



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA
SISTEMÁTICA**

**LA CRIPTOFAUNA DE CRUSTÁCEOS COMO INDICADORA DEL
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE UN ARRECIFE**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

PRESENTA:

LUZ VERÓNICA MONROY VELÁZQUEZ

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DRA ELVA ESCOBAR BRIONES
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DR XAVIER CHIAPPA CARRARA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA
DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, UNAM, SISAL**

MÉXICO, Cd. Mx. NOVIEMBRE DE 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA
SISTEMÁTICA**

**LA CRIPTOFAUNA DE CRUSTÁCEOS COMO INDICADORA DEL
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE UN ARRECIFE**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

PRESENTA:

LUZ VERÓNICA MONROY VELÁZQUEZ

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DRA ELVA ESCOBAR BRIONES
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DR XAVIER CHIAPPA CARRARA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA
DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, UNAM, SISAL**

MÉXICO, Cd. Mx. NOVIEMBRE DE 2017.


Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 25 de septiembre de 2017, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS** de la alumna **MONROY VELÁZQUEZ LUZ VERÓNICA** con número de cuenta **89556861** con la tesis titulada: "**La criptofauna de crustáceos como indicadora del estado de conservación de un arrecife**", realizada bajo la dirección del **DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA**:

Presidente:	DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
Vocal:	DR. MANUEL ANTOLIN ORTÍZ TOUZET
Secretario:	DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES
Suplente:	DRA. BRIGITTA INE VAN TUSSENBROEK
Suplente	DR. FRANCISCO XAVIER CHIAPPA CARRARA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 8 de noviembre de 2017.


DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi formación profesional. Al personal del Posgrado, Dr. Martín García Varela, Rocío González Acosta.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el haberme otorgado la beca Número 84015, sin la cual no habría sido posible culminar esta importante etapa en mi vida.

Agradezco a mi comité tutor, por su asesoría, sus valiosos consejos y su apoyo, por conducir este trabajo y permitirme llegar al final:

Dr. Fernando Álvarez Noguera

Dra. Elva Escobar Briones

Dr. Francisco Xavier Chiappa Carrara

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por enriquecer mi vida, por ser el vínculo con la maravillosa gente que he conocido a lo largo de todos estos años.

Al Dr. Fernando Álvarez, por quien entré al hermoso y apasionante mundo de la criptofauna, de la que tanto aprendí.

De nueva cuenta a mi comité tutor, a la Dra. Elva Escobar Briones y Dr. Xavier Chiappa Carrara, por guiarme y enriquecer mi tesis con sus aportaciones.

A la Dra. Brigitta van Tussenbroek por partida triple: por animarme a entrar al doctorado, por abrir las puertas de su laboratorio en la UASA Puerto Morelos, donde me sumergí en el mundo de los peracáridos y por enriquecer mi tesis con sus valiosos comentarios. Gracias Brigit!

Al Dr. Manuel Ortiz y al Dr. Isaías Salgado, por aceptar formar parte de mi jurado, por sus comentarios y su contribución a la presente tesis.

A la M.C. Rosa E. Rodríguez Martínez de la UASA Puerto Morelos, por su asesoría y gran apoyo en los análisis estadísticos, por facilitar el mapa del área de estudio y el Índice de Salud Arrecifal, además de su bella amistad.

Al Biol. Betel Martínez Guerrero, por su ayuda en la identificación de decápodos.

A las chicas del laboratorio de Botánica Marina, Guadalupe Barba, Hazel Canizales e Isis Martínez.

A mis queridos amigos Natalia Ayala, Ámbar Maldonado, Socorro Sánchez, Marisol Pérez, Ruth Escamilla, Tony Peláez, Mario Guevara, Hilda Ríos y Valente Quintana.

A Alma Rosa Almaral, Leslie Cid, Alí Espinoza, Erika Mondragón, Gil Palmeros y todos los demás amigos portomorelenses, cancenenses y playenses que omito mencionar por cuestiones de espacio.

DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre Tomás Monroy Carballo, de mi abuelita Guadalupe Carballo y Diana Karina Monroy.

A mi madre, mi amada Romanita, por su amor y dedicación, por su gran fortaleza y por estar siempre pendiente a la distancia, con sus regaños, sus mimos.

A todos mis queridos y bellos hermanos, mis más grandes amigos, que han sido un baluarte en mi vida y un enorme apoyo. Los amo mucho!

A mis sobrinos, que también son como mis hijos: Vane, Meli, Jessy, Victor Manuel, Marco Antonio, Orlando, Nicole y Dianita.

A Charlize y Andrey, con mucho amor.

A mis primos, tíos y cuñados.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN GENERAL	15
Antecedentes	16
CAPÍTULO I ¿PUEDE LA CRIPTOFAUNA DESCRIBIR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ARRECIFE?	18
INTRODUCCIÓN	18
Planteamiento del problema	19
OBJETIVO GENERAL	20
Objetivos particulares	20
Hipótesis	20
MATERIAL Y MÉTODO	20
Área de estudio	20
Trabajo de campo	21
Trabajo de laboratorio	22
Análisis de datos	23
RESULTADOS	24
Superorden Peracarida	24
Superorden Decapoda	28
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIÓN	33
CAPÍTULO II COMPARACIÓN EN LA EFICIENCIA DE COLECTA: FRAGMENTOS CORALINOS VS COLECTORES ARTIFICIALES	34
INTRODUCCIÓN	34
Objetivos	35
Hipótesis	35
MATERIAL Y MÉTODO	36
Trabajo de laboratorio	36
Análisis de datos	37
RESULTADOS	37
Fragmentos coralinos vs. colectores artificiales	38
DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	45
CAPÍTULO III NUEVOS REGISTROS DE CRUSTÁCEOS ARRECIFALES EN EL CARIBE MEXICANO	46
INTRODUCCIÓN	46
MATERIAL Y MÉTODO	46
RESULTADOS	47

DISCUSIÓN	59
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN GENERAL	62
LITERATURA CITADA	65
APÉNDICE 1	84
Artículo 1. New Rrecords of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Mesoamerican reef at Puerto Morelos, Quintana Roo, México	95
Artículo 2. Taxonomic richness and abundance of cryptic peracarid crustaceans in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico	105

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Área de estudio	22
Figura 2. Diagramas de Venn con el número de especies de peracáridos únicos y compartidos por sitio y profundidad	25
Figura 3. Abundancia de peracáridos (individuos kg ⁻¹) por sitio y por profundidad	26
Figura 4. Heatmap indicando la abundancia relativa de las 12 especies más abundantes por sitio y profundidad	27
Figura 5. Abundancia relativa de peracáridos clasificados con el Grupo Ecológico EG = III de acuerdo al índice biótico AMBI	28
Figura 6. Abundancia de decápodos crípticos registrados por sitio y profundidad	29

CAPÍTULO II

Figura 1. Colector artificial elaborado con fragmentos coralinos	36
Figura 2. Número de especies por método de colecta	39
Figura 3. Diagrama de caja del número de especies únicas de fragmentos coralinos, únicas de colectores y compartidas	39
Figura 4. Número de especies por orden taxonómico obtenidos en fragmentos coralinos y colectores artificiales	40
Figura 5. Diagrama de caja del número de especies únicas en fragmentos, colectores y compartidas	41
Figura 6. Abundancia media por sitio de individuos por sitio de acuerdo al método	42

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. ANOVA de dos vías de la abundancia de peracáridos en fragmentos coralinos por sitio y profundidad	26
Tabla 2. ANOVA de dos vías de la abundancia de decápodos en fragmentos coralinos por sitio y profundidad	29

CAPÍTULO II

Tabla 1. Abundancia y riqueza específica de crustáceos por taxón, obtenidos de 17 colectores artificiales	37
Tabla 2. Riqueza taxonómica y abundancia de los peracáridos y decápodos presentes en fragmentos coralinos y en colectores artificiales	40
Tabla 3. ANOVA de la riqueza taxonómica (S) y número de individuos (N) respecto al método de colecta	41
CAPÍTULO III	
Tabla 1. Número de registros nuevos obtenidos de fragmentos coralinos y de colectores artificiales dentro del PNAPM	47
Tabla 2. Riqueza taxonómica de la fauna de peracáridos y decápodos en el Caribe mexicano y Mar Caribe	60
Tabla 3. Especies de decápodos por Provincia Zoogeográfica	61
Tabla Suplementaria 1. Índice de Salud Arrecifal (ISA) para los sitios Bocana, Bonanza y Jardines	85
Tabla Suplementaria 2. Grupos taxonómicos de peracáridos y decápodos asociados a fragmentos coralinos y colectores artificiales por sitio y profundidad	86
Tabla Suplementaria 3. Densidad media de especies de peracáridos incluidos en el índice Biotico ATZI (AMBI)	94

RESUMEN

Los crustáceos crípticos son un componente importante de la fauna de los arrecifes de coral en términos de abundancia y diversidad, sin embargo, han sido pobremente estudiados y su utilidad para establecer el grado de conservación arrecifal no ha sido completamente evaluada. El presente estudio evalúa la composición faunística y abundancia de peracáridos y decápodos crípticos asociados a fragmentos coralinos provenientes del Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, así como su relación con la condición y la profundidad del arrecife. Tres sitios fueron seleccionados tomando en cuenta su condición relativa: (1) Bonanza (degradado), (2) Bocana (intermedio), y (3) Jardines (conservado). La condición relativa de los sitios está basada en un Índice de Salud Arrecifal, elaborado con información proveniente de datos no publicados y por información proporcionada por las autoridades del Parque Nacional. En cada sitio se extrajeron 6 kg de fragmentos coralinos durante 4 periodos de muestreo a 3 profundidades dentro de 2 zonas: 3 m (arrecife posterior), 6-8 m (arrecife frontal), and 10-12 m (arrecife frontal). A lo largo del estudio se obtuvo un total de 8,887 peracáridos pertenecientes a 200 especies distribuidas en 5 órdenes y 64 familias. Isopoda fue el orden con la mayor riqueza taxonómica, mientras que Tanaidacea contribuyó con la mayor la abundancia. En cuanto a los decápodos, se obtuvieron 673 individuos distribuidos en 108 especies y 20 familias, destacando la Alpheidae por su riqueza taxonómica (30 spp) y la Mithracidae por el número de individuos (391). No se encontró una relación significativa entre la abundancia y diversidad de peracáridos y la condición relativa del arrecife, ya que los valores de abundancia estuvieron más relacionados a la profundidad, posiblemente por la mayor acumulación de fragmentos coralinos en la zona somera (3 m). Sin embargo, en el sitio más degradado se registró el mayor número de individuos de especies consideradas indicadoras de eutroficación, de acuerdo con el listado taxonómico del índice biótico AZTI (Marine Biotic Index (AMBI)). Los datos presentados aquí muestran la importancia de basar los estudios sobre salud arrecifal en grupos de invertebrados diversos y abundantes como los crustáceos peracáridos. Se emplearon también colectores artificiales (Capítulo II) elaborados con arpillas de nylon conteniendo 3 kg de fragmentos coralinos blanqueados al sol, para caracterizar la comunidad de crustáceos peracáridos y decápodos. Los colectores se depositaron en los mismos sitios de colecta, de forma aleatoria y fueron reemplazados cada 3 meses por uno nuevo, pero únicamente se compararon los valores de abundancia y diversidad de los colectores provenientes de Bonanza Somero y Bonanza Medio con aquellos obtenidos de 3 kg de fragmentos extraídos del entorno natural. En los colectores se registraron 871 individuos distribuidos en 119 taxa, 42 (35.2%) de ellos decápodos, en los fragmentos coralinos se reportaron las mayores abundancias (1,867 individuos) y riqueza de especies (133). Aunque la riqueza taxonómica fue ligeramente mayor en los fragmentos coralinos, la diversidad y equitatividad en los colectores fueron mayores ($H' = 3.676$, $J' = 0.773$) que en los fragmentos coralinos

($H' = 3.293$, $J' = 0.672$), sin embargo, esta diferencia puede deberse a la mayor abundancia de tanaidáceos registrada en los fragmentos, aunque los resultados del ANOVA indican diferencias en los valores de abundancia entre ambos métodos de colecta. El 45.7% de las especies reclutadas en los colectores se reportaron en los fragmentos coralinos, las cuales son típicas de estos hábitats. La presencia de juveniles y hembras ovígeras en los colectores indica un reclutamiento diferencial a lo largo del tiempo. Los colectores artificiales constituyen una herramienta valiosa para estudiar patrones de colonización de invertebrados crípticos en hábitats de difícil acceso, y permiten realizar comparaciones directas entre diferentes sitios y hábitats. Además de crustáceos peracáridos y decápodos, se encontraron ostrácodos, copépodos y otros invertebrados como moluscos, algunos poliquetos y equinodermos. El empleo de fragmentos y colectores artificiales permitió la elaboración de un inventario biológico, documentando 78 nuevos registros de crustáceos crípticos (Capítulo III), que representaron el 23.7% de la fauna colectada. La mayor parte de los nuevos registros provinieron de los fragmentos coralinos (50 taxa), de los cuales el 48.1% corresponde al orden Isopoda (38 spp), seguido por el orden Cumacea (10 spp), Tanaidacea (3 spp), Amphipoda (1 sp) y 26 nuevos registros de decápodos, distribuidos en 19 géneros y 10 familias, la mayor parte dentro del infraorden Caridea (55.5%). Se reportan por primera vez las familias Gnathostenetroidae, Joeropsididae, Microparasellidae, Pleurocopidae (Isopoda), Kalliapseudidae y Pagurapseudidae (Tanaidacea). Estos nuevos registros indican que, en general, los crustáceos crípticos asociados a arrecifes de coral no han sido sujetos a estudios sistemáticos ni intensivos. A través de la presente investigación se pudo reconocer un rico ensamble conformado por un total de 329 taxa, permitiendo expandir el conocimiento de la criptofauna de crustáceos en el Caribe mexicano.

Palabras clave: arrecife de coral, bioindicadores, fragmentos coralinos, colectores artificiales, nuevos registros, Caribe mexicano

ABSTRACT

Cryptic peracarids are an important component of the coral reef fauna in terms of abundance and diversity, yet they have been poorly studied and their usefulness to assess reef health has not been completely evaluated. In this study the diversity and abundance of cryptic peracarids in coral rubble in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico, is determined and their relationship with coral reef health and depth established. Three sites were selected considering their relative condition: (1) Bonanza (degraded), (2) Bocana (intermediate), and (3) Jardines (preserved). The relative condition of the sites is based on a Reef Health Index, which was provided by the National Park authorities. At each site 6 kg of coral rubble were collected over 4 sampling periods at 3 depths within 2 reef zones: 3 m (back-reef), 6-8 m (fore-reef), and 10-12 m (fore-reef). A total of 8,887 peracarid crustaceans belonging to 200 taxa distributed over 5 orders and 64 families were obtained throughout the study. Isopoda was the most diverse order while Tanaidacea made the greatest contribution to the total abundance. As for the decapods, 673 individuals were distributed in 108 species and 20 families, of which Alpheidae had the highest taxonomic richness (30 spp) and Mithracidae was the dominant family in terms of number of individuals (391). No significant association was found between cryptic peracarid diversity and abundance and coral reef health at each site as abundance was related to depth with higher values found in the shallow (3 m) back-reef, possibly due to a higher reef development and a greater accumulation of coral rubble produced during hurricanes. However, the abundance of species indicative of eutrophication according with the AZTI Marine Biotic Index list (AMBI) was higher in the more degraded reef site. The data presented herein show the importance of using diverse and abundant groups, as the peracarids, to support coral reef health studies. To characterize peracarid and decapod assemblages and assess recruitment in coral rubble, artificial collectors (Chapter II) were used. Collectors were made of plastic mesh trays filled with 3 kg of sun-bleached coral rubble, randomly deployed at the same collecting sites and replaced every 3 months with new ones. Abundance and diversity values at Bonanza Shallow and Bonanza Medium were compared with those obtained from coral rubble samples obtained from the natural environment. A total of 871 individuals, and 119 taxa were obtained, of which 42 (35.2%) were decapods. Major abundance (1,867 individuals) and species richness (133) were reported in coral rubble, but diversity and evenness values were higher in artificial collectors ($H' = 3.676$, $J' = 0.773$) than coral rubble ($H' = 3.293$, $J' = 0.672$), this difference may be due to the greater abundance of tanaid shrimp in coral rubble, even though ANOVA indicated differences in abundance values among both sampling methods. 45.7% of the species recruited in artificial collectors were reported in coral rubble, which are fauna typical of coral reef habitats. The presence of ovigerous females and juveniles in collectors indicated a differential recruitment over time. Artificial collectors are a valuable tool for studying patterns of colonization of cryptic invertebrates in habitats difficult to access, and allow direct comparisons

between different sites and habitats. In addition to peracarids and decapods, we found ostracods, copepods and other invertebrates such as mollusks, polychaetes and echinoderms. The use of both artificial collectors and coral rubble allowed the finding of 78 new records of cryptic crustaceans (Chapter III), which represented 23.7% of the overall species composition. Most of the new records were from coral rubble (50 taxa), of which 48.1% were isopods (38 spp), followed by Cumacea (10 spp), Tanaidacea (3 spp), Amphipoda (1 sp), and 26 new records of decapods, within 19 genera and 10 families, most of the infraorder Caridea (55.5%). The families Gnathostenetroidae, Joeropsididae, Microparasellidae, Pleurocopidae (Isopoda), Kalliapseudidae and Pagurapseudidae (Tanaidacea) are reported for the first time for this locality. These new records indicate cryptic crustaceans have not been subjected to systematic or intensive studies. Through this study we recognized a rich assemblage of 329 taxa, expanding the knowledge of cryptic crustaceans in the Mexican Caribbean Sea.

Keywords: coral reef, bioindicators, coral fragments, artificial collectors, new records, Mexican Caribbean

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los arrecifes de coral son considerados uno de los ecosistemas marinos más diversos del planeta (Reaka-Kudla 1987, 1997; Enochs y Hockensmith 2008; Enochs 2010). De los 33 fila conocidos del reino animal, 29 ocurren en los arrecifes coralinos (Reaka-Kudla 1997). A pesar de encontrarse en regiones oligotróficas, sostienen una elevada biomasa y abundancia de organismos (Gischler y Ginsburg 1996). Esta gran riqueza se debe a la alta heterogeneidad espacial y complejidad de la estructura coralina, que aumentan la disponibilidad de microhábitats y de recursos que pueden ser utilizados por las comunidades asociadas (Huges 1984; Morgado y Tanaka 2001; Glynn y Enochs 2011).

Por su ubicación geográfica, los arrecifes coralinos están sujetos a perturbaciones naturales como tormentas y huracanes de forma frecuente y el grado de impacto en los corales depende de la frecuencia e intensidad de éstos (Reaka-Kudla 1991). En 1978, Connell propuso la existencia de un mecanismo que controla la diversidad local, al que denominó “Hipótesis del Disturbio Intermedio” (DHI, por sus siglas en inglés), la cual establece que la diversidad de una comunidad es mayor a niveles intermedios de disturbio, si es muy leve o muy raro, entonces se aproximará a un equilibrio, dominado por pocas especies. Si el disturbio es demasiado severo o muy común, pocas especies podrán persistir (Connell 1978; Reaka-Kudla 1991; Salazar-Vallejo 2002). Además, el daño mecánico provocado por disturbios limita la dominancia de especies de crecimiento rápido y facilita el mantenimiento de la alta diversidad local en los ensamblajes coralinos (Reaka-Kudla 1991; Salazar-Vallejo 2002). La creación, modificación y mantenimiento de hábitats es también uno de los principales procesos que pueden estructurar las comunidades (Jones *et al.* 1997; Tews *et al.* 2004), y de esta forma la alta diversidad es mantenida sólo cuando la composición está cambiando continuamente (Petraitis 1989).

Este tipo de eventos meteorológicos, junto con el oleaje y las corrientes pueden fragmentar grandes porciones de coral, reduciéndolos a cascajo o pedacería, que es una característica muy común en los arrecifes coralinos de ambientes tropicales y subtropicales (Takada *et al.* 2007). También la bioerosión es un factor significativo que influye en la dinámica estructural del sustrato (Moran y Reaka-Kudla 1988), que proporciona una gran variedad de microhábitats y protección ante la depredación para nuevas comunidades (Wilson 1987; Moran y Reaka-Kudla 1991; Gischler y Ginsburg 1996; Bailey *et al.* 2007; Bell *et al.* 1998; Buhl-Mortensen *et al.* 2009; Humphries *et al.* 2011), y a partir del sustrato disponible diferentes grupos de invertebrados llevan a cabo el proceso de recolonización, manteniendo la diversidad y productividad de los ecosistemas arrecifales (Morgado y Tanaka 2001; Takada *et al.* 2007; Enochs 2011).

La criptofauna incluye a todos los organismos que ocupan cavidades, grietas u orificios naturales o formados por bio-horadadores, comprenden uno de los más importantes componentes del ecosistema coralino en términos de biodiversidad y biomasa (Kiene 1988; Moran y Reaka-Kudla 1988; Reaka-Kudla 1985, 1997;

Peyrot-Clausade *et al.* 1999; Enoch 2008, 2010). Los invertebrados crípticos representan la fracción dominante y está compuesta por numerosos taxa, siendo los poliquetos, moluscos, equinodermos y crustáceos los mejor representados. Los crustáceos crípticos presentan una elevada diversidad y abundancia con numerosas especies raras (definidas aquí por su baja abundancia y baja proporción de aparición) y endémicas (Lewis y Snelgrove 1990). Desempeñan papeles ecológicos clave en muchos ecosistemas y constituyen un vínculo crucial en la transferencia trófica desde los productores primarios a los consumidores pelágicos (Reaka-Kudla 1987, 1997; Klumpp *et al.* 1988; Kramer, 2014). Por ejemplo, en análisis del contenido estomacal de peces arrecifales (Labridae), el 93% de los organismos analizados contenían restos de crustáceos (Kramer *et al.* 2016). Desempeñan también un importante papel al consumir algas epifíticas, pueden utilizar el mucus producido por los corales, reciclar detritus o materia orgánica (Peyrot-Claussade *et al.* 1999; Preston y Doherty 1990, 1994).

El superorden Peracarida constituye uno de los grupos de crustáceos más diversificados, con más de 21,000 especies descritas (Spears *et al.* 2005), distribuidas en nueve órdenes; entre los más ricos en especies se encuentran anfípodos, isópodos, tanaidáceos y cumáceos, que generalmente son de pequeña talla (desde uno hasta 20 milímetros de longitud), excepto las especies de mar profundo y de regiones polares (Thiel e Hinojosa 2009). La principal característica de este taxón es la presencia de un marsupio o cámara de incubación formada por epipoditos de los apéndices torácicos (Poore 2005; Spears *et al.* 2005). Carecen de etapas larvales y emergen del marsupio como pre-juveniles (mancas, excepto en Mysidacea, Thermosbaenacea y la mayor parte de Amphipoda).

Los crustáceos decápodos son de los macroinvertebrados más abundantes y diversos, actualmente existen unas 14,756 especies distribuidas en 2,725 géneros (De Grave *et al.* 2009). En términos de biodiversidad tienen una enorme contribución en los ambientes coralinos (Abele 1974, 1976; Stella *et al.* 2011) y en los arrecifes de coral son entre los más abundantes, y desempeñan un papel importante en la ecología del arrecife coralino, al vivir sobre su superficie o dentro de sus esqueletos (Abelson *et al.* 1991).

A pesar de la diversidad, abundancia y estrecha asociación con la dinámica arrecifal, las especies crípticas han sido pobremente estudiadas (Reaka-Kudla 1997; Enoch y Hockensmith 2008) debido a la dificultad que representa coleccionarlas e identificarlas (MacDonald *et al.* 2006; Plaisance *et al.* 2009; Enoch 2010).

Antecedentes

En general, en el Caribe mexicano existen escasos estudios sobre fauna de invertebrados crípticos. Uno de los primeros trabajos de este tipo fue el realizado por Campos *et al.* (1999), quienes analizaron la criptofauna en rocas de Punta Nizuc, como indicadores de impacto. De las rocas extraídas cuantificaron 1,368

individuos distribuidos en 218 especies, siendo los poliquetos (64 especies), moluscos (46) y crustáceos (36) los grupos más diversos.

Por su parte, Ochoa-Rivera *et al.* (2000) analizaron la criptofauna de poliquetos en fragmentos de coral muerto en la región insular de Cozumel y reportaron la presencia de 19 familias, 39 géneros y 42 especies.

En cuanto a la fauna de crustáceos, Winfield y Escobar-Briones (2007) estudiaron la composición de anfípodos (Gammaridae) bentónicos del sistema arrecifal del sector norte del mar Caribe e identificaron 23 especies agrupadas en 9 familias. Sin embargo, existen algunos estudios de este tipo llevados a cabo otras regiones del Caribe.

En Belice, Kensley (1984) analizó la composición y número de especies de isópodos en sustratos calcáreos en 4 diferentes periodos de colecta, identificando 24 especies y una variabilidad temporal en la composición y Gishler y Ginsburg (1996) registraron 94 especies asociadas a fragmentos de coral, entre éstas, hubo una dominancia de algas coralinas costrosas, briozoarios, poliquetos y gasterópodos.

En otro estudio efectuado en el Caribe colombiano, Navas *et al.* (1998) identificaron tres ensamblajes de organismos epilíticos que habitan las superficies expuestas y sombreadas de esqueletos de coral *Acropora palmata*, reportaron la presencia de tapetes algales multiespecíficos, esponjas y foraminíferos.

Finalmente, Gómez y Rico (2006) analizaron la composición y abundancia de macroinvertebrados bioerosionadores y fauna asociada a esqueletos de coral de *Diploria strigosa* y *Montastrea cavernosa* en Bahía Gaira, Caribe colombiano, entre la fauna registrada identificaron 29 especies de crustáceos.

Respecto a los decápodos existen básicamente listados taxonómicos que incluyen observaciones sobre ecología y distribución geográfica (Chace 1972; Markham *et al.* 1990), listados de camarones alfeidos asociados a pastos marinos (Román-Contreras y Martínez-Mayén 2009) y del Parque Chankanaab, Cozumel, donde se registraron 73 especies y 22 familias (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 2002).

Entre los estudios cuantitativos efectuados en la zona se cuentan el de Monroy-Velázquez (2000), quien analizó la estructura de la comunidad de decápodos asociados a macrofitas en la laguna arrecifal de Puerto Morelos y el de González-Gómez (2016), en el cual se comparó la comunidad de decápodos entre dos arrecifes con diferente nivel de degradación dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.

CAPÍTULO I

¿PUEDE LA CRIPTOFAUNA DESCRIBIR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ARRECIFE?

INTRODUCCIÓN

A una escala global, existe un acelerado deterioro de la salud y condición de los arrecifes de coral. Se ha estimado que el 30% de los arrecifes están severamente dañados y de continuar esta tendencia se estima que para el 2030 el porcentaje de afectación y/o pérdida será del 60% (Wilkinson 2002). En arrecifes deteriorados, el proceso de bioerosión destruye la estructura del arrecife más rápido de lo que se produce. De no existir un proceso activo de crecimiento que compense la digestión de la matriz calcárea, la trama arrecifal puede ser debilitada al grado de que un arrecife sea eventualmente destruido (Ginsburg 1983; Peyrot-Clausade *et al.* 1999; Holmes *et al.* 2000). Además del deterioro de los corales mismos, la pérdida de éstos es directamente proporcional a la de los organismos asociados y a la red de vida marina que depende del arrecife (Enochs 2010).

En esta era de cambio climático, es urgente evaluar cómo los ecosistemas coralinos responderán ante la degradación costera. El estudio de los ensamblajes marinos permite evaluar la condición ecológica de un sistema y ha llegado a ser una importante herramienta para estudiar los efectos de las perturbaciones (Muñiz *et al.* 2011).

La salud de los arrecifes de coral está disminuyendo a nivel mundial debido a una combinación de factores que incluyen el cambio climático, enfermedades, sobre-crecimiento de macroalgas, sobrepesca, sedimentación, baja calidad del agua y huracanes (Sotka y Hay 2009). Además, en el Gran Caribe se ha observado que en las últimas cuatro décadas la complejidad arquitectónica de los arrecifes se pierde rápidamente. La pérdida de complejidad arquitectónica o rugosidad puede tener serias implicaciones ecológicas y económicas al afectar la disponibilidad de refugio para macroinvertebrados e ictiofauna críptica, incluyendo especies de importancia comercial, disminuyendo también la protección costera ante tormentas y huracanes (Álvarez-Filip *et al.* 2009; Knuffer y Toth 2016). Debido a esto es urgente comprender cómo se estructuran las comunidades crípticas que habitan en estos ecosistemas y cómo responderán ante la disminución de la salud de los arrecifes de coral (Enochs *et al.* 2011).

Los organismos bénticos son indicadores útiles de las condiciones ambientales (Bustos-Baez y Frid 2003; Muñiz *et al.* 2005). Además, el bentos marino puede emplearse para entender cómo ciertos factores ecológicos pueden estructurar las comunidades, esto es, el análisis del cambio en las comunidades marinas puede indicar la condición del ecosistema (Esquete *et al.* 2011) y también evaluar los efectos de las variables ambientales (Conradi y López-González 2001). Algunos crustáceos como isópodos y anfípodos pueden ser buenos indicadores de

las condiciones ambientales (Thomas 1993). Debido a esto el estudio de los cambios estructurales de estas comunidades ya se empieza a considerar como uno de los principales pasos para detectar y establecer el efecto de la contaminación sobre las comunidades biológicas (Warwick y Clarke 1993).

En este tipo de ambientes la criptofauna puede utilizarse como bioindicadora de la calidad del agua, ya que pueden exhibir cambios en valores de abundancia, presencia/ausencia, condición y comportamiento. Los bioindicadores pueden proporcionar información sobre la salud de un ecosistema específico, pueden ayudar a evaluar y proyectar tendencias, comparar condiciones en diferentes áreas geográficas, medir el desempeño de políticas o acciones e informar a los tomadores de decisiones (Linton y Warner 2003). Estudios previos han demostrado que la criptofauna proveniente de fragmentos coralinos puede servir como bioindicadora de la calidad del agua, de los sedimentos y la salud de los arrecifes, ya que son sensibles a los cambios en las variables ambientales (Grahame y Hanna 1989; Conradi, 1995). Entre la criptofauna, los peracáridos son excelentes candidatos para estudios ecológicos ya que carecen de un estado larvario pelágico, poseen requerimientos de hábitat específicos y exhiben bajas tasas intrínsecas de dispersión (Thomas 1993a). Por ejemplo, se ha encontrado que los anfípodos son más sensibles que otros grupos de invertebrados (como decápodos, poliquetos, moluscos y asteroideos) ante una variedad de contaminantes (Ahsanullah 1976; Swartz *et al.* 1985; Swartz 1987) y pueden exhibir respuestas a otros factores como el dragado, alteración de la línea de costa, prácticas pesqueras, salinidad y oxígeno disuelto (Barnard 1958, 1961; McCluskey, 1967, 1970).

Planteamiento del problema

Para evaluar la utilidad de describir la comunidad de crustáceos que conforman la criptofauna como una herramienta para conocer el estado de conservación de un arrecife, se estudiaron muestras de fragmentos coralinos de tres áreas con diferente estado de conservación (muy deteriorada, en recuperación, conservada) dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM). Lo que se esperaba era un cambio en la composición de la criptofauna de acuerdo a el área de colecta, lo que se reflejaría en una serie de indicadores como: riqueza de especies, diversidad y equitatividad; en el número de especies comunes, frecuentes, raras y ocasionales. Así mismo, se estudió la criptofauna a tres profundidades, pues se ha encontrado que el nivel de conservación en los arrecifes puede cambiar de acuerdo a la profundidad y al tipo de perturbación a que esté expuesto. En cada una de las tres áreas del arrecife se extrajeron muestras a tres profundidades: 2 m (somero), 6-8 m (medio), 10-12m (profundo). Se esperaba que las muestras más someras fueran las más pobres dentro de cada una de las tres zonas, que en la zona muy perturbada las muestras profundas fueran diversas y que en la zona en recuperación las muestras fueran más diversas y abundantes.

OBJETIVO GENERAL

Debido a la importancia ecológica que tienen los fragmentos coralinos para las comunidades cripticas, y a la relativa escases de estudios en el Caribe mexicano, el presente estudio pretende describir la estructura de la comunidad de crustáceos que componen la criptofauna de fragmentos coralinos en tres áreas con diferente grado de conservación (deteriorado, en recuperación y conservado) dentro del PNAPM, considerando tres profundidades y evaluar su utilidad como descriptora del grado de conservación del arrecife.

Objetivos particulares

- Identificar las especies de crustáceos peracáridos y decápodos colectados en las tres áreas y tres profundidades dentro del PNAPM.
- Caracterizar las comunidades utilizando descriptores ecológicos como riqueza, diversidad y equitatividad.
- Realizar comparaciones tomando en cuenta el estado de conservación de cada localidad.

HIPÓTESIS

1. La criptofauna de crustáceos reflejará el estado de conservación del área del arrecife de donde provengan, con una diversidad máxima a niveles intermedios de disturbio. La mayor riqueza de la comunidad asociada a sustratos degradados de coral muerto es consistente con las predicciones de la hipótesis del disturbio intermedio. En ambientes con poca perturbación y una alta cobertura coralina el reclutamiento de criptofauna está restringido.

2. La criptofauna de crustáceos será, dentro de cada área y de acuerdo a los descriptores ecológicos de la comunidad, más pobre en las muestras someras y más rica en las muestras intermedias y profundas, ya que se ha encontrado que los ensambles de criptofauna son mayores en zonas profundas.

3. Las diferencias encontradas entre las tres áreas de diferente grado de conservación del arrecife mostrarán que en la zona deteriorada la criptofauna no está en etapa de sucesión, que en el área de recuperación la comunidad se encuentra en proceso de sucesión y en el área conservada se encuentra una comunidad estable dominada por unas pocas especies.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), se ubica en la porción norte de la costa de Quintana Roo, México (Fig. 1). El estudio se realizó dentro del PNAPM, que es un área natural protegida (ANP, creada en 1998), tiene

un área de 9,066 ha y se extiende por 21 km a lo largo del lado NE de la península de Yucatán. El arrecife es de tipo bordeante, presenta zonas de arrecifes y crestas bien desarrolladas, entre 600 y 2,000 m de distancia de la línea de costa y un arrecife relativamente plano que desciende gradualmente hasta 20-25 m en una extensa plataforma de arena. La presencia de corales pétreos y gorgonáceos entre praderas de *Thalassia testudinum* señalan el límite entre la laguna arrecifal y el arrecife posterior, el cual tiene un ancho que varía entre 50 y 100 m y está limitado hacia el este por la rompiente. Están presentes colonias de *Montastrea annularis* con diámetros de 1 a 2 m. En la base de éstas o sobre el fondo sólido, se encuentran otros corales escleractinios de menor tamaño tales como *Isophyllia sinuosa*, *Eusmilia fastigiata*, *Isophyllastrea rigida*, *Siderastrea radians*, *S. siderea*, *Colpophyllia natans* y *Dendrogyra cylindrus*; estas dos últimas especies pueden llegar a tener dimensiones tan grandes como *M. annularis*.

Dentro del PNAPM tres sitios fueron seleccionados tomando en cuenta la condición relativa del arrecife: (1) Bonanza (20°57'58" N, 086°48'27" W), (2) Bocana (20°52'50" N, 086°51'02" W), y (3) Jardines (20°50'20" N, 086°52'41" W) (Figura 2.1).

De acuerdo con un índice de la condición relativa del arrecife creado con datos proporcionados por las autoridades del PNAPM (Tabla Suplementaria 1), el sitio más preservado es Jardines, Bocana presenta una condición intermedia, y Bonanza es el sitio más deteriorado. Las actividades turísticas predominantes que se realizan en la zona posterior de Bonanza y Puerto Morelos es el esnorkel y en Jardines el buceo. Estos sitios se ubican cerca de grandes complejos turísticos con un número de habitaciones de hotel que van desde 1,020 cerca de Jardines a 2,425 cerca de Bonanza.

Trabajo de campo

Para analizar la composición de la criptofauna de crustáceos en fragmentos coralinos (principalmente *Acropora palmata* y cabezos pequeños) con numerosas cavidades En cada sitio dos buzos extrajeron de forma aleatoria 2 réplicas con 3 kg, empleando cincel y martillo en caso necesario. Los buzos se situaron uno cerca del otro, cubriendo un área de máximo 3 x 3 m. El proceso de colecta tuvo una duración de entre 20 y 30 minutos, dependiendo la profundidad del sitio. Durante la misma, los fragmentos se depositaron de forma cuidadosa, en bolsas de polietileno previamente etiquetadas para su posterior procesamiento. Las muestras se colectaron en mayo, agosto y noviembre de 2013 y enero de 2014.

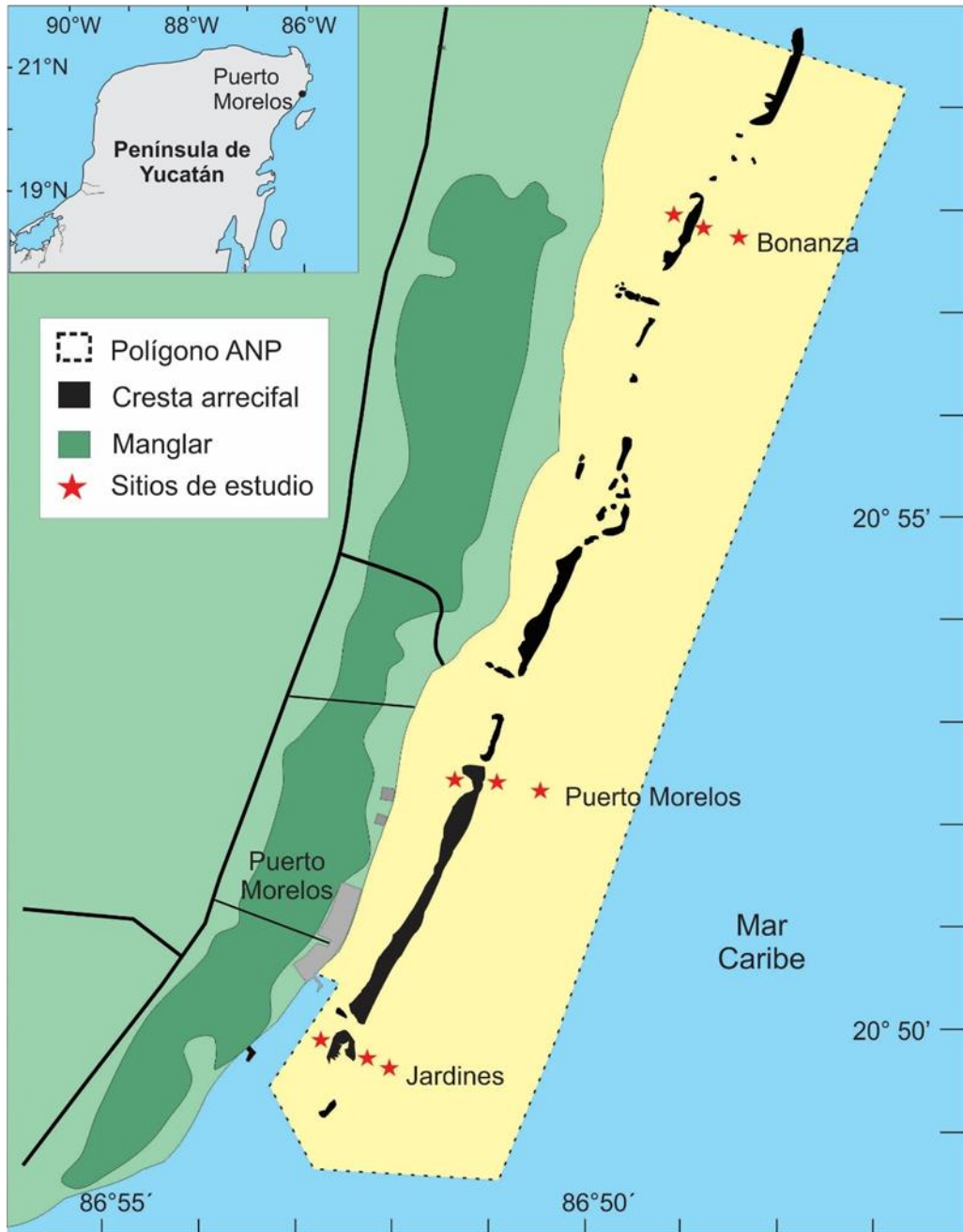


Figura 1. Área de estudio en donde se ubican los 3 sitios de colecta de fragmentos de coral, Puerto Morelos, Quintana Roo.

Trabajo de laboratorio

Las bolsas conteniendo los fragmentos se dejaron toda la noche y gran parte de los organismos murieron por anoxia, posteriormente se colocaron en agua dulce por lo menos durante 3 horas con el fin de inducir shock osmótico y provocar que los invertebrados sobrevivientes desalojaran las cavidades ocupadas (Barba *et al.* 2003). Cabe mencionar que en los últimos dos muestreos se empleó agua de lluvia

para este fin con excelentes resultados. Los fragmentos se cepillaron dentro de recipientes con agua dulce, la cual más tarde se pasó por una malla de 500 μm .

Una vez concluido este procedimiento, los fragmentos fueron reducidos empleando cincel y martillo, extrayendo cuidadosamente los organismos que permanecieron en los bloques. Todo el material biológico se fijó en alcohol al 70%. Como primer paso, los crustáceos se separaron del resto y simultáneamente se identificaron al nivel más bajo posible, para ello se emplearon claves de identificación de isópodos (Kensley y Schotte 1989), anfípodos (Thomas 1993b; LeCroy 2000, 2002, 2004, 2007; Winfield *et al.* 2007), tanaidáceos (Suárez-Morales *et al.* 2004; Heard 2007) y cumáceos (Petrescu 2009) y decápodos (Williams 1984). Finalmente, todos los organismos se cuantificaron y todo el material biológico se depositó en la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología de la UNAM. Los muestreos se llevaron a cabo bajo el permiso de colecta DGOPA.00008.080113.0006.

Análisis de datos

Todas las especies de peracáridos se jerarquizaron con base en el número de individuos de acuerdo al sitio, profundidad y fecha de colecta y las similitudes en riqueza de especies (entre sitios y profundidades), se resumen en diagramas de Venn. Para describir la estructura de la comunidad de peracáridos se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el de equitatividad de Pielou (J') (Magurran 2004), por sitio y por profundidad. Estos índices requieren del número de especies (S), de individuos (N) y la proporción del número de individuos (p_i) respecto al total (n_i/N_i). Estos análisis se ejecutaron con el programa PRIMER V (2001).

Se aplicó el ordenamiento de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf 1969) para clasificar a las especies en raras, comunes, frecuentes y ocasionales, para ello se requirió que los datos de abundancia fueran transformados a $\log(n+1)$ con su respectiva proporción de aparición, resultando cuatro categorías: dominante (abundantes y frecuencia alta), comunes (abundancia alta, frecuencia baja), ocasionales (abundancia baja, frecuencia alta) y raras (abundancia y frecuencia bajas).

Se realizaron comparaciones de los valores de abundancia de peracáridos entre los tres sitios y las tres profundidades mediante un ANOVA de dos vías, con sitio y profundidad como factores usando los cuatro muestreos como réplicas. Previo al análisis, los valores de abundancia fueron transformados a $\log_{10}(x)$. La homogeneidad de las varianzas se confirmó mediante la prueba de Bartlett.

Para observar las diferencias en los taxa dominantes, con los valores de abundancia relativa, por sitio y profundidad se construyó un "heatmap" (una técnica de visualización donde las celdas en una matriz con altos valores relativos se colorean de manera diferente a aquellos con valores relativos bajos) y un dendrograma utilizando una matriz de disimilitud de Bray-Curtis. Todos los taxa se utilizaron para hacer la agrupación jerárquica, pero sólo aquellos cuya abundancia relativa fue superior al 5% se muestran en el heatmap. Estos análisis se realizaron

en R (R Core Team, 2016) utilizando paquetes: ggplot2 (Wickham 2009), plyr (Wickham 2014), gplots (Warnes et al., 2009), vegan (Oksanen et al. (2017) y R ColorBrewer (Neuwirth 2011).

Algunas de las especies de crustáceos peracáridos pueden utilizarse como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del arrecife utilizando el Índice Biótico Marino AZTI (AMBI v.5.0), diseñado para evaluar el grado de perturbación antropogénica en aguas costeras (Borja et al. 2000, <http://www.ambi.azti.es>). Este índice biótico incluye más de 8,000 taxa representativos de las comunidades más importantes en los estuarios y sistemas costeros de Europa Norteamérica, Sudamérica y sudeste asiático. Se basa en la composición de especies y en la abundancia relativa de la macrofauna bentónica, clasificadas en 5 grupos ecológicos que presentan diferentes grados de tolerancia a la alteración del medio, desde más sensibles (I) a las tolerantes u oportunistas (V). Para la categorización de las especies, se aplicó el enfoque indicado por Borja et al. (2011): cuando se desconoce la sensibilidad de una especie en particular, pero el mismo género aparece en la lista de AMBI, dicha especie puede ser asignada al mismo grupo ecológico (EG). Se compararon las diferencias en la densidad de peracáridos clasificados como EG = III (en el índice AMBI) entre los sitios y las profundidades utilizando pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis ya que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, incluso después de la transformación. Todos los análisis se realizaron en R (paquetes: pgirmess, ggplot2, gplots, heatmap2).

En cuanto a los decápodos, se aplicó el ordenamiento de Olmstead-Tukey y también para evaluar si la abundancia varió con los sitios o las profundidades se efectuó un ANOVA de dos vías usando los cuatro muestreos como réplicas.

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 309 especies y 9,554 individuos, de los cuales el 93% correspondieron a peracáridos y el 7% fueron decápodos. En los siguientes párrafos se analizan por separado ambas taxa, ya que únicamente se consideraron a los peracáridos (por su dominancia numérica y riqueza taxonómica) como herramienta para evaluar el estado de conservación de los sitios muestreados.

Superorden Peracarida

El taxón mejor representado fue el Peracarida, con un total de 200 especies, distribuidas en cinco órdenes, 63 familias y 8,887 individuos. Con 75 especies y 2,340 individuos, el orden Isopoda presentó la mayor riqueza taxonómica, seguido por Amphipoda, con 72 especies y 1,408 individuos. El orden Tanaidacea con 22 especies y 4,954 individuos se caracterizó por ser el más abundante, en tanto que Cumacea sólo estuvo representando por el 2% de los organismos e incluyó 30 especies. Finalmente se registró al orden Mysidacea con una familia y sólo 3 individuos (Tabla Suplementaria 2). Entre los isópodos, 473 de los individuos eran

larvas (pranizas) y hembras del género *Gnathia* que no pueden identificarse a nivel de especie, ya que las claves de identificación están basadas únicamente en la morfología de los machos adultos (Kensley y Schotte 1989).

La prueba de Olmstead-Tukey mostró que el mayor porcentaje de los taxa obtenidos correspondieron a la categoría rara (53%), seguido por los dominantes (40%), comunes (3.5%) y ocasionales (3.5%). Entre las especies raras, el 31.6% consistió en un solo individuo. Las especies con la mayor riqueza taxonómica fueron Anthuridae (Isopoda, con 16 taxa), Nannastacidae (Cumacea, con 13 taxa) y Maeridae (Amphipoda, con 12 taxa). La especie dominante fue *Paratanais sp A* (16.1%), que son tanaidáceos tubícolas.

No hubo diferencias significativas en el número de taxa (ANOVA de dos vías, $p > 0.05$) entre sitios (Bonanza N = 146, Bocana N = 142 y Jardines N = 132), ni por profundidades (somero N = 151, medio N = 128 y profundo N = 132) (Tabla 1). Los diagramas de Venn muestran que 85 de los 200 taxa estuvieron compartidos por los tres sitios (43%, Fig. 2a). Bonanza compartió más taxa con Bocana (N = 20) y Jardines (N = 18) que los compartidos por estos dos últimos (N = 12) (Fig. 2a). Bocana tuvo el mayor número de taxa únicos (N = 25). Las tres profundidades también compartieron 85 taxa, y en los sitios someros se registraron mayor número de taxa únicos (N = 24) (Fig. 2b).

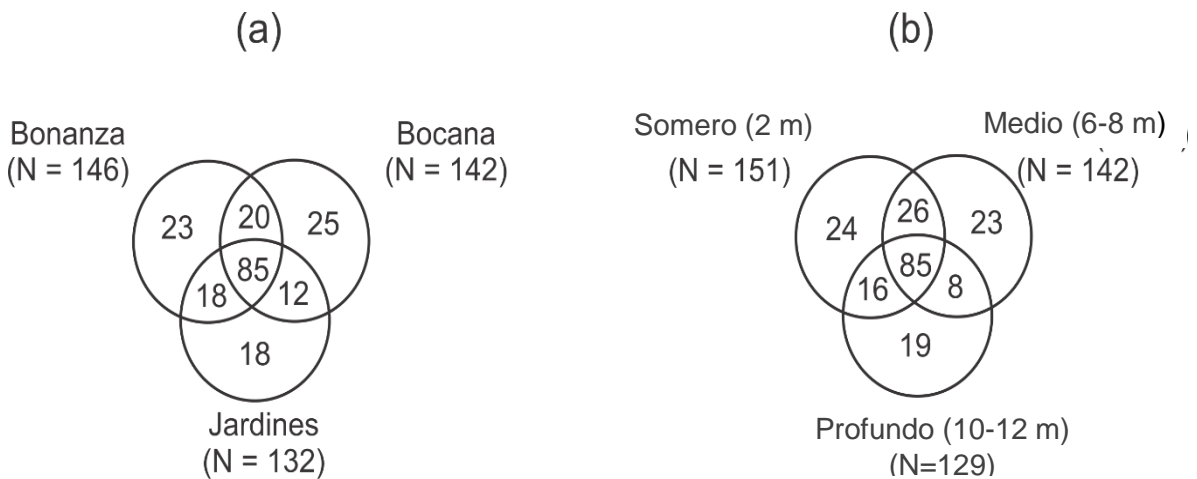


Figura 2. Diagramas de Venn mostrando el número de especies de peracáridos únicos y compartidos en sitios (a) y profundidades (b).

En cuanto a la estructura de la comunidad, la diversidad y equitatividad fueron mayores en Jardines ($H' = 3.7170$, $J' = 0.7603$), seguido por Bonanza ($H' = 3.4111$, $J' = 0.6835$) y Bocana ($H' = 2.9971$, $J' = 0.6039$).

La abundancia media de peracáridos (Fig. 3) no fue significativamente diferente entre sitios (ANOVA de 2 vías, $p > 0.05$, Tabla 1), mientras que las

diferencias fueron significativas entre las profundidades ($p < 0,01$), donde la abundancia fue significativamente mayor en los sitios someros (Tukey HSD, $p < 0,01$) (Media = 59.0, SE = individuos kg^{-1}) que en los profundos (Media = 17.1, SE = 3.0 individuos kg^{-1}).

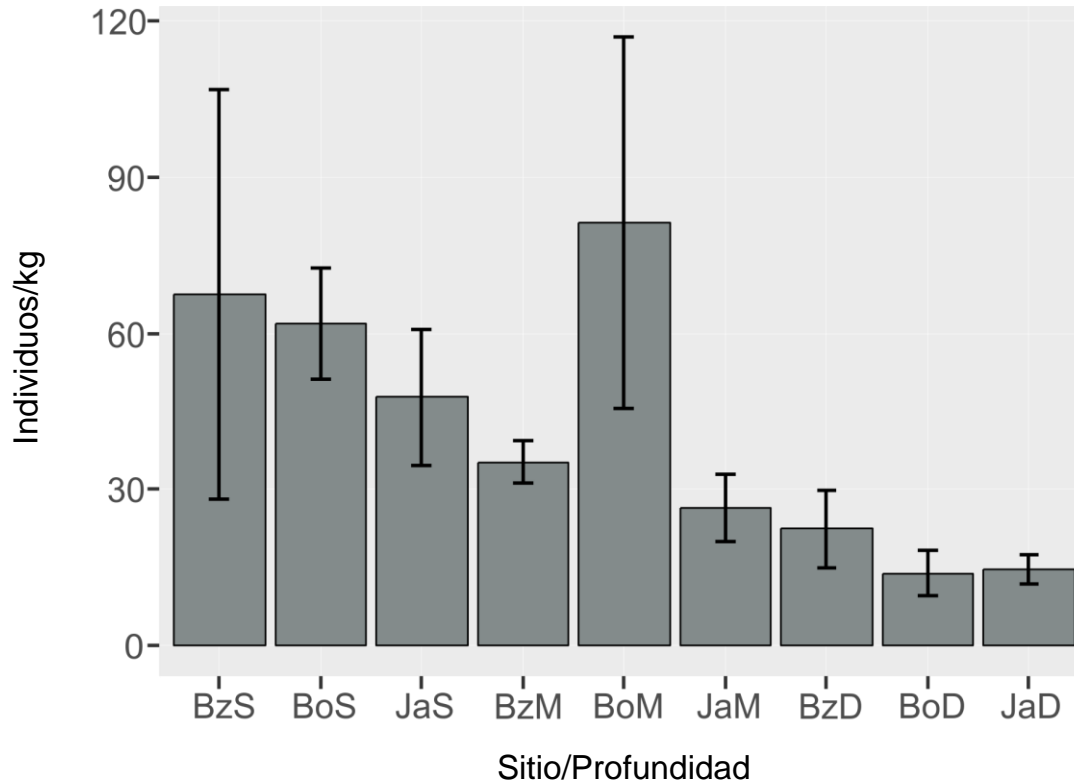


Figura 3. Abundancia de peracáridos crípticos (individuos kg^{-1}) (media y error estándar) en tres sitios (B z= Bonanza, Bo = Bocana, Ja = Jardines) y tres profundidades (S = Somero, M = Medio, D = Profundo). N=4 (muestréos)

Tabla 1. ANOVA de dos vías de la abundancia de peracáridos en fragmentos coralinos. Los factores fijos fueron el sitio (Bonanza, Bocana, Jardines) y la profundidad (Somero, medio y profundo).

Fuente	gl	SS	MS	F	p
Sitio (S)	2	0.1582	0.0790	0.703	0.5038
Prof (D)	2	1.5819	0.7907	7.031	0.0035
S x D	4	0.2472	0.0618	0.549	0.7010
Residuales	27	3.0371	0.1125		

De los 200 taxa colectados, sólo 12 tuvieron abundancias relativas superiores al 5% (Fig. 4) y se registraron en casi todas los sitios y profundidades. Los taxa dominantes en la mayoría de los sitios y las profundidades fueron los tanaidáceos tubícolas *Pseudoleptocheilia* sp A, *Paratanais* sp A y *Leptocheilia dubia*. Otros taxa relativamente abundantes fueron *Apseudes* sp A en Bonanza Somero, *Cirolana parva* en Bonanza Medio y *Chevalia aviculae* en Jardines Medio (Fig. 4). El

dendrograma mostró dos grupos, uno formado por los sitios profundos junto con el de profundidad media de Bonanza, y el segundo formado por los sitios someros y los de profundidad media de Bocana y Jardines (Fig. 4).

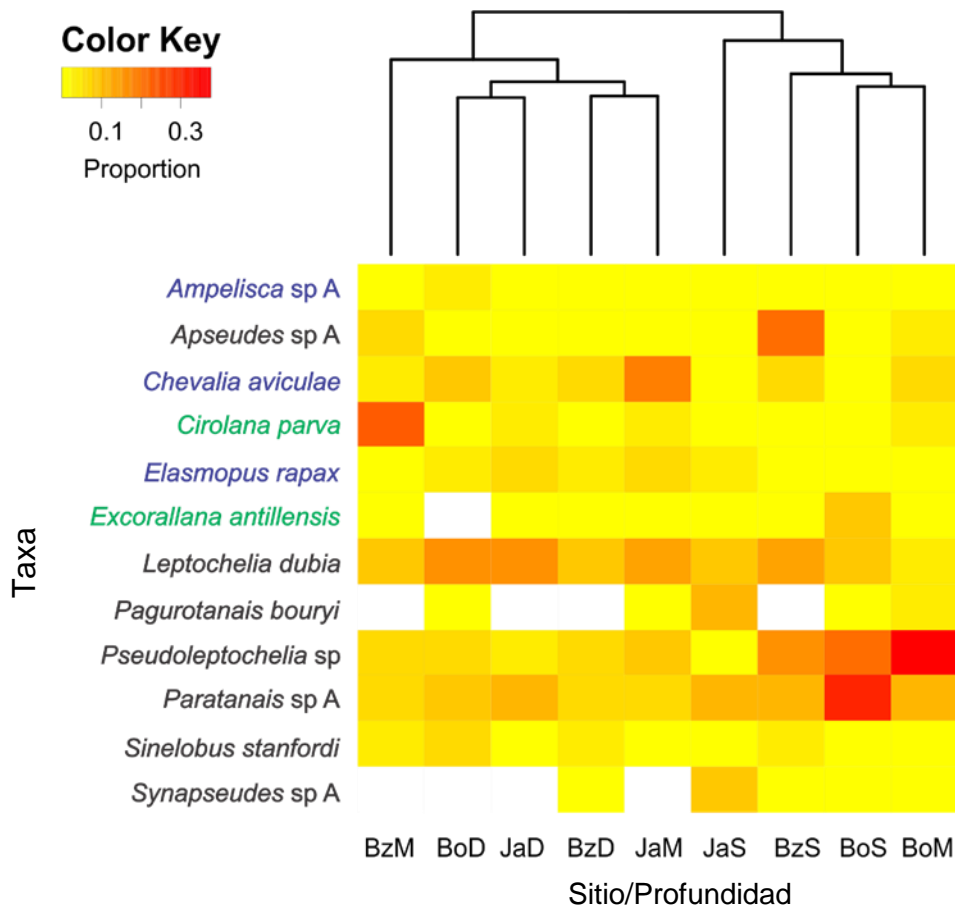


Figura 4. Heatmap indicando la abundancia relativa de las especies más abundantes por sitio y profundidad (B: Bonanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines); Profundidad (S: somero, M: medio (6-8 m), D: profundo (10-12 m)). La escala de color muestra la proporción de cada taxa en cada sitio y profundidad. Las celdas blancas indican ausencia. Los taxa en azul corresponden a anfípodos, en verde a isópodos y en negro a tanaidáceos.

En total, seis especies de peracáridos correspondieron a la categoría EG = I, seis a EG = II y 11 a EG = III; No se registraron especies pertenecientes a EG = IV o V. La abundancia relativa de especies pertenecientes a la categoría EG = III fue mayor en Bonanza Somero (36.8%) que en los otros sitios (<25%, Fig. 5), lo cual podría sugerir que este sitio está más impactado, sin embargo, no hubo diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $p > 0.05$) entre los sitios y las profundidades para ninguna de las once especies con grupo ecológico III.

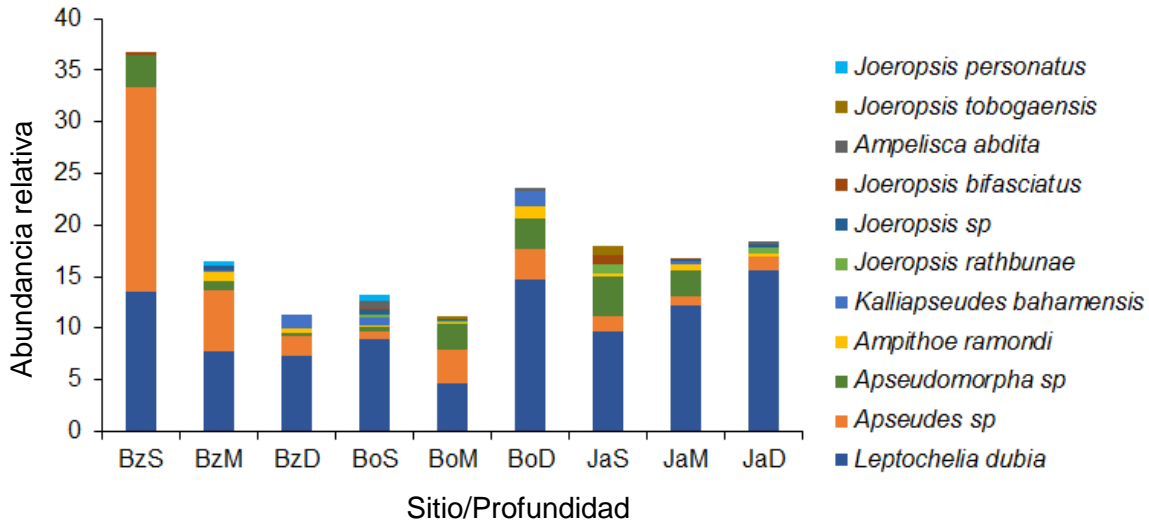


Figura 5. Abundancia relativa de peracáridos clasificados con el Grupo Ecológico EG = III en el índice biótico AMBI (Borja *et al.* 2000) para cada sitio (Bz: Bonanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines) y profundidad (S: somero, M: medio, D: Profundo)

Superorden Decapoda

Para este taxón se identificaron en total 109 especies, agrupadas en 23 familias, 56 géneros y 673 individuos, por lo que su porcentaje de contribución respecto a los peracáridos fue sólo del 7%. En términos de abundancia relativa, destacaron los miembros del infraorden Brachyura (58%), seguido por Caridea (33%), que con 54 especies fue el mejor representado. Dentro de éste, resalta la familia Alpheidae con 30 especies, 17 de ellas correspondieron al género *Alpheus*. En cuanto a los braquiuros, la Mithracidae fue la segunda familia más diversa al incluir 16 especies, con la especie *Mithraculus ruber* la más abundante (62 individuos). Es necesario mencionar que dentro de la familia Mithracidae, permanecieron sin identificar 101 individuos de los géneros *Mithrax* y/o *Mithraculus*; no obstante, se incluyeron en los análisis.

De acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey, el 50% de los decápodos fueron raros, el 39.4% dominantes y el 10.1% comunes. Entre los dominantes se tienen a los braquiuros *Mithraculus ruber* (14.22%), *Pitho aculeata* (9.18%) y *Mithrax verrucosus* (7.1%).

La abundancia media de decápodos (referida como del número de individuos por kg de coral, en función al sitio y la profundidad fue mayor en Bocana Somero (Figura 6).

La prueba de ANOVA de dos vías (Tabla 2) mostró diferencias significativas en los valores de abundancia (estandarizada a número de individuos/kg) sólo entre profundidades ($p < 0.05$), con el mayor número de individuos en los sitios someros (Tukey HSD, $p < 0.01$) (Media = 3.86 ± 1.68 individuos kg^{-1}) que en los profundos

(10-12 m) (Media = 1.88 ± 1.17 individuos kg⁻¹). Previo al análisis, la homogeneidad de varianzas fue confirmada con la prueba de Bartlett ($p > 0.05$).

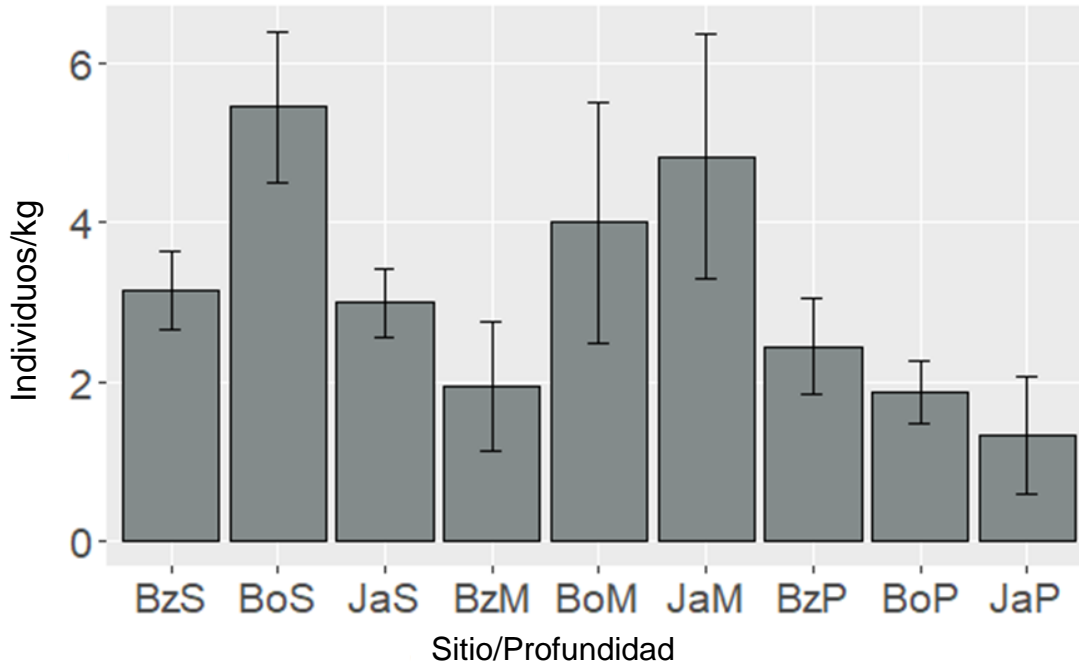


Figura 6. Abundancia de decápodos crípticos (individuos kg⁻¹) (media y error estándar) en tres sitios (B z= Bonanza, Bo = Bocana, Ja = Jardines) y tres profundidades (S = Somero, M = Medio, P = Profundo). N=4 (muestreos).

Tabla 2. ANOVA de dos vías de la abundancia de decápodos en fragmentos coralinos.

Fuente	gl	SS	MS	F	p
Sitio (S)	2	9.57	4.78	1.403	0.2633
Prof (D)	2	27.71	13.85	4.160	0.0287
S x D	4	25.58	6.39	1.8674	0.1441
Residual	27	92.14	3.41		

DISCUSIÓN

Entre los peracáridos, el orden más abundante fue Tanaidacea, seguido por Isopoda, Amphipoda, Cumacea y Mysidacea. Entre los tanaidáceos, la familia Paratanaidae (representada por *Paratanais* sp A) fue particularmente abundante en Bocana Somero, en tanto que la Leptocheiliidae (*Pseudoleptocheilia* sp A) lo fue en Bocana Medio. Estas familias presentan una amplia distribución y pueden ser extremadamente abundantes en los ensamblajes bénticos (Blazewicz-Paszkwycz *et al.* 2012).

La riqueza taxonómica y la abundancia de peracáridos y decápodos que habitan fragmentos coralinos están más relacionados con la profundidad que con la condición relativa del arrecife, ya que éstos fueron más diversos y abundantes en los sitios someros. Probablemente la elevada riqueza taxonómica y abundancia presente en sitios someros se debe al desarrollo del arrecife y a la cantidad de fragmentos coralinos que se han generado por el paso de huracanes. Esta tendencia de mayores abundancias en sitios someros ha sido reportada por Campos *et al.* (1999), López *et al.* (2008) y Takada *et al.* (2008).

Se ha encontrado que el tamaño de los fragmentos coralinos influye en su estabilidad (Meesters *et al.* 1991), es decir, mientras más grande más estable es y menos influenciado por el hidrodinamismo, que es mayor en las zonas someras, donde la alta movilidad del sustrato calcáreo limita la proliferación de especies dominantes y por lo tanto sustentan una gran diversidad. Las perturbaciones estocásticas (oleaje) y periódicas (corrientes) son factores que influyen en los patrones de distribución y en la organización de los ensamblajes actúan directamente en la riqueza y abundancia de especies (Enochs 2011).

El arrecife posterior de Puerto Morelos posee zonas bien desarrolladas en la cresta arrecifal y en el arrecife posterior, dominadas por el coral cuerno de alce *Acropora palmata* y debido a su escasa pendiente ($< 6^\circ$), carece de un sistema de macizos y canales característicos del Caribe, además la cobertura coralina es baja (Jordán 1979, 1989). A finales de los 70's la cobertura en este arrecife era del 43% en el arrecife posterior, 33% en la cresta arrecifal y 7% en el frontal (Jordán 1979). En 1988 el arrecife fue impactado por el huracán Gilberto (categoría V en la escala Saffir-Simpson) el cual provocó una reducción en la cobertura del 89% la cresta arrecifal y el 68% en el frontal (Rodríguez-Martínez, 1993). Después de Gilberto, la zona recibió el impacto de Roxane (categoría III - 1995), Iván (categoría V - 2004) y Wilma (categoría V - 2005), eventos que incrementaron la acumulación de fragmentos coralinos en la zona del arrecife posterior y contribuyeron con la creación de microhábitats, favoreciendo la diversidad de la criptofauna (Takada *et al.* 2007, 2016; Enoch 2012). Además, estas perturbaciones contribuyen al mantenimiento de una elevada riqueza de especies al evitar la exclusión competitiva (Choi y Ginsburg 1983; Meesters *et al.* 1991). Adicionalmente, los fragmentos coralinos son un sustrato favorable para el crecimiento de tapetes de algas que incrementan la complejidad del hábitat y proporcionan alimento para la criptofauna de crustáceos cípticos (Klumpp *et al.* 1988; Kramer *et al.* 2014).

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies ni en la densidad (número de individuos por kg) de peracáridos entre sitios con diferente estado de conservación. Sin embargo, la abundancia de especies clasificadas con el grupo ecológico EG = III por el Índice Biótico (AMBI) (Borja *et al.* 2000) fue más alta en Bonanza Somero, sitio catalogado como el más deteriorado. La cercanía del arrecife de coral de Puerto Morelos ($< 3,5$ km) a una línea de costa que está experimentando un intenso desarrollo a causa del rápido crecimiento de la industria turística (Metcalf *et al.* 2011) y donde no se trata adecuadamente las

aguas residuales (Rodríguez-Martínez *et al.* 2010). Además en Puerto Morelos no existe un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales (Rodríguez-Martínez *et al.* 2010), lo cual, en un corto plazo (<10 años) podría afectar la salud del arrecife. En este sentido, análisis realizados a lo largo del PMRNP en el 2010, mostraron que el contenido de nitrógeno en el tejido de las macroalgas *Dictyota menstrualis* y *D. cervicornis* (rango: 2.3-3.1% N) estuvo por encima de los niveles medios aceptados internacionalmente (1,8% N) (Ladd y Collado-Vides 2013), Probablemente este aporte de nutrientes de origen terrestre que llegan al arrecife es a través de los múltiples ojos de agua que existen, dada la geología kárstica del área (Carruthers *et al.* 2005; Hernández Terrones *et al.* 2011). No obstante, el efecto de la eutroficación en la salud de los arrecifes de coral es difícil de separar de otras causas de degradación de los arrecifes. Los indicadores comunes de la salud de los arrecifes de coral, como la cobertura y la abundancia de peces, suelen estar influenciados por varios factores que actúan de forma sinérgica, por ejemplo, la disminución de la cobertura puede deberse a enfermedades, al blanqueamiento cuando están sometidos a estrés térmico, mientras que una disminución en la abundancia de peces puede ser resultado de la sobrepesca.

A pesar que los peracáridos poseen una sensibilidad diferencial ante distintas fuentes de contaminación, su uso como bioindicadores es, en la actualidad, limitado. Se sabe que responden a las perturbaciones, ya sea reduciendo o aumentando sus poblaciones (Snelgrove y Lewis 1989, Chintiroglu *et al.* 2003; de-la-Ossa-Carretero *et al.* 2010; Enochs 2011). En el caso de los anfípodos, por ejemplo, la sensibilidad de ciertas poblaciones depende de la especie y/o el grupo trófico (De-la-Ossa-Carretero *et al.* 2011), donde las especies tubícolas se ven menos afectadas por contaminantes que las fosoriales, ya que se encuentran más aisladas y son capaces de bombear agua oxigenada a través de sus madrigueras (King *et al.* 2006). Además, las especies suspensívoras y/o alimentadoras de depósito muestran una menor sensibilidad ante la presencia de aguas residuales e incluso pueden aumentar sus abundancias (de-la-Ossa-Carretero *et al.* 2012). Por ejemplo, se ha encontrado que el tanaidáceo tubícola *Leptochelia* a menudo domina ambientes ricos en materia orgánica (Bellan-Santini 1981). Ambientes contaminados favorecen la dominancia de tales especies debido a la acumulación de materia orgánica (Tsuchiya y Bellan-Santini 1989).

Con base en los resultados del presente estudio, se proponen 23 especies de peracáridos para ser utilizados como bioindicadores para el PMRNP: siete especies de tanaidáceos, siete especies de anfípodos y nueve especies de isópodos (Tabla Suplementaria 3). Monitorear las abundancias de estas especies y su relación con parámetros fisicoquímicos podría ayudar a las autoridades locales a detectar oportunamente cambios en la calidad del agua o de sedimentos. Por ejemplo, altos niveles de nutrientes y demandas de oxígeno darían lugar a una disminución en la abundancia de especies catalogadas como EG = I o II (ver Tabla S3), mientras que en condiciones de contaminación se incrementarían los valores de abundancia de especies clasificadas como EG = III. Así mismo, la llegada de especies invasoras de peracáridos al PNAPM también debe ser monitoreada. El presente estudio se registraron dos especies no nativas, *Ampelisca abdita* y *A.*

schellenbergi, (Winfield *et al.* 2011), probablemente llegaron a los arrecifes de coral del Golfo de México vía agua de lastre, ya que en México no existe regulación en torno a ésta (Okolodkov *et al.* 2007). Peracáridos invasores también podrían llegar al PNAPM a través de masas flotantes de macrofitas. En 2014-2015, la costa mexicana del Caribe recibió una llegada masiva de *Sargassum* pelágico que alcanzó valores máximos de 19,603 m³ / km en septiembre de 2015 (Rodríguez-Martínez *et al.* 2016). Se desconoce la causa de este evento atípico y/o si se volvería cíclico, en cuyo caso la diversidad y abundancia de peracáridos podrían cambiar rápidamente.

De acuerdo al ordenamiento Olmstead-Tukey la mayor parte de los ensamblajes de peracáridos correspondieron a las especies raras. Los ambientes biodiversos están caracterizados por un gran número de especies raras, que contribuyen a la riqueza taxonómica del área, sin embargo, su importancia funcional no se conoce, probablemente desempeñen funciones ecológicas únicas, además son más vulnerables a la extinción porque son las primeras en desaparecer (Mouillot *et al.* 2013).

En referencia a los decápodos, los valores de abundancia fueron considerablemente inferiores en relación a los peracáridos, esta gran diferencia puede deberse a la presencia de microhábitats. Los refugios espaciales son un factor limitante para la criptofauna móvil de mayor talla, como en este caso, los decápodos. Por ejemplo, Moran y Reaka (1988) encontraron que la talla de crustáceos estomatópodos está altamente relacionada con el tamaño de la cavidad que ocupan. De esta forma, el tamaño de las oquedades disponibles puede limitar la talla de las especies crípticas (Baronio y Bucher 2008), por lo que la presencia de refugios tridimensionales es un pre-requisito para el desarrollo de un diverso y abundante ensamblaje al aumentar los nichos disponibles, así como el número de especies (Luckhurst y Luckhurst 1978).

Los decápodos presentaron una elevada riqueza taxonómica (109 especies), aunque en estudios previos dentro del PNAPM se habían reportado 120 especies asociadas a pastos marinos (Monroy-Velázquez 2000). Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2002) en Chankanaab identificaron 73 especies de decápodos, 30 de ellas colectadas en sustratos duros. En otro estudio efectuado en dentro del PNAPM (Bonanza y Limones) se registraron 66 especies de decápodos en arrecifes coralinos (González-Gómez 2016). La familia Alpheidae, con 30 especies fue la más rica, cifra ligeramente inferior a lo reportado por Chace (1972) para el Caribe mexicano (36).

Muchos decápodos son omnívoros, otros son filtradores o detritívoros como los alfeidos, que aprovechan el gran aporte de materia orgánica, heces y restos organismos muertos. Varios miembros de la familia Mithracidae son herbívoros, y dada su elevada abundancia en los arrecifes de coral, sus actividades de forrajeo pueden coadyuvar al reclutamiento, e incluso evitar un cambio de fase de corales a algas (Nelson *et al.* 2016).

Las especies raras fueron predominantes de acuerdo al ordenamiento de Olmstead-Tukey, varias de las especies de esta categoría están asociadas a vegetación sumergida, como algunos miembros de la familia Hippolytidae y Palaemonidae, donde suelen ser extremadamente abundantes.

Finalmente, es necesario mencionar que entre las principales amenazas al PNAPM son el cambio climático y el alto desarrollo turístico y urbano en la zona costera adyacente, con la resultante contaminación de las aguas subterráneas que eventualmente impactan de forma negativa los arrecifes de coral (Rodríguez-Martínez *et al.* 2010; Hernández-Terrones *et al.* 2011) y a la fauna que depende del arrecife mismo. Sin embargo, la mortalidad coralina es un proceso vital para la formación y mantenimiento de hábitats, por lo que las más abundantes comunidades crípticas están asociadas a ambientes altamente degradados (Enochs, 2011; González-Gómez 2016).

CONCLUSIÓN

Los tanaidáceos, fueron el taxón mejor representado, destacando las familias Paratanaidae y Leptocheliidae en términos de abundancia. La fauna de decápodos fue menos diversa y abundante respecto a los peracáridos, los alfeidos contribuyeron con el mayor número de especies. La diversidad y abundancia de crustáceos crípticos dentro del PNAPM estuvo más relacionada con la zonación y profundidad que con la condición relativa del arrecife. Los peracáridos fueron más diversos y abundantes en áreas someras. En las zonas someras del arrecife existe una mayor acumulación de fragmentos coralinos debido principalmente al impacto de los huracanes, creando hábitats adecuados para los peracáridos. No se observaron diferencias significativas en la riqueza de especies ni en la abundancia de peracáridos entre sitios independientemente del estado de conservación, no obstante, se observó una mayor abundancia de especies indicadoras de eutroficación en Bonanza, sitio clasificado como deteriorado. Se proponen 23 especies de peracáridos crípticos como bioindicadores de la calidad del agua para el PNAPM, incluyendo siete especies de tanaidáceos, siete anfípodos y nueve isópodos.

CAPÍTULO II

COMPARACIÓN EN LA EFICIENCIA DE COLECTA: FRAGMENTOS CORALINOS VS COLECTORES ARTIFICIALES

INTRODUCCIÓN

El estudio de la biodiversidad en los arrecifes de coral es difícil, particularmente cuando se trata de estudiar la rica fauna de invertebrados que se encuentran en una multiplicidad de microhábitats, como grietas profundas, oquedades o cualquier espacio disponible en la matriz calcárea, generalmente de muy difícil acceso (Hutchings y Weate 1977; Peyrot-Clausade 1980; Reaka-Kudla 1997; Enochs 2011). Debido a estos hábitos la colecta de invertebrados crípticos a menudo requiere el empleo de prácticas destructivas (Enochs 2011), razón por la que éste importante grupo funcional generalmente se excluye en los estudios de biodiversidad.

Para el monitoreo de peces, organismos sésiles u otros invertebrados como moluscos y equinodermos, se han desarrollado varias técnicas de evaluación rápida como transectos y cuadrantes (Walker *et al.* 2007). Sin embargo, tales métodos no están enfocados a muestrear el componente más grande y diverso del arrecife: la criptofauna (Reaka-Kudla 1997). Aunque los muestreos destructivos parecen ser la mejor opción para estudiar este componente, en la actualidad el empleo de colectores artificiales son una herramienta útil que proporcionan una perspectiva sobre los componentes de las comunidades arrecifales que no se pueden cuantificar directamente (Carr 1997; Pickering y Whitmarsh 1997) y su diseño les permite poseer características estructurales semejantes al hábitat natural, con el fin de obtener datos cuantitativos sobre la criptofauna. Además de su accesibilidad, proporcionan un esfuerzo estandarizado de muestreo, permitiendo la comparación directa entre diferentes sitios (Chapman 2002; Baronio 2008; Takada *et al.* 2007, 2016). Debido a que son fáciles de manipular y dar seguimiento a través del tiempo, los colectores ayudan a evaluar procesos tales como reclutamiento y sucesión de las comunidades (Perkol-Finkel y Beneyahu 2005) así como la respuesta de la biota ante gradientes ambientales a escalas de tiempo cortas (Walker *et al.* 2007), también pueden ayudar a entender los efectos de hábitats cercanos sobre la composición y colonización de especies (Carr 1997; Pickering y Whitmarsh 1997).

En el ambiente marino, después de un disturbio, parches de nuevo sustrato quedan disponibles para la colonización de un diverso ensamble de invertebrados, lo cual constituye un proceso crucial para las comunidades (Lozano y Zapata 2014). En relación a lo anterior, es importante saber qué tan rápido son colonizados los arrecifes naturales y qué factores influyen en las tasas de colonización. El conocimiento de la capacidad de dispersión de las especies y el mecanismo de reclutamiento en condiciones naturales es crítico para predecir tasas de colonización.

La disponibilidad de nuevo sustrato permite el reclutamiento de criptofauna erosiva que incrementa la complejidad estructural de los fragmentos coralinos y crea microhábitats necesarios para la colonización de organismos anidadores (Moran y Reaka-Kudla 1991). El reclutamiento de organismos al ambiente crítico del arrecife puede ocurrir a través de larvas pelágicas o migración de adultos provenientes de sustratos vecinos (Enochs 2010). El reclutamiento en los fragmentos coralinos puede ocurrir en un periodo de tiempo corto.

La colonización es un importante proceso para la dinámica de poblaciones y comunidades en los ecosistemas coralinos (Takada *et al.* 2007, 2008). La disponibilidad de hábitats es altamente impredecible, está en función de la muerte del coral que puede ocurrir después de disturbios físicos (tormentas, huracanes) o biológicos (enfermedades) en cualquier época del año. Después de un disturbio, parches de nuevo sustrato constituyen nichos vacíos que pueden ser colonizados de forma aleatoria y conducir al incremento en el número de especies (Gray *et al.* 1990)

De acuerdo con Hutchings (1981) las especies que colonizan un sustrato disponible deben reunir varios requisitos: 1) descubrir el hábitat rápidamente; 2) reproducirse rápidamente para explotar el hábitat, debido a la fuerte competencia por espacio disponible o por madrigueras adecuadas, y 3) la búsqueda de un nuevo hábitat una vez que el existente se vuelva desfavorable (Grassle 1974). Se sabe que diversos aspectos estructurales afectan el reclutamiento de invertebrados bénticos en sustratos naturales y artificiales, estos pueden ser la orientación espacial, la complejidad estructural, la composición y textura del sustrato y la exposición a corrientes (Glasby y Connell 2001; Walker *et al.* 2007).

Para el presente análisis, se estudió la fauna de crustáceos peracáridos y decápodos que se reclutaron en colectores artificiales durante cuatro periodos de muestreo y se comparó la composición y abundancia con los valores obtenidos en los fragmentos coralinos.

OBJETIVOS

- Caracterizar la comunidad de crustáceos peracáridos y decápodos reclutados a colectores artificiales.
- Comparar los valores de abundancia y diversidad de los ensamblajes presentes en los colectores artificiales respecto a fragmentos coralinos extraídos del entorno natural.
- Evaluar la efectividad de colectores artificiales como medios de colonización.

HIPÓTESIS

Las hipótesis de trabajo se plantean como hipótesis nula: no hay diferencias en la composición, los valores de abundancia y de diversidad de la fauna encontrada

en los colectores artificiales en comparación con los fragmentos coralinos extraídos del arrecife.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar el reclutamiento en términos de intensidad y variabilidad, a partir del primer periodo de muestreo se instalaron colectores hechos con arpillas de nylon conteniendo 3 kg de fragmentos coralinos (se eligieron aquellos con numerosas cavidades) que se recolectaron en una playa al sur del PNAPM, y se dejaron blanquear al sol por un periodo de 5 días. Las arpillas rellenas de fragmentos se colocaron dentro de una jaba de plástico de aproximadamente 50 x 40 cm, a manera de anclaje se colocó sobre la arpillá un block de cemento (Fig. 1). Los colectores se depositaron aleatoriamente cerca de colonias coralinas a fin de quedar protegidos de las corrientes. Cada 3 meses (mayo, agosto, noviembre de 2013, enero y mayo de 2014) las arpillas se removieron cuidadosamente y se introdujeron *in situ* en bolsas individuales de polietileno para evitar en la medida de lo posible la pérdida de organismos. Los colectores fueron reemplazados por nuevos. Las bolsas con los colectores se depositaron dentro de cubetas con agua de mar y se transportaron al laboratorio, donde se les añadió agua dulce.

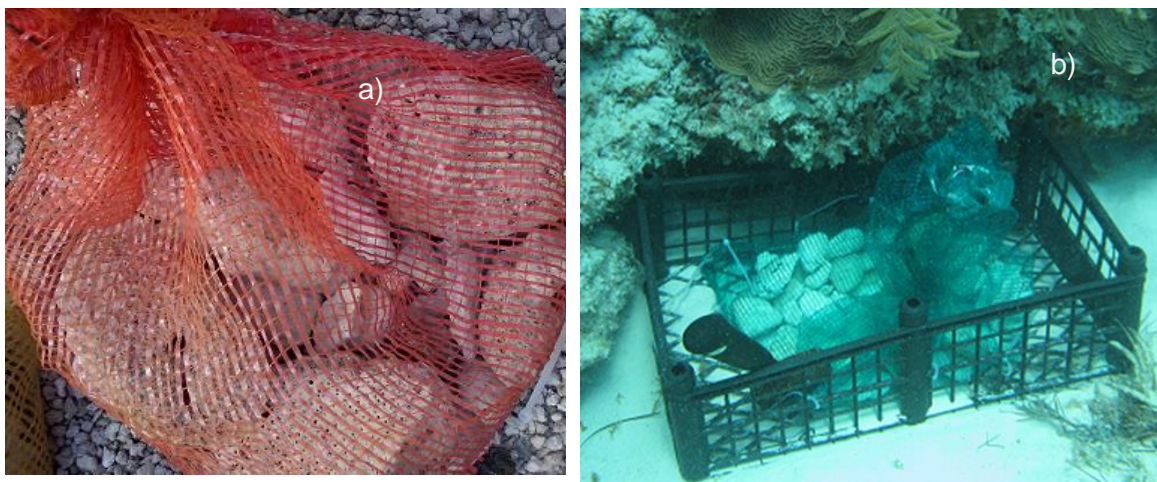


Figura 1. Arpillá con 3 kg de fragmentos coralinos (a) con la que se elaboró un colector artificial (b) depositado junto a una colonia coralina.

Trabajo de laboratorio

Las arpillas se abrieron con tijeras y todos los fragmentos se colocaron en una cubeta con agua dulce, donde se cepillaron cuidadosamente para extraer a los organismos de los intersticios, posteriormente el agua se pasó a través de una malla de 0.5 mm. Los crustáceos se separaron de los demás taxa y todo el material biológico se fijó en frascos con alcohol al 70%. Con ayuda de literatura especializada (las guías referidas en el Capítulo I) y un microscopio estereoscópico, se identificaron todos los grupos al nivel taxonómico más bajo posible y finalmente se cuantificaron.

Análisis de datos

Se determinó la abundancia relativa por especie para todos los colectores. Se emplearon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y equitatividad de Pielou con el fin de comparar los ensambles de crustáceos registrados en los colectores y en fragmentos coralinos (datos de una sola muestra de 3 kg). En este caso únicamente se consideraron los colectores de Bonanza Somero y Bonanza Medio, que fueron aquellos que. Para este análisis se empleó el programa PRIMER 6; para evaluar las diferencias en los valores del número de individuos y de especies entre los métodos de colecta (fragmentos coralinos vs colectores artificiales) se realizó un ANOVA de una vía (con el método de colecta como factor) con los datos transformados a $\log_{10}(x)$, previo al análisis, se efectuó la prueba de Bartlett ($p > 0.05$) para confirmar la homogeneidad de varianzas. Estos análisis se hicieron con R (version 3.3.3., paquetes ggplot2, plyr y lsr).

RESULTADOS

Se recuperaron 17 colectores (37.8%) de un total de 54. En los colectores se identificaron 191 especies distribuidas en 62 familias y 2,032 individuos; de éstos, el 78.4% correspondieron a peracáridos y el 21.6% a decápodos. En la tabla 1 se muestra el número de individuos y la riqueza taxonómica por taxón. Los isópodos fueron el componente dominante en cuanto al número de individuos (29.8%), en tanto que los decápodos destacaron por su riqueza de especies (37.1%).

Tabla 1. Abundancia y riqueza específica de crustáceos por taxón, obtenidos de los 17 colectores artificiales

Orden	Número de individuos	Número de familias	Número de especies
Isopoda	607	12	44
Amphipoda	513	23	43
Decapoda	438	17	71
Tanaidacea	429	8	17
Cumacea	45	3	17
Total	2,032	62	191

Entre las familias mejor representadas por el número de especies, están la Maeridae (Amphipoda) con ocho especies, de las cuales *Elasmopus rapax* fue el miembro más abundante (80 individuos). Sin embargo, *Ampithoe ramondi* (Ampithoidae) y *Gammaropsis atlantica* (Photidae) fueron las especies dominantes, con 89 y 83 individuos, respectivamente. En cuanto a los isópodos, destacaron

cuatro familias: Anthuridae con 10 especies (ocho de éstas correspondieron al género *Mesanthura*), seguida por la Sphaeromatidae con siete especies (con *Geocerceis barbarae* como la más abundante con 32 individuos), seguida por Gnathidae con seis especies y 167 organismos, de los cuales, el 34.8% fueron machos adultos. *Cirolana parva* (Cirolanidae) fue el miembro más prominente de la familia con 114 organismos, seguida por *Angeliara psammatus* (Microparasellidae), con 98 individuos. Dentro de los tanaidáceos, *Leptochelia dubia* con 230 individuos fue la más abundante, y tuvo una frecuencia del 94%. En cuanto a los cumáceos, se registraron sólo 17 especies, tres familias y 45 individuos (2.8%), de las cuales la familia Nannastacidae fue la más especiosa, incluyó 11 especies, siete del género *Cumella*.

Mientras tanto, el orden Decapoda estuvo representado por cinco infraórdenes, 16 familias y 71 especies. El infraorden Brachyura incluyó 22 especies, y con 242 organismos fue el mejor representado, contribuyendo con el 55.2%, mientras que el Caridea, con 34 especies, fue el más diverso. El infraorden Anomura presentó 12 especies y 82 individuos y con la menor contribución se encuentran los infraórdenes Thalassinidea (dos especies y tres individuos) y el Stenopodidea (una especie y un individuo).

Las familias con mayor riqueza taxonómica fueron Alpheidae (16 especies, 11 del género *Alpheus*), Mithracidae (13 especies, cuatro del género *Mithraculus*) y Palaemonidae (ocho especies, cuatro del género *Periclimenaeus*). Estas tres familias constituyeron el 69.1% del total de los decápodos. En cuanto a los anomuros, destacó la familia Diogenidae al incluir siete especies. Ocho de las 16 familias presentes en los colectores incluyeron una sola especie, de las cuales *Petrolisthes galathinus* (Porcellanidae) con 18 individuos, fue la más abundante de este grupo.

Fragmentos coralinos versus colectores artificiales

De los 17 colectores, el 47% se recuperaron en Bonanza, específicamente en las profundidades someras y medias, por tanto, los parámetros ecológicos obtenidos a partir de estos se emplearon para contrastar los valores provenientes de fragmentos coralinos (mismos sitios y profundidades y fechas) de una muestra de 3 kg. Se consideraron cuatro periodos de muestreo (mayo, agosto y noviembre de 2013 y enero de 2014) como réplicas. De estos colectores, el mayor número de individuos también se registró en los sitios someros (Figura 2).

Los fragmentos coralinos contuvieron un mayor número de especies y la abundancia media fue mayor que en los colectores (Figura 3), particularmente de tanaidáceos, cuya abundancia fue considerablemente superior (> 4.5 veces) respecto a los colectores, mientras que en éstos los decápodos registraron un mayor número de especies e individuos (Tabla 2). De esta forma, ambos métodos de colecta compartieron el 38.3% de la composición faunística (Fig. 4). En la figura 5 se resume el número de especies por método de colecta y las compartidas del total de los cuatro muestreos considerados

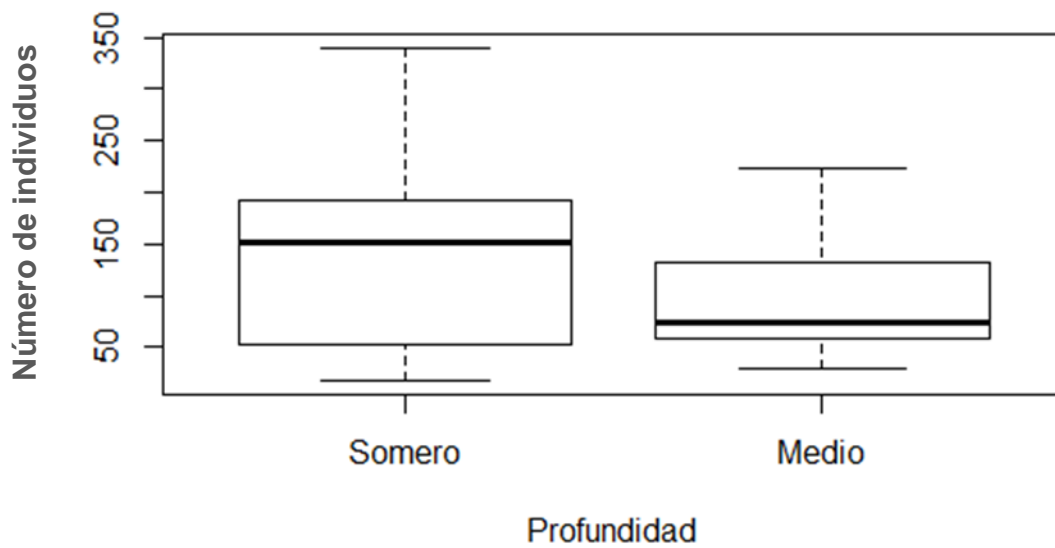


Figura 2. Diagrama de caja del número de individuos respecto a la profundidad. La línea horizontal representa la mediana, la caja los cuartiles (25% y 75%) y las barras el rango de los datos.

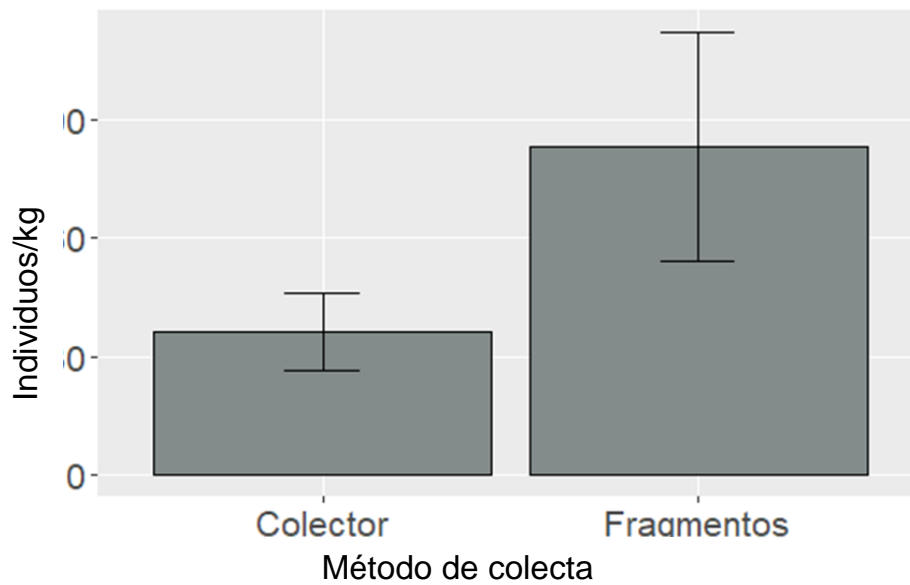


Figura 3. Abundancia de peracáridos y decapodos crípticos (individuos kg⁻¹) (media y error estándar) registrados de acuerdo al método de colecta.

Tabla 2. Riqueza taxonómica y abundancia de los taxa presentes en fragmentos coralinos y en colectores artificiales, entre paréntesis están los porcentajes correspondientes.

Orden	FRAGMENTOS		COLECTORES	
	Número de especies	Abundancia	Número de especies	Abundancia
Isopoda	42 (31.6)	428 (22.9)	31 (26)	268 (30.7)
Amphipoda	31 (23.3)	198 (10.6)	30 (25.2)	159 (18.2)
Decapoda	29 (21.8)	67 (3.6)	42 (35.2)	187 (21.4)
Tanaidacea	16 (12)	1152 (61.7)	10 (8.4)	246 (28.2)
Cumacea	15 (11.3)	22 (1.2)	6 (5)	10 (1.2)
Total	133	1867	119	871

En términos de especies únicas, en los fragmentos coralinos se tuvieron 58 especies, de las cuales 19 fueron isópodos y 11 fueron cumáceos, en tanto que en los colectores fueron 46 las especies únicas, la mayor riqueza taxonómica correspondió a los decápodos, con 27 especies y sólo en éstos aparecieron las familias Gnathophyllidae (Caridea) y Epiplatidae (Brachyura). También se registraron como especies únicas a cuatro anfípodos (*Ampelisca abdita*, *Ampelisca burkei*, *Ampelisca vadorum* y *Bemlos dentischium*) y tres isópodos (*Dynamenella angulata*, *Mesanthura punctillata* y *Angliera psammathus*).

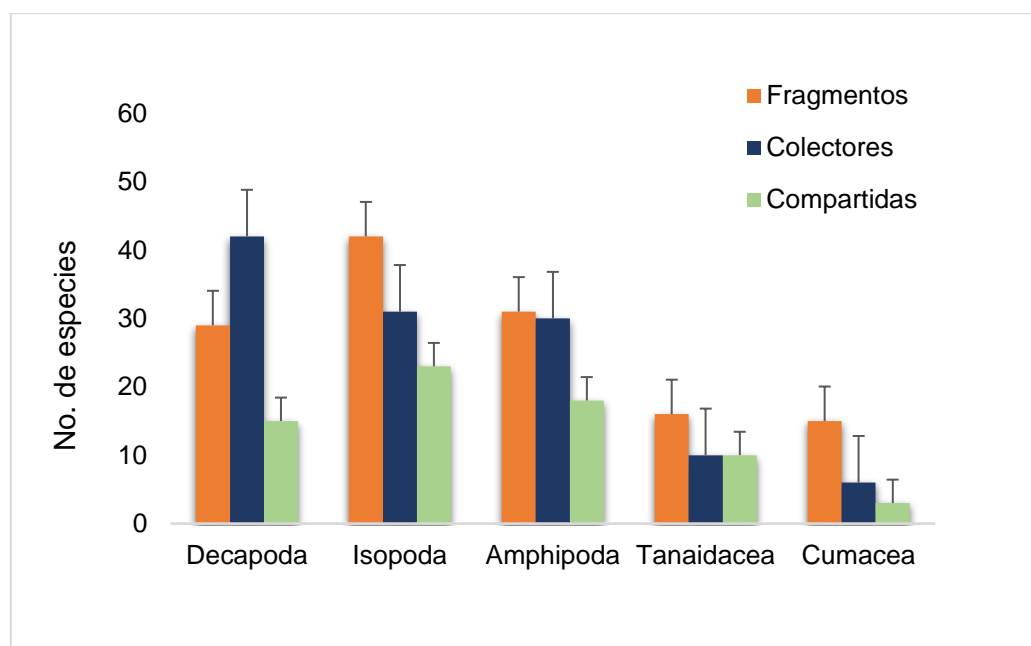


Figura 4. Número de especies por orden taxonómico que se registraron en los fragmentos coralinos, en los colectores y aquellas compartidas.

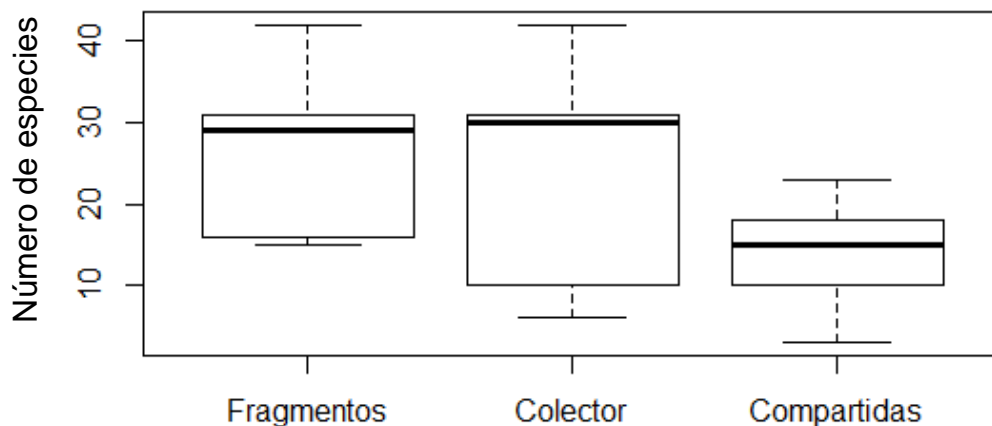


Figura 5. Diagrama de caja del número de especies únicas de fragmentos coralinos, únicas de colectores y las compartidas. La línea horizontal representa la mediana, la caja, los cuartiles (25% y 75%) y las barras el rango de los datos.

En cuanto al método de colecta respecto a la profundidad, los fragmentos extraídos de sitios someros registraron mayores valores de abundancia (Fig. 6), con un valor promedio de $113 \pm SE 57.28$ individuos por kilogramo, contra 39.25 ± 15.54 individuos provenientes de los colectores a la misma profundidad.

Aunque la riqueza taxonómica fue ligeramente mayor en los fragmentos coralinos (Tabla 2), la diversidad y equitatividad en los colectores fueron mayores ($H' = 3.676$, $J' = 0.773$) que en los fragmentos coralinos ($H' = 3.293$, $J' = 0.672$), sin embargo, los resultados del ANOVA indican diferencias en los valores de abundancia entre ambos métodos de colecta, por lo que se rechaza marginalmente la hipótesis nula (Tabla 3).

Tabla 3. ANOVA de la la riqueza taxonómica (S) y número de individuos (N) respecto al método de colecta (fragmentos y colector)

Fuente	gl	SS	MS	F	p
S x método	1	9.57	4.78	1.403	0.2633
N x método	1	0.565	0.565	4.28	0.0576
Residual	14	1.848	0.132		

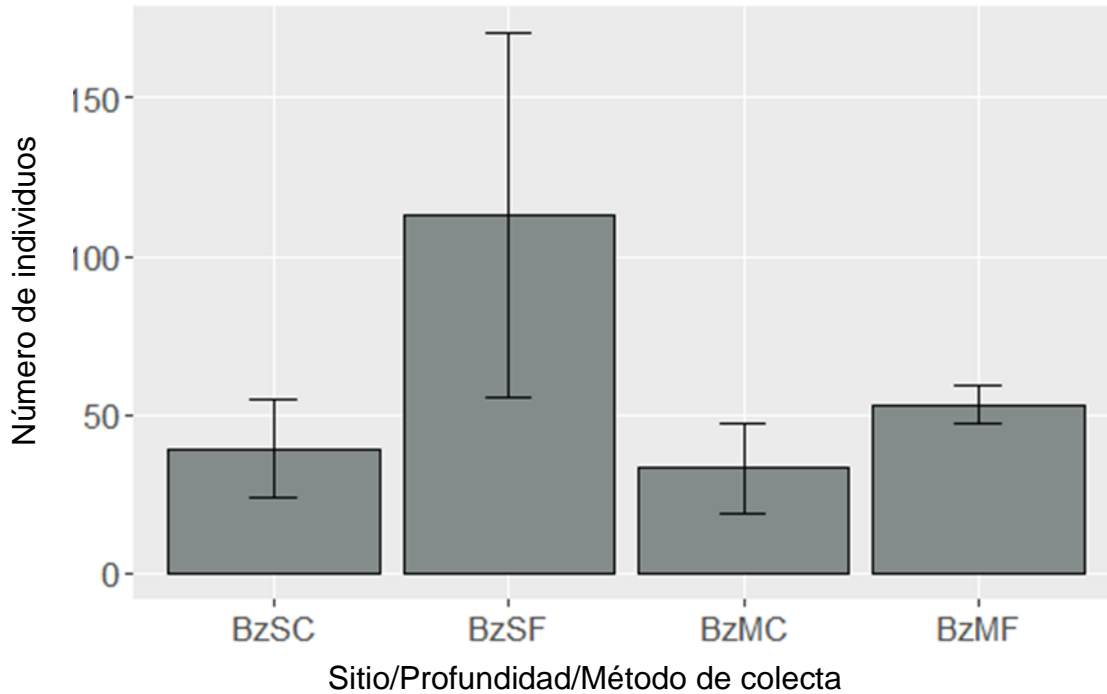


Figura 6. Abundancia media por sitio (Bonanza Somero: BzS, Bonanza Medio: BzM) de acuerdo al método de colecta (C: colectores; F: Fragmentos coralinos).

DISCUSIÓN

El uso de colectores artificiales permitió reconocer un rico ensamble de crustáceos crípticos, donde el 45.7% de las especies reclutadas se registraron en los fragmentos coralinos y son típicas de estos hábitats. Este coincide con las observaciones de Chapman (2002) y Baronio y Bucher (2008), donde la biota que coloniza este tipo de colectores puede representar la mayor parte de los invertebrados móviles que habitan en las comunidades coralinas adyacentes.

El número de especies en los colectores elaborados con fragmentos coralinos se considera relativamente alto comparado con aquellos valores reportados por Cruz-García *et al.* (2012) quienes solamente registraron tres especies de isópodos en colectores rellenos con fragmentos de *Pocillopora*. En el presente estudio se registraron 191 especies, 44 de ellas isópodos. Takada *et al.* (2012), al emplear este tipo de colectores, obtuvieron 117 especies (32 decápodos) y Peyrot-Claussade (1980) registró 67 especies de decápodos, cifra ligeramente inferior al presente estudio (71).

La abundancia de peracáridos fue hasta 2.5 veces superior en los fragmentos coralinos, que por lo general estaban cubiertos por tapetes de algas, característica que confiere una complejidad estructural mayor, así como fuente de alimento adicional para las especies herbívoras. En este sentido, la abundancia de la criptofauna está estrechamente relacionada con la densidad de algas filamentosas (Klumpp *et al.* 1988; Kramer 2014), y probablemente esta característica influyó en

la mayor abundancia y riqueza observada en los fragmentos coralinos. Sin embargo, en los colectores artificiales los decápodos fueron más abundantes que en los fragmentos naturales, con una elevada riqueza taxonómica (71 especies), esta característica puede deberse a que diversas especies de decápodos exhiben una conducta agonista, la cual permite regular la abundancia de competidores potenciales evitando la sobreexplotación de recursos, por lo que el comportamiento agresivo permite reducir la competencia (Glynn 2013). Por ejemplo, los miembros de la familia Alpheidae son altamente agresivos, en los machos la talla corporal y el tamaño de su quela mayor determinan las interacciones competitivas y las hembras, por su parte, tienden a responder agresivamente sin importar el tamaño del oponente (Hughes 1996), se ha documentado, además, en condiciones de laboratorio, que estos organismos defienden activamente sus refugios (Gassel 1993). Es interesante notar que se registraron 16 especies de alfeidos, mismos que constituyeron el 63.6% de los carideos en el total de los colectores. Además, el número de sustratos disponibles constituyen un factor que determina el número de especies de decápodos presentes en un hábitat determinado (Abele 1974), probablemente el uso diferencial de cada sustrato permite la coexistencia de otras especies.

En los colectores artificiales se observaron juveniles, sub adultos y hembras ovígeras de anfípodos (*Elasmopus rapax*), isópodos (*Cirolana parva*) y decápodos (*Alpheus* sp, *Salmoneus arubae* (Alpheidae), *Omalacantha antillensis* y *Mithaculus sculptus* (Mithracidae), hembras ovígeras de *Brachycarpus biunguiculatus* y *Periclimenaeus ascidarum* (Palaemonidae), lo cual sugiere un reclutamiento de forma diferencial a lo largo del tiempo. Esta colonización de adultos y juveniles puede resultar de la migración desde hábitats adyacentes (Chapman 2002; Smith y Rule 2002), donde la fauna se puede desplazar sobre el sustrato o bien nadar cortas distancias (Takada *et al.* 2016). Adicionalmente, los organismos pueden acceder a los sustratos por medio de dispersión pasiva, es decir, cuando ocurren desprendimientos durante periodos de mayor turbulencia o cuando salen de noche a la columna de agua (Edgar 1991; Smith y Rule 2002), así, los ensambles reclutados en los colectores artificiales probablemente son colonizadores oportunistas. Los anfípodos pueden ocupar los mismos hábitats a lo largo de su ciclo de vida y toda una población reproductora puede ocurrir dentro de unos pocos centímetros (Costello y Myers 1996).

La colonización de fragmentos coralinos por invertebrados crípticos puede ocurrir en unas pocas semanas (Peyrot-Clausade 1980; Enochs *et al.* 2011; Takada *et al.* 2007), en el presente estudio, en un periodo de tres meses se registraron hasta 53 especies y 224 individuos en un solo colector.

Las variaciones en la composición y abundancia de crustáceos que se observaron entre los colectores artificiales y fragmentos coralinos pueden deberse a diferentes factores como el movimiento del agua, la carga del sedimentos, la presión por depredación o el contenido de materia orgánica (Enochs 2010). También los disturbios mecánicos producidos por el oleaje y las corrientes, particularmente en las zonas someras son factores importantes que tienen un

impacto en la distribución y estructura de las comunidades (Choi y Ginsburg 1983; Meesters *et al.* 1991), mismas que contribuyen al mantenimiento de una elevada riqueza de especies al evitar la exclusión competitiva y facilitando la colonización de especies menos competitivas, de esta forma se mantiene una alta diversidad cuando la riqueza está cambiando continuamente (Enochs 2011).

Los colectores artificiales mostraron una mayor diversidad y equitatividad que los fragmentos coralinos, sin embargo, esta diferencia puede deberse a la mayor abundancia de tanaidáceos registrada en los fragmentos, además las diferencias en los valores de abundancia fueron significativas de acuerdo al ANOVA realizado.

El presente estudio permitió observar que los colectores artificiales elaborados con fragmentos coralinos son efectivos para muestrear una amplia variedad de invertebrados crípticos como moluscos (Gastropoda, Polyplacophora y Bivalvia), algunos poliquetos y equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea), incluso algunos peces pequeños como góbidos, grupos que han sido previamente reportados (Smith *et al.* 1996; Atilla y Fleeger 2000; Rule y Smith 2005, 2007). La ventaja de los colectores artificiales es la obtención de un mayor número de individuos y de especies que pueden ser altamente móviles, como los decápodos (que fueron más especiosos y abundantes) en comparación con otros métodos como las colectas manuales o censos. Sin embargo, el uso de éstos no garantiza la obtención de una muestra representativa de los invertebrados que viven en los arrecifes coralinos, como aquellos asociados a anémonas o corales vivos, o los bio-horadores como sipuncúlidos u organismos sésiles (Zimmerman y Martin 2004), pero cuando la colecta está enfocada al grupo de los crustáceos, los colectores elaborados con fragmentos coralinos son un excelente método.

De esta forma, los muestreos cuantitativos pueden servir para monitorear cambios en los ambientes arrecifales y ayudar en la toma de decisiones. No obstante, un inconveniente del empleo de los colectores es la pérdida, ya sea por condiciones meteorológicas que influyen en el patrón de corrientes superficiales o por influencia humana.

CONCLUSIONES

Los colectores artificiales constituyen una valiosa herramienta para estudiar las comunidades de invertebrados crípticos, además contribuyen con el entendimiento de los patrones de colonización en hábitats de difícil acceso, como son los arrecifes de coral, Entre otras de sus utilidades, permiten realizar comparaciones directas entre diferentes sitios y hábitats, son métodos no destructivos y de bajo costo, proporcionan un hábitat replicable y pueden permitir la detección de cambios ambientales. El uso de estos colectores permitió identificar un especioso ensamble de crustáceos peracáridos y decápodos, con un total de 191 especies, de las cuales, los decápodos constituyeron el grupo dominante al registrar 71 especies. Copépodos (Harpacticoida), otrácodos (Podocopida, Miocopida), leptostracos y estomatópodos fueron otros grupos reclutados en los colectores artificiales.

CAPÍTULO III

NUEVOS REGISTROS DE CRUSTÁCEOS ARRECIFALES EN EL CARIBE MEXICANO

INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad de un hábitat amenazado, como los arrecifes de coral, depende de un sólido conocimiento sobre de las especies asociadas, así como de sus requerimientos ecológicos (Mikkelsen y Cracraft 2001). Una parte fundamental para estudios de biodiversidad son los inventarios, ya que permiten documentar patrones de diversidad, endemismo e incluso especies introducidas. Tal información es esencial para identificar y establecer prioridades de conservación. Los inventarios proporcionan una línea base para programas de monitoreo y pueden identificar especies indicadoras de cambio ambiental, además en los inventarios se descubren y describen nuevas especies (Mikkelsen y Cracraft 2001). En este sentido, es de vital importancia acelerar los esfuerzos para describir, documentar y catalogar especies asociadas a arrecifes de coral, que son particularmente vulnerables a la extinción local (Glynn 2011), particularmente aquellas que poseen rangos de distribución restringidos (Roberts *et al.* 2002), donde la probabilidad de extinción de una especie nueva antes de que sea conocida por la ciencia es alta (Enochs *et al.* 2011). Sólo con el conocimiento de este especioso e importante componente se pueden establecer estrategias de manejo y conservación, ya que muchas, quizá la mayor parte de estas especies no están descritas y/o no han sido estudiadas más allá de su descripción original (Glynn 2011). Teniendo en cuenta las amenazas a la biodiversidad, es urgente describir y documentar las especies existentes, describir sus interacciones, y conocer su papel dentro de las tramas tróficas y con respecto al funcionamiento de todo el ecosistema (Costello *et al.* 2015).

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), Quintana Roo. Los sitios fueron seleccionados: 1) Bonanza (degradado), 2) Bocana (conservado) y 3) Jardines (recuperado). Mediante buceo autónomo (SCUBA) se recolectaron 6 kg de fragmentos coralinos y adicionalmente se depositaron colectores artificiales dentro del área de colecta, que se efectuó a diferentes profundidades: somero (2–3 m), medio (6–7 m) y profundo (10–12 m). La colecta de fragmentos coralinos y colocación de colectores artificiales se efectuaron entre mayo de 2013 y mayo de 2014, bajo el permiso SAGARPA DGOPA.00008.080113.0006.

Las muestras fueron procesadas en laboratorio, donde se extrajeron todos los organismos de los fragmentos coralinos y de los colectores artificiales, se empleó una malla de 0.5 mm para separar los organismos que más tarde se preservaron en etanol al 70%. Se emplearon diversas claves de identificación para

anfípodos: Thomas (1993), LeCroy (2000, 2002, 2004, 2007), Winfield *et al.* (2007); isópodos: Menzies y Glynn (1968), Kensley (1984), Kensley y Schotte (1989), y Müller (1988, 1992, 1993); tanaidáceos: Suarez-Morales *et al.* (2004), Heard (2007); cumáceos: Petrescu (2009) y decápodos: Chace (1972), Williams (1984) y Abele y Kim (1986).

RESULTADOS

Se reportan 78 nuevos registros de crustáceos crípticos, la mayor parte provenientes de fragmentos coralinos (Tabla 1), lo cual representa el 23.7% de la fauna colectada. Los nuevos registros, así como el número individuos por sitio y profundidad se muestran en la Tabla Suplementaria 1 (aquellos obtenidos en los fragmentos coralinos están señalados en negritas y los reclutados en colectores artificiales en color azul). Adicionalmente se reportan por primera vez 19 géneros distribuidos en seis familias: Gnathostenetroidae, Joeropsididae, Microparasellidae, Pleurocopidae (Isopoda), Kalliapseudidae y Pagurapseudidae (Tanaidacea). De estos nuevos registros, 19 fueron reportados por Monroy-Velázquez y Alvarez (2016).

El 48.1% de los registros nuevos corresponden al orden Isopoda (38 especies), seguido por el orden Cumacea (10 especies), Tanaidacea (3 especies) y Amphipoda (1). En cuanto a los decápodos, se tuvieron 26 nuevos registros, distribuidos en 19 géneros y 10 familias, la mayor parte dentro del infraorden Caridea (55.5%), destacando la familia Alpheidae con seis especies. Los nuevos registros, así como el número individuos por sitio y profundidad se muestran en la Tabla Suplementaria 1, aquellos obtenidos en los fragmentos coralinos están señalados en negritas y los reclutados en colectores artificiales en negritas color azul. El arreglo sistemático está basado en Ahyong *et al.* (2011).

Tabla 1. Número de registros nuevos obtenidos de fragmentos coralinos y de colectores artificiales dentro del PNAPM.

Método de colecta	Peracáridos	Decápodos
Fragmentos	50	23
Colectores	2	3
Total	52	26

Lista de especies

Orden Amphipoda Latreille, 1816
Suborden Senticaudata Lowry y Myers, 2013
Familia Maeridae Krapp-Schickel, 2008
Género *Spathiopus* Thomas y Barnard, 1985

Spathiopus loeensis Thomas y Barnard, 1985

Distribución. Océano Atlántico: Florida, Bahía de Biscayne, Florida. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Orden Isopoda Latreille, 1817
Suborden Asellota Latreille, 1802
Superfamilia Gnathostenetroidea Kussakin, 1967
Familia Gnathostentroidae Fresi, Idato y Scipione, 1980
Género *Gnathostenetroides* Amar, 1957

Gnathostenetroides pugio Hooker, 1985

Distribución. Estados Unidos: Florida Middlegrounds en el Golfo de México (Hooker, 1985; Kensley y Schotte, 1989); Venezuela: Cayo Sombrero y Parque Nacional Morrocoy (Díaz *et al.* 2013). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Superfamilia Janiroidea Sars, 1897
Familia Joeropsididae Nordenstam, 1933
Género *Joeropsis* Koehler, 1885

Joeropsis bifasciatus Kensley, 1984

Distribución. Belice, Carrie Bow Cay (Kensley 1984). Se extiende el rango de distribución hacia el norte del Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Joeropsis personatus Kensley, 1984

Distribución. Belice: Carrie Bow Cay; Puerto Rico; Estados Unidos: Florida; Tobago (Kensley y Schotte 1994). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Joeropsis rathbunae Richardson, 1902

Distribución. Bermuda (Richardson 1902). Bahamas; Belice: Carrie Bow Cay; Puerto Rico; Estados Unidos: Florida; Mexico: Veracruz, Yucatán, Sisal (Ortiz *et al.* 2013, 2014). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Joeropsis tobagoensis Kensley y Schotte, 1994

Distribución. Trinidad y Tobago, Colombia (Kensley y Schotte 1994)

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Familia Munnidae Sars, 1897

Género *Uromunna* Menzies, 1962

Uromunna reynoldsi (Frankenberg y Menzies, 1966)

Distribución. Louisiana, Golfo Mexico, costas del Pacífico y Caribe del Canal Panamá (Kensley y Schotte, 1989).

Familia Pleurocopidae Fresi y Schiecke, 1972

Género *Pleurocope* Walker, 1901

Pleurocope floridensis Hooker, 1985

Distribución. Turcos y Caicos; Carrie Bow Cay, Belice, Florida Middlegrounds, Golfo de México (Kensley y Schotte 1989).

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Superfamilia Stenetrioidea Hansen, 1905

Familia Stenetriidae Hansen, 1905

Género *Hansenium* Serov y Wilson, 1995

Hansenium spathulicarpus (Kensley, 1984)

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice; Puerto Rico (Kensley y Schotte 1989).

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Hansenium stebbingi (Richardson, 1902)

Distribución. Bermuda; Cayos de Florida; Bahamas, Turcos y Caicos, Cuba; Jamaica; Islas Vírgenes; Carrie Bow Cay, Belice; Golfo de México (Kensley y Schotte 1989).

Género *Lyocoryphe* Serov y Wilson, 1995

Lyocoryphe minocule (Menzies y Glynn, 1968)

Distribución. Puerto Rico; Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1989).

Género *Stenetrrium* Haswell, 1881

Stenetrrium serratum (Hansen, 1905)

Distribución. Looe Key, Florida, Turcos y Caicos; Jamaica; Puerto Rico, Islas Vírgenes; Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1989)

Superfamilia Incertae Sedis

Familia Microparasellidae Karaman, 1933

Género *Angliera* Chappuis y Delamare-Deboutteville, 1952

Angliera psammathus Kensley, 1984

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Caribe mexicano.

Suborden Cymotoidea Wagele, 1989

Superfamilia Anthuroidea Leach, 1814

Familia Anthuridae Leach, 1814

Género *Amakusanthura* Nunomura, 1977

Amakusanthura magnifica (Menzies y Frankenberg, 1966)

Distribución. EUA: Georgia y Florida, (Kensley y Schotte 1989). Cuba, Golfo de México (Kensley y Schotte 1989). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Amakusanthura signata (Menzies y Glynn, 1968)

Distribución. Belice, Carrie Bow Cay (Kensley y Schotte 1989). Cuba, Puerto Rico (Kensley y Schotte 1989). Colombia, Dominica (Kensley y Schotte 1994). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Anthomuda* Schultz, 1979

Anthomuda affinis (Richardson, 1902)

Distribución. Bermuda (Kensley y Schotte 1989). Se extiende rango de distribución hacia el sur del mar Caribe.

Género *Apanthuroides* Menzies y Glynn, 1968

Apanthuroides millae Menzies y Glynn, 1968

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice; Puerto Rico (Kenley y Schotte 1989)

Género *Cortezura* Schultz, 1977

Cortezura confixa (Kensley, 1978)

Distribución. Venezuela (Kensley y Schotte 1989). Colombia (Kensley y Schotte 1994). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Mesanthura* Barnard, 1914

Mesanthura bivittata Kensley, 1987

Distribución. Belice, Twin Cays (Kensley y Schotte 1989). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Mesanthura hopkinsi Hooker, 1985

Distribución. Looe Key, Florida; Florida Middlegrounds, Golfo de México. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Mesanthura punctillata Kensley, 1982

Distribución. Turcos y Caicos; Carrie Bow Cay, Belice, se extiende el rango de distribución hacia el norte.

Género *Pendantura* Menzies y Glynn, 1968

Pendantura hendleri Kensley, 1984

Distribución. Belice, Carrie Bow Cay, Twin Cays. Panama, Tobago (Kensley y Schotte 1994). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Familia Expananthuridae Poore, 2001

Género *Eisothistos* Haswell, 1884

Eisothistos petrensis Kensley, 1984

Distribución. St. Thomas, Indias Occidentales, Belice, Carrie Bow Cay, Florida (Kensley y Schotte 1989). Turcos y Caicos, Islas Vírgenes, St. Thomas (Kensley y Schotte 1984, 1989). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Heptanthura* Kensley, 1984

Heptanthura scopulosa (Kensley, 1984)

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1989).

Familia Paranthuridae Menzies y Glynn, 1968
Género *Colanthura* Richardson, 1902

Colanthura tenuis Richardson 1902

Distribución. Bermuda (Kensley y Schotte, 1989). Colombia (Kensley y Schotte 1994). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Paranthura* Spence Bate y Westwood, 1866

Paranthura floridensis Menzies & Kruczynski, 1983

Distribución. Florida, Golfo de México. Se extiende rango de distribución geográfica.

Superfamilia Cymothooidea Leach, 1814

Familia Cirolanidae Dana, 1852

Género *Calyptolana* Bruce, 1985

Calyptolana hancocki Bruce, 1985

Distribución. Antillas Holandesas, Aruba, Islas Turcas y Caicos, Colombia, Venezuela, Tobago (Kensley y Schotte 1994). El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Cirolana* Leach, 1818

Cirolana crenulitelson Kensley and Schotte, 1987

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1988). Se extiende rango de distribución al sector norte del Mar caribe.

Género *Metacirolana* Kussakin, 1979

Metacirolana agaricicola Kensley, 1984

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1988). Se extiende rango de distribución al sector norte del Mar caribe.

Metacirolana menziesi Kensley, 1984

Distribución. Carrie Bow Cay, Belice (Kensley y Schotte 1988). Se extiende rango de distribución al sector norte del Mar caribe. El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Familia Corallanidae Hansen, 1890

Género *Excorallana* Stebbing, 1904

Excorallana berbicensis Boone, 1918

Distribución. Guayana Francesa, Guadalupe (Kensley y Schotte 1988). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Familia Gnathiidae Leach, 1814

Género *Gnathia* Leach, 1814

Gnathia beethoveni Paul y Menzies, 1971

Distribución. Venezuela, Colombia (Müller 1988; Kensley y Schotte 1994). Este registro nuevo extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe. El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Gnathia vellosa Müller, 1988

Distribución. Colombia (Müller 1988; Kensley y Schotte 1994). El presente registro aumenta el rango de distribución geográfica hacia el sector norte del Mar Caribe. El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Gnathia virginalis Monod, 1926

Distribución. Colombia (Müller, 1988; Kensley y Schotte 1994). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Suborden Sphaeromathidae Wagele, 1989

Superfamilia Sphaeromatoidea Latreille, 1825

Familia Sphaeromatidae Latreille, 1825

Género *Dynamenella* Hansen, 1905

Dynamenella angulata Menzies and Glynn, 1968

Distribución. Puerto Rico (Kensley y Schotte 1989). Se extiende el rango de distribución hacia el sector occidental del Mar Caribe.

Género *Discerceis* Richardson, 1905

Discerceis kensleyi Schotte, 2005

Distribución. Colombia (Schotte 2005). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Exosphaeroma* Stebbing, 1900

Exosphaeroma diminuta Menzies y Frankenberg, 1966

Distribución. Bahía de Chesapeake a Florida; Venezuela (Kensley y Schotte 1989).

Exosphaeroma yucatanum (Richardson, 1901)

Distribución. Cabo Catoche, Yucatán, México (Kensley y Schotte 1989). Se extiende el rango de distribución hacia el Mar Caribe.

El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Género *Geocerceis* Menzies y Glynn, 1968

Geocerceis barbarae Menzies y Glynn, 1968

Distribución. Puerto Rico. Dominica (Kensley y Schotte 1994). Este nuevo registro extiende el rango de distribución hacia el Mar Caribe. El nuevo registro en el PNAPM ha sido recientemente publicado como resultado de este estudio (Monroy-Velázquez y Alvarez 2016).

Orden Tanaidacea Dana, 1849

Suborden Apseudomorpha Miller, 1940

Familia Kalliapseudidae Lang, 1956

Género *Kalliapseudes* Stebbing, 1910

Kalliapseudes (Mesokalliapseudes) bahamaensis Sieg, 1982

Distribución. Bahamas, Carolina del Sur a sureste de Florida, Golfo de México (Heard *et al.* 2007). Se extiende el rango de distribución hacia el sur.,

Género *Psammokalliapseudes* Lang, 1956

Psammokalliapseudes granulosis Silva-Brum, 1973

Distribución. Golfo de México: Tampa Bay, Cayos de Florida; Puerto Rico; Tobago hasta Brasil (Heard *et al.* 2007).

Familia Pagurapseudidae Lang, 1970

Género *Pagurotanais* Bouvier, 1918

Pagurotanais bouryi (Bouvier, 1918)

Distribución. Cuba (Gutu 1996), Puerto Vargas, Costa Rica (Heard *et al.* 2007).

Orden Cumacea Krøyer, 1846

Familia Bodotriidae T. Scott, 1901

Género *Cyclaspis* Sars, 1855

Cyclaspis granulata (Radha-Deby y Kurian, 1981)

Distribución. Golfo de México, Belice (Petrescu 2002; Heard *et al.* 2007).

Cyclaspis varians Calman, 1912

Distribución. Distribución: Bahamas; Cayo Carrie Bow, Belice (Petrescu 2002).

Familia Nannastacidae Bate, 1866

Género *Cumella* Jousseume, 1898

Cumella antipai Petrescu, Iliffe y Sarbu, 1994

Distribución: Golfo de México (Heard y Roccatagliata), Belice (Petrescu 2002)

Cumella gomoii Bacescu y Muradian, 1977

Distribución. Cuba y Bahamas (Abaco Island), Belice (Petrescu 2002).

Cumella murariui Petrescu, 2002

Distribución. Localidad tipo Cayo Carrie Bow, Belice (Petrescu 2002).

Cumella meredithi Bacescu, 1971

Distribución. Golfo de México (Heard y Roccatagliata 2009)

Cumella ruetzleri Petrescu, 2002

Distribución. localidad tipo: Cayo Carrie Bow, Belice (Petrescu 2002).

Cumella serrata Calman, 1911

Distribución. Islas Vírgenes, Bermuda (Petrescu y Sterrer 2001). Belice (Petrescu 2002).

Género *Cubanocuma* Bacescu y Muradian, 1977

Cubanocuma gutzui Bacescu y Muradian, 1977

Distribución. Golfo de México (Heard *et al.* 2007). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Schizotrema* Calman, 1911

Schizotrema aglutinanta (Bacescu, 1971)

Distribución. Cayos de Florida, Bermuda, Cuba (Heard *et al.* 2007), Belice (Petrescu 2002).

Orden Decapoda Latreille, 1802

Suborden Dendrobranchiata Bate, 1888

Superfamilia Penaeoidea Rafinesque, 1815

Familia Penaeidae Rafinesque, 1815

Género *Litopenaeus* Pérez-Farfante, 1969

Litopenaeus schmitti (Burkenroad, 1936)

Distribución. Cuba, Honduras hasta Santa Catarina, Brasil (Chace 1972).

Género *Trachipenaeopsis* Burkenroad, 1934

Trachipenaeopsis mobilispinis (Rathbun, 1920)

Distribución. Bermudas, Bahía de Campeche, este de Cuba, Turcos y Caicos, Jamaica, Islas Vírgenes (Chace 1972).

Suborden Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden Caridea Dana, 1852

Superfamilia Alpheoidea Rafinesque, 1815

Familia Lysmatidae Dana, 1852

Género *Exhippolysmata* Stebbing, 1915

Exhippolysmata oplophorides (Holthuis, 1948)

Distribución. Atlántico occidental, desde Carolina del Norte a Brasil (Chace 1972).

Familia Palaemonidae Rafinesque, 1815

Género *Periclimenaeus* Borradaile, 1915

Periclimenaeus ascidarum Holthuis, 1951

Distribución. Dry Tortugas, Florida, costa caribeña de Colombia (Chace 1992).

Periclimenaeus maxillulidens (Schmitt, 1936)

Distribución. Noreste del Golfo de México y Bonaire (Chace 1972).

Género *Periclimenes* O. G. Costa, 1944

Periclimenes finlayi Chace, 1972

Distribución. Dominica, Antillas Menores (Chace 1972).

Familia Alpheidae Rafinesque, 1815

Género *Alpheus* Fabricius, 1798

Alpheus barbadensis (Schmitt, 1924)

Distribución. Barbados (Chace 1972). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Alpheus belli Coutière, 1898

Distribución. Noroeste del Golfo de México, Brasil (Chace 1972).

Género ***Salmoneus*** Holthuis, 1955

Salmoneus arubae Schmitt, 1936

Distribución. Sólo en localidad tipo: Aruba, se extiende rango de distribución hacia el sector occidental del Caribe (Chace 1972).

Género *Synalpheus* Spence Bate, 1888

Synalpheus curacaoensis Schmitt, 1924

Distribución. Curazao y Bonaire (Chace 1972). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Synalpheus pandionis Coutière, 1909

Distribución. Este de Florida, Golfo de México, Antillas, Venezuela (Felder 2009).

Superfamilia Processoidea Ortmann, 1896

Familia Processidae Ortmann, 1896

Género *Processa* Leach, 1915

Processa profunda Manning y Chace, 1971

Distribución. Carolina del Norte, Carolina del Sur, Golfo de México, Surinam (Felder *et al.* 2009)

Processa riveroi Manning y Chace, 1971

Distribución. Cayos de Florida, Puerto Rico (Felder *et al.* 2009). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Processa wheeleri Lebour, 1941

Distribución. Bermuda, Bahamas (Chace 1972). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Infraorden Anomura MacLeay, 1838

Superfamilia Paguroidea Latreille, 1802

Familia Diogenidae Ortmann, 1892

Género *Aeropaguristes* Rahayu y McLaughlin, 2010

Aeropaguristes hummi (Wass, 1955)

Distribución. Carolina del Norte, Florida, Louisiana (Chace 1972). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Isocheles* Stimpson, 1848

Isocheles wurdemanni Stimpson, 1862

Distribución. Isla Sanibel, Florida (Abele y Kim 1984). Laguna de Términos. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Paguristes* Dana, 1851

Paguristes hernancortezii McLaughlin y Provenzano, 1974

Distribución. Noreste de Florida, suroeste del Golfo de México. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe

Infraorden Brachyura Linnaeus, 1758

Superfamilia Leucosioidea Samouelle, 1819

Familia Leucosiidae Samouelle, 1819

Género *Lithadia* Bell, 1855

Lithadia cadaverosa Stimpson, 1871

Distribución. Este del Golfo de México, Bahamas (Felder *et al.* 2009). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Superfamilia Majoidea Samouelle, 1819

Familia Mithracidae

Género *Pitho* Bell, 1836

Pitho mirabilis (Herbst, 1794)

Distribución. Cayos de Florida, Bahamas, Antillas (Felder *et al.* 2009). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Superfamilia Xanthoidea MacLeay, 1838

Familia Xanthidae MacLeay, 1838

Género *Batodaeus* Vázquez-Bader y Gracia, 2005

Batodaeus urinator (A. Milne-Edwards, 1881)

Distribución. Carolina del Norte, Cayos de Florida, Indias Occidentales (Abele y Kim 1986).

Género *Garthiope* Guinot, 1990

Garthiope spinipes (A. Milne-Edwards, 1880)

Distribución. Cayos de Florida y Dry Tortugas (Abele y Kim 1984). Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Paractacea* Guinot, 1969

Paractacea rufopunctata nodosa (Stimpson, 1890)

Distribución. Carolina del Norte, Golfo de México, Indias occidentales hasta Brasil (Abele y Kim 1986).

Superfamilia Pinnotheroidea De Haan, 1833

Familia Pinnotheridae De Haan, 1833

Género *Pinnixa* White, 1846

Pinnixa floridana Rathbun, 1918

Distribución. Carolina del Norte este del Golfo de México, Cuba. Se extiende el rango de distribución hacia el sector norte del Mar Caribe.

Género *Pinnotheres* Bosc, 1801

Zaops ostreus (Say, 1817)

Distribución. Salem, Massachusetts hasta Brasil (Abele y Kim 1986).

DISCUSIÓN

La fauna de crustáceos crípticos dentro del PNAPM es poco conocida y a través de la presente investigación se pudo reconocer un rico ensamble conformado por 329 taxa, de los cuales 78 representan nuevos registros, cifra inferior comparada con los datos de Markham *et al.* (1990), que reportaron 125 nuevos registros de peracáridos (isópodos, cumáceos y tanaidáceos) y de decápodos que fueron colectados en diferentes ambientes (raíces de mangle, arena, algas y pastos marinos) y con distintos métodos tales como dragas, nucleadores y redes. Monroy-Velázquez (2000) analizó la fauna de decápodos asociada a pastos marinos, reportando 15 nuevos registros. De esta forma, se incrementa el inventario a 683 especies de crustáceos en el Caribe mexicano (Tabla 2), de los cuales 267 son anfípodos, 89 isópodos, 23 tanaidáceos, 30 cumáceos y 1,075 decápodos, que representan el 72.4% de la fauna de crustáceos malacostracos, esto se debe al mayor número de estudios realizados.

El presente estudio ha expandido el conocimiento de la criptofauna de crustáceos y los nuevos registros llenan un vacío en la distribución geográfica de estas especies, que se conocían previamente en otras localidades del Golfo de México y el Caribe. De los 78 nuevos registros, se amplía el ámbito geográfico de 36 especies (46.1%).

La presencia de nuevos registros indica que, en general, los crustáceos crípticos asociados a arrecifes de coral no han sido sujetos a estudios sistemáticos ni intensivos. Esta carencia de actividad se debe, en gran parte a los pocos especialistas que radican en regiones tropicales (Lowry y Myers 2009), Otro obstáculo para el estudio de muchos crustáceos es la dificultad física de colectar en el arrecife mismo, ya que éste presenta una compleja variedad de micro y macrohábitats, lo cual puede desafiar todos los métodos de colecta (Lowry y Myers 2009), además, la existencia de áreas naturales protegidas, que regula estrictamente la colecta de organismos vivos o muertos es otro factor que influye en estudios de biodiversidad.

Tabla 2. Riqueza taxonómica de la fauna de peracaridos y decápodos registrados en el presente estudio, en el Caribe mexicano y Mar Caribe, entre paréntesis figura el número de registros nuevos por taxon.

Orden	Mar Caribe	Caribe mexicano	Este estudio
Mysida	5 ^a	4 ^b	1
Amphipoda	535 ^c	266 ^d	75 (1)
Isopoda	178 ^e	51 ^f	80 (38)
Tanaidacea	19 ^g	20 ^h	22 (3)
Cumacea	35 ⁱ	15 ^j	30 (10)
Decapoda	1049 ^k	249 ^l	121 (26)
Total	1,821	605	329 (78)

a) Sorbe *et al.* (2007); b) Markham y Donath-Hernández (1990); c) Martín *et al.* (2013); d) Martín *et al.* (2013); e) Kensley y Schotte (1989); f) Markham *et al.* (1990); Cantú-Díaz Barriga y Escobar-Briones (1992); van Tussenbroek *et al.* (2012); g) Ortiz y Lalana (1993); h) Suárez-Morales *et al.* (2004); i) Petrescu (2002); j) Donath-Hernández (1988); k) Boschi (2000); l) Markham *et al.* (1990), Monroy Velázquez (2000).

La fauna de crustáceos peracáridos y decápodos del presente representa al 33.2% de la fauna caribeña y sólo el 17.3% de los taxa del presente estudio figuran en listado de Markham *et al.* (1990). En relación a las provincias zoogeográficas marinas americanas, Boschi (2000) considera 14 provincias y dos subprovincias, los nuevos registros aquí presentes (Tabla 3) quedan incluidos en seis de ellas: **Argentina** (10): 43/44° LS hasta Cabo Frío; **Brasileña** (11): Cabo Frío al Delta del Río Orinoco; **Caribeña** (12): Delta del Río Orinoco a Cabo Rojo, Golfo de México, islas Caribeñas, Cabo Cañaveral, Península de Florida, Isla Bermudas; **Texana** (13): Cabo Rojo (Puerto Rico) a Cabo Romano (Florida), Golfo de México; **Carolineana** (14): Cabo Cañaveral a Cabo Hatteras; **Virginiana** (15): Cabo Hatteras a Cabo Cod, Massachusetts. El 34.6% de los nuevos registros son exclusivamente de afinidad Caribeña y el 57% se distribuyen en más de una provincia.

Tabla 3. Especies de decápodos por Provincia: Argentina (10), Brasileña (11), Caribeña (12), Texana (13), Carolineana (14), Virginiana (15)

Especie	Provincia
<i>Litopenaeus schmitti</i>	10, 11,12
<i>Trachipenaeopsis mobilispinis</i>	11, 12
<i>Exhippolysmata oplophorides</i>	10, 11, 12, 13, 14
<i>Periclimenaeus ascidiarum</i>	11, 12
<i>Periclimenaeus maxillulidens</i>	12, 13
<i>Periclimenes finlayi</i>	12
<i>Alpheus barbadensis</i>	12
<i>Alpheus beanii</i>	12
<i>Alpheus belli</i>	11
<i>Salmoneus arubae</i>	12
<i>Synalpheus curacaoensis</i>	12
<i>Synalpheus pandionis</i>	12, 13
<i>Processa riveroi</i>	12
<i>Processa profunda</i>	10, 11, 12, 13, 14
<i>Processa riveroi</i>	12
<i>Processa wheeleri</i>	12
<i>Aeropaguristes hummi</i>	12, 13, 14
<i>Isocheles wurdemanni</i>	12,13
<i>Paguristes hernancortezi</i>	14
<i>Lithadia cadaverosa</i>	12,13
<i>Pitho mirabilis</i>	12
<i>Batodaeus urinator</i>	11, 12, 14
<i>Garthiope spinipes</i>	11, 12, 13, 14
<i>Paractaea rufopunctata</i>	10, 11, 12, 13, 14
<i>Pinnixa floridana</i>	11, 12, 13, 15
<i>Zaops ostreus</i>	10, 11, 12, 13, 14, 15

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN GENERAL

Los fragmentos coralinos representan un hábitat complejo para numerosas especies (Peyrot-Claussade 1980; Klumpp 1988; Kramer 2014). Además, el tamaño de los fragmentos coralinos y su porosidad, en este caso referida como la presencia de cavidades o espacios vacíos dentro de la matriz calcárea (Glynn y Enochs 2011), son factores clave que influyen en la densidad de la criptofauna. Las grietas, hendiduras y oquedades constituyen un mosaico de nichos que son explotados por un gran número de especies (Tews *et al.* 2004). Por ende, la composición y abundancia de las comunidades crípticas son altamente dependientes de la morfología de los sustratos que ocupan (Enochs 2010). En su estudio con decápodos, Peyrot-Claussade (1981) obtuvo los más altos valores de abundancia y diversidad en sustratos con un gran número de cavidades. Kramer (2014) encontró que los fragmentos coralinos constituyen un importante microhábitat en términos de abundancia de crustáceos. En este sentido, el presente estudio permitió identificar 329 especies, de las cuales 63.2% fueron peracáridos y el 36.8% decápodos, con un total 11,592 individuos (el 76.7% se obtuvieron de fragmentos coralinos y el 23.4 % de colectores artificiales). No obstante, la importancia que revisten los fragmentos coralinos, las comunidades asociadas han sido pobremente estudiadas (Knowlton y Jackson 2008; Plaisance *et al.* 2009).

De estos fragmentos se obtuvieron seis órdenes: Mysida, Amphipoda, Isopoda, Tanaidacea, Cumacea y Decapoda. Aunque la fauna de misidáceos registrada en el PMRNP fue baja (taxa = 1), es similar a reportes previos para el Caribe, sin embargo, los fragmentos coralinos no son el hábitat preferido de este taxón, ya que la mayoría de las especies conocidas (> 1000) son de vida libre y habitan aguas costeras y de mar abierto (Meland 2002). En el caso de los isópodos, el número de especies en el PNAPM (N = 80) es bastante alta comparada con otras zonas del Caribe, por ejemplo, White (1997) identificó 43 especies de isópodos en los arrecifes coralinos de Cahuita, Costa Rica, y 20 especies en el arrecife de Carrie Bow Cay, Belice. En este mismo arrecife Kensley (1984) registró 24 especies en tres zonas de fragmentos coralinos. Hasta hace poco el número de especies de isópodos en el PNAPM ascendía a 70 (Monroy-Velázquez, y Alvarez 2016), cifra que ahora se eleva a 80 especies, de los cuales el 47.5% constituyen registros nuevos. Entre los nuevos registros, resalta la presencia de *Angliera psammathus* (Asellota: Microparasellidae), una especie intersticial que únicamente se reportó en Bocana somero después de un intenso periodo de lluvias, también se obtuvieron algunos ejemplares afines al género *Microcharon* (misma familia) que que habita ambientes salobres y pozos de agua dulce (Kensley y Schotte 1988), probablemente sea una especie nueva.

Por otra parte, para el Mar Caribe se tienen registradas 535 especies de anfípodos, de las cuales 266 se encuentran en el Caribe mexicano (Martin *et al.* 2013), cifra considerablemente mayor que refleja el esfuerzo de colecta y la

presencia de especialistas en este grupo en México. Con *Spathiopus looensis* (Melitidae) el listado taxonómico actual de anfípodos se eleva a 267 especies.

La riqueza taxonómica de Tanaidacea (N = 22) fue también mayor que la reportada previamente. Los primeros registros en el Caribe Mexicano corresponden a Markham *et al.* (1990), donde reportaron cinco especies asociadas a raíces de manglar. Posteriormente Suárez-Morales *et al.* (2004) obtuvieron 17 especies provenientes de algas marinas, raíces de manglar y arrecifes de coral. Los tanaidáceos estuvieron presentes en todos los sitios y profundidades, representando el 42.7% del total, se encontraron también en los colectores artificiales, aunque en éstos fueron menos abundantes (4.3% del total). Las familias Leptochellidae y Paratanaidae presentan una alta variación ontogenética que complica distinguir sus especies. En el presente estudio la mayor parte de los miembros de estas familias fueron hembras o juveniles y muy pocos machos. Se ha documentado que la proporción de machos/hembras es hasta de 1:1000 (Bamber 2010). Poseen además una estrategia reproductiva que involucra el hermafroditismo protoginico en casi todas las especies (Heard *et al.* 2007). Los machos carecen de estructuras bucales ya que su única función es la reproducción. Las hembras mientras tanto construyen tubos mediante una secreción mucosa que cementa partículas de sedimento (Krasnow y Taghon 1997). Por ejemplo, altas densidades de *L. dubia* (hasta 100,000 individuos por m²) pueden influir en las propiedades granulométricas de los sedimentos y en la hidrodinámica, ya que cada individuo puede aglutinar de 1 a 20 mg de sedimento (Krasnow y Taghon 1997).

En el PNAPM se reportan por primera vez *Pagurotanais bouryi* (Pagurapseudidae), *Kalliapseudes bahamensis* y *Psammokalliapseudes granulatus* (Kalliapseudidae). Los miembros de la familia Pagurapseudidae están morfológicamente adaptados para ocupar conchas vacías de gasterópodos al igual que los cangrejos ermitaños. Kalliapseudidae incluye organismos fosoriales, con 39 especies conocidas (Drumm 2007).

Los cumáceos estuvieron representados por 30 especies. Sin embargo, la riqueza taxonómica fue relativamente alta comparada con otros estudios realizados en aguas poco profundas del Caribe Mexicano (N = 15, Donath-Hernández 1988) y para otros arrecifes como los de Jamaica (ocho especies, Petrescu *et al.* 1994) y Bahamas (21 especies, Petrescu 2003), pero fue menor a la reportada para Belice (35 especies, colectadas en diferentes ambientes, Petrescu 2002). La presencia de 30 especies es notoria particularmente porque estos organismos poseen un estilo de vida fosorial y generalmente se colectan mediante redes y trampas de luz de media intensidad, ya que realizan migraciones verticales nocturnas (Roccatagliata 2004). Dentro de este grupo quedaron a la espera de identificarse algunos especímenes, probablemente especies nuevas, la mayoría de la familia Nannastacidae, cuya pequeña talla complica la identificación. Lo mismo ocurrió en el caso de organismos afines a los géneros *Mancocuma* y *Spilocuma* (Bodotriidae), de confirmarse su identidad, incrementaría el número de especies conocidas.

Los decápodos fueron también un importante componente en términos de riqueza taxonómica (121 especies), aunque se registró un menor número de individuos respecto a los peracáridos, similar a lo reportado por Kramer (2014). En relación al método de colecta, se reportó un mayor número de especies en los fragmentos coralinos (109) que en los colectores artificiales (72). No obstante, comparando ambos métodos de colecta para los sitios Bonanza Somero y Bonanza Medio, los decápodos fueron más abundantes en los colectores artificiales. En ambos casos la familia más rica en especies fue la Alpheidae (31 registradas en fragmentos coralinos y en todos los colectores artificiales), con el género *Alpheus* como el mejor representado.

Los estilos de vida y hábitos alimenticios de los crustáceos juegan un papel decisivo en la distribución de los ensamblajes bénticos. Por ejemplo, se obtuvieron organismos de hábitos intersticiales como *Ingolfiella* sp, *Psammogammarus* sp (Amphipoda) y *Angliera psammathus* (Isopoda). Estos organismos generalmente son diminutos, con cuerpos aplanados, carentes de pigmentos, con visión rudimentaria o sin ojos, por lo que presentan setas sensoriales bien desarrolladas (Sabater, 1986). En el caso de los isópodos anturideos, el habitus elongado les permite vivir en grietas, fisuras u orificios formados por biohoradadores. Sus partes bucales indican que son detritívoros (Wägele 1981). La mayor parte de los Sphaeromatidae son herbívoros, poseen mandíbulas con molares planos (Holdich 1971) mientras que los Cirolanidae tienden a ser carnívoros (Jones 1968), en tanto que las fases juveniles de la familia Gnathidae son parásitos de peces teleósteos y elasmobranquios (Davies 1981). Los subórdenes primitivos (Asellota y Valvifera) son herbívoros o carroñeros-herbívoros, mientras que Cymothoidea son depredadores o carnívoros-carroñeros, normalmente tienen mandíbulas filosas (Poore y Bruce 2012). Muchos decápodos también son detritívoros.

El empleo de colectores artificiales elaborados con fragmentos coralinos constituye una herramienta eficiente para estudiar patrones de reclutamiento y sucesión de criptofauna, particularmente en sitios frágiles y bajo protección. Las comunidades que ahí se desarrollan son similares a las que habitan el medio natural (Glynn y Enochs 2011). El uso de colectores en protocolos de monitoreo como métodos no destructivos permiten evaluar cambios causados por actividades humanas en las comunidades (Myers y Southgate 1980).

La criptofauna de crustáceos peracáridos y decápodos dentro del PNAPM representa un importante ensamblaje en los ecosistemas coralinos por la alta riqueza de especies presente y por el número de individuos. Otros grupos muy abundantes fueron copépodos (Harpacticoida) y ostrácodos (Podocopida, Myodocopida) algunos, leptostracos, estomatópodos y cirripedios. Se obtuvieron ocasionalmente otros artrópodos como picnogónidos y ácaros marinos (Halacarididae). Otros taxa muy abundantes fueron poliquetos y sipuncúlidos; y menos abundantes los moluscos y equinodermos.

Es aparente que el actual estado del conocimiento de la fauna de crustáceos, en general, y en particular para aquellos que forman parte de la criptofauna, es todavía moderado y por lo tanto esta fauna está subestimada. Existe sin duda una gran diversidad de especies aún por descubrir, ya que los inventarios taxonómicos provienen de un esfuerzo de muestreo limitado, principalmente en sitios de difícil acceso y con una complejidad arquitectónica como la que presentan los arrecifes de coral, por lo que la realización de estudios más exhaustivos, que incluyan diferentes hábitats, incorporen diferentes métodos de colecta (núcleos, redes, trampas), e incluyan componentes o gremios distintos probablemente muestren una riqueza taxonómica mucho mayor (Costello *et al.* 2017).

LITERATURA CITADA

- Abelson, A., Galil, B. y Loya, Y. 1991. Skeletal modifications in stony corals caused by indwelling crabs: hydrodynamical advantages for crab feeding. *Symbiosis* **10**: 233-248.
- Abele, L.G. 1974. Species diversity of decapod crustaceans in marine habitats. *Ecology* **55**: 156-161.
- Ahsanullah, M. 1976. Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from Western Port, Victoria. *Marine and Freshwater Research* **27**(2): 187-196.
- Ahyong, S.T., Lowry, J.K., Alonso, M., Bamber, R.N., Boxshall, G.A., Castro, P., Gerken, S., Karaman, G.S., Goy, J.W., Jones, D.S., Meland, K., Rogers, D. C. y Svavarsson, J. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*, Z. Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* **3148**: 165-191.
- Alexander, T.J. 2013. Cryptic invertebrates on subtidal rocky reefs vary with microhabitat structure and protection from fishing. *Marine Ecology Progress Series* **481**: 93–104.
- Álvarez-Filip, L., Cote, IM, Gill, J.A., Watkinson, A.R. y Dulvy, N.K. 2011. Region-wide temporal and spatial variation in Caribbean reef architecture: is coral cover the whole story? *Global Change Biology* **17**(7): 2470-2477.
- Ambrose, R. E. y Anderson, T.W. 1990. Influence of an artificial reef on the surrounding infaunal community *Marine Biology* **107**: 41-52.
- Atila, N., and Fleeger, J. W. 2000. Meiofaunal colonization of artificial substrates in an estuarine embayment. *Marine Ecology* **21**: 69–83. doi:10.1046/j.1439-0485.2000.00700.

- Auster, P.J. Malatesta, R.J. y LaRosa, S.C. 1994. Patterns of microhabitat utilization by mobile megafauna on the southern New England continental shelf and slope. Rubicon Foundation Archive (<http://rubicon-foundation.org>).
- Bailey-Brock, J., Brock, R., Kam, A., Fukunaga, A. y Akiyama, H. 2007. Anthropogenic disturbance on shallow cryptofaunal communities in a marine life conservation district on Oahu, Hawaii. *International Review of Hydrobiology* **3**:291-30.
- Bamber, R.N. 2010. In the footsteps of Henrik Nikolaj Krøyer: the rediscovery and redescription of *Leptochelia savignyi* (Krøyer, 1842) sensu stricto (Crustacea: Tanaidacea: Leptocheliidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* **123**(4): 289-311.
- Barnard, J.L. 1958. Index to the families, genera, and species of the gammaridean Amphipoda (Crustacea). *Occasional Paper of the Allan Hancock Foundation Publications* **19**: 1-145.
- Barnard, J.L. 1961. Gammaridean Amphipoda. *Galathea Report* **5**: 23-128.
- Baronio M.A. y Bucher D.J. 2008 Artificial crevice habitats to assess the biodiversity of vagile macro-cryptofauna of subtidal rocky reefs. *Marine and Freshwater Research* **59**:661–670.
- Blazewicz-Paszkowycz, M., Bamber, R. y Anderson, G. 2012. Diversity of Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) in the World's Oceans – How Far Have We Come? *PLoS One* **7**(4): e33068 Doi: 10.1371/journal.pone.0033068.
- Bell, S.S., McCoy, E., y Mushinski, H.R. 1991. Habitat structure: the physical arrangement of objects in space. In: Volume 8, Population and Community Biology Series. Bell, S. S., McCoy, E. D. and Mushinsky, H. R. (eds). Chapman and Hall 438 p.
- Borja, A., Franco, J. y P ere, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* **40**: 1100–1114.
- Borja, A. y Tunberg, B.G. 2011. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. *Ecological Indicators*, **11**(2): 295-303. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.05.007.
- Boschi, E. 2000. Biodiversity of marine decapod brachyurans of the Americas. *Journal of Crustacean Biology* **20**: 337-342.
- Brattegard, T. 1970. Mysidagea from shallow water in the Caribbean Sea. *Sarsia* **43**(1): 111-154. Doi: 10.1080/00364827.1970.10411174.

- Briones-Fourzán, P. y Lozano-Álvarez, E. 2002. Shallow-water benthic decapod crustaceans of Chankanaab Park, Cozumel Island, Mexico. In: Escobar-Briones, E. y Álvarez, F (eds.) *Modern Approaches to the Study of Crustacea*. Kluwer/Plenum, Nueva York, pp. 197-204.
- Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, L., Vanreusel, A., Gooday, A. J., Levin, L., Priede, G.I., Gheerardyn, H., King, N., y Raes, M. 2009. Biological structures as a source of habitat heterogeneity and biodiversity on the deep ocean margins. *Marine Ecology* **31**: 21-50.
- Bustos-Baez, S. y Frid, C. 2003. Using indicator species to assess the state of macrobenthic communities. In *Advances in Polychaete Research*. Springer, Dordrecht. pp. 299-309.
- Campos-Vásquez, C., Carrera, L., González, N., Salazar-Vallejo, S. 1999. Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. *Revista de Biología Tropical* **47**(4): 799-808.
- Cantú-Díaz Barriga, A. Escobar-Briones, E. 1992. Isopoda of the genus *Excorallana* Stebbing, 1904 (Crustacea, Isopoda, Corallanidae) from the east coast of Mexico with a supplemental description of *E. subtilis*. *Gulf Resesearch Reports* **8**: 363-374 Doi: 10.18785/grr.0804.02.
- Carr, M. H. y Hixon, M. A. 1997. Artificial reefs: the importance of comparisons with natural reefs. *Fisheries* **22**(4):28-33.
- Carruthers, T.J.B., van Tussenbroek, B.I., Dennison, W.C. 2005. Influence of submarine springs and wastewater on nutrient dynamics of Caribbean seagrass meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **64**(2): 191-199. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.01.015.
- Chace, Jr., F. A. 1972. The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean Expeditions with a summary of the West Indian shallow-water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contribution to Zoology* **98**:1-179.
- Chapman, M.G. 2002. Early colonization of shallow subtidal boulders in two habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **275**: 95-116.
- Chintiroglou, C., Antoniadou, C., Baxevanis, A., Damianidis, P., Karalis, P. y Vafidis, D. 2003. Peracarida populations of hard substrate assemblages in ports of the NW Aegean Sea (eastern Mediterranean) *Helgoland Marine Research* **58**: 54-61. DOI 10.1007/s10152-003-0168-9.
- Choi, D.R., y Ginsburg, R.N. 1983. Distribution of coelobites (cavity-dwellers) in coral rubble across the Florida reef tract. *Coral Reefs* **2**(3):165-172.

- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* **199**:1302–1310.
- Conradi, M. 1995. Distribucion espaciotemporal de los peracaridos (crustacea) asociados a *Bugula neritina* (L., 1758) en la Bahía de Algeciras. Aspectos faunísticos y zoogeográficos. Doctoral Thesis. University of Cadiz, 210p.
- Conradi, M. y López González, P.J. 2001. Relationships between environmental variables and the abundance of peracarid fauna in Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula). *Ciencias Marinas* **27**(4): 481-500. DOI: <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v27i4.504>.
- Costello, M, Vanhoorne, B. y Appeltans, W. 2015. Conservation of biodiversity through taxonomy, data publication, and collaborative infrastructures. *Conservation Biology* **29**: 1094-1099.
- Costello, M.J., Basher Z., McLeod L., Asaad I., Claus S., Vandepitte L., Yasuhara M., Gislason H., Edwards M., Appeltans W., Enevoldsen H., Edgar G.J., Miloslavich P., De Monte S., Pinto I.S., Obura D., y Bates A.E. 2017. *Methods for the study of marine biodiversity*. In: Walters M, Scholes RJ, eds. The GEO handbook on biodiversity observation networks. Berlin: Springer, 129-163.
- Couch, C. S., Garriques, J. D., Barnett, C., Preskitt, L., Cotton S., Giddens, J. y Walsh W. 2014. Spatial and temporal patterns of coral health and disease along leeward Hawai'i Island. *Coral Reefs* **33**(3): 693-704.
- Cruz-García, R., Cupul-Magaña, A.L., Hendrickx, M.E., y Rodríguez-Troncoso, A.P. (2013). Abundance of three species of Isopoda (Peracarida, Isopoda) associated with a coral reef environment in Pacific Mexico. *Crustaceana* **86**(13-14): 1664-1674.
- Costello M. J., Myers, A. A. 1996. Turnover of transient species as a contributor to the richness of a stable amphipod (Crustacea) fauna in a sea inlet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **202**(1): 49-62.
- de-la-Ossa-Carretero, J.A., Del-Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F. y Sánchez Lizaso, J.L. 2010. Sensitivity of tanaid *Apseudes latreillei* (Milne-Edwards) populations to sewage pollution. *Marine Environmental Research* **69**: 309–317 DOI: 10.1016/j.marenvres.2009.12.005.
- de-la-Ossa-Carretero, J.A., Del-Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L. y Dauvin J.C. 2012. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **96**: 129-138 Doi.org/10.1016/j.ecss.2011.10.020.

- Davies, A.J. 1981: A scanning electron microscope study of the pranzia larva of *Gnathia maxillaris* Montagu (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae), with special reference to the mouthparts. *Journal of Nature History* **15**: 545-554.
- De Grave, S., Pentcheff, N.D., Ahyong, S.T., Tin-Yam Chan, T. Y., Crandall K.A., Dworschak P.C., Felder, D.L., Feldmann R. M., Franssen C.H J., Goulding, L. Y., Lemaitre R. y Low M.E., living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology*. Supplement **21**: 1–109.
- Diaz-Pulido, G., McCook, L.J., Dove, S., Berkelmans, R., Roff, G., Kline, D.I. y Hoegh-Guldberg, O. 2009. Doom and boom on a resilient reef: climate change, algal overgrowth and coral recovery. *PLoS One* **4**(4): e5239
Doi.org/10.1371/journal.pone.0005239.
- Donath-Hernández, F.E. 1988. The new species of Cumacea from the Gulf of California (Crustacea, Peracarida). *Cahiers de Biologie Marine* **29**(4): 531-543.
- Drumm, D.T. 2007. Two new species of Tanaidacea of the genus *Kalliapseudes* Stebbing, 1910 (Crustacea: Apseudomorpha: Kalliapseudidae) from Australia. *Zootaxa* **1441**: 1–19.
- Dustan, P., Hallas, J. 1987. Changes in the reef-coral community of Carysfort Reef Key Largo Florida: 1974-1982. *Coral Reefs* **6**: 91-106.
- Edgar, G.J. 1991. Artificial algae as habitats for mobile epifauna: factors affecting colonization in a Japanese Sargassum bed. *Hydrobiologia* **226**(2): 111-118.
- Enochs, I.C. y Hockensmith, G. 2008. Effects of coral mortality on the community composition of cryptic metazoans associated with *Pocillopora damicornis*. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008. Session number 26.
- Enochs, I.C. 2010. Motile cryptofauna of an eastern Pacific coral reef: Biodiversity and trophic contribution. *Open Access Dissertation Paper*. 497. University of Miami.
- Enochs, I.C., Toth, L.T., Brandtneris, V.W., Afflerbach, J.C. y Manzello, D.P. 2011. Environmental determinants of motile cryptofauna on an eastern Pacific coral reef. *Marine Ecology Progress Series* **438**: 105-118 DOI: <https://doi.org/10.3354/meps09259>.
- Enochs, I.C. 2012. Motile cryptofauna associated with live and dead coral substrates: implications for coral mortality and framework erosion. *Marine Biology* **159**: 709-722. Doi:10.1007/s00227-011-1848-7.

- Esquete, P., Moreira, J. y Troncoso, J.S. 2011. Using peracarid assemblages as an environmental indicator in a protected area with high level of urban pressure (o grove inlet, NW Iberian Peninsula). *Proceedings of the 5th Simpósio Brasileiro de Oceanografia*: 17-20.
- Felder, D.L, Alvarez, F., Goy, J.W, y Lemaitre, R. 2009. Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with Comments on the Amphionidacea. Pp. 1019-1104, *In*: D.L. Felder & D.K. Camp (eds.), *Gulf of Mexico – Its Origins, Waters, and Biota, Biodiversity*, TAMU Press.
- Gassel, M.F. 1993. Interspecific competition for cavities among intertidal crustaceans. 7th International Coral Reef S. UOG Station, Guam. University of Guam Press.
- Ginsburg, R.N. 1983. Geological and biological roles of cavities in coral reefs, in *Perspectives on Coral Reefs*, ed. Barnes D (Australian Institute of Marine Science, Townsville, QLD), pp 148-153.
- Gischler, E. y Ginsburg, R.N. 1996. Cavity dwellers (coelobites) under coral rubble in southern Belize barrier and atoll reefs. *Bulletin of Marine Science* **58**: 570-589.
- Glasby, T.M., y Connell, S.D. 2001. Orientation and position of substrata have large effects on epibiotic assemblages. *Marine Ecology Progress Series* **214**: 127-135.
- Glynn, W.P. y Enochs, I.C. 2011. Invertebrates and Their Roles in Coral Reef Ecosystems Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Part 4: 273-325.
- Gómez, S.C. y Rico, B.T. 2006. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bioerosionadores y fauna asociada a esqueletos de corales masivos *Diploria strigosa* (Dana 1848), *Montastrea cavernosa* (Linnaeus) y el complejo *Montastrea annularis-faveolata-franksi* (Ellis y Solander, 1786; Gregory, 1895) en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales, Santa Marta, Colombia. 90 p.
- González Gómez, R. 2016. Diversidad y abundancia de decápodos en arrecifes con diferente nivel de degradación. Tesis de Maestría. ICMYL. UNAM, 55 P.
- Grantham, B.A., Eckert, G.L., y Shanks, A.L. 2003. Dispersal potential of marine invertebrates in diverse habitats. *Ecological Applications* **13**(Suppl.), 108–116.

- Grahame, J. y Hanna, F.S. 1989. Factors affecting the distribution of the epiphytic fauna of *Corallina officinalis* (L.) on an exposed rocky shore. *Ophelia* **30**(2): 113-129 Doi.org/10.1080/00785326.1989.10430839.
- Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V., Tovar-Hernández, M.A. et al. 2003. Distribution and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia* **496**: 337-345.
- Gray, J.S., Clarke, K.R., Warwick, R.M. y Hobbs, G. 1990. Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Marine Ecology Progress Series* **66**: 285-299.
- Grassle, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. *Journal of Marine Research* **32**: 253-284.
- Gutu, M. y Sieg J. 1999. Odres des Tanaïdacs. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*. **19**: 353-389.
- Heard, R., Hansknecht T. y Larsen K. 2003. An Illustrated identification guide to Florida Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) occurring in depths of less than 200 m. Gulf Coast Research Institute. University of Southern Mississippi: 1-92.
- Heard, R. y Anderson, G. 2007. Tanaidacea (Crustacea) of the Gulf of Mexico. *In* Gulf of Mexico origin, waters, and biota, volume 1. D. L. Felder and D. K. Camp (eds.). Biodiversity. Texas A and M University Press, College Station. p. 987-1000.
- Heard, R.W., Roccatagliata, D.C. y Petrescu, I. 2007. An illustrated guide to Cumacea (Crustacea: Malacostraca: Peracarida) from Florida coastal and shelf waters to depths of 100 m. State of Florida. Department of environmental protection. Tallahassee: 107-114.
- Hernández-Terrones, L., Rebolledo-Vieyra, M., Merino-Ibarra, M., Soto, M, Le-Cossec, A. y Monroy-Ríos, E. 2011. Groundwater pollution in a karstic region (NE Yucatan): Baseline nutrient content and flux to coastal ecosystems. *Water Air Soil Pollution* **218**: 517–528 Doi:10.1007/s11270-010-0664-x.
- Hernández, V.C.G, Bonilla, H.R., Balart, E.F., Ríos-Jara, E., Lluch-Cota, S.E. y Zaragoza, E.S. 2014. Comparison of ecological diversity and species composition of macroalgae, benthic macroinvertebrates, and fish assemblages between two tropical rocky reefs. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* **49**(3): 477-491 DOI 10.4067/S0718-19572014000300006.

- Hoeksema, B.W., van der Meij, S.E. y Fransen, C.J. 2012. The mushroom coral as a habitat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **92**(4): 647–663 Doi:10.1017/S0025315411001445.
- Holdich, D.M. 1971. Changes in physiology, structure and histochemistry occurring during the life-history of the sexually dimorphic isopod *Dynamene bidentata* (Crustacea: Peracarida). *Marine Biology* **8**(1): 35-47.
- Huges, R.G. 1984. A model of the structure and dynamics of benthic marine invertebrate community. *Marine Ecology Progress Series* **15**: 1-11.
- Hughes, M. 1996. The function of concurrent signals: Visual and chemical communication in snapping shrimp. *Animal Behavior* **52**: 247–257.
- Humphries, A.T. La Peyre, M.K. y DeCossas G.A. 2011. The Effect of Structural Complexity, Prey Density, and “Predator-Free Space” on Prey Survivorship at Created Oyster Reef Mesocosms. *PLoS ONE* **6**, e28339. doi:10.1371/journal.pone.0028339.
- Hutchings, P.A. y Weate, P.D. 1977. Distribution and abundance of cryptofauna from Lizard Island, Great Barrier Reef. *Marine Research in Indonesia* **17**: 99–112.
- Hutchings, P.A. 1981. Polychaete recruitment onto dead coral substrates at Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia. *Bulletin of Marine Science* **31**: 410-423.
- Hutchings, P. 1983. Cryptofaunal communities of coral reefs. In ‘Perspectives on Coral Reefs’. (Ed. D. J. Barnes.) pp. 200–208. Australian Institute of Marine Science: Townsville.
- Jones, D.A. 1968. The functional morphology of the digestive system in the carnivorous intertidal isopod *Eurydice*. *Journal of Zoology* **156**(3): 363-376.
- Jones, C.G., Lawton, J. y Shachak, M. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* **78**: 1946–1957.
- Jordán-Dahlgren, E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* **6**: 69-86.
- Jordán-Dahlgren, E. 1989. Efecto de la Morfología del Sustrato en el Desarrollo de la Comunidad Coralina. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* **16**: 105-118.
- Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez-Martínez, R. 1998. Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula, México. *Bulletin of Marine Science* **63**: 213-228.

- Kelaher, B.P. 2002. Influence of physical characteristics of coralline turf on associated macrofaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series* **232**: 141–148. doi:10.3354/MEPS232141.
- Kensler, C.B. y Crisp, D.J. 1965. The colonization of artificial crevices by marine invertebrates. *The Journal of Animal Ecology* 507-516.
- Kensley, B. 1984. The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, III: new marine Isopoda. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* **24**: 1-81. DOI:10.5479/si.01960768.24.1.
- Kensley, B. y Schotte, M. 1989. Guide to the Marine Isopod Crustaceans of the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 308p.
- Kensley, B. y Schotte, M. 1994. Marine isopods from the Lesser Antilles and Colombia (Crustacea: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* **107**(3): 482–510.
- Kensley, B., Nelson, W.G., Schotte, M. 1995. Marine isopod biodiversity of the Indian River Lagoon, Florida. *Bulletin of Marine Science* **57**(1): 136-142.
- Kiene, W.E. 1988. Biological destruction of experimental coral substrate at Lizard Island (great Barrier Reef, Australia). Proc 5th Int. Coral reef Symposium. Tahiti, pp 339-344.
- Klumpp, D.W., McKinnon, A.D. y Mundy, C.N. 1988. Motile cryptofauna of a coral reef: abundance, distribution and trophic potential *Marine Ecology Progress Series* **45**: 95-108.
- Kramer, M.J., Bellwood, D.R. y Bellwood, O. 2014. Benthic crustacean on coral reefs: a quantitative survey. *Marine Ecology Progress Series* **511**:105-116 DOI: 10.3354/meps10953.
- Kramer, M.J., Bellwood, O. y Bellwood, D.R. 2016. Foraging and microhabitat use by crustacean-feeding wrasses on coral reefs. *Marine Ecology Progress Series* **548**: 277-282.
- Krasnow, L. D. y Taghon, G. L. 1997. Rate of tube building and sediment particle size selection during tube construction by the tanaid crustacean, *Leptochelia dubia*. *Estuaries and Coasts* **20**: 534-546.
- Kuffner, I. B., y Toth, L. T. 2016. A geological perspective on the degradation and conservation of western Atlantic coral reefs. *Conservation Biology* **30**(4): 706-715.

- Kun-Hsiung, C. Chang-Po, C. y Hwey-Lian, H. 1977. An experiment of the evaluation of artificial reefs with invertebrate community. *Bulletin of Institute of Zoology* **16**(1):37-48.
- Ladd, M.C. y Collado-Vides, L. 2013. Practical applications of monitoring results to improve managing for coral reef resilience: a case study in the Mexican Caribbean. *Biodiversity and Conservation* **22**(8): 1591-1608 DOI: 10.1007/s10531-013-0493-5.
- Lang, J.C., Chornesky, E.A. 1990. Competition between scleractinian reef corals– a review of mechanisms and effects. *Ecosystems of the World* **25**: 209-252.
- Lang, J.C., Marks, K.W., Kramer P.A., Kramer P.R. y Ginsburg, R.N. 2010. AGRRA protocols version 5.4. *Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Miami, FL*.
- LeCroy, S.E. 2000. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Volume 1. Families Gammaridae, Hadziidae, Isaeidae, Melitidae and Oedicerotidae. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee. 195 pp.
- LeCroy, S.E. 2002. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Volume 2. Families Ampeliscidae, Amphilocheidae, Ampithoidae, Aoridae, Argissidae and Haustoriidae. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee. 213 pp.
- LeCroy, S.E. 2004. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Volume 3. Families Bateidae, Biancolinidae, Cheluridae, Colomastigidae, Corophiidae, Cyproideidae and Dexaminidae. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee. 90 pp.
- LeCroy, S.E. 2007. An Illustrated Identification Guide to the Nearshore Marine and Estuarine Gammaridean Amphipoda of Florida, Volume 4. Families Anamixidae, Eusiridae, Hyaellidae, Hyalidae, Iphimedidae, Ischyroceridae, Lysianassidae, Megaluropidae and Melphidippidae. *US Environmental Protection Agency*.
- Lewis, J.B. y Snelgrove, P.V.R. 1990. Corallum morphology and composition of crustacean cryptofauna of the hermatypic coral *Madracis mirabilis*. *Marine Biology* **106**(2): 267-272.
- Linton, D.M. y Warner, G.F. 2003. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean and Coastal Management* **46**: 261–276 DOI: 10.1016/S0964-5691(03)00007-3.

- López, K., Bone, D., Rodríguez, C. y Padilla, F. 2008. Biodiversity of cryptofauna associated with reefs of the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*: 1352-1354.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. *Coral reefs: research methods. UNESCO, Paris*, 197-217.
- Lozano-Cortés D.F. y Zapata F.A. 2014 Invertebrate colonization on artificial substrates in a coral reef at Gorgona Island, Colombian Pacific Ocean. *Revista de Biología Tropical* **62**: 161-168.
- Luckhurst B.E., Luckhurst K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology* **49**:317–323.
- MacDonald, K.S., Ríos, R. y Duffy, J.E. 2006. Biodiversity, host specificity, and dominance by eusocial species among sponge-dwelling alpheid shrimp on the Belize Barrier Reef. *Diversity Distribution* **12**: 165–178.
- Markham, J.C., Donath-Hernández, F. E. 1990. Crustacea of Sian Ka'an, including orders Nectiopoda, Stomatopoda, Thermosbaena, Mysidacea, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda and Decapoda, In: Navarro LD & Robinson JG (eds.), *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*, pp 239-256.
- Markham, J.C. y Donath-Hernández, F.E. 1990. Crustacea of Sian Ka'an, including orders Nectiopoda, Stomatopoda, Thermosbaena, Mysidacea, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda and Decapoda, In: Navarro LD and Robinson JG (eds.), *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*: 239-256. (Centro de Investigaciones de Quintana Roo & Program of Studies in Tropical Conservation, Mexico).
- Martín, A., Díaz, Y., Miloslavich, P., Escobar-Briones, E., Guerra-García, J.M., Ortiz, M., Valencia, B., Giraldo, A. y Klein, E. 2013. Regional diversity of Amphipoda in the Caribbean Sea. *Revista de Biología Tropical* **61**(4): 1681-1720.
- McCluskey, D.S. 1967. Some effects of salinity on the survival, moulting, and growth of *Corophium volutator* (Amphipoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **47**: 607-617 DOI: 10.1017/S0025315400035220.
- McCluskey, D.S.1970. Salinity preference in *Corophium volutator*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **50**: 747-752 DOI: 10.1017/S002531540000501.
- Meesters, E., Knijn, R., Willemsen, P., Pennartz, R., Roebers, G. y van Soest, R. V. 1991. Sub-rubble communities of Curaçao and Bonaire coral reefs. *Coral Reefs* **10**(4): 189-197.

- Meland, K. 2002. Mysidacea: Families, Subfamilies and Tribes. Version 1: 2 October 2000. Crustacea.net:an information retrieval system for crustaceans of the world. An Australian Museum website.2
- Menzies, R.J. y Glynn, P.W. 1968. The common marine isopod Crustacea of Puerto Rico. *Studies on the fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* **27**(104): 1-133.
- Metcalfe, C.D., Beddows, P.A., Bouchot, G.G., Metcalfe, T.L. y Van Lavieren, H. 2011. Contaminants in the coastal karst aquifer system along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Environmental Pollution*, **159**(4): 991-997 DOI: 10.1016/j.envpol.2010.11.031.
- Mikkelsen, P.M. y Cracraft, J. 2001. Marine biodiversity and the need for systematic inventories. *Bulletin of Marine Science* **69**: 525–534.
- Mirto, S. y Danovaro, R. 2004. Meio faunal colonisation on artificial substrates: a tool for biomonitoring the environmental quality on coastal marine systems. *Marine Pollution Bulletin* **48**: 919–926.
- Modlin, R.F. 1987. Mysidacea from shallow waters in the vicinity of Carrie Bow Cay, Belize, Central America, with descriptions of two new species. *Journal of Crustacean Biology* **7**(1): 106-121 DOI: 10.2307/1548630.
- Monroy-Velázquez, L.V. 2000. Variaciones en la composición y abundancia de la fauna de decápodos asociados a pastizales marinos en el Caribe mexicano. Tesis de Maestría. Instituto de ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 91 p.
- Monroy-Velázquez, L.V. y Alvarez F. 2016. New records of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Mesoamerican Reef at Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. *Check List*, **12**(4): 1938 Doi: 10.15560/12.4.1938.
- Monroy-Velázquez L.V, Rodríguez-Martínez, R.E. y Alvarez F. 2017. Taxonomic richness and abundance of cryptic peracarid crustaceans in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico
PeerJ 5:e3411 <https://doi.org/10.7717/peerj.3411>
- Moran, D. P., Reaka, M. L., 1988. Bioerosion and availability of shelter for benthic reef organisms. *Marine Ecology Progress Series* **44**(3): 249–263.
- Morgado, E.H. y Tanaka M.O. 2001. The macrofauna associated with the bryozoan *Schizoporella errata* (Walters) in southeastern Brazil. *Scientia Marina* **65**(3): 173-181.
- Mouillot, D., Bellwood, D.R., Baraloto, C., Chave J., Galzin, R., et al. 2013 Rare Species Support Vulnerable Functions in High-Diversity Ecosystems. *PLoS Biol* **11**(5): e1001569. doi:10.1371/journal.pbio.

- Müller, H.G. 1988. The genus *Gnathia* Leach (Isopoda) from the Santa Marta area, northern Colombia, with a review of Gnathiidea from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Bijdragen tot de Dierkunde* **58**: 88–104.
- Müller, H.G. 1992. Anthuridae of the genera *Amakusanthura*, *Cortezura* and *Mesanthura* from the Caribbean Sea of Colombia. *Revue Suisse De Zoologie* **99**(1): 31–79.
- Müller, H.G. 1993. Cirolanidae of the genera *Calyptolana*, *Cirolana*, *Neocirolana*, *Colopisthus* and *Excirolana* from the Santa Marta area, Caribbean Sea of Colombia (Crustacea: Isopoda: Cymothoidae). *Zoologischer Anzeiger* **230**: 191–225.
- Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A. Tommasi, L.R. y Borja, A. 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin* **50**: 624-630.
- Muñiz, P., Venturini, N., Hutton, M., Kandratavicius, N., Pita, A., Brugnoli, E. y García-Rodríguez, F. 2011. Ecosystem health of Montevideo coastal zone: A multi approach using some different benthic indicators to improve a ten-year-ago assessment. *Journal of Sea Research* **65**(1): 38-50.
- Myers, A. A., y Southgate, T. 1980. Artificial substrates as a means of monitoring rocky shore cryptofauna. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **32**: 145–174.
- Navas, G.N., Moreno, S.K., Forero, O., Solano, D. y Díaz, P.G. 1998. Ensamblajes Arrecifales Epilíticos del Coral *Acropora palmata* muerto, en Isla Grande, Islas del Rosario, Caribe Colombiano. *Caribbean Journal of Science* **34**(1-2): 58-66.
- Nelson, H. R., Kuempel, C. D., Altieri, A.H. 2016. The resilience of reef invertebrate biodiversity to coral mortality. *Ecosphere* **7**(7):e01399. 10.1002/ecs2.1399.
- Neuwirth, E. 2011. R package. Version 1.0-5. <http://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>.
- Ochoa-Rivera, V., Granados-Barba, A., Solis-Weiss, V. 2000. The polychaete cryptofauna from Cozumel Island, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* **67**: 137-146.
- Okolodkov, Y.B., Bastida-Zavala, R., Ibáñez, A.L., Chapman, J.W., Suárez-Morales, E., Pedroche, F., Gutiérrez-Mendieta, F.J. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* **XI**(32): 29-67.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin

- P.R., O'Hara, R.E., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E y Wagner, H. 2017. Vegan: community ecology package. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Ortiz, M. y Lalana, R. 1993. Lista de Especies y bibliografía de los Tanaidáceos del Mar Caribe. *Revista de Investigaciones Marinas* **14**: 110-112.
- Ortiz, M., Cruz-Cano, N.B., Winfield, I, Cházaro-Olvera, S. y Lozano-Aburto, M.A. 2014. Los isópodos (Crustacea, Peracarida) asociados al sistema arrecifal Bajos de Sisal y Puerto Progreso, Yucatán, México. *Novitates Caribeas* **7**: 95–104.
- Osman, R.W. y Whitlatch, R.B. 1998. Local control of recruitment in an epifaunal community and the consequences to colonization processes. *Hydrobiologia* **375**: 113–123.
- Perkol-Finkel, S. y Benayahu Y. 2005. Recruitment of benthic organisms onto a planned artificial reef: shifts in community structure one decade post-deployment. *Marine Environment Research* **59**: 79-99.
- Petratis, P.S. Latham, R.E. y Niesenbaum, R.A. 1989. The Maintenance of Species Diversity by Disturbance. *The Quarterly Review of Biology* **64**: 393-418.
- Petrescu, I. 2002. Cumacea (Crustacea: Peracarida) from Belize. *Travaux du Muséum National d'Histoire naturelle "Grigore Antipa"* **44**: 141-203.
- Petrescu, I. 2003. Cumacea (Crustacea: Peracarida) from western tropical Atlantic. *Travaux du Muséum d'Histoire naturelle "Grigore Antipa"* **45**:117-128.
- Petrescu, I., Iliffe, T.M. y Sarbu, S. 1994. Contributions to the knowledge of Cumacea (Crustacea) from Jamaica II, five new species of the genus *Cumella*. *Travaux du Muséum d'Histoire naturelle "Grigore Antipa"* **34**:347-367.
- Peyrot-Clausade, M. 1980. Motile cryptofauna of Tuléar reef flats. *Marine Biology* **59**: 43-47.
- Peyrot-Clausade, M. 1989. Crab cryptofauna (Brachyura and Anomura) of Tikehau, Tuamotu Archipelago, French Polynesia. *Coral Reefs* **8**:109-117.
- Peyrot-Clausade, M., Chazottes, V. y Pari N. 1999. Bioerosion in the carbonate budget of two Indo-Pacific reefs: La Réunion (Indian Ocean) and Moorea (Pacific Ocean). *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **45**: 151–155.
- Pickering, H. y Whitmarsh, D. 1997. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research* **31**(1-2): 39-59.

- Plaisance, L., Caley, M.J., Brainard, R.E. y Knowlton, N. 2011. The diversity of coral reefs: what are we missing? *PLoS ONE* **6**(10): e25026 Doi: 10.1371/journal.pone.0025026.
- Poore, G.C.B., Bruce N.L. 2012. Correction: Global Diversity of Marine Isopods (Except Asellota and Crustacean Symbionts). *PLoS ONE* **7**(9): 10.1371.
- Preston, N.P. y Doherty, P.J. 1990. Cross-shelf patterns in the community structure of coral-dwelling Crustacea in the central region of the Great Barrier Reef. I. Agile shrimps. *Marine Ecology Progress Series* **66**: 47-61.
- Preston, N.P. y Doherty, P.J. 1994. Cross-shelf patterns in the community structure of coral-dwelling Crustacea in the central region of the Great Barrier Reef. II. Cryptofauna. *Marine Ecology Progress Series* **104**: 27-38.
- Pugh, P. J. A. 1996. Using artificial substrata to monitor how cryptofaunal acari colonize littoral algae on sub-antarctic South Georgia. *Acarologia* **37**: 189–200.
- Reaka-Kudla, M.L. 1987. Adult-juvenile interactions in benthic reef crustaceans. *Bulletin of Marine Science* **41**: 108-134.
- Reaka-Kudla, M.L. 1991. Effects of disturbance: disruption and enhancement of coral reef cryptofaunal populations by hurricanes *Coral Reefs* **9**: 215-224.
- Reaka-Kudla, M.L. 1997. In: Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources. Eds. Reaka-Kudla, M. L., Wilson, D. E. and Wilson, E. O. (Joseph Henry Press, Washington, DC), pp 83-108.
- Roberts, C.M., McClean C.J., Veron, J.E.N. y Hawkins J.P. 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities from tropical reefs. *Science* **295**: 1280–1284.
- Roccatagliata, D. 2004. Grupos de Crustacea. Cumacea. In: Llorente-Bousquets J. Morrone JJ. Yáñez Ordóñez O. Vargas Fernández I, eds. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio, Bayer, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 471-482.
- Rodríguez-Martínez, R.E. 1993. Efectos de un Ciclón en la Estructura Comunitaria de Corales Escleractinios. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 64 p.
- Rodríguez-Martínez, R.E. 2008. Community involvement in marine protected areas: the case of Puerto Morelos reef, México. *Journal of Environmental Management* **88**: 1151-1160 DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.06.008.

- Rodríguez-Martínez, R.E., Ruíz-Rentería, F., van Tussenbroek, B., Barba-Santos, G., Escalante-Mancera, E., Jordán-Garza, G. y Jordán-Dahlgren, E. 2010. Environmental state and tendencies of the Puerto Morelos CARICOMP site, Mexico. *Revista de Biología Tropical* **58**(3): 23-43.
- Rodríguez-Martínez, R.E., van Tussenbroek, B. y Jordán-Dahlgren, E. 2016. Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014-2015). In: García-Mendoza E, Quijano-Scheggia SI, Olivos-Ortiz A, Núñez-Vázquez EJ (eds.) Florecimientos Algales Nocivos en México. Ensenada, México. CICESE. Pp 352-365.
- Román-Contreras, R. y Martínez-Mayén, M. 2009. Shallow water hippolytid shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Mexican Caribbean coast. *Hidrobiologia* **19**(2): 119-128.
- Ruiz Rentería, F., van Tussenbroek, B.I., Jordán Dahlgren, E. 1999. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. In: Caribbean Coral Reef, seagrass and mangrove sites. Kjerve B (Ed.) pp 57-66. UNESCO, Paris, 347 pp.
- Rule, M. J., y Smith, S.D.A. 2005. Spatial variation in the recruitment of benthic assemblages to artificial substrata. *Marine Ecology Progress Series* **290**: 67–78.
- Rule, M. J., y Smith, S.D.A. 2007. Depth-associated patterns in the development of benthic assemblages on artificial substrata deployed on shallow subtropical reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **345**: 38–51. doi:10.1016/J.JEMBE.2007.01.006.
- Salazar-Vallejo, S.I. 2002. Hurricanes and tropical coastal biodiversity. *Revista de Biología Tropical*. **50**: 415-28.
- Sabater, F. 1986. Some interstitial species of the crustacean communities of the Ter and Ebre rivermouths (NE Spain). *Miscellania Zoologica* **10**: 113-119.
- Smith, S.D.A. y Rule, M.J. 2002. Artificial substrata in a shallow sublittoral habitat: do they adequately represent natural habitats or the local species pool? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **277**: 25–41. doi:10.1016/S0022-0981(02)00242-3.
- Snelgrove, P.V.R. y Lewis, J.B. 1989. Response of a coral-associated crustacean community to eutrophication. *Marine Biology* **101**(2): 249-257 Doi:10.1007/BF00391464.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1985. Biometry. San Francisco: W. H. Freeman and Company. USA. 587 pp.
- Sorbe, J.C., Martin, A. y Diaz Y. 2007. New records of Mysida (Crustacea: Peracarida) from shallow waters of the Caribbean coast of Venezuela. *Marine Biology Research* **3**: 175-181 Doi: 10.1080/17451000701397513.

- Sotka, E.E. y Hay, M.E. 2009. Effects of herbivores, nutrient enrichment, and their interactions on macroalgal proliferation and coral growth. *Coral Reefs* **28**(3): 555-568 DOI: 10.1007/s00338-009-0529-1.
- Spears, T., DeBry, R.W., Abele L.W. y Chodyla K. 2005. Peracarid monophyly and interordinal phylogeny inferred from nuclear small-subunit ribosomal DNA sequences (Crustacea: Malacostraca: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* **118**: 117-157.
- Suárez-Morales, E., Heard, R., García-Madrugal, M., Oliva, J. y Escobar, E. 2004. Catálogo de los tanaidáceos (Crustacea: Peracarida) del Caribe Mexicano, CONACYT/SEMARNAT/ECOSUR, México. p. 121.
- Stella, J.S., Pratchett, M.S., Hutchings, P.A. y Jones, G.P. 2011. Coral-associated invertebrates: Diversity, importance and vulnerability to disturbance. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review* **49**: 43-104.
- Swartz, R.C. 1987. Toxicological methods for determining the effects of contaminated sediment on marine organisms. In: Dickson KL, Maki AW, Brungs WA (eds.). Fate and effects of sediment-bound chemicals. SETAC Special Publication Series, Pergamon Press, New York, pp. 183-198.
- Swartz, R.C., Ditsworth, D.W.S., Schults, D.W. y Lamberson, J.O. 1985. Sediment toxicity to a marine infaunal amphipod: Cadmium and its interaction with sewage sludge. *Marine Environmental Research* **18**:133–153 Doi: 10.1016/0141-1136(86)90004-8.
- Takada, Y., Abe, O. y Shibuno, T. 2007. Colonization patterns of mobile cryptic animals into interstices of coral rubble. *Marine Ecology Progress Series* **343**:35–44 Doi: 10.3354/meps06935.
- Takada, Y., Abe, O. y Shibuno, T. 2008. Cryptic assemblages in coral-rubble interstices along a terrestrial-sediment gradient. *Coral Reefs* **27**: 665-675. Doi:10.1007/s00338-008-0382-7.
- Takada, Y., Abe, O., y Shibuno, T. 2012. Variations in cryptic assemblages in coral-rubble interstices at a reef slope in Ishigaki Island, Japan. *Fisheries Science* **78**(1): 91-98.
- Takada, Y., Abe, O, Hashimoto, K. y Shibuno, T. 2016. Colonization of coral rubble by motile cryptic animals: Differences between contiguous versus raised substrates from the bottom. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **475**: 62–72 Doi: 10.1016/j.jembe.2015.11.007.
- Tews, J. Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M. y Jeltsch F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity

- diversity: the importance of keystone structures *Journal of Biogeography* **31**: 79–92.
- Thiel, M. Hinojosa, I.A. 2009. Peracarida- Amphipods, Isopods, Tanaidaceans and Cumaceas. In: Häussermann, V. and Föstera, G. (eds.). *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia, Nature in Focus*, Santiago de Chile, 1000 p. ISBN 978-956-332-244-60.
- Thomas, J.D. 1993a. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. *Journal of Natural History* **27**: 795e806 Doi: 10.1080/00222939300770481.
- Thomas, J.D. 1993b. Identification manual for Marine Amphipoda (Gammaridea): I. Common coral reef and rocky bottom amphipods of South Florida. Final report DEP contract number SP290. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- Underwood, A. J. 1981 Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review* **19**: 513-605.
- Underwood, A.J. y Fairweather, PG .1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. *Trends of Ecology and Evolution* **4**: 16–20.
- van Tussenbroek, B.I. y Brearley, A. 1998. Isopod burrowing in leaves of turtle grass, *Thalassia testudinum*, in a Mexican Caribbean reef lagoon. *Marine and freshwater research* **49**(6): 525-531 DOI: 10.1071/MF97242.
- van Tussenbroek, B.I., Monroy-Velazquez, L.V. y Solis-Weiss, V. 2012. Meso-fauna foraging on seagrass pollen may serve in marine zoophilous pollination. *Marine Ecology Progress Series* **469**: 1-6 DOI: 10.3354/meps1007.
- Wägele, J.W. 1981. Study of the Hyssuridae (Crustacea: Isopoda: Anthuridea) from the Mediterranean and the Red Sea. *Israel Journal of Zoology* **30**(1-2): 47-87.
- Waiteman-Rodrigues, C. y Setubal Pires-Vanin A.M. 2012. Spatio-temporal and functional structure of the amphipod communities off Santos, Southwestern Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography* **60**(3):421-43 Doi: 10.1590/S1679-87592012000300013.
- Walker, S.J., Schlacher, T.A. y Schlacher-Hoenlinger, M.A. 2007. Spatial heterogeneity of epibenthos on artificial reefs: fouling communities in the early stages of colonization on an East Australian shipwreck. *Marine Ecology*. **28**(4):435–445.
- Watson, D.L. y Barnes, D.K.A. 2004. Temporal and spatial components of variability in benthic recruitment, a 5-year temperate example. *Marine Biology* **145**: 201–214.

- Warnes, G.R., Bolker, B., Bonebakker, L., Gentleman, R., Huber, W., Liaw, A., Lumley, T., Maechler, M. y Magnusson, A. 2009. R package. version 2.12.1. <http://CRANR-project.org/package=gplots>.
- Wickham, H. 2009. ggplot2: elegant graphics for data analysis. <http://had.co.nz/ggplot2/book>.
- Wickham, H. 2014. Plyr: tools for splitting, applying, and combining data package. <http://had.co.nz/plyr>.
- Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., 550 p.
- Winfield, I. y Escobar-Briones, E. y Alvarez, F. 2007. *Clave para la identificación de los anfípodos bentónicos del Golfo de México y el sector norte del Mar Caribe*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM – CONABIO, México, ISBN 970-32-4345-2, 197 p.
- Winfield, I. y Escobar-Briones E. 2007. Anfípodos (Crustacea: Gammaridae) del sector norte del Mar Caribe: listado faunístico, nuevos registros y distribución espacial. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 51-61.
- Winfield, I, Cházaro-Olvera, S., Ortiz, M. y Palomo-Aguayo, U. 2011. Lista actualizada de las especies de anfípodos (Peracarida: Gammaridea y Corophiidea) marinos invasores en México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* **46**(3): 349-361 Doi: 10.4067/S0718-19572011000300006.
- White, D.L. 1997. Isopod crustacean assemblages on a near-shore coral reef and an offshore barrier reef in the Western Caribbean. MSc Theses. University of Charleston, South Carolina. 83 p.

APÉNDICE 1

Elaboración del Índice de Salud Arrecifal

La condición relativa de los sitios está basada en un índice de salud arrecifal (ISA) que combina diez indicadores a evaluar, cinco de ellos indican "buena salud" (número de especies de coral, densidad de especies de coral, cobertura coralina, abundancia de peces, abundancia del erizo *Diadema*), y los cinco restantes indican una "mala salud" (prevalencia de enfermedades de coral, mortalidad parcial coralina, cobertura de macroalgas, cobertura de tapetes de algas, sobre-crecimiento de tapetes algas-sedimentos (TAS: microalgas filamentosas que atrapan sedimento) en colonias coralinas. En el caso de los indicadores de "buena salud" se asignó un valor de 3 al sitio con mayor valor y un número 1 al de menor valor y en el caso de indicadores de mala salud se aplicó una numeración inversa; Estos indicadores se sumaron para obtener valores que podrían oscilar entre 10 y 30. La elaboración del índice de salud arrecifal (ISA) se llevó a cabo con datos proporcionados por las autoridades del PMRNP, por el Dr. L. Álvarez-Filip y Dr. E. Jordán-Dahlgren, de la Unidad de Sistemas Arrecifales en Puerto Morelos (datos o publicados).

Los datos de Bocana y Jardines se obtuvieron a partir de seis transectos de cinturón colocados aleatoriamente (25 x 2 m) y los datos de Bonanza fueron proporcionados por las autoridades del PMRMP, mismos que corresponden a cinco transectos de cinturón (30 x 2 m). En todos los monitoreos se contaron todas las colonias coralinas dentro de cada transecto y se consideraron las enfermedades y el TAS (los tapetes no mayores de 1 cm por encima del sustrato [Couch *et al.* 2014]). El área de tejido muerto se estimó visualmente y se registró como: <5%, 5,1-25%, 25,1-50%, 50,1-75%, 75,1-95% y > 95%.

En todos los sitios el porcentaje de cobertura de tejido coralino, de macroalgas y tapetes de algas se estimó utilizando una cinta métrica que sirvió como línea de transecto; En Bocana y Jardines la cobertura se estimó mediante intercepto lineal (Loya 1976) y en Bonanza con el de intercepto puntual, siguiendo el protocolo AGRRA para componentes bentónicos (Lang 2010).

Tabla Suplementaria 1. Índice de Salud Arrecifal (ISA) elaborado por Rodríguez-Martínez (2017) para los tres sitios (Bo: Bocana, Bz: Bonanza, Ja: Jardines) dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Los renglones en blanco corresponden a "buenos" indicadores de la salud del arrecife y las líneas en gris a "malos" indicadores. TAS: Tapetes de algas-sedimento

Indicador	Valores (Promedio)			ISA		
	Bo	Bz	Ja	Bo	Bz	Ja
Especies de coral (N)	21 ^a	11 ^b	27 ^a	2	1	3
Densidad de corales (ind m ⁻²)	2.7 ^a	0.3 ^b	7.5 ^a	2	1	3
Cobertura coralina (% media)	11.1 ^a	3.7 ^c	11.6 ^a	2	1	3
Especies de peces (N)	0.4 ^b	1.7 ^b	1.4 ^b	1	3	2
Abundancia de <i>Diadema</i> (ind m ⁻²)	0.2 ^b	0.1 ^b	0.3 ^b	2	1	3
Prevalencia de enfermedades de coral (%)	5.8 ^a	18.0 ^b	0.7 ^a	2	1	3
Mortalidad parcial coralina (%)	16.2 ^a	39.0 ^b	7.0 ^a	2	1	3
Cobertura de macroalgas (%)	11.5 ^a	27.0 ^c	34.2 ^a	3	2	1
Cobertura algas turf (%)	30.6 ^a	29.0 ^b	28.8 ^a	1	2	3
Sobrecrecimiento coralino por TAS (%)	20.5 ^a	68.7 ^b	10.6 ^a	2	1	3
Total				19	14	27

a) Datos proporcionados por Dr. E. Jordán (no publicados); b) Datos proporcionados por las autoridades del PNAPM (no publicados); c) Datos proporcionados por el Dr. L. Álvarez-Filip (no publicados).

Tabla Suplementaria 2. Grupos taxonómicos de peracáridos y decápodos asociados a fragmentos coralinos y colectores artificiales por sitio (Bz: Bonanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines) y profundidad (S: Somero, M: medio, P: Profundo. Negritas indican nuevos registros y en azul (resaltado) nuevos registros obtenidos en colectores artificiales.

Orden	Familia		N	Sitio	Profund
Mysida	Mysidae	Mysidae A	3	Ja	M
	Phliantidae	<i>Paraphinotus seclusus</i>	4	Bz, Ja	S, M, P
		<i>Bemlos dentischium</i>	5	Bo	S
		<i>Bemlos spinicarpus</i>	1	Ja	M
		<i>Bemlos unicornis</i>	1	Bo	M
		<i>Bemlos</i> sp A	3	Bz	S, P
		<i>Globosolembos smithi</i>	62	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		Aoridae	<i>Lembos unifasciatus</i>	1	Bo
	Gammaridae	<i>Gammarus mucronatus</i>	2	Bo	S
		<i>Apothyale</i> sp A	1	Bo	S
		Hyalidae	Hyalidae A	1	Ja
	Chevaliidae	<i>Chevalia aviculae</i>	461	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Chevalia</i> sp A	2	Bz, Bo	P
	Photidae	<i>Gammaropsis atlantica</i>	67	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Photis</i> sp A	3	Bo	S
	Biancolonidae	<i>Biancolina</i> sp A	1	Bo	S
	Ampithoidae	<i>Ampithoe ramondi</i>	30	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Ampithoe</i> sp A	14	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Cymadusa</i> sp A	12	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Pseudoampithoides incurvaria</i>	47	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Caprellidae	<i>Deutella incerta</i>	1	Bz	S
		<i>Hemiproto wigleyi</i>	8	Bz, Bo	M, P
	Isaeidae	<i>Caribboecetes</i> sp A	3	Bo, Ja	S, M
		<i>Erichthonius brasiliensis</i>	8	Bo, Ja	S, M
	Eriopisidae	<i>Psammogammarus</i> sp A	7	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Anamaera hixonii</i>	1	Ja	S
		<i>Maera jerrica</i>	7	Bz, Ja	S, M
		<i>Maera miranda</i>	5	Ja	S
		<i>Maera</i> sp A	1	Bo, Ja	M
		<i>Maeropsis</i> sp A	1	Bo	S
		<i>Quadrimaera</i> sp A	12	Bo, Ja	S, M
<i>Ceradocus sheardi</i>		63	Bz, Bo, Ja	S, M, P	
<i>Ceradocus shoemakeri</i>		4	Bz	P	
<i>Dumosus</i> sp A		12	Bo, Ja	S, M	
<i>Elasmopus balkomanus</i>		2	Ja	S	
<i>Elasmopus levis</i>		24	Bz, Ja	S, M, P	
Maeridae		<i>Elasmopus rapax</i>	190	Bz, Bo, Ja	S, M, P
Amphipoda		Melitidae	<i>Melita sheardi</i>	1	Ja

		<i>Melita</i> sp A	11	Bz, Ja	S, M, P
		<i>Netamelita barnardi</i>	9	Jar	S
		<i>Spathiopus loensis</i>	7	Bo, Ja	S, M
		<i>Tabatzius muelleri</i>	13	Bz, Bo	S, M, P
		<i>Ampelisca abdita</i>	3	Bo, Ja	S, P
		<i>Ampelisca agassizi</i>	1	Bo	P
		<i>Ampelisca bicarinata</i>	2	Bz, Bo	S
		<i>Ampelisca burkei</i>	1	Bz	M
		<i>Ampelisca schellenbergi</i>	1	Bo	S
		<i>Ampelisca vadorum</i>	1	Bz	P
	Ampeliscidae	<i>Ampelisca</i> sp A	38	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Anamixidae	<i>Anamixis cavatura</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Amphilochidae	<i>Hourstonius tortugae</i>	11	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Bateidae	<i>Batea cuspidata</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Colomastigidae	<i>Colomastix janiceae</i>	14	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	Cyprodeidae	Cyprodeidae A	2	Bo	S
		Dexaminidae A	1	Bo	S
	Dexaminidae	<i>Dexaminella</i> sp	5	Bz	D
	Iphimediidae	Iphimediidae A	6	Bz, Ja	S, D
		<i>Leucothoe laurensis</i>	3	Bz, Bo	D
		<i>Leucothoe spinicarpa</i>	102	Ja	S, M, D
	Leucothoidae	<i>Leucothoe</i> sp A	1	Bo	M
		<i>Liljeborgia bousfieldi</i>	3	Bo	S
		<i>Liljeborgia</i> sp A	5	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Liljeborgidae	<i>Listriella</i> sp A	2	Bz, Bo, Ja	S, D
		<i>Concarnes concavus</i>	3	Bz, Bo, Ja	M
		<i>Hippomedon</i> sp A	1	Bz	M
	Lyssianassidae	<i>Lyssianopsis alba</i>	22	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Megaluropidae	<i>Gibberosus myersi</i>	7	Bo, Ja	M, D
	Ochlesidae	<i>Curidia debrogania</i>	1	Ja	S
		<i>Eobrolgus spinosus</i>	24	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Phoxocephalidae	<i>Metarphinia floridana</i>	15	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Sebidae	<i>Seba tropica</i>	3	Bz	D
		Oedicerotidae A	1	Bz	M
	Oedicerotidae	<i>Periculodes cerasinus</i>	3	Ja	S, D
		<i>Synopia ultramarina</i>	4	Bz, Ja	M, D
	Synopiidae	<i>Metatyron triocellatus</i>	3	Bo	S
	Ingolfiellidae	<i>Ingolfiella</i> sp A	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Gnathia beethoveni</i>	3	Bz	S, D
		<i>Gnathia magdalensis</i>	53	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Gnathia puertoricensis</i>	94	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Gnathia vellosa</i>	64	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Gnathia virginalis</i>	37	Bz, Bo	D
		<i>Gnathia</i> sp A	1	Ja	D
Isopoda	Gnathiidae				

Anthuridea	Anthuridea	3	Bz, Bo	S, M
	Amakusanthura magnifica	73	Ja	S, M, D
	Amakusanthura signata	46	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Amakusanthura sp A	14	Bz, Bo	S, M
	Anthomuda affinis	1	Bo	M
	<i>Apanthura cracenta</i>	152	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Apanthuroides millae	1	Ja	S
	Cortezura confixa	2	Bz	S
	<i>Cyathura</i> sp A	1	Bo	S
	Mesanthura bivittata	5	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	<i>Mesanthura fasciata</i>	3	Bz	M
	Mesanthura hopkinsi	8	Bz, Bo, Ja	D
	<i>Mesanthura paucidens</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	<i>Mesanthura pulchra</i>	24	Bo	S
	<i>Mesanthura punctillata</i>	1	Bo	S
	<i>Mesanthura</i> sp A	17	Bz, Bo, Ja	S, M
	Pendanthura hendleri	62	Bz, Bo, Ja	D
	<i>Pendanthura tanaiformis</i>	4	Bz, Bo	M
Anthuridae	<i>Pendanthura</i> sp A	2	Bz, Bo	S, D
Expananthuridae	Eisothistos petrensis	2	Bz, Bo	D
Leptanthuridae	Heptanthura scopulosa	1	Ja	M
	<i>Accalathura crenulata</i>	26	Bo, Ja	S; M
	Colanthura tenuis	3	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	<i>Colanthura</i> sp A	3	Ja	S, D
	Paranthura floridensis	8	Bo, Ja	S, M
Paranthuridae	<i>Paranthura infundibulata</i>	6	Ja	S, M
	<i>Anopsilana jonesi</i>	1	Bo	M
	Calyptolana hancocki	24	Bo, Ja	S, M, D
	<i>Cirolana albioida</i>	1	Bo	M
	Cirolana crenulitelson	1	Boc	M
	<i>Cirolana parva</i>	375	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	<i>Eurydice convexa</i>	5	Bz, Bo, Ja	D
	<i>Neocirolana obtruncata</i>	3	Bon	M
	<i>Metacirolana agaricicola</i>	26	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Metacirolana halia	43	Bz, Bo	D
Cirolanidae	Metacirolana menziesi	2	Bz, Bo	S, D
Limnoriidae	<i>Limnoria platicauda</i>	3	Bz, Bo, Ja	S, M
	<i>Alcirona krebsi</i>	2	Bo	M
	<i>Excorallana antillensis</i>	175	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Excorallana berbicensis	1	Bz	M
	<i>Excorallana tricornis</i>	6	Bz, Bo	S, M, D
	<i>Excorallana warmingii</i>	3	Bo	M, D
Corallanidae	<i>Excorallana</i> sp A	4	Bz, Ja	S, D
Sphaeromatidae	<i>Cymodoce ruetzleri</i>	47	Bz, Bo, Ja	S, M, D

		<i>Dycerceis kensleyi</i>	1	Bz	M
		<i>Dynamenella acutitelson</i>	5	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Dynamenella angulata</i>	1	Ja	M
		<i>Geocerceis barbarae</i>	108	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Exosphaeroma diminuta</i>	2	Ja	S
		<i>Exosphaeroma yucatanum</i>	3	Ja	D
		<i>Exosphaeroma</i> sp A	9	Bz, Ja	S, D
		<i>Paracerceis caudata</i>	38	Ja	S, M, D
		<i>Paracerceis</i> sp A	1	Ja	S, D
	Janiridae	<i>Carpias algicola</i>	36	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Carpias triton</i>	1	Bz	S
		<i>Gnathostenetroides pugio</i>	37	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Gnathostenetroidae	<i>Gnathostenetroides</i> sp A	4	Bz	S, D
		<i>Joeropsis bifasciatus</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Joeropsis personatus</i>	4	Bo, Ja	D
		<i>Joeropsis rathbunae</i>	9	Bo, Ja	D
		<i>Joeropsis tobagoensis</i>	6	Bo, Ja	S, M
	Joeropsisidae	<i>Joeropsis</i> sp A	15	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Hansenium bowmani</i>	13	Ja	D
		<i>Hansenium stebbingi</i>	80	Bz, Bo, Ja	S, D
		<i>Hansenium spathulicarpus</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Stenetrium serratum</i>	13	Bz, Bo, Ja	D
	Stenetriidae	<i>Stenobermuda</i> sp A	1	Bo	S
		<i>Lyocoryphe minocule</i>	20	Ja	S, M, D
	Microparasellidae	<i>Angliera psammathus</i>	98	Bo	S
	Holognathidae	<i>Cleantioides planicauda</i>	1	Bz	M
	Idoteidae	<i>Erichsonella filiformis</i>	1	Ja	S
	Munnidae	<i>Uromunna reynoldsi</i>	4	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Paramunnidae	Paramunnidae A	1	Bz	D
	Pleurocopidae	<i>Pleurocope floridensis</i>	1	Bo	D
		Apseudidae A	2	Bo	S
		<i>Apseudes</i> sp A	488	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Apseudes bermudeus</i>	58	Ja	D
		<i>Apseudes orghidani</i>	11	Ja	S, D
	Apseudidae	<i>Hoplomachus propinquus</i>	5	Ja	S, D
		<i>Kalliapseudes bahamensis</i>	16	Ja	S, M, D
		<i>Psammokalliapseudes granulosus</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, D
		<i>Apseudomorpha</i> sp A	179	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Pseudoapseudomorpha</i> sp A	34	Bz, Bo, Ja	S, M
	Metapseudidae	<i>Synapseudes</i> sp A	132	Bz, Bo,	S, M, D
		<i>Discapseudes belizensis</i>	10	Bz	M
	Parapseudidae	<i>Parapseudes</i> sp A	16	Bz, Ja	S, D
Tanaidacea	Pagurapseudidae	<i>Pagurotanais bouryi</i>	221	Bo, Ja	S, M, D

	Tanaididae	<i>Sinelobus stanfordi</i>	172	Bz, Bo, Ja	S, M, D		
		<i>Zeuxo kurilensis</i>	51	Bz, Bo, Ja	S, M, D		
	Leptocheliidae	<i>Hargeria rapax</i>	16	Bz, Bo,Ja	S, M		
		<i>Leptochelia dubia</i>	834	Bz, Bo,Ja	S, M, D		
		<i>Leptochelia longimana</i>	4	Bz, Bo, Ja	S		
		<i>Pseudoleptochelia</i> sp	1164	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		Nototanaididae A	26	Bz, Bo, Ja	S, M, D		
	Nototanaididae	Nototanaididae C	62	Bz, Bo,Ja	S, M, D		
		Paratanaididae	<i>Paratanais</i> sp A	1433	Bz, Bo,Ja	S, M, D	
Cumacea	Bodotriidae	<i>Vaunthompsonia floridana</i>	4	Bz	S, M, D		
		<i>Vaunthompsonia minor</i>	4	Bz, Bo	S, P		
		<i>Vaunthompsonia</i> sp A	1	Bz	P		
		<i>Mancocuma</i> sp A	6	Bz, Bo, Ja	M, P		
		<i>Spilocuma</i> sp A	1	Ja	P		
		<i>Cyclaspis goesi</i>	14	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cyclaspis granulata</i>	1	Bo, Ja	D		
		<i>Cyclaspis varians</i>	1	Bo, Ja	S, M		
		<i>Cyclaspis</i> sp A	6	Bo, Ja	P		
		Leuconidae	<i>Eudorella</i> sp A	3	Bz	P	
	<i>Leucon</i> sp A		3	Bz, Bo, Ja	S, P		
	<i>Leucon</i> sp B		1	Bz	P		
	Nannastacidae	<i>Campylaspis heardi</i>	3	Bz, Ja	S, M, P		
		<i>Campylaspis</i> sp A	3	Bz, Bo	S, P		
		<i>Cumella antipai</i>	4	Bo, Ja	S		
		<i>Cumella clavicauda</i>	11	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella garrityi</i>	6	Ja	P		
		<i>Cumella gomoii</i>	5	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella longicaudata</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella meredithi</i>	1	Bo	D		
		<i>Cumella murariui</i>	6	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella ocellata</i>	18	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella ruetzleri</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella serrata</i>	15	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cumella vicina</i>	22	Bz, Bo	D		
		<i>Cumella</i> sp A	1	Bo	S		
		<i>Cumella</i> sp G	8	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		<i>Cubanocuma gutzi</i>	9	Bz, Bo, Ja	P		
		<i>Elassocumella</i> sp A	2	Ja	S, M		
		<i>Schizotrema aglutinanta</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, P		
		Decapoda	Penaeidae	Penaeidae A	2	Bz	S, M
				<i>Metapeaeopsis goodei</i>	3	Bz, Bo	S
	<i>Metapenaeopsis martinella</i>			1	Bo	S	
	<i>Metapenaeopsis</i> sp			1	Bo	S	
	<i>Penaeus schmitti</i>			1	Bz	P	

	<i>Trachipenaeopsis mobilispinis</i>	1	Ja	M
	Hippolythidae A	3	Bz	S
	<i>Hippolythe</i> sp A	2	Bz	P
Hippolythidae	<i>Hippolythe curacaoensis</i>	1	Bo	M
	<i>Exhippolysmata oplophorides</i>	1	Bz	P
	<i>Lysmata inermidia</i>	3	Bz, Bo	M, P
Lysmatidae	<i>Lysmata</i> sp A	2	Bo, Ja	M, P
Gnathophyllidae	<i>Gnathophyllum americanum</i>	1	Bo	S
	<i>Thor</i> sp A	10	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	<i>Thor floridanus</i>	1	Bz	S
Thoridae	<i>Thor manningi</i>	2	Bo	S
	Palaemonidae A	9	Bz, Bo, Ja	S, M
	<i>Brachycarpus biunguiculatus</i>	1	Bo	P
	<i>Periclimenaeus</i> sp A	4	Bo, Ja	S, M
	<i>Periclimenaeus ascidiarum</i>	12	Bo, Ja	S, M, P
	<i>Periclimenaeus atlanticus</i>	1	Ja	M
	<i>Periclimenaeus maxillulidens</i>	1	Bo	S
	<i>Periclimenes americanus</i>	4	Bz, Bo	S, P
	<i>Periclimenes caraibicus</i>	1	Ja	P
	<i>Periclimenes finlayi</i>	1	Bz	S
	<i>Pontonia</i> sp A	1	Bo	M
Palaemonidae	<i>Rostronia</i> sp A	1	Bo	M
	<i>Alpheus amblyonix</i>	10	Bz, Bo, Ja	S, M
	<i>Alpheus armatus</i>	1	Bz	S
	<i>Alpheus barbadensis</i>	4	Bz, Ja	S
	<i>Alpheus beanii</i>	4	Ja	S, P
	<i>Alpheus belli</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, P
	<i>Alpheus bouvieri</i>	1	Bz	M
	<i>Alpheus cristulifrons complex</i>	1	Ja	S
	<i>Alpheus cylindricus</i>	5	Bz, Ja	S, M
	<i>Alpheus floridanus</i>	4	Bz, Bo	S, M, P
	<i>Alpheus formosus</i>	3	Bo	S, M
	<i>Alpheus heterochaelis</i>	7	Bo, Ja	S, M
	<i>Alpheus normanni</i>	7	Bz, Ja	S, M
	<i>Alpheus nuno</i>	1	Bz	P
	<i>Alpheus paracrinitus</i>	3	Bz, Ja	S, M
	<i>Alpheus ridleyi</i>	2	Bo	S
	<i>Alpheus trispinus</i>	1	Ja	S
	<i>Alpheus viridari</i>	1	Bz	M
	<i>Automate gardinieri</i>	2	Bz, Bo	S
Alpheidae	<i>Automate</i> sp A	4	Bz	S, M, P

		<i>Leptalpheus</i> sp A	3	Bz	P
		<i>Metalpheus rostratipes</i>	2	Bz, Bo	S
		<i>Salmoneus arubae</i>	1	Bz	P
		<i>Salmoneus</i> sp A	2	Bo, Ja	S, P
		<i>Synalpheus anasimus</i>	2	Bz	S
		<i>Synalpheus curacaoensis</i>	1	Bz	P
		<i>Synapheus mccleroni</i>	1	Ja	S
		<i>Synalpheus obtusifrons</i>	1	Bo	S
		<i>Synalpheus pandionis</i>	1	Bz	P
		<i>Synalpheus twonsendi</i>	1	Bz	P
		<i>Suynalpheus minus</i>	1	Bz	P
		<i>Synalpheus</i> sp A	5	Bo, Ja	S, M, P
		<i>Ambidexter simetricus</i>	1	Bo, Ja	M, P
		<i>Processa</i> sp A	9	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Processa bermudensis</i>	10	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Processa fimbriata</i>	6	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Processa hemphilli</i>	3	Bz, Bo	S, P
		<i>Processa profunda</i>	2	Bz	M, P
		<i>Processa riveroi</i>	4	Bo, Ja	S, P
		<i>Processa wheeleri</i>	5	Bo, Ja	S, M
	Processidae	Callianassoidea	1	Bo	M
	Callianasidae	<i>Callianasa biformis</i>	1	Bo	P
	Axiidae	Axiidae	4	Bz, Bo	M, P
		<i>Axiopsis</i> sp A	8	Bz, Bo, Ja	M, P
	Spongicolidae	<i>Microprosthemis semilaeve</i>	1	Bz	M
		Diogenidae A	12	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Aeropaguristes hummi</i>	9	Bz, Bo	S, M
		<i>Calcinus tibicen</i>	1	Bo	S
		<i>Clibanarius vittatus</i>	4	Bz	P
		<i>Clibanarius tricolor</i>	1	Bz	M
		<i>Dardanus venosus</i>	2	Bo	M
		<i>Isocheles wurdemanni</i>	1	Bo	M
		<i>Paguristes hernancortezii</i>	4	Bz, Bo	S, M
		<i>Paguristes</i> sp	4	Bz, Ja	M, P
	Diogenidae	<i>Petrochirus diogenes</i>	10	Bz, Bo	S, M
	Paguridae	Paguridae A	5	Bz, Bo	S, M
		<i>Pagurus annulipes</i>	2	Bz, Bo	S
	Porcellanidae	<i>Petrolisthes galathinus</i>	8	Bo, Ja	M, P
		<i>Ebalia stimpsonii</i>	1	Bo	P
		<i>Lithadia cadaverosa</i>	2	Bz, Bo	S, M
		<i>Speloeophorus</i> sp A	1	Ja	M
	Leucosiidae	<i>Uhlias limbatus</i>	1	Ja	M
		<i>Hemus</i> sp A	4	Bz, Bo	S, M
	Majidae	<i>Hemus cristulipes</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, P

		Majidae A	2	Bz, Bo	M
		<i>Omalacantha</i> sp A	3	Bz, Bo, Ja	M, P
		<i>Omalacantha antillensis</i>	17	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Omalacantha bicornuta</i>	7	Bz, Bo	S, M, P
		<i>Damithrax pleuracanthus</i>	1	Bz, Ja	M, P
		<i>Mithrax sculptus</i>	19	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Mithrax verrucosus</i>	2	Ja	S, M
		<i>Mithraculus cinctimanus</i>	11	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Mithraculus coryphe</i>	48	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Mithraculus forceps</i>	18	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Mithraculus ruber</i>	62	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Pitho aculeatha</i>	46	Bz, Bo, Ja	S, M, P
		<i>Pitho lherminieri</i>	6	Bz, Bo, Ja	S, M
	Mithracidae	<i>Pitho mirabilis</i>	4	Bo, Ja	S, P
		<i>Epialtus dilatatus</i>	1	Ja	M
		<i>Macrocoeloma</i> sp A	3	Bz,Ja	S, M
		<i>Macrocoeloma diplacanthum</i>	1	Bz	S
	Epialtidae	<i>Thersandrus</i> sp A	1	Bz	P
	Portunidae	Portunidae A	2	Ja	M
		Xanthidae A	6	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Batodaeus urinator</i>	3	Bo, Ja	M, P
		<i>Garthiope spinipes</i>	3	Bo	P
		<i>Microcassiope granulimanus</i>	1	Ja	M
		<i>Paractaea rufopunctata</i>	3	Bo, Ja	S, M
	Xanthidae	<i>Xanthodius denticulatus</i>	1	Bo	S
		<i>Pilumnus lacteus</i>	4	Bo, Ja	M, P
	Pilumnidae	<i>Pilumnus longleyi</i>	3	Bz, Ja	M, P
		<i>Parapinnixa bouvieri</i>	3	Ja	S, M
		<i>Pinnixa floridana</i>	3	Bz, Ja	S, M, P
		<i>Pinnixa</i> sp	2	Bz, Ja	S, M
	Pinnotheridae	<i>Zaops ostreum</i>	2	Bo	P

Tabla suplementaria 3. Densidad media (individuos/kg) y desviación estandar (en paréntesis) de especies de peracáridos registrados en el Parque Nacional de Puerto Morelos cuyos géneros están incluidos en el Índice Biótico ATZI Marine Biotic Index (AMBI). (A: Anfipoda, I: Isopoda, T: Tanaidacea); Bz: Bonanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines) y profundidad (S: somero, M: medio (6-7m), P: Profundo (10-12m). GE: Grupo Ecológico AMBI (Borja *et al.* 2000) <http://www.ambi.azti.es>).

GE	Orden	Especie	BzS	BoS	JaS	BzM	BoM	JaS	BzD	BoD	JaD
I	A	<i>Batea cuspidata</i>	0.08 (0.17)	0.04 (0.08)	0.13 (0.25)		0.04 (0.08)		0.08 (0.10)		
I	A	<i>Ceradocus sheardi</i>	0.04 (0.08)	0.50 (0.78)	0.54 (0.79)	0.13 (0.25)	0.38 (0.55)	0.29 (0.34)	0.50 (0.53)	0.17 (0.19)	0.08 (0.10)
I	A	<i>Globosolembos smithi</i>	0.13 (0.25)	0.29 (0.37)	0.29 (0.58)		0.75 (1.10)	0.21 (0.21)	0.58 (0.73)		0.33 (0.30)
I	A	<i>Leucothoe spinicarpa</i>	0.04 (0.08)	0.38 (0.25)	1.54 (2.75)	0.50 (0.53)	0.42 (0.48)	0.71 (0.72)	0.42 (0.62)		0.25 (0.17)
I	A	<i>Ceradocus shoemakeri</i>							0.17 (0.24)		
I	I	<i>Amakusanthura magnifica</i>	0.54 (0.53)	0.46 (0.42)	0.67 (0.41)	0.29 (0.21)	0.08 (0.10)	0.38 (0.34)	0.08 (0.10)	0.21 (0.21)	0.33 (0.30)
II	I	<i>Cirolana albioida</i>					0.04 (0.08)				
II	I	<i>Cirolana crenulitelson</i>					0.04 (0.08)				
II	I	<i>Cirolana parva</i>	0.29 (0.28)	0.88 (0.89)	0.75 (0.50)	8.33 (8.84)	3.38 (2.05)	0.88 (0.25)	0.50 (0.68)	0.13 (0.08)	0.50 (0.41)
II	T	<i>Hargeria rapax</i>	0.21 (0.25)	0.04 (0.08)	0.13 (0.08)	0.25 (0.40)		0.04 (0.08)			
II	T	<i>Sinelobus stanfordi</i>	2.96 (3.42)	0.71 (0.80)	0.54 (0.48)	1.17 (0.83)	0.08 (0.17)	0.25 (0.29)	0.63 (0.63)	0.75 (0.91)	0.08 (0.10)
II	T	<i>Zeuxo kuriliensis</i>	0.13 (0.16)	0.08 (0.17)	0.21 (0.42)	0.58 (0.67)	0.33 (0.56)	0.38 (0.44)		0.29 (0.28)	0.13 (0.16)
III	A	<i>Ampithoe ramondi</i>		0.13 (0.16)	0.17 (0.19)	0.33 (0.36)	0.21 (0.25)	0.13 (0.16)	0.08 (0.10)	0.17 (0.33)	0.04 (0.08)
III	A	<i>Ampelisca abdita</i>		0.04 (0.08)						0.04 (0.08)	0.04 (0.08)
III	I	<i>Joeropsis sp</i>		0.25 (0.40)		0.17 (0.14)	0.13 (0.16)	0.04 (0.08)			0.04 (0.08)
III	I	<i>Joeropsis bifasciatus</i>	0.17 (0.33)	0.13 (0.16)	0.04 (0.08)			0.04 (0.08)			
III	I	<i>Joeropsis personatus</i>		0.04 (0.08)		0.13 (0.16)					
III	I	<i>Joeropsis rathbunae</i>		0.17 (0.14)	0.04 (0.08)		0.08 (0.17)				0.08 (0.17)
III	I	<i>Joeropsis tobogaensis</i>			0.04 (0.08)		0.21 (0.42)				
III	T	<i>Apseudomorpha sp</i>	2.13 (3.72)	0.29 (0.48)	0.08 (0.17)	0.25 (0.50)	2.04 (2.20)	0.29 (0.34)	1.83 (0.91)	0.54 (0.55)	
III	T	<i>Apseudes sp</i>	13.3 (18.30)	0.42 (0.44)	0.71 (0.89)	2.08 (1.46)	2.63 (2.76)	0.25 (0.22)	0.42 (0.35)	0.29 (0.37)	0.21 (0.21)
III	T	<i>Kalliapseudes bahamensis</i>		0.04 (0.08)		0.04 (0.08)		0.08 (0.17)	0.29 (0.28)	0.21 (0.25)	
III	T	<i>Leptochelia dubia</i>	9.17 (8.54)	5.50 (4.10)	4.58 (4.33)	2.75 (1.37)	3.75 (5.15)	3.21 (2.40)	1.63 (0.83)	1.96 (1.61)	2.21 (2.96)

New records of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Mesoamerican Reef at Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico

Verónica Monroy-Velázquez and Fernando Alvarez*

Colección Nacional de Crustáceos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México 04510 D.F., México

* Corresponding author. E-mail: talvarez@inam.mx

Abstract: New distribution records are presented for 19 species of isopods that are recorded for the Mexican Caribbean coast for the first time. The sampling program was conducted in three sites and at three different depths in each site within the Arrecife de Puerto Morelos Nature Reserve. The new records belong to 10 families and 15 genera in the suborders Asellota, Cymothoidea and Sphaeromarina. With the new records included herein isopods could be the most diverse group of peracarid crustaceans found in the Puerto Morelos Reef.

Key words: Asellota; Cymothoidea; Sphaeromarina; Mexican Caribbean

INTRODUCTION

The Mesoamerican Reef, in the western Caribbean, has been recognized for its socioeconomic importance and as a productive system that supports a great diversity of species (Briones and Machain 2005). As part of a larger project designed to compare reef sections with high use and of high conservation value in the Puerto Morelos area in the Mexican state of Quintana Roo, a sampling program of cryptofauna was undertaken from January 2013 to January 2014. Three sites were selected (conserved, in recovery, and degraded) considering the assessments made by the local environmental authority, and the cryptofauna associated with coral rubble was collected at three depths and identified.

We take the Mexican Caribbean to be the area between Cape Catoche, the northeast tip of the Yucatan Peninsula, to Xcalak, Quintana Roo, at the border with Belize, a coastline of approximately 418 km. In general, the diversity of marine isopods from the Mexican Caribbean is poorly known. While few studies have dealt with isopods from this area, there are numerous records for the group from the Greater Caribbean where more than 300 species have been recorded (Kensley and

Schotte 1994). The most extensive work on crustaceans is that of Marikham et al. (1990) who reported a total of 309 species, 41 of which were isopods, including 21 new records, from the Mexican Caribbean coast from Cancun to Chetumal.

Barriga and Briones (1992) reported eight species of *Excorallana* from the Gulf and the Caribbean coasts of Mexico. From the Puerto Morelos reef lagoon, Quintana Roo, van Tussenbroek and Brearley (1998) reported the isopod *Limnoria simulata* Menzies, 1957 (Limnoriidae) burrowing in the turtle grass *Thalassia testudinum* Banks ex König forming canal systems, using the burrows for reproduction. Campos Vázquez (2000) collected crustaceans associated with macroalgae in Bajo Pepiro, Isla Mujeres, Mexican Caribbean and found Isopoda to be the most abundant group and eight species were identified. Van Tussenbroek et al. (2012) investigated meso-faunal invertebrates visiting male and female flowers of the seagrass *Thalassia testudinum* at night in the Puerto Morelos reef lagoon, on 76 flowers they found 57 species of crustaceans, eight of them isopods, including two new records.

The main goal of the larger study, from which this particular report is derived, was to compare the diversity and abundance of cryptofauna with the degree of conservation of each site. As the identification of the cryptofauna progressed, many new distributional records of species were obtained. In this report we present 19 new records of isopods for the Mexican Caribbean coast. Photographs of each of the 19 species are also presented because for most of them just the drawings of the original description are available.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the Puerto Morelos Reef National Park (PNAPM), Quintana Roo, Mexico, which is a section of the Mesoamerican Reef (Figure 1). Three sites were selected: 1) Bonanza (20°57'58" N, 086°48'27" W), in recovery, located in the northern section of the

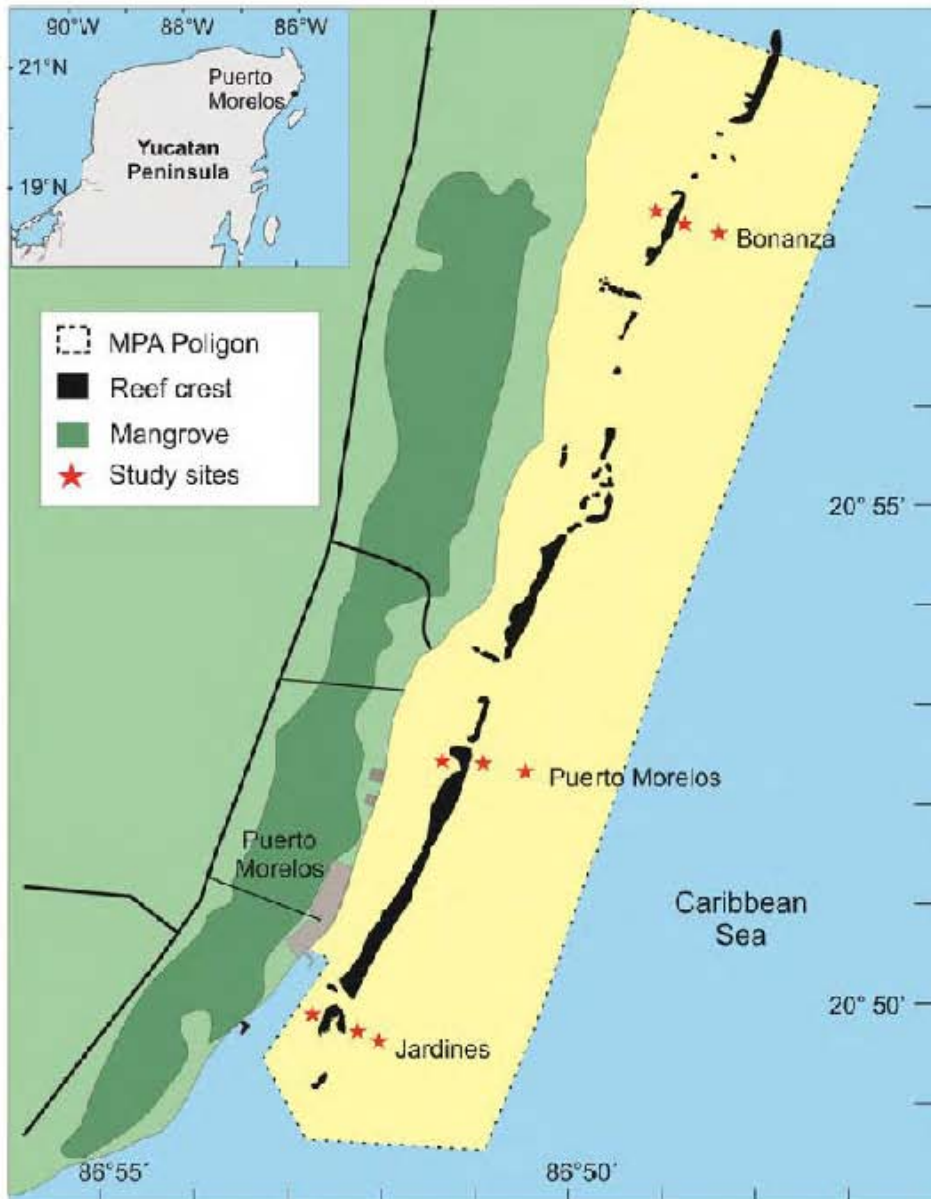


Figure 1. Map of the Puerto Morelos Reef National Park, Quintana Roo, Mexico, showing the collecting sites for this study: Bonanza, Puerto Morelos and Jardines. MPA stands for "Marine Protected Area".

marine park, now closed to recreational activities after being heavily impacted; 2) Puerto Morelos (20°52'50" N, 086°51'02" W), conserved, in the central portion of the marine park, is in good condition although it is adjacent to the town of Puerto Morelos; and 3) Jardines (20°50'20" N, 086°52'41" W), degraded, it lies the southern section of the park in front of large resorts and golf courses with a heavy sediment load (Figure 1). Using

SCUBA equipment, 3 kg of coral rubble were sampled at each site at three depths: shallow, 2–3 m; medium, 6–7 m; and deep, 10–12 m. Samplings were conducted in March, May, August, and November 2013, and January 2014, under SAGARPA (Agriculture, Natural Resources and Fisheries Secretariat) collecting permit DGOPA.00008.080113.0006 granted to F. Álvarez.

Samples were sorted in the laboratory. All organisms

were extracted from the coral matrix, the remaining washings sieved through a 0.5 mm mesh, and preserved in 70% ethanol. The identification keys used were Menzies and Glynn (1968), Kensley (1984a), Kensley and Schotte (1989), and Müller (1989, 1992, 1993). The list of species follows the taxonomic arrangement by Ah Yong et al. (2011). Specimens were sexed and their total length measured in millimeters. Specimens of less than 2 mm in total length were photographed in an Axio Zoom V16 Zeiss microscope, and larger specimens in a Z16 APO-A Leica microscope. All specimens are deposited in the National Crustacean Collection (CNCR) of the Institute of Biology, National Autonomous University of Mexico (UNAM).

RESULTS

Order Isopoda

Suborder Asellota Latreille, 1802

Superfamily Gnathostenetroidoidea Kussakin, 1967

Family Gnathostenetroidae Fresi, Idato & Scipione, 1980

Genus *Gnathostenetroides* Amar, 1957

Gnathostenetroides pugio Hooker, 1985

(Figure 2a)

Material examined: 4 females, mean 1.8 mm; Jardines (deep); 6 May 2013; CNCR 30576. 3 females, mean 1.6 mm; Bonanza (deep); 6 May 2013; CNCR 30577.

Distribution: United States, Florida Middlegrounds in the Gulf of Mexico, at a depth of 55 m (Hooker 1985; Kensley and Schotte 1989); Venezuela, Cayo Sombrero, in Morrocoy National Park, at 15 m (Díaz et al. 2013).

Remarks: Twenty four individuals have been identified; 14 of them came from the May sampling at Bonanza. The two examined specimens agree well with the original description, although one (Figure 2a) presents slight variations: a more elongated habitus and a subacute pleotelson. *Gnathostenetroides* includes two species: *G. pugio* and *G. laodicense* Amar, 1957 from the Mediterranean Sea (Fresi et al. 1980).

Superfamily Janiroidea Sars, 1897

Family Joeropsidae Nordenstam, 1933

Genus *Joeropsis* Koehler, 1885

Joeropsis bifasciatus Kensley, 1984a

(Figure 2b)

Material examined: Male, 2.3 mm; Jardines (shallow); 6 May 2013; CNCR 30578.

Distribution: Belize, Carrie Bow Cay, 1–6 m (Kensley 1984a).

Remarks: The species was previously known only from Belize, so the present record increases its distribution 470 km to the north. The main characteristic that

identifies this species is the presence, in live or freshly captured organisms, of two pigmented bands one on the head and one on pereonite IV.

The genus *Joeropsis* is well represented in coral reef habitats, often with three or more species co-occurring. Five primary characters serve to discriminate among species: pigmentation pattern, body setation, presence or absence of a serrate cephalon, presence or absence of a serrate pleotelson, and rostrum shape (Kensley et al. 1997).

Joeropsis rathbunae Richardson, 1902

(Figure 2c)

Material examined: Male, 1.6 mm, female, 1.5 mm; Puerto Morelos (shallow); 6 May 2013, 6 August 2013; CNCR 30563, 30816.

Distribution: Bermuda (Richardson 1902). Bahamas, Andros Island, 2–3 m (Boyko and Williams 2004). Belize, Carrie Bow Cay, 1–6 m (Kensley 1984a). Puerto Rico (Kensley 1984a). United States, Sanibel Island and Looe Key, Florida, subtidal to 36 m (Kensley 1984a). Mexico, Veracruz, Tuxpan, 5–25 m; Yucatán, Sisal, 1–20 m (Ortiz et al. 2013, 2014). Colombia, Bahía de Guachaquita, Arrecife Cañaverales, 25–30 km northeast of Santa Marta, 6–13 m (Müller 1989). Tobago (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: The specimens agree with the diagnosis. Kensley (1994: 325) reported some differences in relation to the color pattern of two male syntypes from Bermuda: "faintly reticulate over entire body, strong dark brown pigment on most of cephalon and pereonite 4". The specimens from the PNAFM have a brown pigmentation over the full body. Pigment patterns presumably have some camouflage function in reef rubble habitats (Kensley et al. 1997).

Family Munnidae Sars, 1897

Genus *Uromunna* Menzies, 1962

Uromunna reynoldsi (Frankenberg & Menzies, 1966)

(Figure 2d)

Material examined: Male, 1.3 mm, female 1.1 mm; Puerto Morelos (shallow); 6 May 2013; CNCR 30558.

Distribution: United States, Georgia, Sapelo Island; Louisiana, Lake Ponchartrain (Frankenberg and Menzies 1966). Gulf of Mexico (Schotte et al. 2009). Mexico, Tuxpan, 5–25 m; Yucatán, Sisal, 1–20 m (Ortiz et al. 2013, 2014). Panama, Pacific and Caribbean coasts at Panama Canal (Kensley and Schotte 1989).

Remarks: There are currently 23 known species in the genus, two of them distributed in the Caribbean, *U. caribea* and *U. reynoldsi*. The main difference between the Caribbean species is the size proportion of the propodus of pereopod 1, it is 1.5–2 times longer than wide in *U. caribea* and 2–3 times longer than wide in *U. reynoldsi* (Kensley and Schotte 1989).

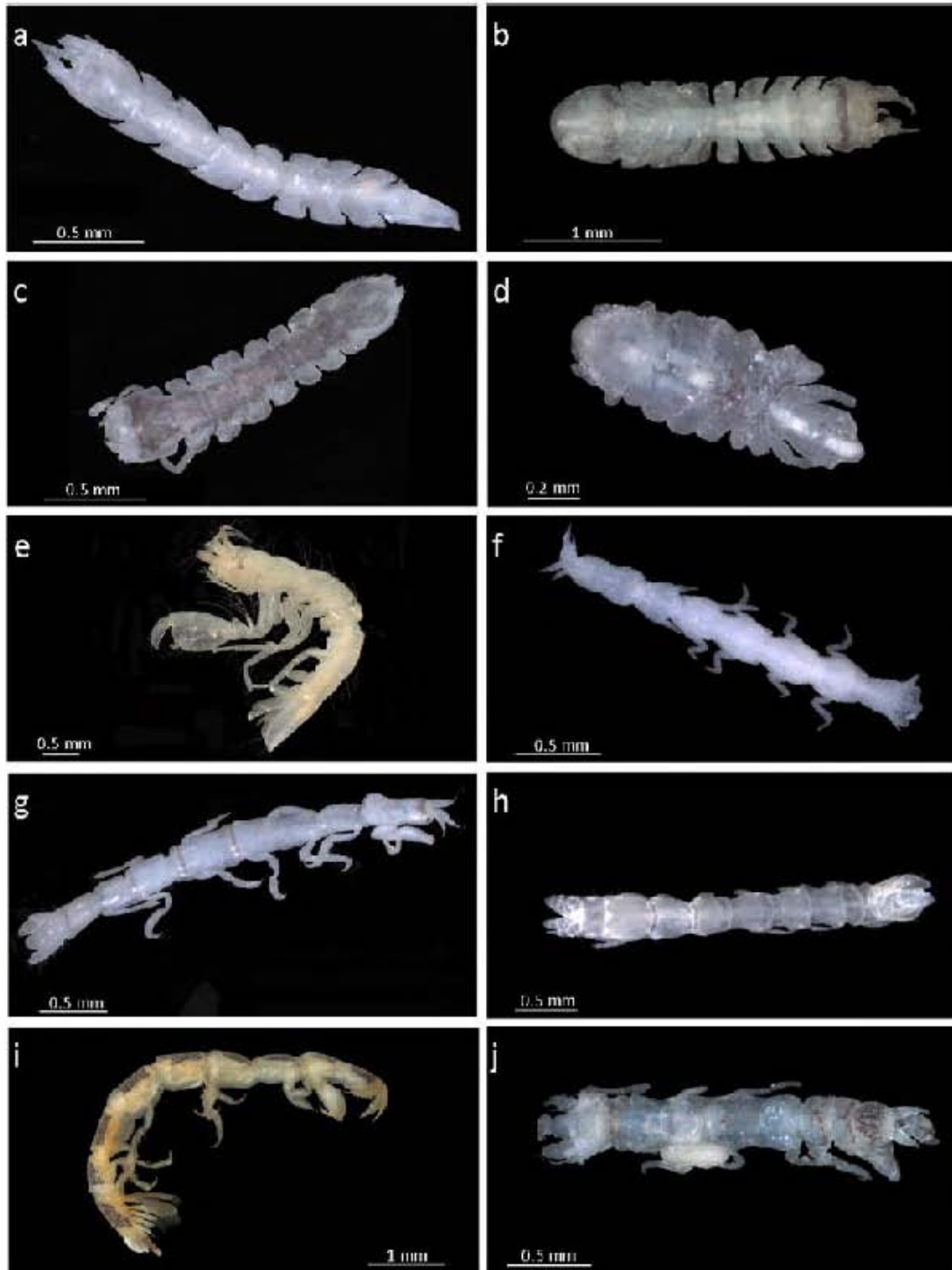


Figure 2. Isopods that represent new records for the Mexican Caribbean coast: a. *Gonflustratorialis pugna*; b. *Isoparis bilastivus*; c. *Isoparis rubibunae*; d. *Uromunna roynoldsi*; e. *Hansenium spathulicarpus*; f. *Amakusanthura magnifica*; g. *Amakusanthura signata*; h. *Cortezuro confixa*; i. *Mesanthura bivittata*; j. *Pendanthura hendleri*.

Superfamily Srenetroidea Hansen, 1905
 Family Stenotritidae Fannon, 1905
 Genus *Hansenium* Serov & Wilson, 1993

***Hansenium spectabile* (Richardson, 1902)**

(Figure 2e)

Material examined: Male, 3.9 mm; Jantines (shallow); 6 May 2013; CNCR 305831.

Distribution: Carrie Bow Cay, Belize intertidal to 36 m (Kensley 1984a), Puerto Rico, intertidal (Kensley and Schotte 1989).

Remarks: Apparently few specimens (6) of this species have been collected. This species could be confused with one of three West Indian species that form a complex, particularly if mature males are not available and the shape of the carpus and propodus of pereopod 1 is not examined carefully. These species are *H. stebbingi* Richardson, 1902 from Bermuda; *H. occidentale* Hanson, 1904 from St. Thomas, West Indies; and *H. antillense* Hansen, 1904 from the West Indies. In the male of *H. spectabile* the carpus of pereopod 1 is apically rounded (Kensley 1984a); in the specimen from the PNAFM the carpus is more oval shaped than that of the original description.

Suborder Cymothoidea Magale, 1989
 Superfamily Anthonoidea Leach, 1814
 Family Anthonidae Leach, 1814
 Genus *Amakusanthura* Nunomura, 1977

***Amakusanthura magnifica* (Menzies & Frankenberg, 1966)**

(Figure 2f)

Material examined: Female, 2.2 mm; Bonanza (medium); 7 November 2013; CNCR 305972.

Distribution: Bermuda (Kensley 1994), United States, New Jersey to Alabama, 1–206 m (Schotte et al. 2009), Cuba, Gulf of Mexico (Kensley and Schotte 1989), Bahamas, Andros Island, 2–3 m (Toyko and Williams 2004).

Remarks: This species was previously classified as *Apurthura magnifica* due to a considerable confusion regarding the status of the genera *Apurthura* and *Amakusanthura* (Poore and Law Ton 1988). The main features that distinguish these genera, in the case of females, are for *Apurthura*: pleonites 1–5 dorsally indistinguishable, except in some males; and for *Amakusanthura*: pleonites, except 4–5, distinguished by dorsal grooves, rarely 1–5 indistinguishable (Poore and Law Ton 1988).

***Amakusanthura signata* (Menzies and Glynn, 1968)**

(Figure 2g)

Material examined: Female, 3.1 mm; Bonanza (shallow); 7 November 2013; CNCR 305958.

Distribution: United States, Georgia, Florida, intertidal to 1.5 m (Schotte et al. 2009), Mexico, Yucatan, Sisal, 1–20 m (Ortiz et al. 2014), Belize, Carrie Bow Cay, intertidal to 24 m (Kensley and Schotte 1989), Cuba, Puerto Rico (Kensley and Schotte 1989), Colombia, Dominica (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: *Amakusanthura signata* can be easily distinguished from all the other species of this genus by the presence of chromatophores on the cephalon, pereonites and pleon. *A. signata* and *A. magnifica* have been previously recorded in the Gulf of Mexico (Kensley and Schotte 1989). There are other three species in the Caribbean Sea (Müller 1992).

Genus *Cortezura* Schultz, 1977

***Cortezura confixa* (Kensley, 1978)**

(Figure 2h)

Material examined: Female, 2.8 mm; Bonanza (shallow); 7 November 2013; CNCR 30571.

Distribution: Venezuela, Cabbage Island, 4–10 m (Kensley and Schotte 1989), Colombia (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: The present record extends the distribution of the species to the northwestern Caribbean. This species was originally described in the genus *Venezozurina* Kensley (1978), restricted to the northern Caribbean (Kensley and Schotte 1989). The other species of *Cortezura* is the type species of the genus, *C. pennsacensis* Schultz, 1977, from the Gulf of California in Sinaloa, Mexico.

Genus *Mesanthura* Barnard, 1914

***Mesanthura bivittata* Kensley, 1987**

(Figure 2i)

Material examined: Female, 5.8 mm; Bonanza (shallow); 6 March 2013; CNCR 30579.

Distribution: Belize, Twin Cays, 1–2 m (Kensley and Schotte 1989), Mexico, Tuxpan, 5–25 m (Ortiz et al. 2013).

Remarks: *Mesanthura bivittata* is the fourth species of the genus recorded for the Mexican Caribbean. All species of the genus have different color patterns, usually species-specific, pigment is persistent in alcohol preserved organisms (Kensley and Schotte 1989). The specimen collected shows the characteristic two dark dorsal bands on each segment.

Genus *Pendanthura* Menzies & Glynn, 1968

***Pendanthura hendleri* Kensley, 1984a**

(Figure 2j)

Material examined: Male, 2.0 mm; Bonanza (deep); 7 May 2013; CNCR 30560.

Distribution: Mexico, Tuxpan, (Ortiz et al. 2013). Belize, Carrie Bow Cay, Twin Cays, 0.73 m (Kensley and Schotte 1989), Panama, 30 m (Kensley and Schotte 1989), Tobago (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: The specimen reported here represents the first record of the species from Mexico, since the description made by Kensley (1984a). There are eight species in the world, from the Mediterranean Sea, Indian Ocean, Florida Middle Grounds and Gulf of Aden (Kensley and Schotte 2000). The other known western Atlantic representative is *P. raniformis* Hooker, 1985, which was reported from Quintana Roo by Markham et al. (1990).

Family Eupaulitidae Poore, 2001
Genus *Eisohistos* Haswell, 1894

***Eisohistos petrensis* Haswell, 1894**

(Figure 3a)

Material examined: Male, 2.9 mm; Bonanza (deep); 6 May 2013; CNCR 30569.

Distribution: St. Thomas, West Indies, St. James Bay, 10 m (Kensley 1984a), Belize, Carrie Bow Cay, subtidal to 36 m (Kensley 1984a), United States, Looe Key, Florida (Kensley and Schotte 1989), Turks and Caicos, 1 m (Kensley and Schotte 1989), U.S. Virgin Islands, St. Thomas, 7–10 m (Kensley and Schotte 1989).

Remarks: A single specimen of the species was found during the study, expanding the distribution of the species 480 km to the north from Carrie Bow Cay, Belize. The genus contains 30 species, two of them from the Caribbean Sea, *E. petrensis* and *E. tori* (Kensley and Schotte 1989).

Family Paranthripidae Menzies and Chynn, 1968
Genus *Colanthurus* Richardson, 1902

***Colanthurus tenuis* Richardson 1902**

(Figure 3b)

Material examined: Female, 9.5 mm; Puerto Morelos (shallow); 6 August 2013; CNCR 30080.

Distribution: Bermuda (Kensley and Schotte 1989), Colombia (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: This species has been previously recorded only from Bermuda and Colombia. Species of *Colanthurus* are distinguished from those of related genera by the elongation of pleonite 1 and free pleonites. Their body surface is covered with minute squamae (Kensley and Schotte 1989).

Superfamily Cymothoidea Leach, 1814
Family Cirrallidae Dana, 1852
Genus *Calyptrichana* Bruce, 1985

***Calyptrichana hancocki* Bruce, 1985**

(Figure 3c)

Material examined: Female, 3.0 mm; Jardines (shallow); 6 May 2013; CNCR 30561.

Distribution: Netherlands Antilles, Aruba Island, 43 m (Bruce 1985), Turks and Caicos (Schotte et al. 1991), Colombia, Santa Marta (Müller 1993), Venezuela, at Boca Grande and Las Tunas, in the Morrocoy National Park, subtidal to 25 m (Diaz et al. 2013), Tobago (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: *Calyptrichana hancocki* is an easily recognizable species due to the elliptical shape of the habitus; the endopod of pleopod I is longer and broader than the exopod. It is moderately abundant in the study area, 12 females have been found.

Genus *Metacirratana* Kusskin, 1979

***Metacirratana menziesi* Kensley, 1984a**

(Figure 3d)

Material examined: Female, 2.4 mm; Puerto Morelos (shallow); 14 January 2014; CNCR 30815.

Distribution: Belize, Carrie Bow Cay, intertidal to 30 m (Kensley 1984a), Bahamas, Andros Island, 11 m (Bowko and Williams 2004).

Remarks: The morphology of our specimen fits well the original description. The circumalophores and the shape of the pleonelson and impods are similar to those of the specimens from Belize (Kensley 1984a).

Family Gnathiidae Leach, 1814
Genus *Gnathia* Leach, 1814

***Gnathia beethoveni* Paul and Menzies, 1971**

(Figure 3e)

Material examined: Male, 1.8 mm; Bonanza (deep); 6 May 2013; CNCR 30567.

Distribution: Venezuela, Morrocoy National Park, subtidal to 25 m (Diaz et al. 2013), Colombia, area from Santa Marta to 25 km to the northeast, 13–30 m (Müller 1998, Kensley and Schotte 1994).

Remarks: This new record extends the range of *G. beethoveni* towards the northern Caribbean Sea. The species has been reported to depths of 95 m (Kensley and Schotte 1989). The species can be easily distinguished by the presence of 4 projections in the frontal border of the head. All current descriptions of gnathiid isopods are based on the morphology of free living adult males; but their juvenile stages called “praniza larvae” a protelarian ectoparasite that feed on fish host blood, lymph or mucus, can be abundant in some areas and cannot be identified (Parguharson et al. 2012).

***Gnathia willowsi* Müller, 1988**

(Figure 3f)

Material examined: Male, 2.7 mm; Puerto Morelos (medium); 6 May 2013; CNCR 30559.

Distribution: Colombia, Isla de Morro Granda, Santa Marta, 25–30 m (Müller, 1988; Kensley and Schotte 1994).

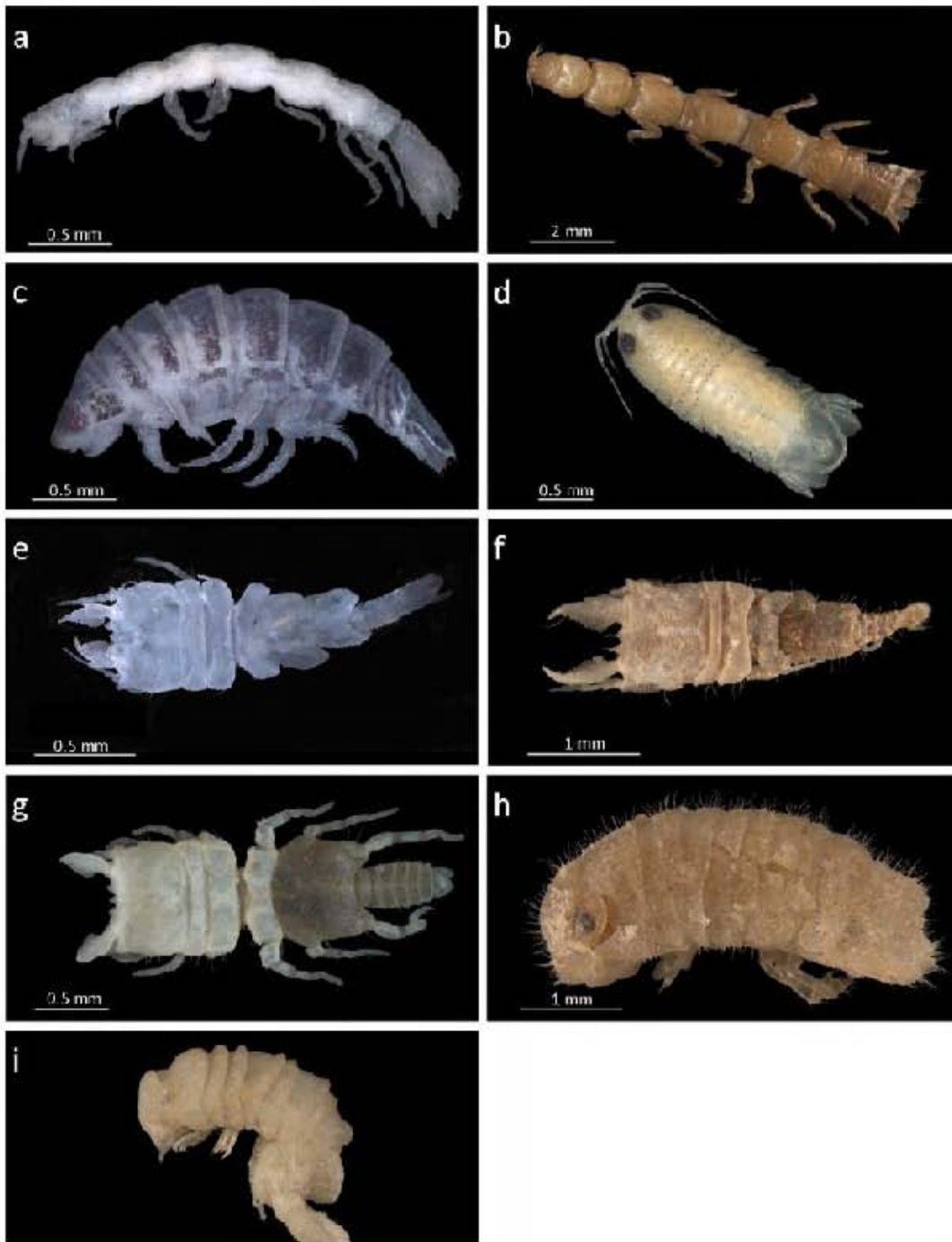


Figure 3. Isopods that represent new records for the Mexican Caribbean coast: a, *Eisothisetos petrensis*; b, *Colanthurus tenuis*; c, *Caiyptolana hancocki*; d, *Metacrolana menziesi*; e, *Gnathia beethoveni*; f, *Gnathia vellosa*; g, *Gnathia virginialis*; h, *Lxosphaeroma yucatanum*; i, *Geocercis barborae*.

Remarks: The present record increases the geographic distribution toward the northern Caribbean Sea. This species is related to *Gnathia virginalis* in having three projections at the anteromedial border of the cephalon, which along with the two free anterior pereonites have a granular surface. The two species can be distinguished as follows: in *G. vellosa* pereonites 5–6 are much narrower than the cephalon in dorsal view and the distal end of the mandible bears an acute larger tooth, in *G. virginalis* pereonites 5–6 are as wide as the cephalon and all teeth on mandible are of approximately the same size.

***Gnathia virginalis* Monod, 1926**

(Figure 3g)

Material examined: Male, 2.2 mm; Puerto Morelos (medium); 7 November 2013; CNCR 30556.

Distribution: Colombia, area from Santa Marta to 15 km to the northeast, subtidal to 30 m (Müller 1988; Kensley and Schotte 1994).

Remarks: As stated above, *G. virginalis* seems to be closely related to *G. vellosa*, additional differences are: *G. virginalis* has a body size larger than *G. vellosa* whose mandibular carina is distally notched, and rounded in *G. virginalis* (Kensley and Schotte 1989).

Suborder Sphaeromatidea Wägele, 1989

Superfamily Sphaeromatoidea Latreille, 1825

Family Sphaeromatidae Latreille, 1825

Genus *Exosphaeroma* Stebbing, 1900

***Exosphaeroma yucatanum* (Richardson, 1901)**

(Figure 3h)

Material examined: Female, 4.7 mm; Jardines (deep); 7 November 2013; CNCR 30573.

Distribution: Cape Catoche, Yucatan, Mexico (Kensley and Schotte 1989).

Remarks: The genus *Exosphaeroma* Stebbing, 1900, contains five Caribbean species. Our specimen agrees with the description in having the posterior margin of the pleotelson faintly trilobed, and three low rounded tubercles anteriorly. Our record is the first for the Caribbean Sea since the original description from a single specimen, which has since been lost, so the true generic placement of this species is thus undetermined and full description awaits the finding of more material (Kensley and Schotte 1989).

Genus *Geocerceis* Menzies & Glynn, 1968

***Geocerceis barbavae* Menzies & Glynn, 1968**

(Figure 3i)

Material examined: Male, 3.8 mm; Bonanza (medium); 6 May 2013; CNCR 30570. Male, Jardines (shallow); 7 November 2013; CNCR 30555.

Distribution: Puerto Rico, Dominica (Kensley and Schotte 1994).

Remarks: The new records included in this study extend the range of *G. barbavae* to the western Caribbean Sea. This species appears to be common, 82 specimens have identified in our samples. The characters that identify the species are pleonite 5 with three dorsal tubercles, exopod of male uropod tubular and longer than pleon. Males with a frontal lamina expanded into ventrally directed beak-like process (Menzies and Glynn 1968; Kensley and Schotte 1989).

DISCUSSION

The existing records of isopods for the Mexican Caribbean coast combined account for 51 species (Markham et al. 1990; Barriga and Briones 1992; Campos-Vázquez 2000; van Tussenbroek and Brearley 1998; van Tussenbroek et al. 2012), but with our new records, the total number rises to 70 species. This number is likely to increase in the near future as the results of several ongoing investigations become available.

Geographically, the southern section of the Mexican Caribbean coast has been only superficially studied and will probably yield records of many more species when sampled thoroughly. Few records of isopods are available for the coast of the Sian Ka'an Nature Reserve, which occupies the central portion of the Quintana Roo coast, and from the southern portion of the state from Majahual to Xcalak. These two areas of central and southern Quintana Roo, where relatively undisturbed sections of the Mesoamerican Reef are found, should be surveyed to complete the inventory coastal peracarid species.

Most of the available records of isopods in the region are from the intertidal zone, and few samples come from deeper zones. This study shows that the coral rubble that collects at depths ranging from 2 to 12 m along the Mesoamerican Reef is a species-rich substrate that needs to be studied further. Some groups of isopods could be specially adapted to this type of substrate. Kensley (1984b), while studying the isopod species composition from coral rubble at Carrie Bow Cay, Belize, noted that anthuridean diversity was high. He considered that the slender and cylindrical body of anthurids is especially well suited to inhabit the interstices of this substrate. In this study, seven species of anthurids were recorded supporting Kensley's observations.

Kensley's monograph and book on Caribbean isopods (Kensley 1984a; Kensley and Schotte 1989) remain the two most important accounts of this fauna for the region. As is the case with many other invertebrate groups, isopods are highly diverse and needs to be included in biotic surveys and could provide indicator species for monitoring ecosystem health.

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author acknowledges the support received from Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. The

funding through DGAPA-PAPIIT-UNAM grant IN205314 and through CONABIO LH010 to F. Alvarez is gratefully acknowledged. Raquel Hernández and Susana Guzmán from Instituto de Biología, UNAM, produced the photographs. M.S. Rosa E. Rodríguez-Martínez from Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Puerto Morelos, Quintana Roo, produced figure 1.

LITERATURE CITED

Ahyong, S.T., J.K. Lowry, M. Alonso, R.N. Bamber, G.A. Boxshall, P. Castro, S. Gerken, G.S. Karaman, J.W. Goy, D.S. Jones, K. Meland, D.C. Rogers and J. Svaverson. 2011. Subphylum Crustacea. *Zootaxa* 3148: 165–191. <http://mapress.com/zootaxa/list/2011/3148.html>

Barriga, A.C.D. and E.E. Briones. 1992. Isopods of the genus *Excorallana* Stebbing, 1904 (Crustacea, Isopoda, Corallanidae) from the east coast of Mexico with a supplemental description of *E. subtilis*. *Gulf Research Reports* 8(4): 363–374. doi: 10.18785/grr.0804.02

Byko, C.B. and J.D. Williams. 2004. New records of marine isopods (Crustacea: Peracarida) from the Bahamas, with descriptions of two new species of epicarideans. *Bulletin of Marine Science* 74(2): 353–383. <http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2004/0000004/0000002/art00007>

Briones, E.E. and M.L. Machin. 2005. Mexico, pp. 181–212, in: Mikolajich, P. and F. Klein (eds.). *Caribbean marine biodiversity, the known and the unknown*. Lancaster, Pennsylvania: DEStech Publications.

Bruce, N.T. 1985. *Calyptolana buracki*, a new genus and species of marine isopod (Cirrolanidae) from Aruba, Netherlands Antilles, with a synopsis of Cirrolanidae known from the Caribbean and Gulf of Mexico. *Journal of the Crustacean Biology* 6(4): 707–716. <http://www.jstor.org/stable/1548247>

Campos-Vázquez, C. 2000. Crustáceos asociados a macroalgas en Bajo Pepito, Isla Mujeres, Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical* 48(2–3): 361–364. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/di/article/view/18757>

Díaz, Y.J., A. Martín and J. Herrera. 2013. Diversidad de isopodos (Crustacea: Isopoda) del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela, y clave de identificación. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 52(2): 33–60. <http://www.ojs.udo.edu.ve/index.php/bolofinlay/article/view/1166/900>

Farquharson, C., N.J. Smit and P.C. Skidell. 2012. *Gnathia marleyi* sp. nov. (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) from Eastern Caribbean. *Zootaxa* 3381: 47–61. <http://www.mapress.com/zootaxa/list/2012/3381.html>

Frankenberg, D. and R.J. Menzies. 1966. A new species of asellote marine isopod, *Marina (Uromarina) reynoldsi* (Crustacea: Isopoda). *Bulletin of Marine Science* 16(2): 200–208. <http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/1966/00000015/0000002/art00002>

Fresi, E., E. Idato and M.B. Scipione. 1980. The Gnathostenetroidae and the evolution of primitive asellote isopods. *Italian Journal of Zoology* 14(3): 119–136. doi:10.1080/00269786.1980.10736351

Honker, A. 1985. New species of Isopoda from the Florida Middle-grounds (Crustacea: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 98(1): 255–280. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/34648528>

Kensley, B. 1978. Five new genera of anthurid isopod crustaceans. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 91(3): 475–492. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/34602052>

Kensley, B.E. 1984a. The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, III. new marine Isopoda. *Smithsonian Contributions*

to Marine Sciences 24: 1–83. doi: 10.5479/si.01950768.24.1

Kensley, B. 1984b. The role of isopod crustaceans in the reef crest community at Carrie Bow Cay, Belize. *Marine Ecology* 5(1): 29–44. doi:10.1111/j.1439-0485.1984.tb00305.x

Kensley, B.E. and M. Schotte. 1988. *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. 1st ed. Washington: Smithsonian Institution Press. 308 pp. doi: 10.5962/bhl.title.10375

Kensley, B. 1994. Records of shallow-water marine isopods from Bermuda with descriptions of four new species. *Journal of Crustacean Biology* 14(2): 319–336. <http://www.jstor.org/stable/1548912>

Kensley, B. and M. Schotte. 1991. Marine isopods from the Lesser Antilles and Colombia (Crustacea: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 107(3): 482–510. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/35515123>

Kensley, B. and M. Schotte. 2000. New species and records of anthurid-an isopod crustaceans from the Indian Ocean. *Journal of Natural History* 34(1): 2057–2121. doi: 10.1080/002229300750022353

Kensley, B., M. Ortiz and M. Schotte. 1997. Records of marine Isopoda from Cuba (Crustacea: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 110(1): 74–98. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/35458096>

Markham, J.C., P.E. Donath-Hernández, J.L. Villalobos-Hiriart and A.C. Díaz-Barriga. 1990. Notes on the shallow-water marine crustacean of the Caribbean coast of Quintana Roo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 51(3): 405–446. <http://decapoda.nhm.org/pdfs/26154/26154.pdf>

Menzies, R.J. and D. Frankenberg. 1966. *Handbook on the common marine isopod Crustacea of Georgia*. Athens, Georgia: University of Georgia Press. 93 pp.

Menzies, R.J. and P.W. Glynn. 1968. The common marine isopod Crustacea of Puerto Rico: a handbook for marine biologists. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 27: 1–133

Müller, H.G. 1968. The genus *Gnathia* Leach (Isopoda) from the Santa Marta area, northern Colombia, with a review of Gnathiidea from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Bijdragen tot de Dierkunde* 58: 88–104.

Müller, H.G. 1989. Joeropsidae aus N-Kolumbien, mit zwei Neubeschreibungen (Crustacea: Isopoda: Asellota). *Senckenbergiana Biologica* 69: 389–396.

Müller, H.G. 1992. Anthuridae of the genera *Amakusanthura*, *Cortezura* and *Mesanthura* from the Caribbean Sea of Colombia. *Revue Suisse De Zoologie* 99(1): 31–79. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/41251628>

Müller, H.G. 1993. Cirrolanidae of the genera *Calyptolana*, *Crolana*, *Nesicrolana*, *Calyptisius* and *Paricrolana* from the Santa Marta area, Caribbean Sea of Colombia (Crustacea: Isopoda: Cymothoidae). *Zoologischer Anzeiger* 230: 191–225.

Ortiz, M., I. Winfield, S. Cházaro-Olvera, B. López-Del Río and M.A. Lozano-Aburto. 2013. Isopodos (Crustacea: Peracarida) del área natural protegida Arrecife Tuxpan-Lobos, Veracruz, México: lista de especies y registros nuevos. *Novitates Caribaeae* 6: 63–75. <http://mnhn.gov.do/publicaciones/novitates-caribaeae>

Ortiz, M., N.B. Cruz-Cano, I. Winfield, S. Cházaro-Olvera and M.A. Lozano-Aburto. 2016. Los isopodos (Crustacea, Peracarida) asociados al sistema arrecifal Bajos de Sical y Puerto Progreso, Yucatán, México. *Novitates Caribaeae* 7: 95–104. <http://mnhn.gov.do/publicaciones/novitates-caribaeae>

Poore, G.C.B. and H.M. Lew Ton. 1988. *Amakusanthura* and *Apanthura* (Crustacea: Isopoda: Anthuridae) with new species from tropical Australia. *Memoirs of the Museum of Victoria* 49(1): 107–147. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/35609659>

Richardson, H. 1902. The marine and terrestrial isopods of the Bermudas, with descriptions of new genera and species. *Transac-*

- tions of the Connecticut Academy of Sciences 11: 277–310.
- Schotta, M. 2005. *Discarcelis kensleyi*, n. sp., from Caribbean Colombia, the third species of the genus (Crustacea: Isopoda: Sphaeromatidae). Proceedings of the Biological Society of Washington 118(1): 48–54. doi:10.2968/0006-324X(2005)118[48:DKNSFC]2.0.CO;2
- Schotta, M., R.W. Heard and B. Kensley. 1991. Studies on the Crustacea of the Turks and Caicos Islands, British West Indies. III. Records of marine Isopoda from Pine Cay, Fort George Cay, Water Cay, and adjacent waters. Gulf Research Reports 8: 251–257.
- Schotta, M., J.C. Martham and C.D.F. Wilson. 2009. Isopoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, pp. 973–986, in: Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.). Gulf of Mexico — origins, waters and biota. Biodiversity. College Station, Texas: Texas A & M University Press.
- van Tussenbroek, B.I. and A. Brearley. 1998. Isopod burrowing in leaves of turtle grass, *Thalassia testudinum*, in a Mexican Caribbean reef lagoon. Marine and Freshwater Research 49(6): 525–531. doi:10.1071/MT97742
- van Tussenbroek, B.I., L.V. Monroy Velázquez and V. Solís Weiss. 2012. Meso-fauna foraging on seagrass pollen may serve in marine zoophilous pollination. Marine Ecology Progress Series 469: 1–6. doi:10.3354/meps10072
- Winfield, I., S. Cházaro-Olvera, G. Hurtado-Puga, M.A. Lozano-Aburto and V. Arenas Fuentes. 2010. Macrocrustáceos incrustantes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución. Revista Mexicana de Biodiversidad 80: S165–S175. <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/219/217>

Author contributions: VMV conducted the field sampling and species identification, VMV and GA wrote the text.

Received: 27 November 2015

Accepted: 4 June 2016

Academic editor: Jésser Fidélis Souza-Pilho

Taxonomic richness and abundance of cryptic peracarid crustaceans in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico

Luz Veronica Monroy-Velázquez^{1,2*}, Rosa Elisa Rodríguez-Martínez^{2*} and Fernando Álvarez¹

¹Colección Nacional de Crustáceos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, Quintana Roo, México

*These authors contributed equally to this work.

ABSTRACT

Background and Aims. Cryptic peracarids are an important component of the coral reef fauna in terms of diversity and abundance, yet they have been poorly studied. The aim of this study was to evaluate the taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids in coral rubble in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico (PMRNP), and their relationship with depth.

Methods. Three reef sites were selected: (1) Bonanza, (2) Bocana, and (3) Jardines. At each site six kilograms of coral rubble were collected over four sampling periods at three depths: 3 m (back-reef), 6–8 m (fore-reef), and 10–12 m (fore-reef).

Results. A total of 8,887 peracarid crustaceans belonging to 200 taxa distributed over five orders and 63 families was obtained; 70% of the taxa were identified to species and 25% to genus level. Fifty species of those collected represent new records for the Mexican Caribbean Sea. Isopoda was the most speciose order while Tanaidacea was the most abundant.

Discussion. Cryptic peracarid taxonomic richness and abundance were related to depth with higher values of both parameters being found in the shallow (3 m) back-reef, possibly due to a higher reef development and a greater accumulation of coral rubble produced during hurricanes. Peracarid data obtained in the present study can be used as a baseline for future monitoring programs in the PMRNP.

Subjects Biodiversity, Marine Biology

Keywords Coral rubble, Mexican Caribbean sea, Coral reef, Peracarida, Cryptic crustaceans

INTRODUCTION

Coral reefs are one of the most complex and productive ecosystems of the world and support one of the highest diversity of the marine realm due to its highly complex architecture (Glynn & Enochs, 2011). Both live and dead coral provide essential habitat and shelter for symbiotic and cryptic species, including polychaetes, gastropod mollusks, echinoderms and crustaceans. These species inhabit cracks or holes, formed by bioeroders, or in the interstices between coral rubble and dead corals, or that nestle within reef framework

Submitted 3 February 2017

Accepted 12 May 2017

Published 15 June 2017

Corresponding author:
Luz Veronica Monroy-Velázquez, ple-
stonika.vmv@gmail.com

Academic editor:
Mark Costello

Additional Information and
Declarations can be found on
page 15

DOI 10.7717/peerj.3411

© Copyright
2017 Monroy-Velázquez et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

How to cite this article: Monroy-Velázquez et al. (2017), Taxonomic richness and abundance of cryptic peracarid crustaceans in the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico. PeerJ 5:e3411; DOI 10.7717/peerj.3411

(Takada, Abe & Shibuno, 2007; Enochs et al., 2011). Among crustaceans, peracarids are dominant taxonomic components of the reef cryptofauna and play an important ecological role within the reef ecosystem as they have a position near the base of various food chains, consume epiphytic algae, and recycle organic matter and detritus (Kensley, 1984; Preston & Doherty, 1990; Hernandez et al., 2014). Despite the high diversity and abundance of reef cryptic fauna, it has been seldom studied (Enochs et al., 2011), largely due to difficulties in collecting and identifying species (Enochs, 2010; Plaisance et al., 2011).

Coral reefs have deteriorated in the last decades world-wide because of climate change, diseases, macroalgal overgrowth, overfishing, sedimentation, low water quality and hurricanes (Diaz Pulido et al., 2009; Sotka & Hay, 2009). Decline in coral coverage has resulted in shifts from coral-dominated to macroalgae-dominated reefs (Hughes, 1994) and in an accelerated loss of architectural complexity (Álvarez-Filip et al., 2011). Given this decline there is a pressing need to understand how cryptofauna is organized and how it may respond to further declines in environmental parameters. Coral reef cryptofauna can also be used as a bioindicator of environmental degradation due to changes in abundance, presence/absence, condition and behavior (Linton & Warner, 2003; Takada, Abe & Shibuno, 2008). Among cryptofauna, peracarids are excellent candidates for ecological studies because they lack a pelagic larval state, have specific habitat requirements, and exhibit low intrinsic rates of dispersal (Thomas, 1993a). Amphipoda, for example, have been found to be more sensitive than other groups of invertebrates (i.e., decapods, polychaetes, molluscs, and asteroids) to a variety of contaminants (Ahsanullah, 1976; Swartz et al., 1985; Swartz, 1987) and to show responses to dredging, shoreline alteration, fishing practices and salinity (Barnard, 1958; Barnard, 1961; McCluskey, 1967; McCluskey, 1970). The usefulness of amphipods as bioindicators has been recognized by some government agencies, which now require their identification to the species level in permitting operations such as oil leases (Linton & Warner, 2003). However, their incorporation into bioassessment programs on coral reefs is dependent upon completion of comprehensive coastal resource inventories and taxonomic surveys (Thomas, 1993a).

The objective of this study was to make a quantitative assessment of the taxonomic richness and assemblage composition of peracarids in coral rubble within the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico. We also address two research questions: (i) Do taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids vary with depth?; and (ii) do these parameters vary between reef sites?

MATERIALS AND METHODS

Study sites

The study site is located within the Puerto Morelos Reef National Park (PMRNP), in Quintana Roo, Mexico (Fig. 1). This marine protected area (MPA) was created in 1998, and has an area of 9,066 ha, extending for 21 km along the NE coast of the Yucatan Peninsula and from the beach to 4.5–5 km seaward (Fig. 1). The MPA contains a fringing reef that is close to shore (<3.5 km) which has been described in several papers (Jordán, 1979; Ruiz-Rivera, Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 1999; Rodríguez-Martínez et al., 2010). Details

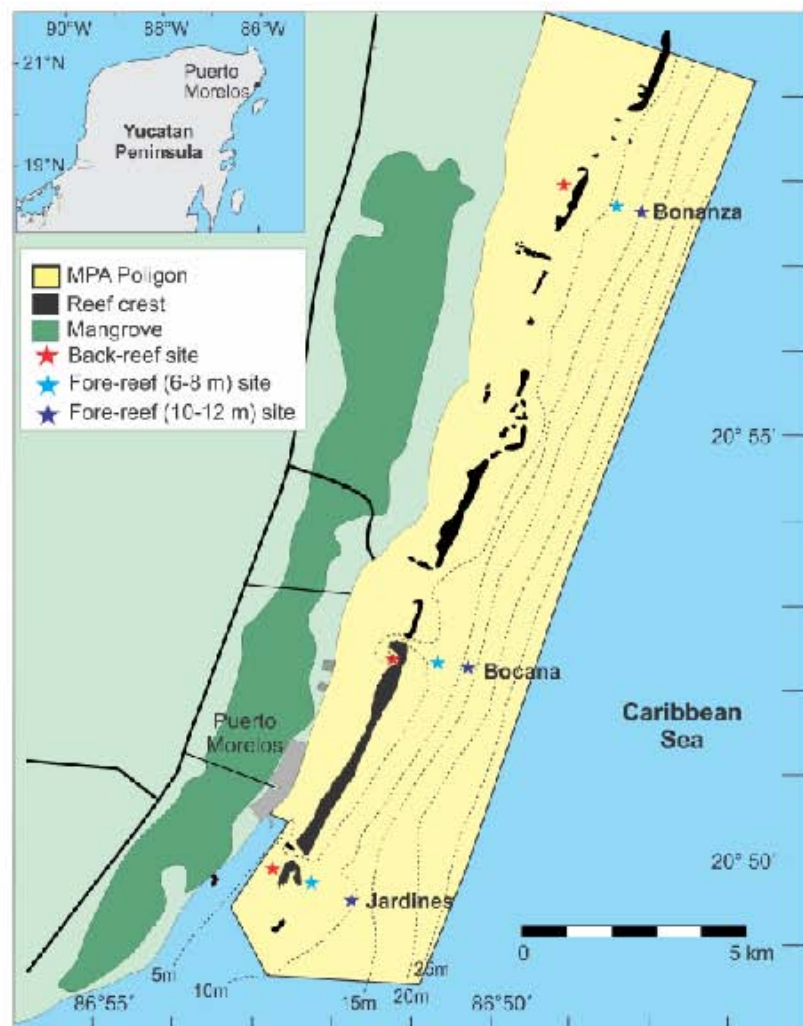


Figure 1. Location of the study sites (figure modified from *Monroy-Velázquez & Álvarez (2016)*). The color of the star indicates the reef depth where the samples were collected.

on the creation of the MPA, its management, and the major problems it faces have also been described (*Rodríguez Martínez, 2008*). At present, major threats to the PMRNP are climate change and tourism related urban development (*Hernández Ferrones et al., 2011; Rodríguez-Martínez et al., 2010*).

Three reef sites were selected: (1) Bonanza (20°57'58"N, 086°48'27"W), (2) Bocana (20°52'50"N, 086°51'02"W), and (3) Jardines (20°50'20"N, 086°52'41"W) (Fig. 1). The distance between sites was approximately 10 km. Tourist activities are conducted in the back-reef zone of all three reef sites and in the reef front of Jardines, with snorkeling being the dominant activity in Bonanza and Bocana and SCUBA diving in Jardines. Fishing is only allowed in the fore-reef of Bonanza, however, since the MPA is narrow (<5 km), fishing at its edges could have an effect on the other two surveyed sites.

Sampling

In order to quantitatively sample cryptic peracarids, six kilograms of coral rubble were collected randomly at each reef site from three depths: 3 m (back reef), 6–8 m (fore reef), and 10–12 m (fore-reef); hammer and chisel were used when the coral rubble was consolidated. One sample was collected by SCUBA divers from each depth, at each site, in four months (May, August, and November 2013, and January 2014). Samples were placed in plastic bags *in situ* and immediately transported to the laboratory, where fragments were placed in buckets with fresh water to induce osmotic shock and force cryptofauna to leave the microhabitats (holes and crevices) (Ochoa Rivera, Granados Barba & Solís Weiss, 2000). Consolidated coral rubble was broken into smaller pieces with chisel to extract all organisms; the remainder of the sample was sieved through a 0.5 mm mesh. Organisms were fixed in 70% ethanol for later sorting and identification. Identification keys used were those of Thomas (1993b), LeCroy (2000), LeCroy (2002), LeCroy (2004) and LeCroy (2007) for Amphipoda, Kensley & Schotte (1989) for Isopoda, Suárez-Morales et al. (2004) for Tanaidacea, and Heard, Rowatughiata & Petrescu (2007) for Cumacea. When identification to species level was not possible, and the specimen was clearly a different taxon from others collected, a letter was used to characterize the species (i.e., species A); this allowed these taxa to be taken in account for the calculation of taxonomic richness. All surveys were conducted under permit DGOPA.00008.080113.0006 granted by SAGARPA (Agriculture, Natural Resources and Fisheries Secretariat) to F Alvarez.

Data analysis

Similarities in peracarid taxonomic richness among reef sites and depths were summarized in Venn diagrams. The hypothesis that cryptic peracarid abundance varied with (1) reef site and (2) depth was tested using a 2-factor ANOVA, using the four sampling surveys as replicates. Abundance data were transformed by $\log_{10}(x)$ prior to the statistical analysis. Homogeneity of variances was confirmed by Bartlett's test ($p > 0.05$). To visualize differences in the dominant taxa across sites and depths we constructed a heatmap (a visualization technique where cells in a matrix with high relative values are colored differently from those with low relative values) and a hierarchical clustering, performed with the average linkage method from a Bray–Curtis dissimilarity matrix; all taxa were used to do the hierarchical clustering but only the more abundant taxa are displayed in the heatmap (those whose relative abundance was higher than 5%). All analyses were done in R (R Core Team, 2016) using packages: ggplot2 (Wickham, 2009), plyr (Wickham, 2011), gplots (Warnes et al., 2009), vegan (Oksanen et al., 2017) and

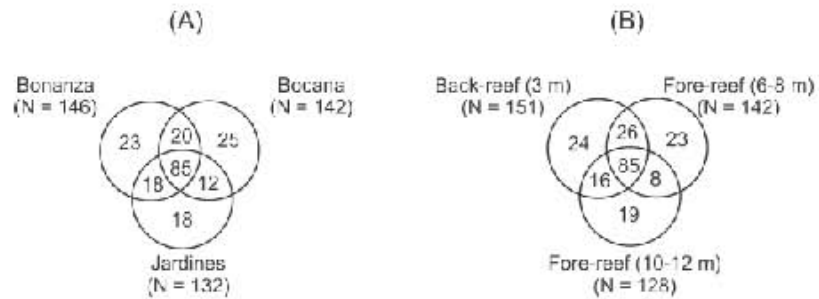


Figure 2 Venn diagrams illustrating the unique and shared taxa of peracarid crustaceans among (A) reef sites and (B) depth within the Puerto Morelos Reef National Park, Mexico.

RColorBrewer (Newirth, 2011). A reproducible record of all statistical analyses is available on GitHub (<https://github.com/rerodriguezmtz/Peracarids>). This includes all underlying data and R code for all analyses.

RESULTS

A total of 8,887 specimens of cryptic peracarids were collected from coral rubble consisting of 200 taxa, and belonging to five orders and 63 families; 141 taxa were identified to species-level, 50 only to generic-level and nine only to family-level (Table 1). Among these, Isopoda was the most speciose order, with 75 taxa and 2,316 individuals, followed by Amphipoda, with 72 taxa and 1,416 individuals, and then Tanaidacea had the largest abundance, with 22 taxa and 4,942 individuals. Cumacea was represented by 30 taxa, but accounted for only 2% of the collected organisms, and Mysidacea was represented by a single family and only three specimens. Among isopods, 473 of the individuals were larvae and females from the *Gnathia* genera that could not be identified to species level, as identification keys are based solely on the morphology of adult males (Kensley & Schotte, 1989). The most speciose families were Anthuridae (Isopoda, with 16 taxa), Nannastacidae (Cumacea, with 13 taxa) and Maeridae (Amphipoda, with 12 taxa). Fifty species (25% of those collected represent new records for the Mexican Caribbean Sea (in bold letters in Table 1); 19 of them were previously reported by Monroy-Velázquez & Alvarez (2016).

The number of peracarid taxa didn't differ significantly (2-way ANOVA, $p > 0.05$) among sites (Bonanza = 146, Bocana = 142, Jardines N = 132) and depths (shallow = 151, medium = 142, deep = 128), but the composition of the assemblage was heterogeneous and only 20 taxa were shared among all sites and depths. Venn diagrams illustrate that 85 of the 200 taxa recorded were shared by the three reef sites (43%; Fig. 2A), with Bocana having the highest number of unique taxa ($N = 25$). The three depths also shared 85 taxa, with the shallow back-reef having the highest number of unique taxa ($N = 24$) (Fig. 2B).

The mean abundance of peracarids (Fig. 3) was not significantly different between reef sites (2 way ANOVA, $p > 0.05$; Table 2), while differences were significant between depth zones ($p < 0.01$), with abundance being significantly lower (TukeyHSD, $p < 0.01$) in the

Table 1 Number of individuals (N) of five Peracarid crustacean taxa collected in coral rubble from three reef sites (Bz: Bonanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines) and three depths (S: shallow back-reef, M: medium depth fore-reef (6–8 m), D: deep fore-reef (10–12 m)) within the Puerto Morelos Reef National Park in 2013–2014. Bold letters indicate new records for the Mexican Caribbean.

Order	Family	Taxon	N	Reef site	Depth	
Mysida	Mysidae	Mysidae A	3	Ja	M	
Amphipoda	Phliantidae	<i>Paraphinotus scissus</i>	1	Bz, Jar	S, M, D	
		<i>Benlos spinicaepus</i>	1	Ja	M	
	Aoridae	<i>Benlos unicornis</i>	1	Bo	M	
		<i>Benlos</i> sp A	3	Bz	S, D	
		<i>Glabosolenites ovatus</i>	62	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
			<i>Leimbos unifasciatus</i>	1	Bo	M
	Gammaridae	<i>Gammarus mucronatus</i>	2	Bo	S	
	Hyalidae	<i>Apohyalis</i> sp A	1	Bo	S	
		<i>Hyalidae</i> A	1	Ja	M	
	Chevaliidae	<i>Chevalia aviculae</i>	461	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Chevalis</i> sp A	2	Bz, Bo	D	
	Photidae	<i>Gammaropsis atlantica</i>	67	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Photis</i> sp A	3	Bo	S	
	Biancolonidae	<i>Biancolonia</i> sp A	1	Bo	S	
	Amphithoidae	<i>Amphithoe ramondi</i>	30	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Amphithoe</i> sp A	14	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cymatusa</i> sp A	12	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Pseudocampitoides truncata</i>	47	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
	Caprellidae	<i>Deutella inverta</i>	1	Bz	S	
		<i>Hemiprote wigleyi</i>	8	Bz, Bo	M, D	
	Isaeidae	<i>Caridibacetes</i> sp A	1	Bo, Ja	S, M	
		<i>Erichthonius brasiliensis</i>	8	Bo, Ja	S, M	
	Uropisidae	<i>Panmogaunmaris</i> sp A	1	Bz, Bo, Ja	S, M	
	Maeridae	<i>Anamaera bixonii</i>	1	Ja	S	
		<i>Maera jerrica</i>	7	Bz, Ja	S, M	
		<i>Maera miranda</i>	5	Ja	S	
		<i>Maera</i> sp A	1	Bo, Ja	M	
<i>Macropsis</i> sp A		1	Bo	S		
<i>Quadrinacra</i> sp A		12	Bo, Ja	S, M		
<i>Ceradocus shearai</i>		63	Bz, Bo, Ja	S, M, D		
<i>Ceradocus shaemakeri</i>		4	Bz	D		
<i>Durmosus</i> sp A		12	Bo, Ja	S, M		
<i>Elasmopus balkanatus</i>		2	Ja	S		
<i>Elasmopus levis</i>		24	Bz, Ja	S, M, D		
<i>Elasmopus rapax</i>		190	Bz, Bo, Ja	S, M, D		
Melitidae		<i>Melita shearai</i>	1	Ja	M	
		<i>Melita</i> sp A	11	Bz, Ja	S, M, D	
	<i>Netanelita barnardi</i>	9	Ja	S		
	<i>Spathiopus laevis</i>	1	Bo, Ja	S, M		

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Order	Family	Taxon	N	Reef site	Depth
		<i>Tubasius rueleri</i>	13	Bz, Bo	S, M, D
	Ampeliscaidae	<i>Ampelisca abaita</i>	3	Bo, Ja	S, D
		<i>Ampelisca agassizi</i>	1	Bo	D
		<i>Ampelisca bicarinata</i>	2	Bz, Bo	S
		<i>Ampelisca schellenbergi</i>	1	Bo	S
		<i>Ampelisca</i> sp A	38	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Anamixidae	<i>Anamixa crenulata</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Amphlochiidae	<i>Houstanus tortugae</i>	11	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Itateidae	<i>Itatea cuspidata</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Colomastigidae	<i>Colomastix janiceae</i>	14	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Cyprodeidae	<i>Cyprodeidae</i> A	2	Bo	S
	Dexaminiidae	<i>Dexaminiidae</i> A	1	Bo	S
		<i>Dexaminiella</i> sp	5	Bz	D
	Iphimediidae	<i>Iphimediidae</i> A	6	Bz, Ja	S, D
	Leucothoidae	<i>Leucothoe laurensis</i>	3	Bz, Bo	D
		<i>Leucothoe spicicarpa</i>	102	Ja	S, M, D
		<i>Leucothoe</i> sp A	1	Bo	M
	Liljeborgidae	<i>Liljeborgia bouffaldi</i>	3	Bo	S
		<i>Liljeborgia</i> sp A	5	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Listriella</i> sp A	2	Bz, Bo, Ja	S, D
	Lyssianassidae	<i>Concavus concavus</i>	3	Bz, Bo, Ja	M
		<i>Hypomeloa</i> sp A	1	Bz	M
		<i>Lyssianopsis alba</i>	22	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Megaluroptidae	<i>Gliberosus myersi</i>	7	Bo, Ja	M, D
	Ochlesidae	<i>Curium debrogense</i>	1	Ja	S
	Phoxocephalidae	<i>Eobrogius spinosus</i>	24	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Metarphius floridana</i>	17	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Sebidae	<i>Seba tropica</i>	3	Bz	D
	Oedicerotidae	<i>Oedicerotidae</i> A	1	Bz	M
		<i>Periculodes cerasus</i>	3	Ja	S, D
	Synopiidae	<i>Synopia ultramarina</i>	4	Bz, Ja	M, D
		<i>Metarpon tricoloratus</i>	3	Bo	S
	Ingolliellidae	<i>Ingolliella</i> sp A	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
Isopoda	Gnathiidae	<i>Gnathia beethoveni</i>	3	Bz	S, D
		<i>Gnathia magdalenis</i>	53	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Gnathia puertoricensis</i>	94	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Gnathia vellosa</i>	64	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Gnathia virginialis</i>	37	Bz, Bo	D
		<i>Gnathia</i> sp A	1	Ja	D
	Anthuridea	Anthuridea	3	Bz, Bo	S, M
		<i>Amakusanthura magnifica</i>	73	Ja	S, M, D
		<i>Amakusanthura signata</i>	46	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Amakusanthura</i> sp A	14	Bz, Bo	S, M

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Order	Family	Taxon	N	Reef site	Depth
	Anthuridae	<i>Anthmuda affinis</i>	1	Bu	M
		<i>Apanthura cruenta</i>	152	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Apanthuroides millae</i>	1	Ja	S
		<i>Cortezura confixa</i>	2	Bz	S
		<i>Cyatmura</i> sp. A	1	Bu	S
		<i>Mesanthura bivittata</i>	5	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Mesanthura hopkinsi</i>	8	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Mesanthura paucidentis</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Mesanthura yucata</i>	24	Bo	S
		<i>Mesanthura</i> sp. A	17	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Pendantinura hendleri</i>	62	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Pendantinura tanziiformis</i>	4	Bz, Bo	M
	Expananthuridae	<i>Eisothistos petrensis</i>	2	Bz, Bo	D
		<i>Heptanthura scopulosa</i>	1	Ja	M
	Leptanthuridae	<i>Acalathura crenulata</i>	26	Bo, Ja	S, M
	Paranthuridae	<i>Colanthura tenidis</i>	3	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Colanthura</i> sp. A	4	Ja	S, D
		<i>Paranthura floridensis</i>	8	Bo, Ja	S, M
		<i>Paranthura infundibulata</i>	6	Ja	S, M
	Cirolanidae	<i>Anopliana jonesi</i>	1	Bu	M
		<i>Calyptolana hancocki</i>	24	Bo, Ja	S, M, D
		<i>Cirolana albioides</i>	1	Bu	M
		<i>Cirolana crenulitelson</i>	1	Boc	M
		<i>Cirolana parva</i>	375	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Euphyce convexa</i>	5	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Neocirolana obtruncata</i>	3	Bon	M
		<i>Metacirolana ogariviolata</i>	26	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Metacirolana halia</i>	43	Bz, Bo	D
		<i>Metacirolana menziesi</i>	2	Bz, Bo	S, D
	Limnoriidae	<i>Limnoria platycauda</i>	3	Bz, Bo, Ja	S, M
	Corallanidae	<i>Akarone krebsi</i>	2	Bo	M
		<i>Excorallana antillensis</i>	175	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Excorallana barbata</i>	1	Bz	M
		<i>Excorallana tricornis</i>	6	Bz, Bo	S, M, D
		<i>Excorallana warmingii</i>	3	Bo	M, D
		<i>Excorallana</i> sp. A	4	Bz, Ja	S, D
	Sphaeromatidae	<i>Cymodoce ruezleri</i>	47	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Dyceropsis kendleyi</i>	1	Bz	M
		<i>Geoverveis burbanke</i>	108	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Exosphaeroma diminuta</i>	2	Ja	S
		<i>Exosphaeroma yucatanum</i>	3	Ja	D
		<i>Exosphaeroma</i> sp. A	9	Bz, Ja	S, D
		<i>Paracereis caudata</i>	38	Ja	S, M, D

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Order	Family	Taxon	N	Reel site	Depth
		<i>Paraceras</i> sp. A	1	Ja	S, D
	Janiridae	<i>Carpinus ulivola</i>	36	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Carpinus triton</i>	1	Bz	S
	Gnathostenetroidae	<i>Gnathostenetroides pugio</i>	47	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Gnathostenetroides</i> sp. A	4	Bz	S, D
	Joeropsisidae	<i>Joeropsis bifasciatus</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Joeropsis persanatus</i>	4	Bo, Ja	D
		<i>Joeropsis rathbunae</i>	9	Bo, Ja	D
		<i>Joeropsis tobagoensis</i>	6	Bo, Ja	S, M
		<i>Joeropsis</i> sp. A	15	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Stenetriidae	<i>Hansenium bowmani</i>	13	Ja	D
		<i>Hansenium stebbingi</i>	90	Bz, Bo, Ja	S, D
		<i>Hansenium spathulicarpus</i>	9	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Stenetrium serratum</i>	13	Bz, Bo, Ja	D
		<i>Stenetrium</i> sp. A	1	Bo	S
		<i>Lyocoryphe minocule</i>	20	Ja	S, M, D
	Flotogarthidae	<i>Flotogarthia planirostris</i>	1	Bz	M
	Idoteidae	<i>Erichsonella juliformis</i>	1	Ja	S
	Munniidae	<i>Uromunna reynoldsi</i>	4	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Paramunniidae	<i>Paramunna</i> sp. A	1	Bz	D
	Pleurocopidae	<i>Pleurocopia floridensis</i>	1	Bo	D
Tanaidacea	Apsentidae	<i>Apsentia</i> sp. A	2	Bo	S
		<i>Apsentes</i> sp. A	488	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Apsentes bermudeus</i>	58	Ja	D
		<i>Apsentes orghuani</i>	11	Ja	S, D
		<i>Hoplomachus propinquus</i>	5	Ja	S, D
	Kalliapseudidae	<i>Kalliapseudes bahamensis</i>	16	Ja	S, M, D
		<i>Pumma kalliapseudes granulatus</i>	8	Bz, Bo, Ja	S, D
	Metapseudidae	<i>Apsedomorpha</i> sp. A	179	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Pseudapseuromorpha</i> sp. A	34	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Sympapseudes</i> sp. A	132	Bz, Bo	S, M, D
		<i>Discapseudes belizensis</i>	10	Bz	M
		<i>Parapseudes</i> sp. A	16	Bz, Ja	S, D
	Pagurapseudidae	<i>Pagurotannaie bouyeri</i>	221	Bo, Ja	S, M, D
	Tanaididae	<i>Stenobius starbardi</i>	172	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Zeuxo karlensis</i>	51	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Leptochelidae	<i>Hargeria rapax</i>	16	Bz, Bo, Ja	S, M
		<i>Leptochelia dubia</i>	934	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		<i>Leptochelia longimana</i>	4	Bz, Bo, Ja	S
		<i>Pseudoleptochelia</i> sp.	1,164	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Nototanaididae	Nototanaididae A	26	Bz, Bo, Ja	S, M, D
		Nototanaididae C	62	Bz, Bo, Ja	S, M, D
	Paratanalidae	<i>Paratanais</i> sp. A	1,433	Bz, Bo, Ja	S, M, D

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Order	Family	Taxon	N	Reef site	Depth	
Cumacea	Indotriidae	<i>Vaanthompsonia floridana</i>	4	Bz	S, M, D	
		<i>Vaanthompsonia minor</i>	4	Bz, Bo	S, D	
		<i>Vaanthompsonia</i> sp. A	1	Bz	D	
		<i>Macrocuma</i> sp. A	6	Bz, Bo, Ja	M, D	
		<i>Spilocuma</i> sp. A	1	Ja	D	
		<i>Cyclaspis goesi</i>	14	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cyclaspis granulata</i>	1	Bo, Ja	D	
		<i>Cyclaspis varians</i>	1	Bo, Ja	S, M	
		<i>Cychopsis</i> sp. A	6	Bo, Ja	D	
		Leuconidae	<i>Eudorella</i> sp. A	3	Bz	D
			<i>Leucon</i> sp. A	3	Bz, Bo, Ja	S, D
	<i>Leucon</i> sp. B		1	Bz	D	
	Nannastacidae	<i>Campylaspis hardi</i>	3	Bz, Ja	S, M, D	
		<i>Campylaspis</i> sp. A	4	Bz, Bo	S, D	
		<i>Cumella antipal</i>	4	Bo, Ja	S	
		<i>Cumella clavicauda</i>	11	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella garaty</i>	6	Ja	D	
		<i>Cumella gomoi</i>	5	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella longicaudata</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella meredithi</i>	1	Bo	D	
		<i>Cumella muravii</i>	6	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella ocellata</i>	18	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella ruelicri</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella serrata</i>	15	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cumella vicina</i>	22	Bz, Bo	D	
		<i>Cumella</i> sp. A	1	Bo	S	
		<i>Cumella</i> sp. G	8	Bz, Bo, Ja	S, M, D	
		<i>Cubanocuma gutzi</i>	9	Bz, Bo, Ja	D	
		<i>Elassocumeila</i> sp. A	2	Ja	S, M	
		<i>Schizocuma aglutinans</i>	7	Bz, Bo, Ja	S, M, D	

Table 2 Results of the 2-way ANOVA of the abundance of peracarids in coral rubble. Fixed factors were site (Bonanza, Bocana, Jardines) and depth (shallow back reef (3 m), intermediate depth fore reef (6–8 m) and deep five-reef (10–12 m)).

Source	df	SS	MS	F	p
Site (S)	2	0.1582	0.0790	0.703	0.5038
Depth (D)	2	1.5819	0.7907	7.031	0.0035*
S × D	4	0.2472	0.0618	0.549	0.7010
Residual	27	3.0371	0.1125		

Notes

* indicates a significant difference ($p < 0.05$).

deep (10–12 m) fore reef (Mean = 17.1, SE = 3.0 individuals kg^{-1}) than in the shallow (3 m) back-reef (Mean = 59.0, SE = 13.1 individuals kg^{-1}).

Of the 200 taxa collected, only 12 had relative abundances higher than 5% (Fig. 4). Dominant taxa in most sites and depths were the tube-dweller tanalidaceans

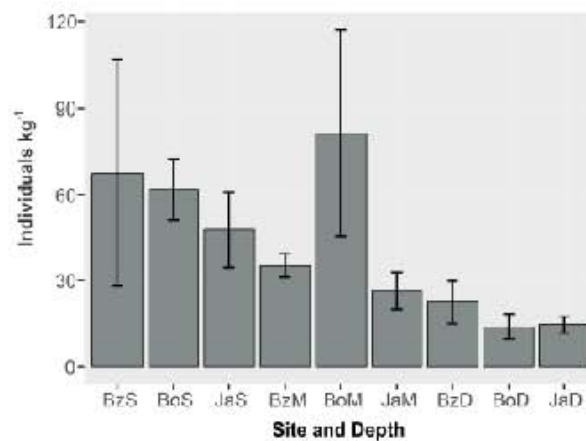


Figure 3 Abundance (individuals kg⁻¹) (mean and standard error) of cryptic peracarids in coral rubble in three depths (S = shallow back-reef (3 m), M = intermediate depth fore-reef (6–8 m), D = deep fore reef (10–12 m)) of three reef sites (Bz: Bonanza, Bo = Bocana, Ja = Jardines) within the Puerto Morelos Reef National Park.

Pseudoleptocheilia sp. A, *Paratanais* sp. A, and *Leptocheilia* *thibia*. Other abundant taxa were *Apreudes* sp. A, in the shallow site of Bonanza, *Cirrolana parva*, in the medium depth of Bonanza, and *Chevalia aviculata*, in the medium depth of Jardines (Fig. 4). Hierarchic clustering of the abundance of all 200 taxa revealed two clusters, one formed by the three deep sites and the medium depth site of Bonanza, and another formed by the shallow sites and the medium depth sites of Bocana and Jardines (Fig. 4).

DISCUSSION

The occurrence of 200 taxa of cryptic peracarids within the PMRNP shows a high taxonomic richness and highlights coral rubble as an important biotope for this superorder. Furthermore, the identification of 50 new records of peracarid species for the Mexican Caribbean Sea contributes to reduce regional gaps in the knowledge of this superorder. Taxonomic richness of Isopoda ($N = 75$), Tanaidacea ($N = 22$) and Cumacea ($N = 30$) recorded for the PMRNP is higher than reported for other coastal habitats in the Mexican Caribbean, and in the case of Tanaidacea it was higher than previously reported for the Caribbean Sea (Table 3). By contrast, the number of taxa of Amphipoda recorded in the PMRNP ($N = 72$) is lower and accounts for approximately one fourth of that previously reported for the Mexican Caribbean Sea and one tenth for the Caribbean Sea (Table 3). The mysid fauna recorded in the PMRNP was low (Taxa = 1), similar to previous reports for the Caribbean, however, it should be noted that coral rubble is not the preferred habitat of Mysidacea, as most of the known species (>1,000) are free living and inhabit coastal and open sea waters (Meland, 2002 onwards). Further reef studies that include different habitats, zones and depths, and that employ different methods (i.e., benthic cores, nets,

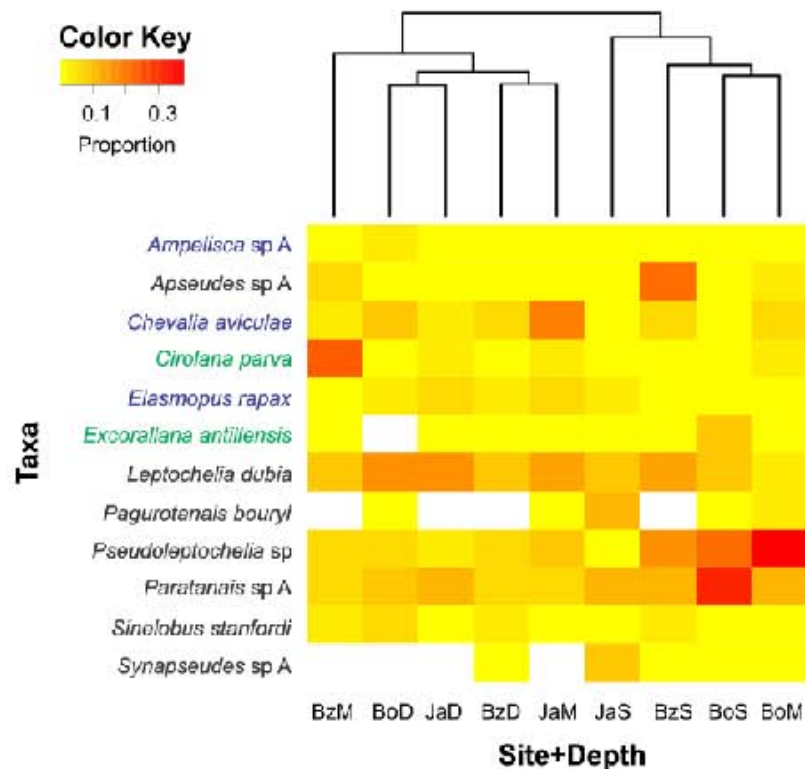


Figure 4 Relative abundance heatmap of cryptic peracarid taxa encountered within each site (Bz: Bo nanza, Bo: Bocana, Ja: Jardines) and depth (S: shallow back-reef, M: fore-reef (6–8 m), D: fore-reef (10–12 m)) surveyed within the Puerto Morelos Reef National Park in 2013–2014. A Bray–Curtis dissimilarity dendrogram on the top highlights the taxonomic dissimilarity among sites and depths. The 200 peracarid taxa were used for the clustering but only those that had a relative abundance higher than 5% are shown in the heatmap. Colour scale shows the proportion of each taxa within each site and depth. White squares indicate zero counts. Taxa in blue correspond to amphipods, in green to isopods and in black to tanaidaceans.

light-traps) in order to sample different components or guilds (Cosuello *et al.*, 2017), will probably yield a much higher taxonomic richness of peracarids for the Mexican Caribbean.

In addition to the high taxonomic richness, our study shows that the number of taxa and the abundance of cryptic peracarids were higher in shallow back-reef areas and decreased with depth. Similar patterns of decreased abundance of peracarids with depth have been reported by Campos-Vásquez *et al.* (1999) and López *et al.* (2008), who proposed that cryptofauna assemblages are affected by interstitial sediment as a limiting factor, and by variations in flushing. We propose that the higher taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids in the shallow back-reef of the PMRNP are related to reef development

Table 3 Taxonomic richness of peracarid fauna recorded in this study, in the Mexican Caribbean and in the Caribbean Sea.

Order	Caribbean sea	Mexican Caribbean sea	This study
Mysida	5 ^a	4 ^b	1
Amphipoda	535 ^c	266 ^c	72
Isopoda	178 ^d	51 ^f	65
Tanaidacea	19 ^g	20 ^h	22
Cumacea	45 ⁱ	15 ^j	40
Total	772	336	200

Notes.

^aSaiko, Martín & Díaz (2007).

^bMackinnon & Dudgeon (1996).

^cMartin et al. (2011).

^dMartin et al. (2013).

^eKerfoot & Sobott (1986).

^fMackinnon et al. (1960), *Cumaco-Noro-Puerto de Ecuador-Panamá* (1959), *Ven-Tanzania*, *Mariposa-Volcanes de Salto-Venez* (2007).

^gOrtiz & Llanusa (1993).

^hSaizue, Morales et al. (2009).

ⁱPetersen (2003).

^jLombard-Lerminier et al. (1988).

and to the amount of coral rubble produced during hurricanes. Puerto Morelos reef is best developed in back-reef and reef-crest zones, where it is dominated by the branching coral *Acropora palmata*, and has a poorly developed fore-reef zone that lacks the spur and groove systems that characterize other Caribbean reefs and has low scleractinian coral cover (Jordan, 1979; Jordan-Dauvin, 1989). In the late 1970's, coral cover on this reef was 43% in the back-reef, 33% in the reef crest and 7% in the fore-reef (Jordan, 1979). In 1988, the reef was impacted by hurricane Gilbert (category V in the Saffir-Simpson Scale) which caused a reduction in scleractinian coral cover by 89% in the back-reef zone, by 81% in the reef-crest and by 68% in the fore-reef zone (Rodríguez-Martínez, 1993). After hurricane Gilbert, Puerto Morelos reef was impacted by hurricanes Roxane (category III—1995), Ivan (category V—2004) and Wilma (category V—2005), increasing the accumulation of coral rubble in the back-reef zone even further and creating adequate habitat for cryptic species. Dead coral fragments and coral rubble provide a better habitat for cryptic species than living corals, which can display several defense mechanisms (Lang & Charnesky, 1990), and through the creation of microhabitats, which favor diversity (Takada, Abe & Shibuno, 2009; Takada et al., 2016; Enochs, 2012). Coral rubble is also a favorable substrate for the growth of algal turf which provides food, substrate and protection for cryptic peracarids (Klunpp, McKinnon & Mundy, 1988).

No significant differences in taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids were observed between reef sites suggesting that, at the time of the surveys, environmental conditions were similar throughout the PMRNP for this superorder. Nevertheless, the closeness of Puerto Morelos coral reef (<3.5 km) to a coast that is experiencing intensive land development, as a result of the rapid growing tourism industry (Mancalje et al., 2011), and where there is inadequate treatment of waste waters (Rodríguez-Martínez et al., 2010), could affect the health of the coral reef in a short-time frame (<10 years). Benthic crustacean

communities are good bioindicators of water quality and reef health, as they are sensitive to changes in environmental variables (Grahame & Hanna, 1989; Comadi, 1995) and have been shown to respond to perturbation either by reducing or by increasing their abundance (Snelgrove & Lewis, 1989; Chintiroglou et al., 2003; De-la-Ossa-Carretero et al., 2010; Enochs et al., 2011). Peracarid data obtained in the present study can be used as a baseline for future monitoring programs in the PMRNP. Monitoring the abundance of these taxa, and their relation with physicochemical parameters, could help detect changes in water quality (Esquete, Moreira & Trancosa, 2011). Monitoring could also help to recognize invasive species (Costello et al., 2017). In the present study we recorded two species, *Ampelisca abdita* and *A. schellenbergi*, reported as invasive by Winfield et al. (2011), who suggested that they probably arrived in the Gulf of Mexico in ballast water, which is not regulated in Mexico (Okolodkov et al., 2007). Invasive peracarids could also arrive to the PMRNP through floating weeds. In 2014–2015, the Mexican Caribbean coastline received massive arrival of pelagic *Sargassum* that reached peak values of 19,603 m³ km⁻¹ in September 2015 (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016). The cause of this atypical event was unknown, and it remains to be seen if it will become cyclical, in which case peracarid taxonomic richness and abundance could change rapidly.

CONCLUSIONS

Cryptic peracarid crustaceans in coral rubble are diverse and abundant within the PMRNP. Taxa richness of the orders Isopoda, Tanaidacea and Cumacea was larger than previously reported for coral rubble and other costal habitat types in the Mexican Caribbean, while that of Amphipoda was lower. The most abundant order was Tanaidacea with dominant species belonging to the families Paratanaididae and Leptocheilidae. Within the reef system taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids were higher in the shallow back-reef areas than in the reef front, where values decreased with depth. This elevated occurrence in the back reef may result from a larger accumulation of coral rubble, which occurs during hurricanes. No significant differences in taxonomic richness and abundance of cryptic peracarids were observed between reef sites suggesting homogeneous environmental conditions for this superorder across the PMRNP. The data obtained in the present study can serve as a baseline for future monitoring programs in the PMRNP that aim to detect changes in water quality and invasive species.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is part of a dissertation submitted by LV Monroy-Velázquez, in partial fulfillment of the requirements for the PhD degree, who thanks the Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. We also thank the Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, in particular Dr Brigitta van Tussenbroek. The collaboration of Dive Master E Rodríguez Soria and of II Palma is greatly appreciated. This manuscript was greatly improved by comments from Dr Paul Blanchon, Dr Mark Costello and three anonymous reviewers.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

This work was supported by the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) who provided scholarship no. 84015/84015 to V. Monroy-Velázquez. All surveys were funded by CONABIO (Grant I.H010 Invertebrados del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos) and by DGAPA UNAM (Grant IN205314 ¿Puede la criptofauna de crustáceos indicar el estado de conservación de un arrecife?). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Grant Disclosures

The following grant information was disclosed by the authors:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT): 84015/84015.

CONABIO: I.H010 Invertebrados del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos.

DGAPA-UNAM: IN205314.

Competing Interests

The authors declare there are no competing interests.

Author Contributions

- Luz Verónica Monroy Velázquez conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, contributed reagents/materials/analysis tools, wrote the paper, prepared figures and/or tables, reviewed drafts of the paper.
- Rosa Elisa Rodríguez-Martínez analyzed the data, wrote the paper, prepared figures and/or tables, reviewed drafts of the paper.
- Fernando Álvarez conceived and designed the experiments, contributed reagents/materials/analysis tools, wrote the paper, reviewed drafts of the paper.

Field Study Permissions

The following information was supplied relating to field study approvals (i.e., approving body and any reference numbers):

SAGARPA (Agriculture, Natural Resources and Fisheries Secretariat, Mexico).

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

GitHub: <https://github.com/terodriguezmtz/Peracarids>.

Supplemental Information

Supplemental information for this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.3411/supplemental-information>.

REFERENCES

- Ahsanullah M. 1976. Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from Western Port, Victoria. *Marine and Freshwater Research* 27:187–196. DOI 10.1071/MF9760187.

- Álvarez-Filip L, Cote IM, Gill JA, Watkinson AR, Dulvy NK. 2011. Region-wide temporal and spatial variation in Caribbean reef architecture: is coral cover the whole story? *Global Change Biology* 17:2470–2477 DOI 10.1111/j.1365-2486.2010.02385.x.
- Barnard JL. 1958. Index to the families, genera, and species of the gammaridean Amphipoda (Crustacea). *Occasional Paper of the Allan Hancock Foundation Publications* 19:1–143.
- Barnard JL. 1961. Gammaridean Amphipoda. *Galathea Report* 5:23–128.
- Campos-Vásquez C, Carrera L, González N, Salazar-Vallejo S. 1999. Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. *Revista de Biología Tropical* 47:799–808.
- Cantú-Díaz Barriga A, Escobar-Briones E. 1992. Isopoda of the genus *Excorallana* Stebbing, 1904 (Crustacea, Isopoda, Corallanidae) from the east coast of Mexico with a supplemental description of *E. subtilis*. *Gulf Research Reports* 8:363–374 DOI 10.18785/gr.0804.02.
- Chintiroglou C, Antoniadou C, Baxevanis A, Damianidis P, Karalis P, Vafidis D. 2003. Peracarida populations of hard substrate assemblages in ports of the NW Aegean Sea (eastern Mediterranean). *Helgoländer Marine Research* 58:54–61.
- Conrad M. 1995. Distribución espacio-temporal de los peracáridos (Crustacea) asociados a *Bugula neritina* (L., 1758) en la Bahía de Algeciras. Aspectos faunísticos y zoogeográficos. Doctoral Thesis, University of Cadiz, 201 p.
- Costello MJ, Basher Z, McLeod I, Asaad I, Claus S, Vandepitte I, Yasuhara M, Gislason H, Edwards M, Appeltans W, Enevoldsen H, Edgar GJ, Miloslavich P, De Monte S, Pinto IS, Obura D, Bates AE. 2017. Methods for the study of marine biodiversity. In: Walters M, Scholes RJ, eds. *The GEO handbook on biodiversity observation networks*. Berlin: Springer, 129–163.
- De-la-Ossa-Carretero JA, Del-Pilar-Ruso Y, Giménez-Casaldueño F, Sánchez-Lizaso JL. 2010. Sensitivity of tanaid *Apsedes iatreillei* (Milne-Edwards) populations to sewage pollution. *Marine Environmental Research* 69:309–317 DOI 10.1016/j.marenvres.2009.12.005.
- Díaz-Pulido G, McCook LJ, Dove S, Berkelmans R, Roff G, Kline DI, Weeks S, Evans RD, Williamson DH, Hoegh-Guldberg O. 2009. Doom and boom on a resilient reef: climate change, algal overgrowth and coral recovery. *PLOS ONE* 4(4):e5239 DOI 10.1371/journal.pone.0005239.
- Donath-Hernández FE. 1988. The new species of Cumacea from the Gulf of California (Crustacea, Peracarida). *Cahiers de Biologie Marine* 29:531–543.
- Enochs IC. 2010. Motile cryptofauna of an eastern Pacific coral reef: biodiversity and trophic contribution. Open Access Dissertation Paper, 497, University of Miami.
- Enochs IC. 2012. Motile cryptofauna associated with live and dead coral substrates: implications for coral mortality and framework erosion. *Marine Biology* 159:709–722 DOI 10.1007/s00227-011-1548-7.
- Enochs IC, Toth LT, Brandtneris VW, Afflerbach JC, Manzello DP. 2011. Environmental determinants of motile cryptofauna on an eastern Pacific coral reef. *Marine Ecology Progress Series* 438:105–118 DOI 10.3354/meps09259.

- Esquete P, Moreira J, Troncoso JS. 2011. Using peracarid assemblages as an environmental indicator in a protected area with high level of urban pressure (a grove inlet, NW Iberian Peninsula). In: *Proceedings of the 5th Simpósio Brasileiro de Oceanografia*. 17–20.
- Glynn PW, Enochs IC. 2011. Invertebrates and their roles in coral reef ecosystems. In: Dubinsky Z, Stambler N, eds. *Coral reefs: an ecosystem in transition*. London: Springer, 273–326.
- Grahame J, Hanna FS. 1989. Factors affecting the distribution of the epiphytic fauna of *Corallina officinalis* (L.) on an exposed rocky shore. *Ophelia* 30:113–129 DOI 10.1080/00785326.1989.10430839.
- Heard RW, Roccatagliata DC, Petrescu I. 2007. *An illustrated guide to Cumacea (Crustacea: Malacostraca: Peracarida) from Florida coastal and shelf waters to depths of 100 m*. Tallahassee: State of Florida, Department of Environmental Protection, 107–114.
- Hernández VCG, Bonilla IIR, Balart EF, Ríos-Jara E, Lluch-Cota SE, Zaragoza ES. 2014. Comparison of ecological diversity and species composition of macroalgae, benthic macroinvertebrates, and fish assemblages between two tropical rocky reefs. *Revista de Biología Marina u Oceanografía* 49:477–491 DOI 10.4067/8071819572014000300006.
- Hernández-Terrones L, Rebollo-Vieyra M, Merino-Ibarra M, Melina-Soto M, Le-Cossec A, Monroy-Ríos E. 2011. Groundwater pollution in a karstic region (NE Yucatan): baseline nutrient content and flux to coastal ecosystems. *Water Air Soil Pollution* 218:517–528 DOI 10.1007/s11270-010-0664-x.
- Hughes TP. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265:1547–1551 DOI 10.1126/science.265.5178.1547.
- Jordán E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 6:69–86.
- Jordán-Dahlgren E. 1989. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 16:105–118.
- Kensley BF. 1984. The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, III: new marine Isopoda. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 24:1–81 DOI 10.5479/si.01960768.24.1.
- Kensley B, Schotte M. 1989. *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 308 p.
- Klump DW, McKinnon AD, Mundy CN. 1988. Motile cryptofauna of a coral reef: abundance, distribution and trophic potential. *Marine Ecology Progress Series* 45:95–108 DOI 10.3354/meps045095.
- Lang JC, Chornesky EA. 1990. Competition between scleractinian reef corals—a review of mechanisms and effects. *Ecosystems of the World* 25:209–252.
- LeCroy SE. 2000. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. In: *Families Gammaridae, Haddziidae*,

- Isacidae, Meliidae and Oedicerotidae*. Vol. 1. Tallahassee: Florida Department of Environmental Protection, 195 p.
- LeCroy SE. 2002.** An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. In: *Families Ampeliscidae, Amphilocheidae, Amphiocheidae, Aoridae, Argissidae and Jaustoriidae*. Vol. 2. Tallahassee: Florida Department of Environmental Protection, 213 p.
- LeCroy SE. 2004.** An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. In: *Families Bateidae, Biancoliniidae, Cheluridae, Colomastigidae, Corophiidae, Cyproideidae and Dexaminidae*. Vol. 3. Tallahassee: Florida Department of Environmental Protection, 90 p.
- LeCroy SE. 2007.** An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. In: *Families Anumixidae, Eusiridae, Hyaliellidae, Hyalidae, Iphimedidae, Ischyroceridae, Lysianassidae, Megalurogripidae and Melphidippidae*. Vol. 4. Tallahassee: Florida Department of Environmental Protection, 120 p.
- Linton DM, Warner GF. 2003.** Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 46:261–276 DOI 10.1016/S0964-5691(03)00007-3.
- López K, Bone D, Rodríguez C, Padilla F. 2008.** Biodiversity of cryptofauna associated with reefs of the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. In: *Proceedings of the 11th international coral reef symposium*. 1352–1354.
- Markham JC, Donath-Hernández FE. 1990.** Crustacea of Sian Ka'an, including orders Nectiopoda, Stomatopoda, Thermosbaena, Mysidacea, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda and Decapoda. In: Navarro LD, Robinson JG, eds. *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an*. México: Quintana Roo, 239–256.
- Markham JC, Donath-Hernández FE, Villalobos-Hiriart JL, Cantú-Díaz-Barriga A. 1990.** Notes on the shallow water marine crustacean of the Caribbean coast of Quintana Roo, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 61:405–446.
- Martin A, Díaz Y, Miloslavich P, Escobar-Briones F, Guerra-García JM, Valencia B, Giraldo A, Klein E. 2013.** Regional diversity of Amphipoda in the Caribbean Sea. *Revista de Biología Tropical* 61:1681–1720.
- McCluskey DS. 1967.** Some effects of salinity on the survival, moulting, and growth of *Corophium voluator* (Amphipoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 47:607–617 DOI 10.1017/S0025315400035220.
- McCluskey DS. 1970.** Salinity preference in *Corophium voluator*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 50:747–752 DOI 10.1017/S002531540000501.
- Meland K. 2002.** onwards. Mysidacea: families, Subfamilies and Tribes. Version 1. Available at <http://crustacea.net/> (accessed on 02 October 2000).
- Metcalf C.D, Beddows PA, Bouchot GG, Metcalfe LL, Li H, Van Lavieren H. 2011.** Contaminants in the coastal karst aquifer system along the Caribbean

- coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Environmental Pollution* 159:991–997 DOI 10.1016/j.envpol.2010.11.031.
- Monroy-Velázquez V, Alvarez F. 2016. New records of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Mesoamerican Reef at Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. *Check List* 12:1–10 DOI 10.15560/12.4.1938.
- Neuwirth E. 2011. R package. Version 1.0 5. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>.
- Ochoa-Rivera V, Granados-Barba A, Solís-Weiss V. 2000. The polychaete cryptofauna from Cozumel Island, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 67:137–146.
- Okolodkov YB, Bastida-Zavala R, Ibáñez AL, Chapman JW, Suárez-Morales E, Pedroche F, Gutiérrez-Mendieta FJ. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia Y Mar* 11:29–67.
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RE, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H. 2017. Vegan: community ecology package. Available at <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Ortiz M, Lalana R. 1993. Lista de Especies y bibliografía de los Tanaidáceos del Mar Caribe. *Revista de Investigaciones Marinas* 14:110–112.
- Petrescu I. 2002. Cumacea (Crustacea: Peracarida) from Belize. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa" M*:141–203.
- Plaisance L, Caley MJ, Brainard RE, Knowlton N. 2011. The diversity of coral reefs: what are we missing? *PLOS ONE* 6:e25026 DOI 10.1371/journal.pone.0025026.
- Preston NP, Doherty PJ. 1990. Cross-shelf patterns in the community structure of coral-dwelling Crustacea in the central region of the Great Barrier Reef. I. Agile shrimps. *Marine Ecology Progress Series* 66:47–61 DOI 10.3354/meps066047.
- R Core Team. 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at <http://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Martínez RE. 1993. Efectos de un ciclón en la estructura comunitaria de corales escleractinios. Bachelor Thesis, ENEP-Iztacala, UNAM, México, 64 p.
- Rodríguez-Martínez RE. 2008. Community involvement in marine protected areas: the case of Puerto Morelos reef, México. *Journal of Environmental Management* 88:1151–1160 DOI 10.1016/j.jenvman.2007.06.008.
- Rodríguez-Martínez RE, Ruiz-Rentería F, Van Tussenbroek B, Barba-Santos G, Escalante Mancera E, Jordán-Garza G, Jordán-Dahlgren E. 2010. Environmental state and tendencies of the Puerto Morelos CARICOMP site, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 58:23–43.
- Rodríguez-Martínez RE, Van Tussenbroek B, Jordán-Dahlgren E. 2016. Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014–2015). In: García-Mendoza E, Quijano-Scheggia SI, Olivos-Ortiz A, Núñez-Vázquez EJ, eds. *Florecimientos Algales Nocivos en México*. Ensenada: CICESE, 352–365.
- Ruiz-Rentería F, Van Tussenbroek BI, Jordán-Dahlgren E. 1999. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. In: Kjerfve B, ed. *Caribbean coral reef, seagrass and mangrove sites*. Paris: UNESCO, 57–66,347 p.

- Snelgrove PVR, Lewis JB. 1989. Response of a coral-associated crustacean community to eutrophication. *Marine Biology* 101:249–257 DOI 10.1007/BF00391464.
- Sorbe JC, Martín A, Díaz Y. 2007. New records of Mysida (Crustacea: Peracarida) from shallow waters of the Caribbean coast of Venezuela. *Marine Biology Research* 3:175–181 DOI 10.1080/17451000701397513.
- Sotka EE, Hay ME. 2009. Effects of herbivores, nutrient enrichment, and their interactions on macroalgal proliferation and coral growth. *Coral Reefs* 28:555–568 DOI 10.1007/s00338-009-0529-1.
- Suárez-Morales E, Heard R, García-Madrigal M, Oliva J, Escobar E. 2001. *Catálogo de los tanaidáceos (Crustacea: Peracarida) del Caribe Mexicano*. Mexico: CONACYT/SEMARNAT/PCOSUR, 121 p.
- Swartz RC. 1987. Toxicological methods for determining the effects of contaminated sediment on marine organisms. In: Dickson KL, Maki AW, Brungs WA, eds. *Fate and effects of sediment-bound chemicals*. SETAC Special Publication Series. New York: Pergamon Press, 183–198.
- Swartz RC, Ditsworth DWS, Schultz DW, Lamberson JO. 1985. Sediment toxicity to a marine infaunal amphipod: cadmium and its interaction with sewage sludge. *Marine Environmental Research* 18:133–153 DOI 10.1016/0141-1136(86)90004-8.
- Takada Y, Abe O, Hashimoto K, Shibuno T. 2016. Colonization of coral rubble by motile cryptic animals: differences between contiguous versus raised substrates from the bottom. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 475:62–72 DOI 10.1016/j.jembe.2015.11.007.
- Takada Y, Abe O, Shibuno T. 2007. Colonization patterns of mobile cryptic animals into interstices of coral rubble. *Marine Ecology Progress Series* 343:35–44 DOI 10.3354/meps06935.
- Takada Y, Abe O, Shibuno T. 2008. Cryptic assemblages in coral-rubble interstices along a terrestrial sediment gradient. *Coral Reefs* 27:665–675 DOI 10.1007/s00338-008-0382-7.
- Thomas JD. 1993a. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. *Journal of Natural History* 27:795e806 DOI 10.1080/002229393000770481.
- Thomas JD. 1993b. Identification manual for marine Amphipoda (Gammaridea): I. Common coral reef and rocky bottom amphipods of South Florida. In: *Final report DFP contract number SP290*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.
- Van Tussenbroek BI, Monroy-Velázquez LV, Solís-Weiss V. 2012. Meso-fauna foraging on seagrass pollen may serve in marine zoophilous pollination. *Marine Ecology Progress Series* 469:1–6 DOI 10.3354/meps1007.
- Warnes GR, Bolker B, Bonebakker L, Gentleman R, Huber W, Liaw A, Lumley T, Maechler M, Magnusson A. 2009. R package, version 2.12.1. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>.
- Wickham H. 2009. ggplot2: elegant graphics for data analysis. Available at <http://had.co.nz/ggplot2/book>.

Wickham H. 2014. Plyr: tools for splitting, applying, and combining data package. Available at <http://had.co.nz/plyr>.

Winfield I, Cházaro-Olvera S, Ortiz M, Palomo-Aguayo U. 2011. Lista actualizada de las especies de anfipodos (Peracarida: Gammaridea y Corophiidea) marinos invasores en México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46:349–361. DOI 10.4067/S0718-19572011000300006.