence of sporadic ecological
355 connectivity?. *Coral Reefs*, **21**,205-215.

356 Jordán-Dahlgren E, Martin-Chavez E, Sánchez-Segura M, Gonzalez De La Parra A
357 (1995) The Sian Ka'an biosphere reserve coral reef system, Yucatan
358 Peninsula, Mexico. *Atoll Research Bulletin* **423**,1-19.

359 Jordán-Dahlgren, E., Merino, M., Moreno, O., and Martin, E. (1981). Community
360 structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Proceeding of the 4th*
361 *International Coral Reef Symposium Vol 2 Marine Science Center,*
362 *University of the Philippines Manila, Philippines*, **2**, 303–308.

363 Jordán-Dahlgren, E., Rodríguez-Martínez, R. E. (2003). The Atlantic Coral Reefs of
364 México. In ' Latin American Coral Reefs '. (Eds J. Cortés.) pp. 131-158.
365 (Elsevier Science, Amsterdam.)

366 Kinzie, R. A. (1973). The zonation of west indian gorgonians. *Bulletin of Marine*
367 *Science* **23**, 93-155.

368 Kohler, E. K., and Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions
369 (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate
370 coverage using random point count methodology. *Computers and*
371 *Geosciences* **32**, 1259-1269.

372 Kramer P, McField M, Álvarez L, Drysdale, I., Rueda-Flores, M., Giró, A., and Pott,
373 R. (2015). 2015 report Card for the Mesoamerican Reef. Healthy Reefs for
374 Healthy People, Tela.

375 Lasker, H. R., and Coffroth, M. A. (1983). Octocoral distributions at Carrie Bow
376 Cay, Belize. *Marine Ecology* **13**, 21-28

377 Martínez-Rendis, A., Acosta González, G., Hernández-Stefanoni, J. L., and Arias-
378 González, J. E. (2015). Quantifying the reefscape transformation of a coastal
379 Caribbean coral reef during a phase shift and the associated coastal landscape
380 change. *Marine Ecology* **37**, 697-710.

381 Mayer, A. M. S., Jacobson, P. B., Fenical, W., Jacobs, R. S., and Glaser, K. B.
382 (1998). Pharmacological characterization of the pseudopterins: Novel anti-
383 inflammatory natural products isolated from the Caribbean soft coral,
384 *Pseudopterogorgia elisabethae*. *Life Sciences* **62**, PL401-PL407.

385 McField, M. D., and Kramer, P. R. (2005). The Healthy Mesoamerican Reef
386 Ecosystem Initiative: a conceptual framework for evaluating reef ecosystem
387 health. ' Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa,
388 Japan. 28 June-2 July 2004'. pp. 1118-1123 (Healthy reefs:Okinawa.)

389 Molloy, P. P., Evanson, M., Nellas, A. C., Rist, J. L., Marcus, J. E., Koldewey, H. J.,
390 and Vincent, A. C. J. (2013). How much sampling does it take to detect
391 trends in coral-reef habitat using photoquadrat surveys? *Aquatic*
392 *Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **23**, 820-837.

393 Morgan, L. E., Tsao, C. F., and Guinotte, J. M. (2006). ' Status of Deep Sea Corals
394 in US Waters with Recommendations for their Conservation and
395 Management.' 1st Edn. (Marine Conservation Biology Institute: Bellevue.)

396 Muhling, B. A., Smith, R. H., Vásquez-Yeomans, L., Lamkin, J. T., Johns, E. M.,

397 Carrillo, L., Sosa-Cordero, E., and Malca, E. (2013). Larval fish assemblages
398 and mesoscale oceanographic structure along the Mesoamerican Barrier Reef
399 System. *Fisheries Oceanography* **22**, 409-428.

400 Muzik, K. M. (1982). Octocorallia (Cnidaria) from Carrie Bow Cay, Belize.
401 *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* **12**, 303-310.

402 Opresko, D. M. (1973). Abundance and distribution of shallow-water gorgonians in
403 the area of Miami, Florida. *Bulletin of Marine Science* **23**, 535-558.

404 Pawlik, J. R., and Loh, T. L. (2016). Biogeographical homogeneity of Caribbean
405 coral reef benthos. *Journal of Biogeography* **44**, 960-962.

406 Perevochtchikova, M., and Oggioni, J. (2014). Global and Mexican analytical
407 review of the state of the art on ecosystem and environmental services: A
408 geographical approach. *Investigaciones Geográficas* **85**, 47-65.

409 Pérez-Angulo, A., and De La Nuez-Hernández D. (2011). Composición y estructura
410 de la comunidad de octocorales en los bajos de Sancho Pardo, Arrecife De
411 Los Colorados, Cuba. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* **3**, 127-138.

412 Preston, E. M., and Preston, J. L. (1975). Ecological structure in a West Indian
413 gorgonian fauna. *Bulletin of Marine Science* **25**, 248-258

414 Quesada, V. F., Jiménez, A. C., Díaz, J. E. H., Hoeflich, E. E., and Carbonell, D. G.
415 (2004) Programa de manejo Parque Nacional, Arrecifes de Xcalak. National
416 Protected Areas Commission, México.

417 R Core Team. (2013). 'R: A language and environment for statistical computing.'

- 418 1st Edn. (R Foundation for Statistical Computing: Vienna).
- 419 Rada, M., and Ruiz, L. (2004). Octocorales de la isla de La Blanquilla,
420 Dependencias Federales, Venezuela. Memoria de la Fundación *La Salle de*
421 *Ciencias Naturales* **157**, 31-52.
- 422 Rässler, S., Rubin, D., and Zell, E. (2013). Imputation. Wiley Interdisciplinary
423 Reviews: *Computational Statistics* **5**, 20-29.
- 424 Rodríguez, A. D., and Cóbar, O. M. (1995). The briarellins, new eunicellin-based
425 diterpenoids from a Caribbean gorgonian, *Briareum asbestinum*.
426 *Tetrahedron* **51**, 6869-6880.
- 427 Rougerie, F., Fichez, R., and Déjardin, P. (1997). Geomorphology and hydrogeology
428 of selected islands of French Polynesia: Tikehau (Atoll) and Tahiti (Barrier
429 reef). In: 'Geology and Hydrogeology of Carbonate Islands. Developments
430 in Sedimentology 54'. (Eds H. L. Vacher, and T. Quinn.) pp. 475-502.
431 (Elsevier Science: Florida, USA)
- 432 Sánchez, J. A. (2009). Systematics of the candelabrum gorgonian corals (*Eunicea*
433 Lamouroux; Plexauridae; Octocorallia; Cnidaria). *Zoological Journal of the*
434 *Linnean Society* **157**, 237-263.
- 435 Šigut, M., Šigutová, H., Pyszko, P., Aleš, D., Drozdová, M., and Drozd, P. (2017)
436 Avoiding erroneous citations in ecological research: read before you apply.
437 *Oikos* **126**, 1-10.
- 438 Sorokin Y. (1995). 'Coral reef ecology. Ecological studies 102'. 2nd Edn. (Springer:

439 Berlin, DE.).

440 Wilkinson C (2008) Status of Coral Reefs of the World: 2008. Status Coral Reefs
441 World 2008 5-19.

442 Williams, S. M., Chollett, I., Roff, G., Cortés, J., Dryden, C. S., and Mumby, P. J.
443 (2015). Hierarchical spatial patterns in Caribbean reef benthic assemblages.
444 *Journal of Biogeography* **42**,1327-1335.

445 Yoshioka, P. M., Yoshioka, B. B. (1987) Variable effects of hurricane David on the
446 shallow water gorgonians of Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science* **40**,132-
447 144.

448

449

450

451

452

453

454

455

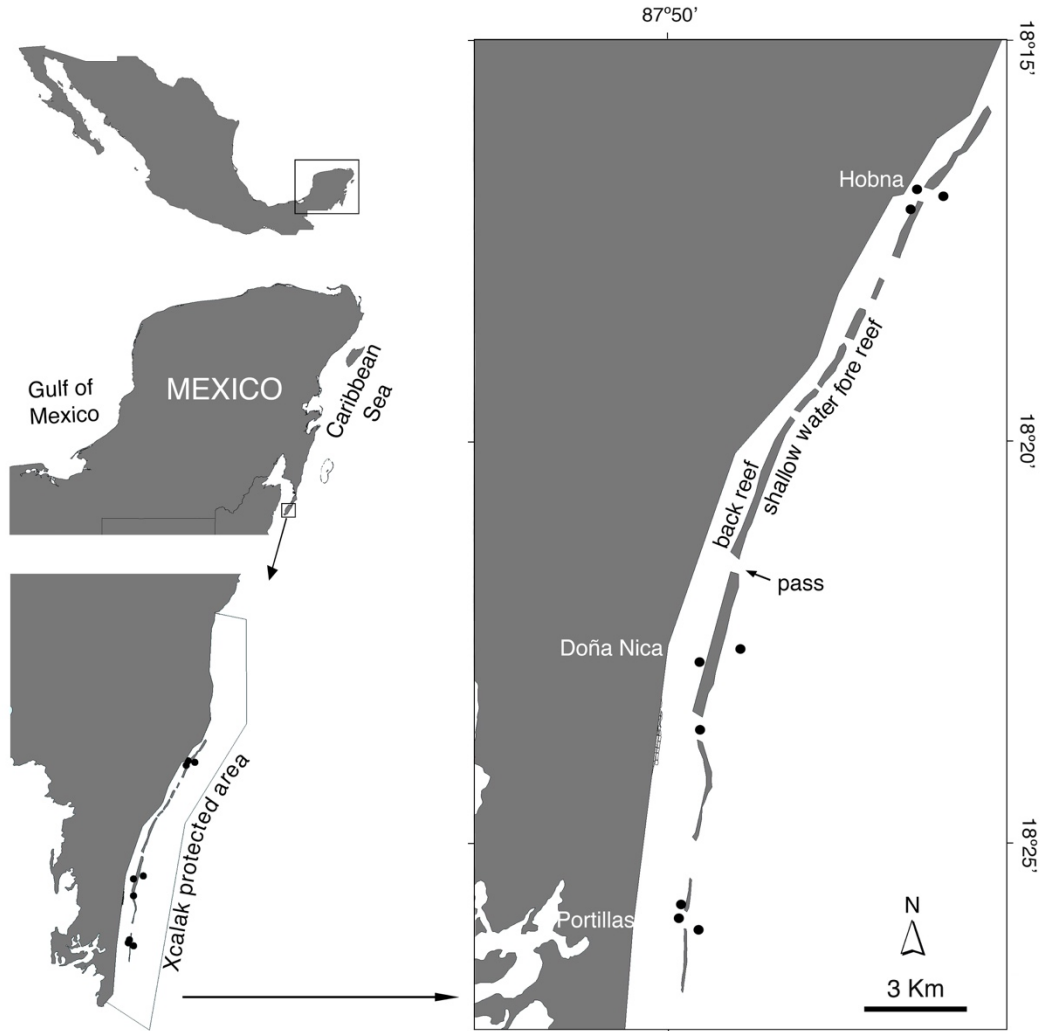
456

457

458

459 **FIGURES**

460



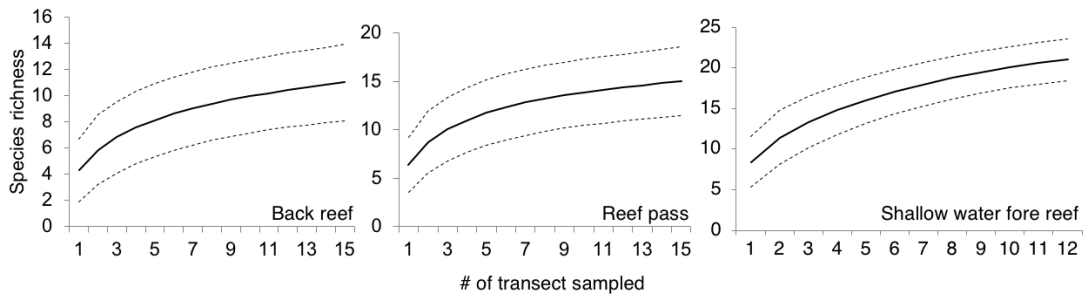
461

462 Figure 1. Geographical position and sampling localities (Hobna, Doña Nica and Portillas) in

463 Xcalak protected area, and the location of their three reef zones in relation to the fringing

464 reef morphology.

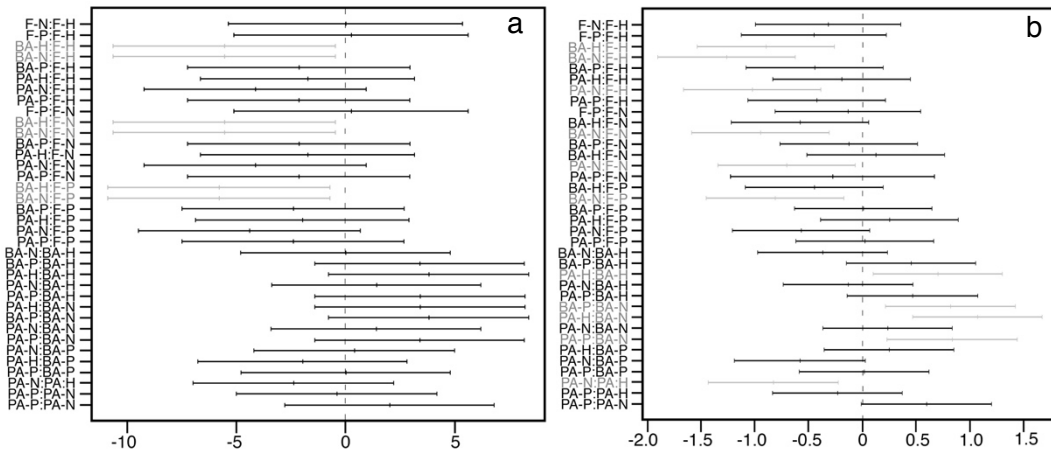
465



466

467 Figure 2. Rarefaction curves based on sampling effort (number of transects, continuous
 468 line), for the gorgonian community in Xcalak Reefs Marine Park. Dashed lines represent
 469 99% confidence intervals.

470



471

472 Figure 3. Tukey tests results, significate differences in grey ($\alpha=0.01$). a Reef zones richness
 473 analysis; b Shannon-Wiener diversity index (H') differences by locality. Abbreviations
 474 formed by reef zone and locality. Comparisons between factors denoted by colons (:).
 475 F=Front, PA=Pass, BA=Back, P=Portillas, N=Doña Nica, H=Hobna.

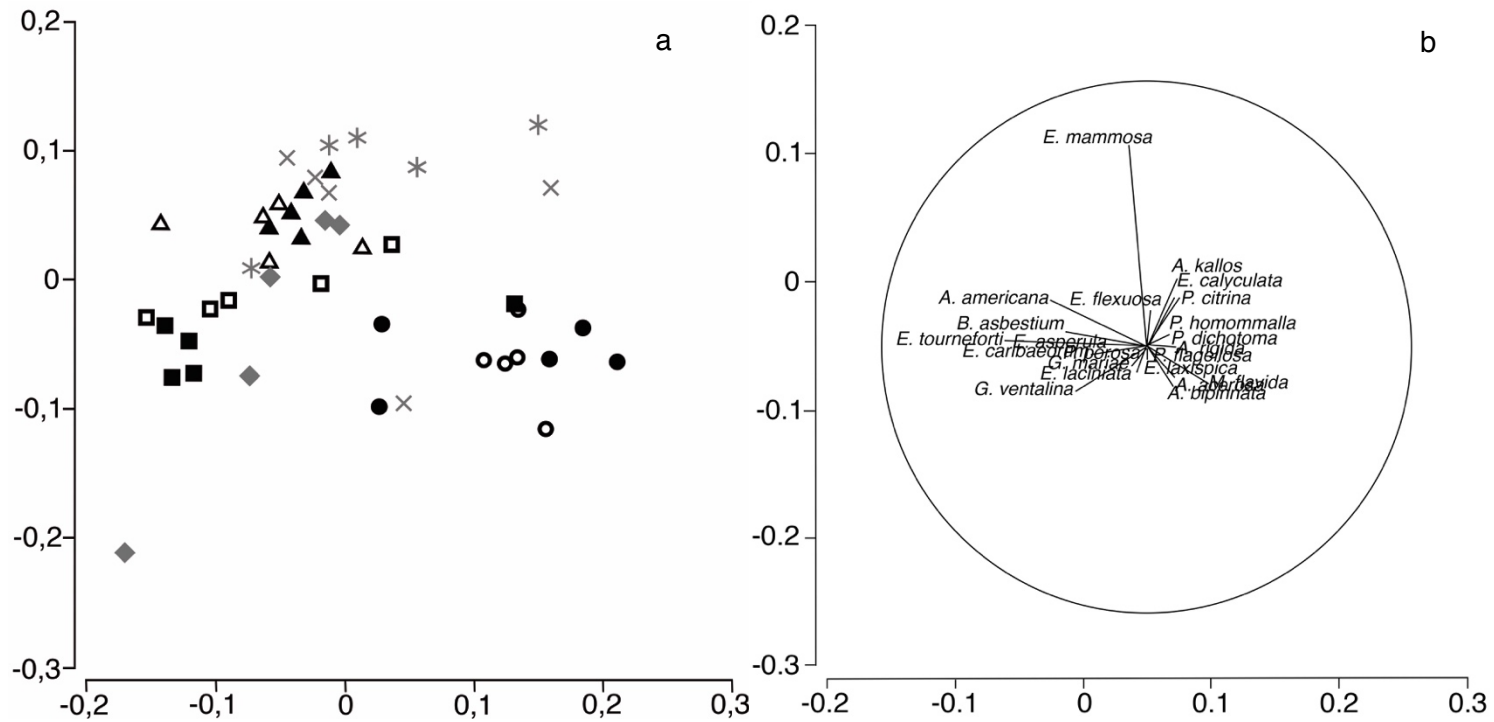


Figure 4. a Canonical analysis of principal coordinates ordination plot showing the spatial differences between localities (N-BA ■, N-PA ◆, N-F □, H-BA ●, H-PA *, H-F ○, P-BA ▲, P-PA ×, P-F △); F=Front, PA=Pass, BA=Back, P=Portillas, N=Doña Nica, H=Hobna. b Multiple correlation of gorgonian abundances with CAP axes, represented by superimposed vectors.

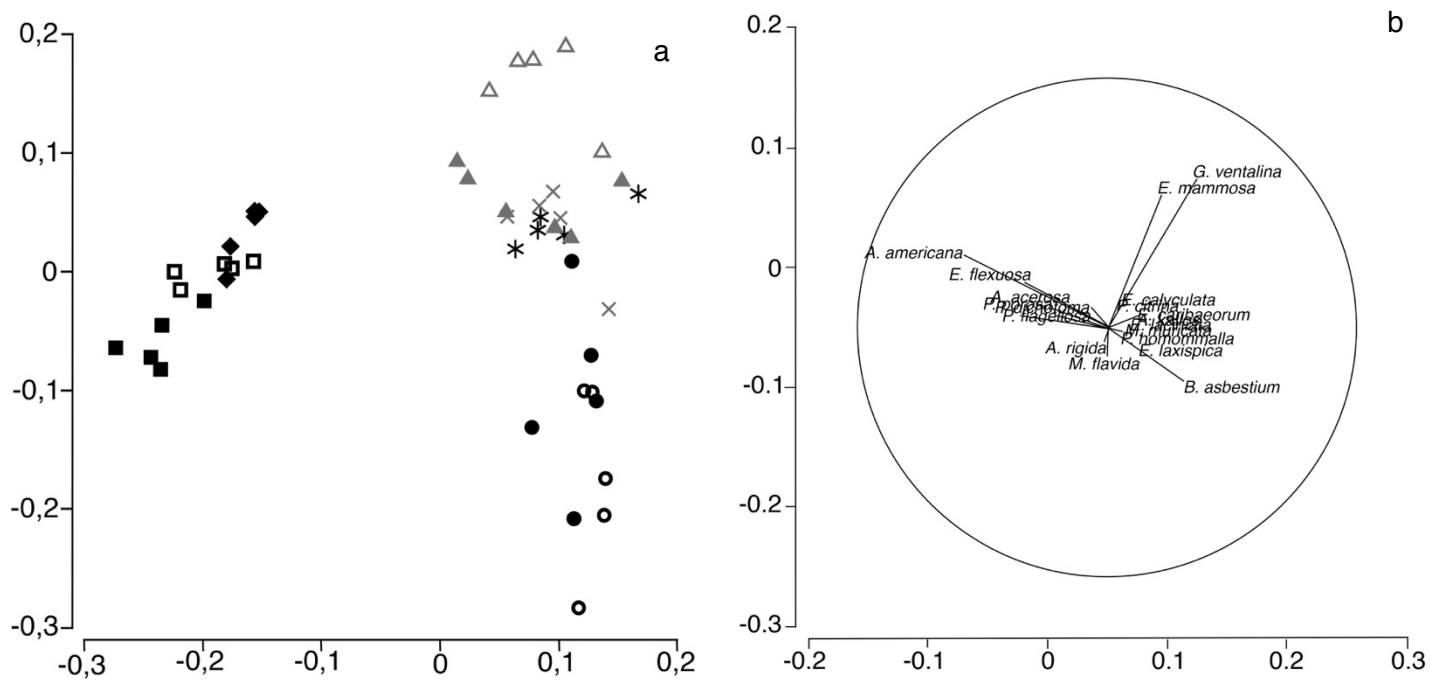


Figure 5. Canonical analysis of principal coordinates ordination plot showing the spatial differences of gorgonian community between reef zones (BA-H ●, BA-N ○, BA-P *, PA-H ▲, PA-N △, PA-P ×, F-H ■, F-N □, F-P ◆); F=Front, PA=Pass, BA=Back, P=Portillas, N=Doña Nica, H=Hobna. b Multiple correlation of gorgonian abundances with CAP axes, represented by vectors (not superimposed but parallel to CAP for more clarity).

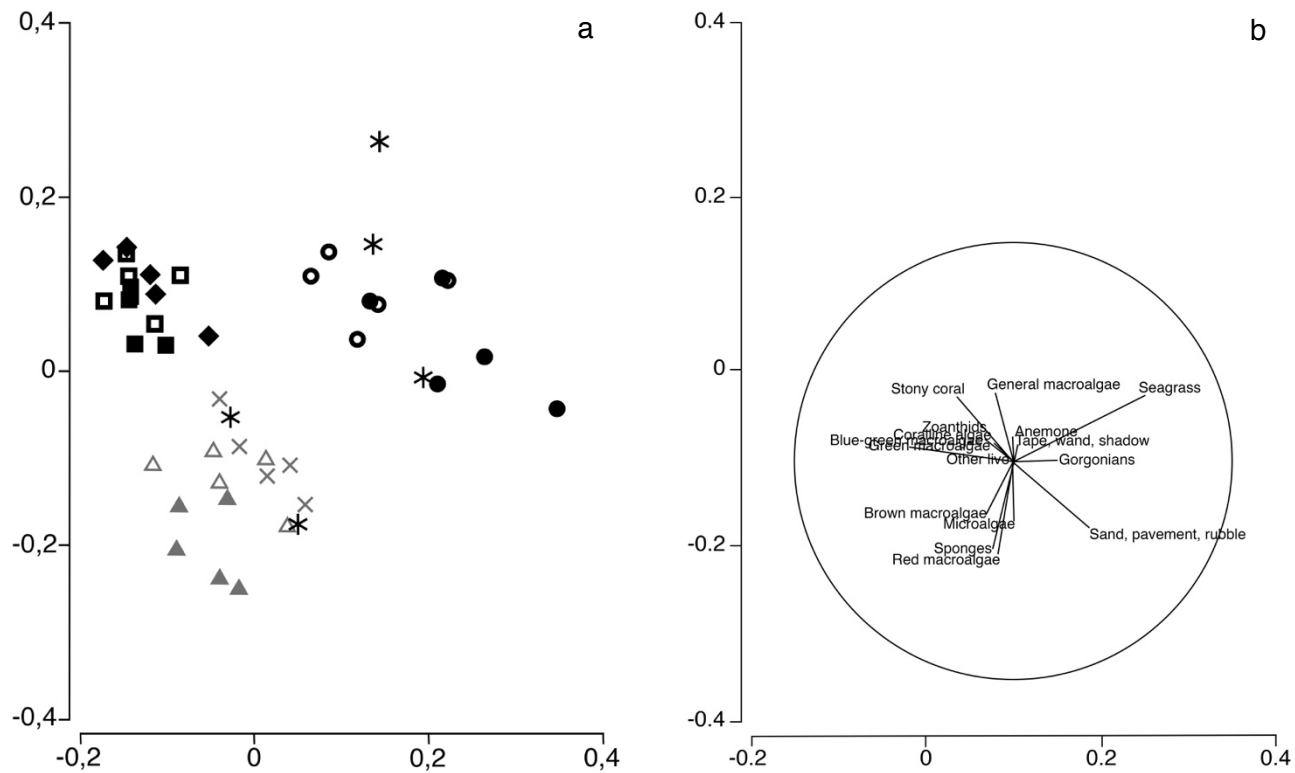


Figure 6. Canonical analysis of principal coordinates ordination plot showing the spatial differences in benthic community between reef zones (BA-H ●, BA-N ○, BA-P *, PA-H ▲, PA-N △, PA-P ×, F-H ■, F-N □, F-P ◆); F=Front, PA=Pass, BA=Back, P=Portillas, N=Doña Nica, H=Hobna. b Multiple correlation of benthic cover with CAP axes, represented by vectors (not superimposed but parallel to CAP for more clarity)

CONCLUSIONES

Al igual que en otras regiones del Caribe mexicano, los arrecifes de Xcalak poseen grandes extensiones dominadas por gorgonias. No obstante, la dominancia de ciertos géneros e incluso especies está directamente relacionada con el tipo de sustrato y la hidrodinámica de cada zona. Dentro de la laguna y en los sustratos arenosos, las especies del género *Pterogorgia* suelen ser las mejor adaptadas para sobrevivir a este tipo de ambientes, mientras que *B. asbestinum* obtuvo sus mayores abundancias en el arrecife posterior donde el oleaje es menos intenso y abunda la pedacería de coral muerto. En contraste, los ambientes de alto dinamismo hídrico como los canales, fueron dominados por *G. ventalina*; mientras que en los frentes arrecifales, donde la intensidad de oleaje se ve atenuada por la profundidad presentó amplios jardines de *Antillogorgia*, siendo la especie *A. americana* una de las más importantes en esta región.

El frente arrecifal fue la zona con mayor riqueza, posiblemente por ser un ambiente menos severo que los canales (oleaje intenso y constante), el arrecife posterior o la laguna arrecifal (cambios bruscos de salinidad y temperatura).

Los gorgonáceos, al igual que la comunidad béntica, mostraron similitudes con los estudios en otras regiones del Caribe mexicano. No obstante, a diferencia de otras regiones, en Xcalak la especie *G. ventalina* dominó en el ambiente de los quebrados, mientras que en la porción centro-norte de la península de Yucatán otra especie del mismo género, *G. flabellum*, ha sido reportada como la especie más abundante. Dichas diferencias pueden estar asociadas a patrones de distribución natural de las especies, o a cambios en la dominancia de las mismas puesto que no existen trabajos recientes que aporten información sobre el estado actual de los gorgonáceos del Caribe mexicano.

Eunicea asperula ha sido reportada en el Golfo de México, sin embargo, representa un nuevo registro para la región del Caribe mexicano puesto que los reportes anteriores provienen de citas erróneas en trabajos que incluyen el Caribe y Golfo de México. Su baja abundancia y ausencia en el norte y centro de la península, pueden deberse a la

dificultad en la diferenciación de *E. asperula* y *E. tourneforti*, especie con la que comparte una gran similitud morfológica.

De acuerdo con la composición del bentos y los gorgonáceos, las tres zonas arrecifales evaluadas en este trabajo estuvieron bien delimitadas; no obstante, las localidades muestran cierto traslape asociado a la presencia de ciertas especies como *E. mammosa*, especie que presentó altas abundancias tanto en los canales como en el arrecife posterior.

La riqueza reportada en Xcalak fue menor que en otros sitios; sin embargo, la estructura arrecifal es muy particular en relación con la del centro y norte del Caribe mexicano. Una característica importante es la baja influencia de la corriente Caimanes en Xcalak dada su posición geográfica, pues dicha corriente choca con la península en la región de banco Chinchorro (convirtiéndose en la Corriente de Yucatán), aportando poco dinamismo a la porción sur de su giro.

Por otra parte, el análisis taxonómico realizado con las especies de gorgonáceos de Xcalak muestra la falta de una revisión profunda de ciertos géneros como *Antillologorgia* o *Plexaura* puesto que existe un gran traslape en la morfología externa e interna (escleritas) de sus especies nominales (ej: *Plexaura dichotoma* y *Plexaura fusifera*). En algunos casos la similitud entre especies es tanta y la falta de caracteres que ayude a la diferenciación tan evidente, que se ha optado por identificarlas como complejos (ej: *dichotoma-fusifera*).

El estudio de la fauna octocoralina en el Caribe mexicano es escasa, siendo la región sur la que cuenta con menor atención. El presente trabajo se restringió a tres zonas arrecifales, pero se requiere mayor investigación en la región del frente arrecifal profundo para evaluar la estructura comunitaria en esta zona, además de un exhaustivo reconocimiento de especies raras no recolectadas en este trabajo.

Los arrecifes de coral han recibido un creciente interés debido a los importantes cambios ecológicos producto de las actividades humanas. Los gorgonáceos son una importante referencia de la salud ecosistémica arrecifal y el constante monitoreo de sus

comunidades puede proveer información indispensable para su cuidado y conservación. Este trabajo comprende el primer esfuerzo para conocer la fauna octocoralina de la region de Xcalak, proveyendo información actualizada y de alta certidumbre taxonómica de las especies encontradas, así como su distribución en las zonas arrecifales; contribuyendo al conocimiento de los gorgonáceos y de la fauna en general del Caribe Mexicano.

LITERATURA CITADA

Alcolado PM. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos. Cuba: Editora de la Academia de Ciencias de Cuba.

Alcolado PM, García-Parrado P, Hernández-Muñoz D. 2008. Estructura y composición de las comunidades de gorgonias de los arrecifes del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba: Conectividad y factores determinantes. Bol Investig Mar Cost 37:11-29.

Alderslade P. 2001. Six new genera and six new species of soft coral, and some proposed familial and subfamilial changes within the Alcyonacea (Coelenterata: Octocorallia). Bull Biol Soc Wash 10:15-65.

Alderslade P, McFadden CS. 2007. Pinnule-less polyps: A new genus and new species of Indo-Pacific Clavulariidae and validation of the soft coral genus *Acrossota* and the family Acrossotidae (Coelenterata: Octocorallia). Zootaxa 44:27-44.

Barsby T, Kubanek J. 2005. Isolation and structure elucidation of feeding deterrent diterpenoids from the sea pansy, *Renilla reniformis*. J Nat Prod 68:511-516.

Bayer FM. 1952. New western Atlantic records of octocorals (Coelenterata: Anthozoa), with descriptions of three new species. J Wash Acad Sci 42:183-189.

Bayer FM. 1954. Anthozoa: Alcyonaria. Fish Bull Fish Wildl Serv 89:279-284.

Bayer FM. 1959. Octocorals from Surinam and the adjacent coasts of south America. Stud Fauna Suriname Other Guyanas 6:1-43.

Bayer FM. 1961. The shallow-water octocorallia of the west indian region: A manual for marine biologists. Stud Fauna Curaçao other Caribb Isl 55:1-373.

Bayer FM. 1981. Key to the genera of Octocorallia exclusive of Pennatulacea (Coelenterata: Anthozoa), with diagnoses of new taxa. P Biol Soc Wash 94:902-947.

Botero L. 1987. Zonación de octocorales en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, costa Caribe Colombiano. An Inst Inv Mar Punta Betin 17:61-80.

Breedy O, Calvo A. 2000. La creación de léxico científico: Terminología aplicada a la subclase: Octocorallia (Anthozoa: Cnidaria). Filol Ling 36:81-89.

Breedy O, Guzmán HM. 2002. A revision of the genus *Pacifigorgia* (Coelenterata: Octocorallia: Gorgoniidae). P Biol Soc Wash 115:782-839.

Cairns SD. 1977. Guide to the Commoner Shallow-water Gorgonians (sea whips, sea feathers and sea fans) of Florida, the Gulf of Mexico, and the Caribbean Region. Florida: University of Miami Sea Grant Program.

Cairns SD, Bayer FM. 2009. Octocorallia (Cnidaria) of the Gulf of Mexico. En: Felder D, Camp D. eds. Gulf of Mexico—Origins, waters, and biota. Volume 1: Biodiversity. Texas: Texas A&M University Press, College Station, p. 321-331.

Carballo-Guerrero D. 2011. Taxocenosis de octocorales del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano [Tesis de Maestría]. Universidad Veracruzana 91 p.

Carrillo L, Johns EM, Smith RH, Lamkin JT, Largier JL. 2015. Pathways and hydrography in the mesoamerican barrier reef system, part 1: Circulation. Cont Shelf Res 109:164-176.

Chamberlain CK. 1966. Some Octocorallia of Isla de Lobos, Veracruz, Mexico. Brigham Young U Stud 13:47-53.

Daly M, Brugler MR, Cartwright P, Collins AG, Dawson MN, Fautin DG, France SC, Mcfadden CS, Opresko DM, Rodriguez E, Romano SL, Stake JL. 2007. The Phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa* 182:127-182.

Deichmann E. 1936. The alcyonaria of the western part of the Atlantic ocean. *Mem Mus Comp Zool Harv Coll* 53:1-317.

DiMego GJ, Bosart LF, Endersen GW. 1976. An examination of the frequency and mean conditions surrounding frontal incursions into the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Mon Weather Rev* 104:709-718.

Fabricius KE, Death G, Noonan S, Uthicke S. 2014. Ecological effects of ocean acidification and habitat complexity on reef-associated macroinvertebrate communities. *Ecological effects of ocean acidification and habitat complexity on reef-associated macroinvertebrate communities. Proc R Soc B* 281:20132479.

Goldberg WM. 1973. The ecology of the coral-octocoral communities off the southeast Florida coast: Geomorphology, species composition, and zonation. *B Mar Sci* 23:465-488.

Guo YW, Gavagnin M, Mollo E, Trivellone E, Cimino G. 1999. Three new butenolide lipids from the Caribbean gorgonian *Pterogorgia anceps*. *J Nat Prod* 62:1194-1196.

Gutiérrez D, García G, Pérez M, Loreto R. 2005. Caracterización de los arrecifes coralinos del Sur de Quintana Roo, México. *Sian Ka'an J* 6:1-32

Harvell CD, Mitchell C, Jessica RW, Sonia A, Andrew PD, Ostfeld R, Michael DS. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296:2158-2162.

Hernández-Muñoz D, Alcolado PM, Hernández-González M. 2008. Efecto de un emisario submarino de aguas «residuales» urbanas sobre comunidades de octocorales (Octocorallia: Alcyonacea) en Cuba. *Rev Biol Trop* 56:65-75.

Jackson JBC, Donovan MK, Cramer KL, Lam V, Lam W. 2014. Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012. Washington: Global Coral Reef Monitoring Network.

Jordán-Dahlgren E. 1979a. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *An Inst Cienc Mar Limnol UNAM* 6:69-86.

Jordán-Dahlgren E. 1979b. An analysis of gorgonian community in a reef calcareous platform on the Caribbean Coast of Mexico. *An Inst Cienc Mar Limnol UNAM* 6:87-96.

Jordán-Dahlgren E. 1987. Chinchorro: Morphology and composition of a Caribbean Atoll. *Atoll Res Bull* 310:1-20.

Jordán-Dahlgren E. 1989. Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs. *Bull Mar Sci* 45:678-696.

Jordán-Dahlgren E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano. *Rev Soc Mex Hist Nat* 44:157-175.

Jordán-Dahlgren E. 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: Evidence of sporadic ecological connectivity. *Coral Reefs* 21:205-215.

Jordán-Dahlgren E, Rodríguez-Martínez RE. 2003. The Atlantic coral reefs of México. En: Cortéz J. ed. *Latin american coral reefs*. Amsterdam: Elsevier Science, p. 131-158.

Joseph EO, Carlo JM, Lasker HR. 2014. Plasticity and conservatism in sclerites of a Caribbean octocoral. *Hydrobiologia* 759:109-118.

Keith DE. 1992. Shallow-water gorgonians (Octocorallia) of Rotan, Honduras. *Bull Mar Sci* 50:212-226.

Kelly MW, Hofmann GE. 2013. Adaptation and the physiology of ocean acidification. *Funct Ecol* 27:980-990.

Kim K, Harvell CD, Kim PD, Smith GW, Merkel SM. 2000. Fungal disease resistance of Caribbean sea fan corals (*Gorgonia* spp.). *Mar Biol* 136:259-267.

Kinzie RA. 1970. The ecology of the gorgonians (Cnidaria, Octocorallia) of Discovery Bay, Jamaica. [Tesis de Doctorado] Yale University, 107 p.

Kocurko M. 1987. Shallow-water Octocorallia and related submarine lithification, San Andres Island, Colombia. *Tex J Sci* 39:349-365.

Kükenthal W. 1916. Die Gorgonarien Westindiens. Kap. 1, Die Scleraxonier; 2, Über den Venusfacher; 3, die Gattung *Xiphigorgia* H.M. Edw. *Zool Jahrb* 11:443-504.

Lasker HR, Coffroth MA. 1983. Octocoral distributions at Carrie Bow Cay, Belize. *Mar Ecol* 13:21-28.

Lewis JC, Von Wallis E. 1991. The function of surface sclerites in gorgonians (Coelenterata, Octocorallia). *Biol Bull* 181:275-288.

López-González PJ, Williams GC. 2011. A new deep-sea pennatulacean (Anthozoa: Octocorallia: Chunellidae) from the Porcupine abyssal plain (NE Atlantic). *Helgol Mar Res* 65:309-318.

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

Martínez-Rendis A, Acosta-González G, Hernández-Stefanoni JL, Arias-González JE. 2015. Quantifying the reefscape transformation of a coastal Caribbean coral reef during a phase shift and the associated coastal landscape change. *Mar Ecol* 37:697-710.

Mayer AMS, Jacobson PB, Fenical W, Jacobs RS, Glaser KB. 1998. Pharmacological characterization of the pseudopterosins: Novel anti-inflammatory natural products isolated from the Caribbean soft coral, *Pseudopterogorgia elisabethae*. *Life Sci* 62:PL401-PL407.

McFadden CS, France SC, Sánchez JA, Alderslade P. 2006. A molecular phylogenetic analysis of the Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) based on mitochondrial protein-coding sequences. *Mol Phylogenet Evol* 41:513-27.

McFadden CS, Sánchez JA, France SC. 2010. Molecular phylogenetic insights into the evolution of Octocorallia: A review. *Integr Comp Biol* 50:389-410.

Molloy PP, Evanson M, Nellas AC, Rist JL, Marcus JE, Koldewey HJ, Vincent ACJ. 2013. How much sampling does it take to detect trends in coral-reef habitat using photoquadrat surveys?. *Aquat Conserv* 23:820-837.

Morgan LE, Tsao CF, Guinotte JM. 2006. Status of deep sea corals in US waters, with recommendations for their conservation and management. Bellevue: Marine Conservation Biology Institute.

Muzik KM. 1982. Octocorallia (Cnidaria) from Carrie Bow Cay, Belize. *Smithson. Contrib Mar Sci* 12:303-310.

Nelson TJ, Stinnett TL, Tunnel JW. 1988. Quantitative assessment of an unusually dense octocoral community in the southwestern Gulf of Mexico. P 6th Int Coral Reef Symp Aust 2:791-796.

Opresko DM. 1973. Abundance and distribution of shallow-water gorgonians in the area of Miami, Florida. *Bull Mar Sci* 23:535-558.

Preston EM, Preston JL. 1975. Ecological structure in a west indian gorgonian fauna. *Bull Mar Sci* 25:248-258.

Rees JT. 1972. The effect of current on growth-form in an octocoral. *J Exp Mar Biol Ecol* 10:115-123.

Rezak R, Bright T, McGrail DW. 1985. Reefs and banks of the northwestern Gulf of Mexico: Their geological, biological, and physical dynamics. New York: John Wiley and Sons.

Rodríguez AD, Cobar OM. 1995. The briarellins, new eunicellin-based diterpenoids from a Caribbean gorgonian, *Briareum asbestinum*. *Tetrahedron* 51:6869-6880.

Ruiz L, Rada M. 2006. Octocorales de las aguas profundas del oriente de Venezuela.

Invest Mar 34:71-79.

Sánchez JA. 2007. A new genus of Atlantic octocorals (Octocorallia: Gorgoniidae): systematics of gorgoniids with asymmetric sclerites. *J Nat Hist* 41:493-509.

Sánchez JA, Wirshing HH. 2005. A field key to the identification of tropical Western Atlantic zooxanthellate octocorals (Octocorallia: Cnidaria). *Caribb J Sci* 41:508-522.

Tortora LT, Keith D. 1980. Octocorallia of the Swan Islands, Honduras. *Caribb J Sci* 15:87-93.

Tunnell J, Nelson T. 1989. A high density-low diversity octocoral community in the southwestern Gulf of Mexico. *Am Acad Underw Sci* 34:325-336.

Verrill AE. 1864a. List of the polyps and corals sent by the Museum of Comparative Zoology to other institutions in exchange, with annotations. *Bull Mus Comp Zoöl* 1:29-60.

Verrill AE. 1864b. Revision of the polypi of the Eastern coast of the United States. *Mem Boston Soc Nat Hist* 1:1-45, pl. 1.

Verrill AE. 1868. Notice of the corals and echinoderms collected by Prof. C. F. Hartt, at the Albrolos Reefs, Province of Bahia, Brazil, 1867. *Trans. Connect Acad Arts Sci* 1:351-371.

Verrill AE. 1869. Critical remarks on halcyonoid polyps in the Museum of Yale College, with descriptions of new genera. *Amer J Sci Arts* 2:419-429.

Verrill AE. 1870. Contributions to zoology from the Museum of Yale College. Descriptions of New Corals. *Amer J Sci Arts* 2:370-375.

Verrill AE. 1872. Brief contributions to Zoology from the Museum of Yale College. 221. On Radiata from the coast of North Carolina. *Amer J Sci Arts* 3:134-138.

Verrill AE. 1912. The gorgonians of the Brazilian coast. *J Acad Nat Sci Phila* 2:373-404.

Williams GC, Cairns SD. 2016. Octocoral Research Center. Systematic list of valid

octocoral genera. :1. [consultado 2017 Diciembre 1].

<http://researcharchive.calacademy.org/research/izg/OctoClass.htm>.

Williams GC, Chen JY. 2012. Resurrection of the octocorallian genus *Antillogorgia* for Caribbean species previously assigned to *Pseudopterogorgia*, and a taxonomic assessment of the relationship of these genera with *Leptogorgia* (Cnidaria, Anthozoa, Gorgoniidae). *Zootaxa* 3505:39-52.

Wirshing HH, Baker AC. 2015. Molecular and morphological species boundaries in the gorgonian octocoral genus *Pterogorgia* (Octocorallia: Gorgoniidae). *PLoS One* e0133517

ANEXOS

Anexo I. Especies de gorgonias distribuidas en Xcalak.

	Nombre común
ALCYONACEA	
SCLERAXONIA	
BRIAREIDAE	
<i>Briareum asbestinum</i> (Pallas, 1766)	Dedo de mar de corcho
ANTHOTHELIDAE	
<i>Erythropodium caribaeorum</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)	Gorgonia incrustante
HOLAXONIA	
PLEXAURIDAE	
<i>Eunicea asperula</i> Duchassaing & Michelotti, 1860	Candelabro nudoso
<i>Eunicea calyculata</i> (Ellis & Solander, 1786)	Vara de mar verrugosa
<i>Eunicea flexuosa</i> (Lamouroux, 1821)	Vara de mar doblada
<i>Eunicea fusca</i> Duchassaing & Michelotti, 1860	Vara de mar rosquilla
<i>Eunicea laciniata</i> Duchassaing & Michelotti, 1860	Coral salchicha negra
<i>Eunicea laxipica</i> (Lamarck, 1816)	Candelabro tubo-perilla
<i>Eunicea mammosa</i> Lamouroux, 1816	Candelabro perilla hinchada
<i>Eunicea succinea</i> (Pallas, 1766)	Vara de mar nudo de estantería
<i>Eunicea tourneforti</i> Milne Edwards & Haime, 1857	Eunicea de Tournefort
<i>Muricea muricata</i> Lamouroux, 1821	Abanico de mar espinoso
<i>Muriceopsis flavida</i> Aurivillius, 1931	Pluma de mar de Lamarck
<i>Plexaura homomalla</i> (Esper, 1794)	Barra de mar negra
<i>Plexaurella dichotoma</i> (Esper, 1791)	Plexaurella bifurcada
<i>Plexaurella fusifera</i> Kunze, 1916	Plexaurella estriada
<i>Plexaurella nutans</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)	Plexaurella nudosa
<i>Pseudoplexaura flagellosa</i> (Houttuyn, 1772)	Plexaura látigo falso
<i>Pseudoplexaura porosa</i> (Houttuyn, 1772)	Barra de mar porosa
GORGONIIDAE	
<i>Antillogorgia acerosa</i> (Pallas, 1766)	Pluma de mar común
<i>Antillogorgia americana</i> (Gmelin, 1791)	Pluma de mar fangosa
<i>Antillogorgia bipinnata</i> (Verrill, 1864)	Pluma de mar bipinnada
<i>Antillogorgia kallos</i> (Bielschowky, 1918)	Pluma de mar de belleza
<i>Antillogorgia rigida</i> (Bielschowky, 1929)	Pluma de mar rígida
<i>Gorgonia flabellum</i> Linnaeus, 1758	Abanico de mar Venus
<i>Gorgonia mariae</i> Bayer, 1961	Abanico de mar de malla ancha
<i>Gorgonia ventalina</i> Linnaeus, 1758	Abanico de mar común
<i>Pterogorgia anceps</i> (Pallas, 1766)	Látigo de mar angular
<i>Pterogorgia citrina</i> (Esper, 1792)	Látigo de mar amarillo
<i>Pterogorgia guadalupensis</i> Duchassaing & Michelin, 1846	Látigo de mar hoja acanalada

Anexo II. Anotaciones taxonómicas de los gorgonáceos de Xcalak

Uno de los principales objetivos de esta tesis fue obtener una alta certidumbre taxonómica respecto a las especies registradas para la región de estudio, por lo que todas las muestras colectadas se compararon con el material de las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Instituto Smithsonian en Washington.

Las gorgonias han sido consideradas como un grupo problemático debido a la semejanza morfológica intra e interespecífica que dificultan su identificación. La deficiencia de documentos actualizados que faciliten la comparación y diagnóstico de las especies es uno de los principales obstáculos en la taxonomía de gorgonias de aguas someras. El único documento con información certera fue realizado por Bayer (1961), no obstante, carece de ilustraciones adecuadas e incluso de descripciones consistentes.

El género *Antillogorgia* es uno de los más importantes en el arrecife y cuenta con once especies nominales con amplia plasticidad morfológica asociada al tipo de ambiente en que se encuentren. En el presente trabajo se colectaron especímenes de diferentes especies de *Antillogorgia*, entre los que sobresalieron colonias pequeñas de *A. rigida* y *A. kallos*. Con el material bibliográfico disponible, estas colonias se identificaron como *Antillogorgia blanquillensis* (Stiasny 1941) y *Antillogorgia* sp. Al comparar dicho material con los especímenes tipo, se encontraron suficientes características para identificarlas como *A. rigida* y *A. kallos*. Particularmente, las especies *A. rigida* y *A. blanquillensis* son distinguibles por sus características morfológicas, siendo esta última de tallas pequeñas y ramificación muy dispersa, mientras que, *A. rigida* llega a alcanzar tallas de hasta 1m y sus ramificaciones suelen ser largas y cercanas en comparación con las de *A. blanquillensis*. En cambio, las escleritas suelen ser muy similares y se ha propuesto sinonimizarlas; sin embargo, se requiere una revisión profunda del género que permita redescubrir las especies y sus variantes morfológicas.

Por otra parte, se corroboró la presencia de *E. asperula* en el Caribe mexicano, especie que presentaba inconsistencias en los trabajos que la reportaban previamente (Jordán-Dahlgren, 1993). *Eunicea asperula* posee gran similitud morfológica con *E. tourneforti* y

es fácilmente confundible. La forma más precisa para distinguirla es a través de la morfología de las escleritas, que en el caso de *E. asperula* contienen numerosos cabrestantes multi-radiados, husos generalmente de 0.8 mm de largo y escleritas antocodiales formando una corona alrededor del pólipo. Mientras que *E. tourneforti* puede poseer una gran cantidad de escleritas esferoides, husos muy largos de hasta 1.5 mm, cabrestantes y husos con uno de sus lados folioso, y escleritas antocodiales sin arreglo particular. Sin embargo, algunas de las colonias pueden diferenciarse por la forma de los cálices (más pequeños en *E. asperula*) *in situ*.

El género *Plexaura* también presenta dificultades en la diferenciación de algunas de sus especies. Actualmente, *P. fusifera* ha sido considerada como sinónima de *P. dichotoma*; no obstante esta última suele poseer ramas anchas (8-15 mm, generalmente 12 mm) y los pólipos se distribuyen alejados unos de otros; mientras que en *P. fusifera*, la distancia entre pólipos es mayor y las ramas suelen ser más delgadas (7-10 mm, generalmente 9 mm). Las escleritas de *P. dichotoma* suelen poseer rayos más largos (0.2 mm) y mayor cantidad de tubérculos distribuidos muy juntos, mientras que en *P. fusifera* los radios son más cortos (0.15 mm) están más separados y suelen ser más pequeños. No obstante, su distinción en campo es complicada por lo que se han tomado como un complejo (*dichotoma-fusifera*).

Se descartó la presencia de *P. grandiflora* Verrill, 1912 al menos en la porción sur de la península de Yucatán (Gutiérrez et al 2005) debido a que no se encontró ninguna colonia que contara con las características morfológicas observadas en el material tipo y su distribución parece restringida a las costas de Brasil.

El principal objetivo de la estancia de investigación en las instalaciones del Smithsonian fue obtener alta certidumbre taxonómica en las identificaciones realizadas en este trabajo y comparar los registros de especies con los reportes realizados en estudios anteriores. Se identificaron 29 especies de las cuales dos son nuevos reportes para la región (*E. asperula* y *P. fusifera*) y 27 son registros corroborados. Aunado a esto, se descartó la presencia de *Plexaurella grandiflora* y se corrobora la dominancia de *G. ventalina* en la porción sur del Caribe mexicano.

Dos de las problemáticas más importantes en el estudio de gorgonáceos en México que dificultan realizar aproximaciones certeras de las especies y su distribución es la falta de trabajos taxonómicos y colecciones con material de referencia. Asimismo, algunas especies son muy similares externamente y solo es posible distinguirlas a partir de las escleritas. Todo el material colectado en este proyecto está bajo resguardo del laboratorio de Corales Pétreos, cuenta con alta certidumbre taxonómica y puede ser utilizado en futuras investigaciones relativas a la fauna octocoralina.

Finalmente, algunos géneros merecen una revisión exhaustiva que permita delimitar las especies, aportar mayor información sobre sus características morfológicas así como la incorporación de imágenes digitales que permitan evidenciar los caracteres distintivos y que sirvan de apoyo en la identificación de las mismas.

Anexo 3. Tabla III. Material revisado en el Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian

Species	USNM	<i>Antillogorgia rigida</i>	50215
<i>Antillogorgia acerosa</i>	8862	<i>Eunicea asperula</i>	87128
<i>Antillogorgia acerosa</i>	33617	<i>Eunicea asperula</i>	50753
<i>Antillogorgia acerosa</i>	59048	<i>Eunicea asperula</i>	1122633
<i>Antillogorgia albatrossea</i>	1122703	<i>Eunicea asperula</i>	50751
<i>Antillogorgia americana</i>	58998	<i>Eunicea calyculata</i>	50079
<i>Antillogorgia americana</i>	79470	<i>Eunicea calyculata</i>	83976
<i>Antillogorgia americana</i>	7540	<i>Eunicea calyculata</i>	50079
<i>Antillogorgia americana</i>	51890	<i>Eunicea clavigera</i>	50076
<i>Antillogorgia bipinnata</i>	50249	<i>Eunicea clavigera</i>	83996
<i>Antillogorgia bipinnata</i>	50239	<i>Eunicea flexuosa</i>	50738
<i>Antillogorgia bipinnata</i>	50216	<i>Eunicea flexuosa</i>	88810
<i>Antillogorgia blanquillensis</i>	5904	<i>Eunicea flexuosa</i>	97361
<i>Antillogorgia elisabethae</i>	1191139	<i>Eunicea fusca</i>	50677
<i>Antillogorgia elisabethae</i>	34679	<i>Eunicea fusca</i>	52414
<i>Antillogorgia hummelincki</i>	50203	<i>Eunicea fusca</i>	83600
<i>Antillogorgia hummelincki</i>	1122716	<i>Eunicea kighti</i>	50430
<i>Antillogorgia hummelincki</i>	1122713	<i>Eunicea kighti</i>	50733
<i>Antillogorgia kallos</i>	1191132	<i>Eunicea laciniata</i>	51459
<i>Antillogorgia rigida</i>	50209	<i>Eunicea laciniata</i>	51459
<i>Antillogorgia rigida</i>	50211	<i>Eunicea laciniata</i>	75132
<i>Antillogorgia rigida</i>	50209	<i>Eunicea laxispica</i>	42147

<i>Eunicea laxispica</i>	57994
<i>Eunicea mammosa</i>	50499
<i>Eunicea mammosa</i>	51752
<i>Eunicea mammosa</i>	59064
<i>Eunicea mammosa</i>	54232
<i>Eunicea succinea</i>	50317
<i>Eunicea succinea</i>	50326
<i>Eunicea succinea (plantigea)</i>	59158
<i>Eunicea succinea (plantigea)</i>	50317
<i>Eunicea tourneforti</i>	50368
<i>Eunicea tourneforti</i>	43143
<i>Eunicea tourneforti</i>	79383
<i>Gorgonia flabellum</i>	8860
<i>Gorgonia flabellum</i>	14365
<i>Gorgonia flabellum</i>	10851
<i>Gorgonia mariae</i>	51351
<i>Gorgonia ventalina</i>	52416
<i>Gorgonia ventalina</i>	50221
<i>Muricea atlantica</i>	49769
<i>Muricea atlantica</i>	14398
<i>Muricea atlantica</i>	49769
<i>Muricea elongata</i>	50246
<i>Muricea elongata</i>	8051
<i>Muricea laxa</i>	85989
<i>Muricea laxa</i>	16347
<i>Muricea laxa</i>	55827
<i>Muricea muricata</i>	50314
<i>Muricea muricata</i>	50313
<i>Muricea pendula</i>	61170
<i>Muricea pinnata</i>	54924
<i>Muricea pinnata</i>	7148
<i>Muriceopsis flavida</i>	50324
<i>Muriceopsis flavida</i>	50133
<i>Muriceopsis flavida</i>	50720

<i>Muriceopsis petila</i>	50382
<i>Muriceopsis sulphurea</i>	73403
<i>Muriceopsis vatricosa</i>	85257
<i>Plexaura grisea</i>	59044
<i>Plexaura grisea</i>	50534
<i>Plexaura homomalla</i>	56525
<i>Plexaura homomalla</i>	52428
<i>Plexaura homomalla</i>	51312
<i>Plexaura homomalla</i>	88778
<i>Plexaura kuna</i>	1122671
<i>Plexaura nina</i>	56543
<i>Plexaurella dichotoma</i>	50420
<i>Plexaurella dichotoma</i>	51446
<i>Plexaurella dichotoma</i>	52411
<i>Plexaurella fusilifera</i>	52409
<i>Plexaurella fusilifera</i>	50708
<i>Plexaurella fusilifera</i>	89276
<i>Plexaurella grandiflora</i>	73393
<i>Plexaurella nutans</i>	50322
<i>Plexaurella nutans</i>	8411
<i>Plexaurella obesa</i>	73400
<i>Plexaurella pumila</i>	5264
<i>Pseudoplexaura flagellosa</i>	84117
<i>Pseudoplexaura flagellosa</i>	49772
<i>Pseudoplexaura flagellosa</i>	49772
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	52407
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	59040
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	50927
<i>Pterogorgia anceps</i>	55687
<i>Pterogorgia anceps</i>	55685
<i>Pterogorgia citrina</i>	88799
<i>Pterogorgia guadalupensis</i>	85562
<i>Pterogorgia guadalupensis</i>	1113023