

▶ ECOLOGÍA ▶
Y EL ANTROPOCENO
EN EL ARRECIFE VERDE:
◀ UN ELEMENTO DEL COMPLEJO
ARRECIFAL VERACRUZANO ▶



JORGE LUIS HERNÁNDEZ AGUILERA
VIRGILIO ARENAS FUENTES
(coordinadores)



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es). Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial. La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

◆ ECOLOGÍA ◆
Y EL ANTROPOCENO
EN EL ARRECIFE VERDE:

UN ELEMENTO DEL COMPLEJO
ARRECIFAL VERACRUZANO

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Martín Gerardo Aguilar Sánchez

Rector

Juan Ortiz Escamilla

Secretario Académico

Lizbeth Margarita Viveros Cancino

Secretaria de Administración y Finanzas

Jaqueline del Carmen Jongitud Zamora

Secretaria de Desarrollo Institucional

Agustín del Moral Tejeda

Director Editorial

◆ ECOLOGÍA ◆
Y EL ANTROPOCENO
EN EL ARRECIFE VERDE:

UN ELEMENTO DEL COMPLEJO
ARRECIFAL VERACRUZANO

JORGE LUIS HERNÁNDEZ AGUILERA
VIRGILIO ARENAS FUENTES
(coordinadores)

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
XALAPA, VER., MÉXICO

2022

Portada: La Isla Verde, a partir de una fotografía tomada con un RPAS Inspire 1 (Econatura, A. C.)

Clasificación LC: QH95.8 E26 2022

Clasif. Dewey: 578.7789

Título: Ecología y el Antropoceno en el Arrecife Verde : un elemento del complejo arrecifal veracruzano / Jorge Luis Hernández Aguilera, Virgilio Arenas Fuentes (coordinadores).

Edición: Primera edición.

Pie de imprenta: Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, Dirección Editorial, 2022.

Descripción física: 409 páginas : ilustraciones, gráficas, mapas ; 26 cm.

Serie: (Quehacer científico y tecnológico)

Notas: Incluye bibliografías.

ISBN: 9786078858552

Materias: Ecología de arrecifes--México--Veracruz-Llave (Estado).

Ecología marina--México--Veracruz-Llave (Estado).

Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (México).

Autores relacionados: Hernández Aguilera, Jorge Luis.

Arenas Fuentes, Virgilio.

DGBUV 2022/43

Primera edición, 29 de noviembre de 2022

D. R. © Universidad Veracruzana

Dirección Editorial

Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000

Xalapa, Veracruz, México

Tels. 228 818 59 80; 228 818 13 88

direccioneditorial@uv.mx

<https://www.uv.mx/editorial>

ISBN: 978-607-8858-55-2

DOI: 10.25009/uv.2848.1687

CONTENIDO

. 1 .

ARRECIFE VERDE: CONTEXTO AMBIENTAL 15

*Virgilio Arenas Fuentes, Jorge Luis Hernández Aguilera,
Jorge Luis Hernández Toral*

. 2 .

PATRÓN DE CORRIENTES 31

David Salas-Monreal, José de Jesús Salas-Pérez, María Adela Monreal-Gómez, David Alberto Salas de León, Mayra Lorena Riverón-Enzástiga

. 3 .

VARIACIÓN HIDROGRÁFICA 45

*Mayra Lorena Riverón-Enzástiga, José Otilio Avendaño Alvarez,
Marisol Robles Cortéz, Jannay Jasso Montoya, Lorena Contreras Espinoza,
David Salas-Monreal*

. 4 .

FLORA INSULAR 57

*Juan Manuel Vargas Hernández, Guadalupe Josefina Fuentes Capistrán,
Miguel de Jesús Cházaro Basáñez, Jerónimo Vázquez-Ramírez*

. 5 .

MACROALGAS 99

Alejandro Morales García

. 6 .

PORIFERA (DEMOSPONGIAE),
CON NUEVOS REGISTROS PARA MÉXICO 115

Patricia Gómez, Nicolás Heras-Escutia

. 7 .

CORALES PÉTREOS 149

Miguel Ángel Lozano Aburto, César Meiners Mandujano

. 8 .

CORALES BLANDOS (OCTOCORALES) 157

*Miguel Ángel Lozano Aburto, Horacio Pérez España, Javier Bello Pineda,
Eric Jordan Dahlgren, Héctor Reyes Bonilla*

. 9 .

MOLUSCOS BENTÓNICOS 171

Deneb Ortigosa, Luis Gabriel Aguilar-Estrada, Brian Urbano

. 10 .

CRUSTÁCEOS ESTOMATÓPODOS Y DECÁPODOS 201

*Jorge Luis Hernández-Aguilera, Rosa Estela Toral Almazán, José Alfredo
Ruiz Nuño*

. 11 .

EQUINODERMOS 221

*Ethel Viviana Celaya-Hernández, Francisco Alonso Solís-Marín,
A. Laguarda-Figueras*

. 12 .

ASCIDIAS 281

Lilian Abigail Palomino-Álvarez, José Luis Tello Musi

. 13 .

POLIQUETOS (ANNELIDA) CRÍPTICOS: UN
ESTUDIO DE CASO 293

*Jesús Angel de León González, María Elena García Garza, María Ana Tovar
Hernández, Luis Fernando Carrera-Parra, Joel Ortega Pimienta*

. 14 .

ELYSIA CRISPATA MÖRCH, 1863 (MOLLUSCA:
GASTROPODA: OPISTHOBRANCHIA) COMO
BIOMONITOR DE CONTAMINACIÓN 337

*Claudia P. Dorantes-Mejía, Jorge L. Hernández-Aguilera,
Jorge Mendoza-Pérez*

. 15 .

TRONCOS Y PALOTADAS: ADAPTACIÓN DEL
ANTROPOCENO. EVIDENCIAS DE VIOLENCIA
DE LA DEFORESTACIÓN EN LOS ARRECIFES DE
CORAL. EL CASO DEL ARRECIFE VERDE 363

*Virgilio Arenas Fuentes, Jorge Luis Hernández Aguilera, Jorge Luis
Hernández Toral*

. 16 .

PECES 379

Juan Manuel Vargas-Hernández, José Luis Sánchez-Castro

DEDICATORIA

Rosa Estela Toral Almazán
(06/09/1954-29/09/2016)

Nace en la Ciudad de México e ingresa a la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la cual recibe el título de Licenciada en Biología en 1979, con la presentación de la tesis *Áreas protegidas. Situación actual y valor sociobiológico*, la cual elaboró en el Instituto de Recursos Naturales Renovables, A. C., al mismo tiempo que se desarrollaba profesionalmente en la Dirección General de Oceanografía Naval de la Secretaría de Marina. Continuó con sus estudios de posgrado en la FC de la UNAM, obteniendo el título de Maestra en Ciencias (Biología), en 1990, siendo acreedora al reconocimiento de excelencia con la Medalla Gabino Barreda. Su tesis de doctorado sobre el zooplancton marino del Golfo de México y mar Caribe mexicanos, quedó concluida, no pudiendo obtener el grado debido a problemas de salud; sin embargo, su asesor, junto a un grupo de investigadores sobre los temas tratados logran la aceptación del manuscrito *Historical observations of zooplankton groups in Mexican waters of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea*, en la revista *Arabian Journal of Geosciences*.

A lo largo de su vida profesional siguió aprendiendo, tomando cursos y estudios de diversa índole, y participando en cruceros oceanográficos y expediciones a diversas partes de la Zona Económica Exclusiva de México, de donde derivaron diversas publicaciones y participaciones en conferencias y congresos, destacando sus investigaciones sobre el zooplancton marino de esa zona. Todo su conocimiento y experiencias las compartió con sus alumnos, forjando siempre una mentalidad de superación en cada uno de ellos. Fundó la asociación civil Estudio y Conservación de la Naturaleza (Econatura, A. C.), en el año 2000.

José Alfredo Ruiz Nuño
(14/01/1955-21/02/2008)

Nace en la Ciudad de México; ingresa a la Facultad de Ciencias de la UNAM, en la cual recibe el título de Licenciado en Biología en 1979 con la tesis Áreas protegidas. Situación actual y valor sociobiológico. Ingresa a la Dirección General de Oceanografía Naval de la Secretaría de Marina en 1980. Continúa con sus estudios de posgrado obteniendo el título de Maestro en Ciencias (Biología) en el 2001. Dentro de sus diversas actividades complementarias destacan sus cursos de buceo, ya que su pasión era contemplar y conocer los recursos marinos, además de participar en cursos internacionales en la Universidad de Gent, Bélgica. Se especializó en el estudio del plancton marino participando en diversas campañas oceanográficas en la Zona Económica Exclusiva de México, siendo coautor de 11 publicaciones sobre la abundancia y distribución del zooplancton, destacando aquellas relacionadas al comportamiento del zooplancton en el accidente del derrame de hidrocarburos del Pozo Ixtoc. Participó en congresos nacionales, como apoyo a estudiantes de licenciatura y en la colecta e identificación de la flora y fauna de los arrecifes veracruzanos. Como reconocimiento a su contribución en el estudio de la oceanografía en México, la Secretaría de Marina autorizó el apoyo de una patrulla para verter parte de sus cenizas muy cerca de uno de los arrecifes veracruzanos donde más trabajos de campo efectuó.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Arrecife Verde inició en 1995, con una invitación a conocer el arrecife que nos hizo el maestro Alejandro Morales García del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. Al recorrer la laguna, su cayo y su perímetro, entendimos que era una enorme posibilidad de conocer una localidad compleja y a su vez fascinante.

Un amplio programa, desarrollado por los coordinadores, Rosa Estela Toral-Almazán, José Alfredo Ruiz-Nuño y Marco A. Orozco Colunga, dentro de las actividades de la Facultad de Ciencias, de la UNAM (1996-2010), y posteriormente en Econatura, A. C., produjo gran cantidad de información hidrológica, biológica y de contaminación.

Eso fue posible gracias al apoyo de autoridades de la Facultad de Ciencias de la UNAM, quienes otorgaron recursos económicos para los trabajos de campo, material, instalaciones y equipo de laboratorio. Asimismo, el Departamento de Biología permitió contar con estudiantes y pasantes de la carrera de Biología, quienes efectuaron observaciones, recolecta y determinación de especímenes, por lo que reconocemos su esfuerzo.

Vaya nuestra gratitud a las diferentes generaciones de alumnos por su entusiasmo en los muestreos de campo, trabajo de proceso de lotes biológicos y análisis de información; tres de esos estudiantes, ya profesionistas, participan en los capítulos aquí presentados.

Agradecemos a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, por los permisos de pesca de fomento que amablemente nos otorgaron. A la Secretaría de Marina, quien nos concedió acceso al arrecife; asimismo, a la Dirección del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, dependiente de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el acceso al arrecife.

A los colegas de los capítulos aquí presentados, que tan entusiastamente aportaron sus datos y registros de este maravilloso arrecife nuestro agradecimiento. Y gracias por el apoyo en la ordenación de los manuscritos y la manipulación de las imágenes a Teresa Vázquez Pacheco.

ARRECIFE VERDE: CONTEXTO AMBIENTAL

*Virgilio Arenas Fuentes,¹ Jorge Luis Hernández Aguilera,²
Jorge Luis Hernández Toral²*

El Arrecife Verde es una pequeña superficie de alrededor de 726,000 m², apenas visible sobre el horizonte desde la costa de la zona conurbada de la ciudad y puerto de Veracruz (Lámina 1, figura A), atrás de la Isla de Sacrificios, con una cercanía de apenas 6 km y distinguible sobre todo por su pequeña isla verde de casi 35,000 m² (Lámina 1, figura B), particularmente verde por la vegetación permanente que le da su nombre y que se levanta apenas unos metros de la superficie del mar debido a la limitada acumulación de materiales biogénicos, principalmente autóctonos, y con incorporación de materiales inesperados, como grandes troncos, raíces, palotadas y piedras volcánicas y sedimentarias provenientes de las cuencas afectadas por la deforestación.

Es un arrecife de coral de plataforma, y eso le otorga un valor biótico extraordinario como ecosistema perturbado por actividades humanas desde hace más de 500 años, como lo muestran los hallazgos arqueológicos prehispánicos dejados al descubierto por el impacto del huracán Karl. Además, conlleva un interés excepcional por la posibilidad de dar seguimiento en él, como zona experimental natural y accesible, a la visible e invisible vulnerabilidad a los diversos efectos de las más variadas actividades antropogénicas.

El ambiente costero hidrológico del Arrecife Verde y del extenso Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se suele definir por los volúmenes

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

² Estudio y Conservación de la Naturaleza, A. C. econatura@econatura.org.mx; econaturaac@gmail.com

y usos de los aportes de los ríos y por sus ecosistemas costeros estuarinos, como lagunas litorales y manglares. El río La Antigua descarga a 20 km de distancia con un volumen anual de casi 3 por 106 m³/año; el río Jamapa, con menos de 2 por 106 m³/año descarga a ~12 km hacia el sur; y por su volumen deben tomarse en cuenta también las descargas del río Papaloapan a más de 30 km en el Sistema Lagunar de Alvarado, con un aporte de ~37 por 106 m³/año. Las plumas de las descargas de esos ríos se extienden por varios kilómetros de las bocas y se ven determinadas por las corrientes costeras que de manera muy clara se orientan hacia el sur en temporadas de invierno, y hacia el norte durante el verano. Los mayores volúmenes se aportan claramente durante los meses de junio a septiembre, cuando la precipitación recoge más de 1,000 mm de lluvia en la región. El uso del agua de los ríos, de acuerdo con la CNA (2014), es en un 90% industrial, en el Jamapa, y menos de 10% es de aprovechamiento agrícola; en cambio, el río La Antigua se aprovecha en un 50% para industria y un volumen similar para agricultura; eso mismo ocurre en la cuenca del Papaloapan, donde casi 60% se aprovecha para industrias diversas.

Está documentado, en varios estudios, la variación regional, extensión y diversidad de los impactos de estas descargas de agua contaminada y alterada en sus características que recogen materiales diversos y que se depositan e ingresan en las zonas costeras adyacentes (Cruz-Abrego, Flores-Andolais y Solís-Weiss, 1991).

Los aportes de sedimentos en suspensión de terrígenos se ha incrementado sustancialmente desde hace más de 500 años, debido sobre todo a deforestación y prácticas agrícolas y de asentamientos humanos inadecuadas. Su tasa de sedimentación varía ampliamente de manera regional y temporal, de acuerdo con procesos de la dinámica oceanográfica. Los mayores valores se han registrado en los arrecifes La Gallega y Galleguilla, sitios muy cercanos a la ciudad-puerto de Veracruz y también al Arrecife Verde, con más de 2 m³ por m². En el Arrecife Verde los valores reportados son muy variables, de menos de 0.5 m³ por m², hasta casi 1 m³/m² en las diversas épocas del año (Mendel-Albarado, 2014); lo anterior no implica una acumulación continua, ya que los procesos de resuspensión son también permanentes.

Su conocimiento formal es relativamente reciente, ya que desafortunadamente mucha de la información obtenida varias décadas atrás forma parte de la "literatura gris" y poco accesible, que constituye reportes de trabajo de campo y colecta de estudiantes de la gran mayoría de las instituciones de educación superior del país y del extranjero (p. ej. Cifuentes-Lemus, 1971), y algunas recogidas en tesis de grado.

Por razones de formación académica muchos de estos trabajos concluyeron con el depósito formal de especímenes en las diversas colecciones biológicas en el país y a nivel internacional, en algunos casos a la espera de la formación e interés de especialistas. Con frecuencia esta información biológica fue acompañada con información ambiental general. Pocos muestreos se han realizado para evaluar abundancias relativas o estructura y dinámica de las comunidades.

En este volumen ofrecemos alguna de la información rescatada y derivada de esta actividad, por lo mismo, se muestra que la información obtenida ha tenido generalmente un carácter de oportunidad y no corresponde a estudios sistemáticos. Lo anterior es muestra de que, por ejemplo, el número de especies reportadas de moluscos corresponda a la de los sitios de mayor accesibilidad y visibilidad, lo que se muestra en las curvas de acumulación de especies que no alcanzan una tendencia asintótica.

Es particularmente de interés identificar las especies originarias o nativas, ya que los procesos de incorporación de especies no nativas han sido variados y desde hace un tiempo significativos. La mayor parte de las especies presentes en el Arrecife Verde se encuentran determinadas por la interacción en el gran Sistema Arrecifal Veracruzano, bajo protección federal, bajo la denominación de Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y las interconexiones con el cinturón arrecifal descrito por Ortiz-Lozano (2018), que incluyen numerosos arrecifes no emergidos o “ahogados”, incluidos recientemente como un solo conjunto.

En los capítulos de este libro se señala la presencia de especies no nativas o exóticas que tienen o pueden tener un papel relevante en la ecología regional, ya que su registro significa claramente que han tenido un éxito significativo en su adaptación. Las especies no nativas más importantes son aquellas que pueden haberse incorporado, vía no intencional, como asociado a las diversas rutas marítimas ancestrales y actuales. Otras, mucho menos reconocidas, provienen de introducciones intencionales con diversos objetivos.

El Arrecife Verde (AV) comparte características con los demás arrecifes del subsistema arrecifal del que forma parte; ubicado enfrente de la ciudad-puerto de Veracruz, con una mayor cercanía a la costa que los arrecifes situados en el subsistema que se halla al sur de la influencia de las descargas superficiales del río Jamapa, enfrente de la comunidad pesquera de Antón Lizardo; cabe mencionar que los otros arrecifes del subsistema son más extensos, y están más alejados entre sí y más alejados de la costa (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009) y tienen una clara orientación y alargamiento NE-SW común a ambos sistemas arrecifales.

LÁMINA 1



Figura A. Arrecife Verde. Fotografía tomada desde la baliza sur de entrada al puerto de Veracruz. (Econatura, A. C.)



Figura B. Se muestra la isla con su peculiar vegetación verde, que se conserva en menor o mayor grado de magnitud todo el año. Fotografía tomada con un RPAS Inspire 1 (Econatura, A. C.)

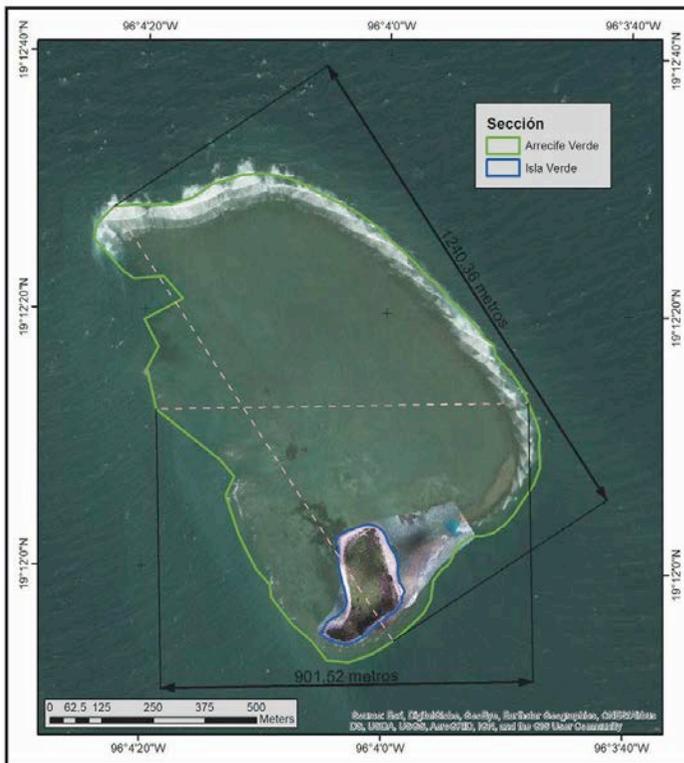


Figura C. Longitud y anchura del Arrecife Verde, considerando la cresta y zonas subsu-
perficiales del mismo.
(Econatura, A. C.)

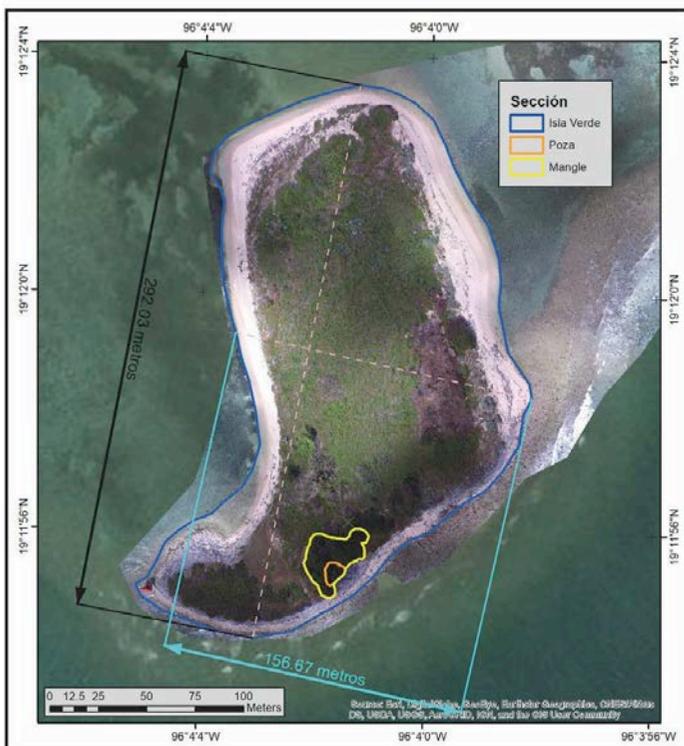


Figura D. Longitud y anchura de la isla.
(Econatura, A. C.)

El AV tiene una extensión máxima de 1,240 m y una anchura de 902 m (Lámina 1, figura C) y características estructurales en las que sobresale el cayo arrecifal de 292 m de largo y 157 m de ancho (Lámina 1, figura D), provisto de vegetación dunaria arbustiva y rastrera permanente en más del 80% de su superficie; la vegetación aparentemente no ha sido determinada por actividades humanas intencionales, como ocurre de forma notable con la Isla de Sacrificios.

En la parte sur del cayo se registra la presencia extraordinaria, única en el sistema arrecifal veracruzano, de un área de manglar (Lámina 2, figura A) de 668 m² de amplitud y una pequeña laguna o poza de aguas oligohalinas de escasos 86 m² (Lámina 2, figura B). Las fotografías obtenidas con un dron (Lámina 2, figura C), muestran claramente que en su interior se acumulan sedimentos limosos y una zona fangosa típica de los manglares. De acuerdo con la literatura, estos procesos de coexistencia de manglares y arrecifes coralinos han demostrado ser una oportunidad excepcional para evaluar la capacidad adaptativa de diversas especies de coral a condiciones consideradas como limitantes, como el pH reducido, las condiciones anóxicas y las bajas salinidades (Woodroffe, 2018).

Fenómenos similares ocurren en los arrecifes de plataforma, como las islas Turneffe de las costas de Belice, donde el manglar ocupa más del 25% de la superficie del arrecife, considerados como atolones atípicos y en los de la Gran Barrera Arrecifal y en otros sistemas arrecifales. Pero, ¿de qué depende la extensión o reducción de la superficie del manglar? ¿Cómo responde este cuerpo de agua oligohalino al efecto del paso permanente de buques al incorporarse a su ingreso al puerto de Veracruz?

La excepcional presencia de manglar bien desarrollado se explica como oportunismo, eso por la cercanía en la costa de amplias extensiones de manglar y el hallazgo frecuente de semillas y propágulos reproductivos de las diversas especies de manglar en la playa de las islas del Sistema Arrecifal Veracruzano; su persistencia se atribuye a la permanencia de cuerpos de agua superficiales de muy bajas salinidades, formados por la precipitación pluvial que se acumula durante la época de lluvias en el suelo de la isla y, probablemente, que se extienden por debajo de la laguna arrecifal y que constituyen un acuífero subterráneo arrecifal cuya importancia ecológica aún no ha sido estudiada.

Aquí proponemos que el Arrecife Verde constituye un laboratorio natural experimental propio para estudiar la importancia de la magnitud, la calidad, la geometría y la dinámica de estos acuíferos, tanto en su origen como en la evolución y condición de estos ecosistemas. Estos acuíferos se forman, en mayor o menor magnitud, en todos los cayos,

islas y arrecifes, no solo en Veracruz sino en las extensas áreas arrecifales del mundo.

Un enfoque novedoso del estudio de la Gran Barrera Arrecifal Australiana, que sufrió el peor blanqueamiento en 2016, fue un estudio no enfocado al conocimiento de las áreas más sobresalientes en las islas Woody, sino orientado a entender los corales en áreas extremas. Se encontraron recientemente más de 30 especies de corales que se desarrollan cerca de los manglares, y 12 de ellas que muestran capacidades excepcionales para resistir los procesos de calentamiento, anoxia y disminución del pH.

De acuerdo con los autores de este proyecto, las lagunas de manglar extremas actúan como laboratorios naturales que permitirán entender los mecanismos que generan la resiliencia de los corales para los cambios futuros (Camp *et al.*, 2019). Se han identificado a estos corales como “súper corales”, y está en proceso una búsqueda de sitios *hot spots* en el mundo, donde estos fenómenos ocurren; estos procesos se desarrollan en el manglar del Arrecife Verde con colonias de coral a centenas de metros.

La importancia de los aportes de estos acuíferos, su variación geológica, su asociación a acuíferos costeros es, sin duda, de relevancia para evaluar el futuro asociado a la variación de los patrones de lluvias y tormentas tropicales debidos al cambio climático, en particular en regiones donde, por ubicación y fisiografía regional, los procesos ciclónicos se traducen en descargas de lluvia con acumulación de agua en periodos de horas (Arenas y Hernández, en preparación).

Las características químicas y bacteriológicas del agua de la laguna del manglar otorgan al Arrecife Verde particular interés por la asociación manglar-pastos marinos-corales de arrecife, que considera que los arrecifes actúan disminuyendo la intensidad del oleaje, favoreciendo la acumulación de sedimentos finos, probablemente de origen terrígeno cercano, magnificado y modificado sustancialmente por los procesos humanos que ocurren fuera del Arrecife Verde en la costa veracruzana y en la cuenca de los ríos.

Es importante, en este contexto ambiental, señalar que estos aportes provenientes de las costas urbanas con descargas de los ríos Jamapa, La Antigua y Cotaxtla, se han incrementado notablemente como parte del proceso antropogénico regional. En la zona costera cercana a la ciudad-puerto de Veracruz desembocan pequeños afluentes, como el río Lagartos y río Medio, que aportan aguas contaminadas con cargas sedimentarias locales y que se extienden por el complejo arrecifal. Al norte

desemboca el río La Antigua, que recoge agua, sedimentos y contaminantes procedentes de una cuenca compleja, de pendientes abruptas, poblada por numerosos poblados de menos de 500 habitantes que realizan actividad agrícola y ganadera, básicamente de subsistencia. Dado que la propiedad de la tierra es principalmente ejidal se ha producido una deforestación acelerada que ha dejado como remanente una cuenca disminuida en 90% de su cobertura original y una alta erosión que se expresa en un aporte sedimentario que se extiende por la costa hacia el sur. De acuerdo con estimaciones generales derivadas de evaluaciones históricas del aporte de materiales suspendidos que registra la Conagua en las estaciones del río Jamapa, el aumento de descarga de sedimentos ha incrementado en un 1,000% por las actividades humanas en las cuencas (Arenas y Mananteau, 2014).

Las consecuencias de las transformaciones de las cuencas, incluidos los desarrollos urbanos en expansión, tienen efectos diversos en los sistemas arrecifales coralinos, sin duda también visibles en el Arrecife Verde; para los 104 países del mundo con arrecifes de coral el tema de las cuencas es central (Spalding *et al.*, 2001).

Sin duda, el crecimiento y desarrollo humano en la costa ocasiona cambios físicos, químicos y biológicos (Dikou, 2010), algunos de estos cambios son visibles en las colonias de corales formadoras de arrecifes, como el género *Pseudodiploria*, en el que se observaron, mediante microscopio electrónico de barrido, perforaciones de daño en la estructura del esqueleto, principalmente en el septum, en tres de las 20 colonias muestreadas en el AV, y que fueron más evidentes que en los arrecifes ya integrados a la costa, como La Gallega y La Galleguilla (Colín *et al.*, 2016). Los corales del género *Pseudodiploria* son considerados por Horta Puga y Tello Musi (2009) como más abundantes en las zonas más afectadas por descargas de aguas urbanas y actividades humanas.

Sin embargo, el tema de la dinámica, volumen, uso, geometría e interacción de los acuíferos costeros *onshore-offshore*, como los que se extienden en las costas veracruzanas con los ecosistemas costeros, es un tema pendiente de gran relevancia global que apenas hace muy poco tiempo se toma en consideración; la síntesis sobre las descargas de aguas submarinas en la biota marina es revisada por Lecher y Mackey (2018), y a nivel global en los ecosistemas marinos por Arenas y Hernández (en preparación).

Sin duda, para comprender la dinámica de la producción y de las interacciones con comunidades algales entre los pastos marinos, en la laguna arrecifal del AV deberán tomarse en cuenta los datos sobre los efectos de las aguas subterráneas en la producción y sustitución de algas

por *Thalassia*, reportados por Herrera-Silveira y Morales-Ojeda (2009), en la península de Yucatán.

Las características estructurales del AV, como la pendiente en sotavento, la laguna arrecifal, la cresta arrecifal y el arrecife frontal, presentan diferencias significativas con el resto de los arrecifes que forman parte del SAV.

La cresta arrecifal muestra sucesivos canales de varios metros de longitud, donde los corales se encuentran a más de 1.5 m de profundidad, sucedidos por zonas donde los corales se elevan ligeramente por encima del nivel medio del mar y constituyen las rompientes visibles desde lejos. La información reciente obtenida a partir del seguimiento experimental de palotadas en las playas, demuestra que muy probablemente este rasgo en la estructura de la cresta está siendo determinado por el efecto de golpe llamado *knock-out effect*, mencionado por Arenas *et al.* (2015) y propios de los grandes troncos arrastrados durante tormentas y huracanes provenientes de las partes altas de la cuenca que se acumulan en las zonas del estuario del río Jamapa. Este tema se desarrolla de manera cuantitativa en el capítulo 15 de este libro. Se estima que una reducción de la altura de la cresta ocasionada por este proceso, modifica de diversas maneras el régimen hidrológico, el tiempo de residencia y el aporte de nutrientes, entre otros.

Acompañando a los troncos, envueltas entre sus raíces se han observado, en la laguna arrecifal, entre ceibadales y en la playa de la isla, más de un centenar de piedras de diversas dimensiones y origen granítico, sedimentario y volcánico, que son trasladadas al arrecife y eventualmente descargadas al degradarse las palotadas. La dureza de estos materiales, comparada con las estructuras y derivados del ecosistema arrecifal los transforma, en periodos de marejadas, en elementos indestructibles y transformadores puntuales de zonas específicas.

Además, en la periferia del arrecife, en la zona de la cresta, se presenta un factor adicional que es la ausencia de la cresta arrecifal en la zona SW, y a menos de 200 m del cayo o isla, hacia el NE del mismo, el desarrollo de una notable fosa de menos de 20 m de amplitud que se extiende notablemente hacia adentro de la laguna arrecifal (Lámina 2, figura D). Esta fosa es visible por su color azul. En su interior se han observado troncos de dimensión y grosor significativo y corales en desarrollo. Particularmente, no existe explicación sobre su existencia ni su caracterización.

La laguna arrecifal presenta un sustrato arenoso o arenoso-calcáreo, donde se distinguen marcados ceibadales de fanerógamas y mantos algales de diversas especies, cuya distribución y dinámica puede estar determinada por la naturaleza geoquímica del sustrato.

Los arrecifes de coral son ecosistemas paradigmáticos. Ocupan los principales titulares no solo de revistas especializadas en biología, particularmente en revistas de biología de la conservación, sino también en revistas de divulgación científica y en periódicos de circulación cotidiana de casi todo el mundo. Las razones no son sorprendentes, es su icónica belleza subacuática y su diversidad, pero particularmente su fácil accesibilidad y vulnerabilidad. Son excelente estandarte para mostrar tanto el valor de la biodiversidad como la fragilidad de la herencia biológica hacia las diversas actividades del ser humano.

En la prestigiada revista *Nature*, se publicó un artículo sobre cómo el futuro de los arrecifes del mundo se encuentra en un balance delicado, pero que aún es tiempo de salvarlos (Hughes *et al.*, 2018). El calentamiento global derivado del cambio climático producido por las actividades humanas es una de las grandes amenazas para la funcionalidad ecológica de ecosistemas naturales, como los arrecifes de coral, su resiliencia es fundamental para los más de 100 millones de personas que dependen de ellos.

Su resiliencia descansa en su complejidad; la onda de calor sin precedentes que causó la muerte casi inmediata de los corales en la Gran Barrera Arrecifal Australiana, también mostró que después de semanas la composición taxonómica había derivado hacia un nuevo estado, debido a la divergente respuesta de los distintos taxa: una respuesta distinta a la ocasionada por los procesos antrópicos.

Por ello, es necesario definir el colapso de los ecosistemas en términos cuantitativos, y en lo posible asociar los causales con los efectos (Brad *et al.*, 2018). No es posible regresar en la historia y recobrar los ecosistemas del pasado, es necesario mantener su funcionalidad para el mejor futuro posible. Los arrecifes de coral son afectados simultáneamente de manera directa por dragado, desechos urbanos, contaminación, sobrepesca, llegada de nuevas especies, mareas rojas, arribazones algales, etc., e indirectamente por los cambios globales, como el aumento de temperatura, la disminución del pH y la alteración de los regímenes de precipitación local y regional, así como la intensidad, frecuencia y características de ciclones y tormentas tropicales. Estos elementos, combinados, están transformando los arrecifes de coral en nuevas configuraciones, donde las interacciones de especies están sucediendo de manera más frecuente, aunque a veces parece que son invisibles.

Lo que es particularmente visible, en especial en procesos históricos, es el impacto del uso de sus materiales para construcción y su superficie para construir bastiones o ciudades. El caso de Veracruz es un ejemplo, con una gran cantidad de lecciones y lecturas. Es visible el impacto de

varamientos que actualmente tienen que ser evitados y su costo implica reflexiones a fondo sobre el valor económico que representa su pérdida en metros cuadrados. También es evidente, para la sociedad en general, el impacto que tiene su aprovechamiento como recurso alimentario. La complejidad del manejo de su sustentabilidad es ejemplar académicamente, debido a la multiplicidad de interacciones que les caracterizan; en este sentido, también Veracruz es un excelente ejemplo ya que con frecuencia su aprovechamiento está asociado a procesos pesqueros artesanales y de consumo directo. Su cercanía a la superficie del mar es ejemplo biológico de procesos evolutivos excepcionales, lo que también los hace vulnerables a perturbaciones humanas globales, como el cambio climático y sus consecuencias sobre el nivel del mar, su temperatura y su acidificación.

Se trata de un recurso que también sirve para mostrar las diferencias y extensión de las perturbaciones alóctonas y locales, así como el efecto de la modificación de las cuencas, las costas, ecosistemas codependientes (manglar y arrecifes), los efectos de la contaminación por desarrollos urbanos, portuarios e industriales. Pero también los arrecifes muestran los impactos de actividades humanas alejadas de las costas, algunas de ellas previsible y otras visibles, como la contaminación de los ríos, la basura, los plásticos, etc., así como otras menos evidentes, como la pérdida de suelo y el aumento de materiales en suspensión, y otras más inesperadas, como el efecto de los cambios en las aguas subterráneas o los violentos efectos inesperados de la deforestación.

En este libro se presentan evidencias de lo ya conocido de los arrecifes coralinos. Evidencias obtenidas por diversas instituciones que muestran su enorme biodiversidad, extraordinaria existencia y formas de vida en condiciones consideradas inhóspitas para arrecifes de coral; y también se aportan evidencias de los efectos de diversa índoles de la actividad humana: especies invasoras o especies exóticas. Se explica la hidrodinámica regional y local; se abordan temas que por algunas razones no han sido abordados con frecuencia, como la presencia de agua dulce en un arrecife alejado de la costa, lo que podría explicar la incidencia de más del 46% de especies de coral con bacterias *Vibrio* spp. (Castañeda *et al.*, 2015), y se presentan nuevas evidencias del efecto de la deforestación de las cuencas sobre los arrecifes, todo como un ejemplo de efectos alóctonos que obligan a reflexionar sobre la vulnerabilidad de las zonas protegidas.

Queda de manifiesto que, el Arrecife Verde, aun cuando se ha estudiado desde hace más de tres décadas, dista de ser conocido y puede constituir un excelente laboratorio natural de las respuestas a la perturbación humana.

LÁMINA 2



Figura A. Árboles de mangle alrededor de la poza en el sureste de la isla. (Econatura, A. C.)

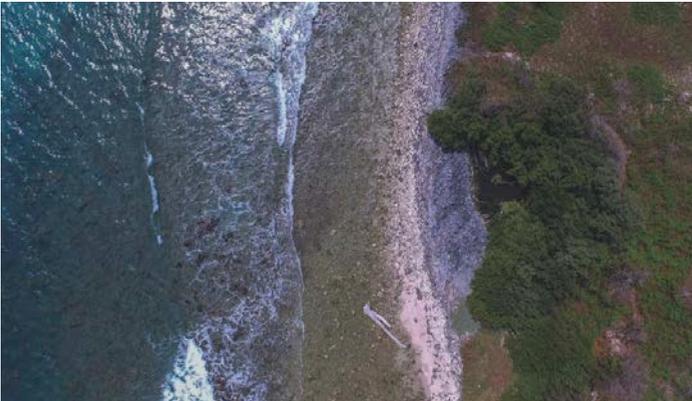


Figura B. Poza en la porción sureste de la isla, vista desde una altura de 100 m. Fotografía tomada con un RPAS Inspire 1. (Econatura, A. C.)



Figura C. RPAS Inspire 1 utilizado en el estudio del Arrecife Verde. (Econatura, A. C.)



Figura D. Fosa ubicada hacia el NE de la isla en la cresta arrecifal. Fotografía tomada con un RPAS Inspire 1. (Econatura, A. C.)

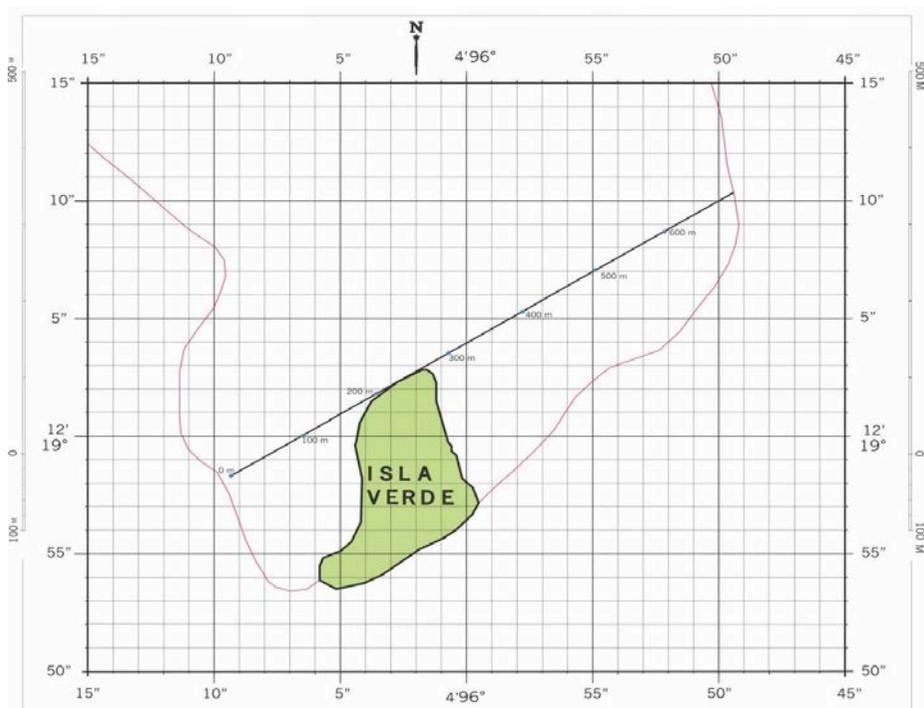


Figura E. Ubicación de banda de monitoreo ambiental, trabajada de 2005 a 2008 para el estudio de diferentes grupos biológicos por estudiantes de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. (Econatura, A. C.)

INICIO DEL PROCESO

En 1985, en la Dirección de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina se iniciaron trabajos de campo en los arrecifes de la costa este de México, con el objetivo de conocer qué especies de crustáceos estomatópodos y decápodos habitaban en las lagunas arrecifales. El primer arrecife muestreado fue Cayos Arcas, en Campeche. Posteriormente, los arrecifes Triángulo Oeste, Cayo Arenas, Alacrán e Isla Sacrificios (Hernández-Aguilera, 1989; Martínez-Guzmán y Hernández-Aguilera, 1993).

En el periodo de 1987 a 1996, dentro de los compromisos de colaboración entre la Secretaría de Marina y la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCUNAM), se efectuaron varios trabajos de campo en los arrecifes de Veracruz, Campeche y Yucatán, usando como plataforma de muestreo y apoyo logístico los buques de la Armada de México.

En 1998, dentro de la FCUNAM, contando con los permisos de pesca de fomento que otorga la Dirección General de Administración de Pesquerías, de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y los permisos de acceso de la Secretaría de Marina, se iniciaron una serie de trabajos de campo en el Arrecife Verde, con al menos cuatro visitas por año, terminando en el 2010.

De 2005 a 2008, con base en los antecedentes y diversas observaciones de campo en el Arrecife Verde, se decidió trazar y monitorear una banda en sentido suroeste-noreste, que pasara por un extremo del cayo emergido (isla), lo que permitió abarcar de tres a cuatro biotopos representativos de la laguna arrecifal, mismos que indicaron la representatividad biológica de la laguna, así como la variación espacio-temporal de la flora y fauna, permitiendo, a futuro, repetir en diferentes épocas las observaciones.

El trazado de la banda se realizó utilizando brújula, tres geoposicionadores portátiles Etrex marca Garmin y dos cabos de 1/8 de diámetro marcados cada 5 metros. La banda se marcó de 4 m de ancho por 600 m de largo, conteniendo 120 cuadros de 4 m x 5 m (20 m²) (Lámina 2, figura E).

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE EL ARRECIFE VERDE

Si bien es cierto que el Arrecife Verde es tan solo uno de los 45 arrecifes que se agrupan en el área natural protegida SAV (Camarena-Luhrs *et al.*,

2018), y que no es uno de los de mayor área, es uno de los seis arrecifes que presentan un cayó o isla, lo cual ha facilitado el acceso a los diferentes investigadores y grupos de estudiantes que lo han explorado. Además, es el cuarto arrecife en extensión del subgrupo frente al puerto de Veracruz y el noveno de los 45 que conforman el sistema.

Esperamos que la información que se presenta en esta contribución motive a los diversos colegas especialistas, tanto en temas de oceanografía física, química, biológica y de contaminación, entre otras, a dar a conocer la información de otros arrecifes ampliamente explorados del PNSAV.

Literatura citada

- Australian Bureau of Meteorology. 2016. *Marine heatwave on the Great Barrier Reef*. <http://www.bom.gov.au/environment/doc/marine-heatwave-2016.pdf>.
- ARENAS, V. y L. Mananteau. 2014. Thousandfold sediment delivery, port development and coral reef conservation: The 500 years Veracruz dilemma. *The 2014 Ocean Sciences Meeting*.
- BLAND, L. M., J. A. Rowland, T. J. Tracey, D. A. Keith, N. J. Murray, R. E. Lester, M. Linn, J. P. Rodríguez y E. Nicholson. 2018. Developing a standardized definition of ecosystem collapse for risk assessment. *Frontiers in ecology and the environmental*, 16(1): 29-36.
- CAMARENA-LUHRS, T., E. Gray-Vallejo, F. Liaño-Carrera y J. Aragón-González. 2017. Localización y superficies de los principales edificios arrecifales y definición de grupos morfo-funcionales en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *X Congreso Internacional de Áreas Protegidas*. 3-7 de julio del 2017, La Habana Cuba. 26 pp.
- CASTAÑEDA-CHÁVEZ, M. R., F. Lango-Reynoso, I. Galaviz-Villa y J. L. García-Fuentes. 2015. *Vibrio* spp. en corales del Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 267-280. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (Eds.). *Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche.
- CIFUENTES-LEMUS, J. L. 1971. *Estudio preliminar del arrecife de Isla Verde, Veracruz, Ver.* Reporte de campo. Facultad de Ciencias. UNAM.
- CRUZ-ABREGO, F. M., F. Flores-Andolais y V. Solis-Weiss. 1991. Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descargas de aguas continentales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 18: 247-259.

- HERNÁNDEZ-AGUILERA, J. L. 1989. Comparación de la fauna carcinológica (Stomatopoda y Decapoda) de cinco arrecifes del Golfo de México. Pp. 572-585. En: *Memorias de la II Reunión Indicativa de Actividades Regionales Relacionadas con la Oceanografía (Golfo de México y mar Caribe mexicanos)*, Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica. Memoria, tomo 2. Pp. 466-946.
- HERRERA-SILVEIRA, J. A. y S. M. Morales-Ojeda. 2009. Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 59: 72-86.
- HORTA-PUGA, G. y J. L. Tello-Musi. 2009. *Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa*. Informe final SNIB-Conabio proyecto núm. DM005. México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- HUGHES, T. P., J. T. Kerry, A. H. Baird, S. R. Connolly, A. Dietzel, C. M. Eakin, S. F. Heron, A. S. Hoey, M. O. Hoogenboom, G. Liu, M. J. McWilliam, R. J. Pears, M. S. Pratchett, W. J. Skirving, J. S. Stella y G. Torda. 2018. Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556(7702): 492-496.
- LECHER, A. L. y K. R. M. Mackey. 2018. Synthesizing the effects of submarine groundwater discharge on marine biota. *Hydrology*, 5(60): 21.
- MARTÍNEZ-GUZMÁN, L. A. y J. L. Hernández Aguilera. 1993. Crustáceos, estomatópodos y decápodos del Arrecife Alacrán, Yucatán. Pp. 609-629. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y CiQro, México.
- MENDEL-ALBARADO, T. 2014. *Efecto de la sedimentación en la estructura de la comunidad de corales duros del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz.
- SPALDING, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. Berkeley: University of California Press.
- WOODROFFE, C. D. 2018. Mangroves and coral reefs. David Stoddart and the Cambridge physiographic tradition. *Atoll Research Bulletin*, 619: 121-145.

PATRÓN DE CORRIENTES

David Salas-Monreal,¹ José de Jesús Salas-Pérez,² María Adela Monreal-Gómez,³ David Alberto Salas de León,³ Mayra Lorena Riverón-Enzástiga⁴

CARACTERÍSTICAS QUE MODULAN LA DINÁMICA DE LAS CORRIENTES MARINAS DEL SAV

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se localiza frente a la costa occidental del Golfo de México, frente al puerto de Veracruz (Figura 1). La plataforma continental es angosta frente a este puerto, tiene una extensión perpendicular a la costa que varía entre 6 y 45 km, presenta una batimetría compleja la cual puede influir en el patrón de corrientes. Durante el otoño, invierno, primavera y gran parte del verano, las corrientes en esta región vienen del norte, el viento juega un papel importante en la generación del patrón de circulación; sin embargo, el patrón de corrientes es modulado tanto por la batimetría de la región como por las corrientes de meso-escala. El SAV consta de dos grupos de arrecifes; en el grupo del sur se encuentran los arrecifes de mayor extensión, mientras que en el grupo del norte, frente al puerto de Veracruz se localizan los arrecifes menos extensos, dentro de esta zona se encuentra el Arrecife Verde (AV) (Figura 1), que actúa como una barrera física y produce rectificación de la corriente. Esta rectificación puede ser por fricción, en cuyo caso la corriente se orienta en dirección de las isobatas, o por vorticidad potencial cuando la corriente se orienta en forma perpendicular a ellas.

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Campus Veracruz, Universidad Veracruzana. Calle Hidalgo 617, col. Río Jamapa, CP 94290 Boca del Río, Ver. davsalas@uv.mx

² Facultad de Ciencias Biológico-Agropecuarias, campus Tuxpan, Universidad Veracruzana. Calle Hidalgo 617, col. Río Jamapa, CP 94290, Boca del Río, Ver.

³ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Ciudad de México

⁴ Noodwijk International College, Cience Department, Boulevard del Mar 491, CP 94299, Veracruz.

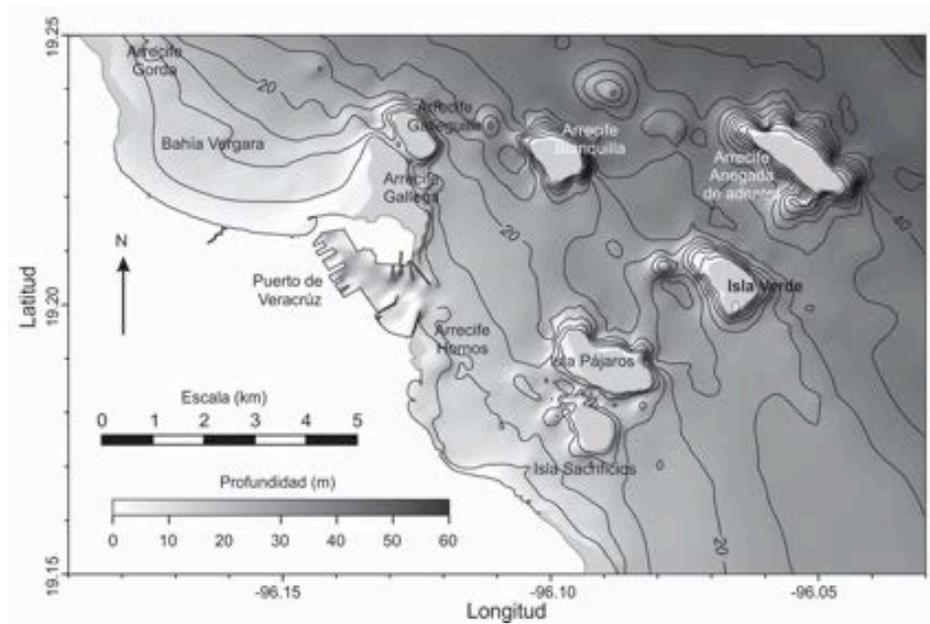
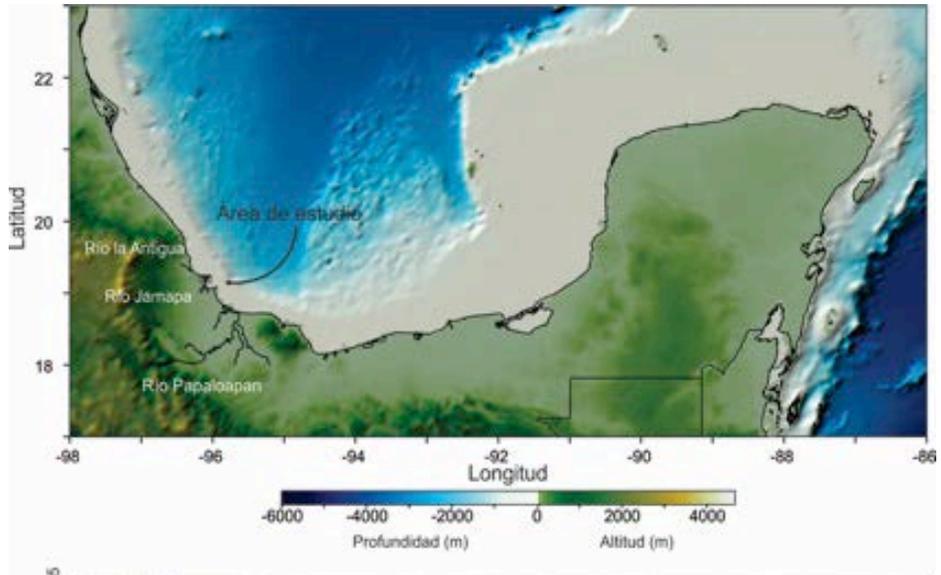


Figura 1. Parte norte del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), donde se localiza el Arrecife Verde (AV), en el occidente del Golfo de México.

El clima, para la zona costera veracruzana, frente al puerto de Veracruz y por lo tanto para el AV, es de cálido húmedo a sub-húmedo con lluvias en verano. Aun cuando la temporada de lluvias predomina en el verano, existen lluvias esporádicas debidas a bajas presiones y condiciones atmosféricas de meso y macro-escala (huracanes y tormentas tropicales), que permiten el desarrollo favorable del ecosistema en el AV. Estas bajas presiones provocan que el nivel del mar se incremente (Salas-Monreal y Valle-Levinson, 2008), mientras que las altas presiones (ausencia de lluvias) dominantes durante el invierno, generan una disminución en el nivel del mar. La temperatura promedio anual de la atmósfera oscila entre 22 y 26 °C (INEGI, 2000). Los frentes fríos atmosféricos producen un descenso de la temperatura del aire, que a su vez provoca una disminución de la temperatura del mar, debido por un lado a la mezcla vertical producida por los vientos y, por otro lado, los vientos del norte generan corrientes hacia el sur que acarrear agua fría desde la plataforma de Texas-Louisiana hasta la zona donde se ubica el SAV (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Salas-Pérez y Arenas-Fuentes, 2011). Durante la temporada de invierno y principios de primavera, cuando se presentan frentes fríos atmosféricos, la temperatura superficial del mar muestra una franja de agua fría en la costa oeste del Golfo de México (Figura 2). En la temporada de verano, cuando los vientos soplan del sureste, se presenta un aumento en la temperatura del aire y del agua. Al aumentar la temperatura del agua, el nivel del mar tiende a aumentar, mientras que cuando la temperatura disminuye, el nivel del mar tiende a disminuir (Salas-Monreal y Valle-Levinson, 2008).

La plataforma interna frente al puerto de Veracruz es influenciada por las descargas de los ríos Jamapa, con un aporte promedio de $1.89 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$, La Antigua, con una descarga promedio anual de $2.88 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ y Papaloapan con un aporte de $36.19 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ (Tamayo, 1999); de estos tres ríos, el Jamapa es el más cercano al AV y con excepción de la temporada de lluvias este río no afecta directamente la circulación costera en el área circundante al arrecife, debido a la baja descarga de agua dulce. Los ríos no sólo pueden llegar a generar gradientes de presión, también constituyen uno de los principales aportes de nutrientes, sedimentos y partículas suspendidas de todos tamaños que llegan a afectar al arrecife de forma directa, principalmente en la temporada de lluvias.

Los valores normales de la descarga de los ríos, La Antigua y Papaloapan, muestran que la temporada de lluvias en la región es verano-otoño (Figura 3); además, es notorio que la descarga del río La Antigua es un orden de magnitud menor que la del río Papaloapan (Riverón-Enzástiga, 2008).

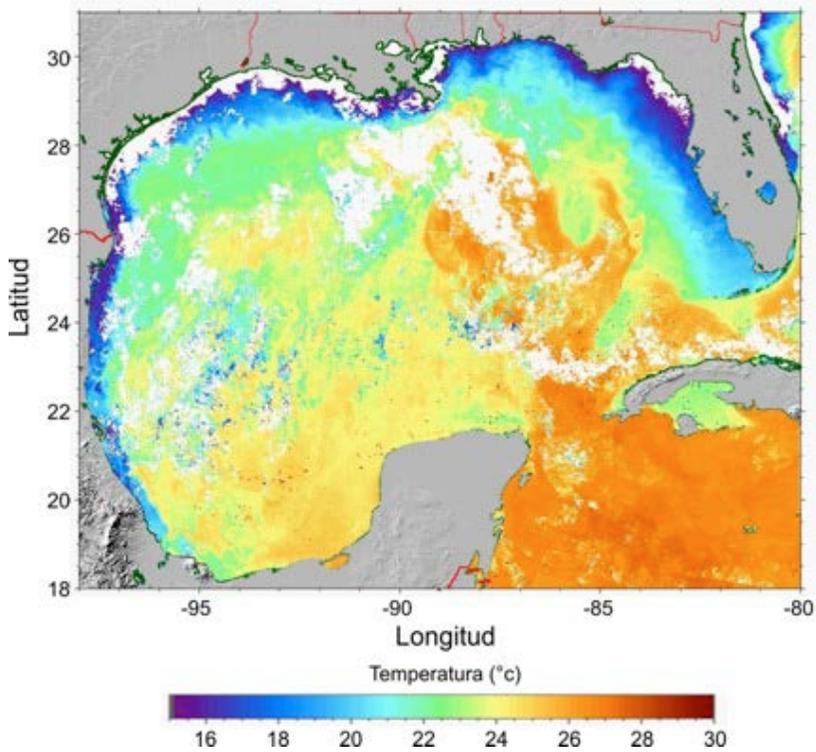


Figura 2. Distribución de temperatura superficial durante un evento de “norte”, del 7 de febrero de 2005. (Según Ocean Remote Sensing Group, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

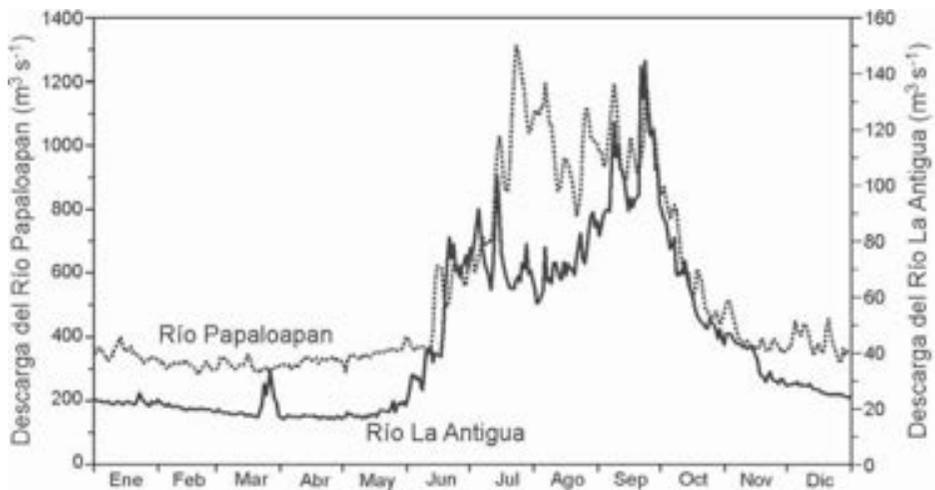


Figura 3. Valores normales de la descarga del río Papaloapan y del río La Antigua. (Modificada de Riverón-Enzástiga, 2008)

Se ha reportado que las condiciones atmosféricas; vientos dominantes del norte durante el otoño e invierno y vientos dominantes del sur, sureste y suroeste, durante la primavera y verano (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003), son los principales causantes de las corrientes en el SAV. Debido a que el sistema arrecifal es muy somero, las corrientes tenderán a moverse en la misma dirección que el viento; sin embargo, debido a la compleja batimetría del área, las corrientes son rectificadas por efectos de fricción y vorticidad potencial (Riverón-Enzástiga *et al.*, 2016). Los fuertes vientos observados generalmente durante el invierno (nortes) no permiten que se desarrolle una marcada termoclina, haloclina y pycnoclina, y generan mezcla vertical. Sin embargo, al aumentar la salinidad el nivel del mar disminuye, contrario a lo que ocurre cuando disminuye la salinidad (Salas-Monreal y Valle-Levinson, 2008). Este fenómeno puede apreciarse cada año, debido a las variaciones estacionales observadas con series largas de tiempo en las que se observan fluctuaciones debidas al cambio climático (Figura 4) con un incremento de aproximadamente 1.4 mm año⁻¹ para los principales puertos del estado: Tuxpan, Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos (Salas de León *et al.*, 2006).

La plataforma continental frente al puerto de Veracruz es un área de gran interés debido a su ubicación geográfica y a la presencia de arrecifes de coral; sin embargo, aun cuando el puerto de Veracruz es una de las ciudades más antiguas de América (1519), la información oceanográfica que se tiene del lugar es escasa. Un estudio realizado por Jiménez-Hernández *et al.* (2007) marca que las investigaciones oceanográficas han sido insuficientemente abordadas en los estudios realizados de 1891 al 2006, representando menos de 6% de las publicaciones disponibles. Sin embargo, en el estado de Veracruz recientemente se han incrementado los grupos de investigación en el área de oceanografía física, lo cual ha traído consigo un gran interés en el estudio de la dinámica del Sistema Arrecifal Veracruzano.

De acuerdo con el régimen de vientos, la dinámica en el Sistema Arrecifal Veracruzano está influenciada por un régimen de tipo generalmente bidireccional o polarizado, durante la temporada de nortes y suradas el viento del norte-sur genera corrientes hacia el sur-norte (Salas-Pérez y Arenas-Fuentes, 2011; Salas-Monreal *et al.*, 2009), mientras que, en la temporada de verano las corrientes cuentan con una dirección dominante hacia el norte (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). Sin embargo, se ha observado que en verano la circulación en el norte del SAV es predominantemente hacia el sur (Salas-Monreal *et al.*, 2019). La complejidad de la batimetría del área de estudio influencia la circulación en el AV, en

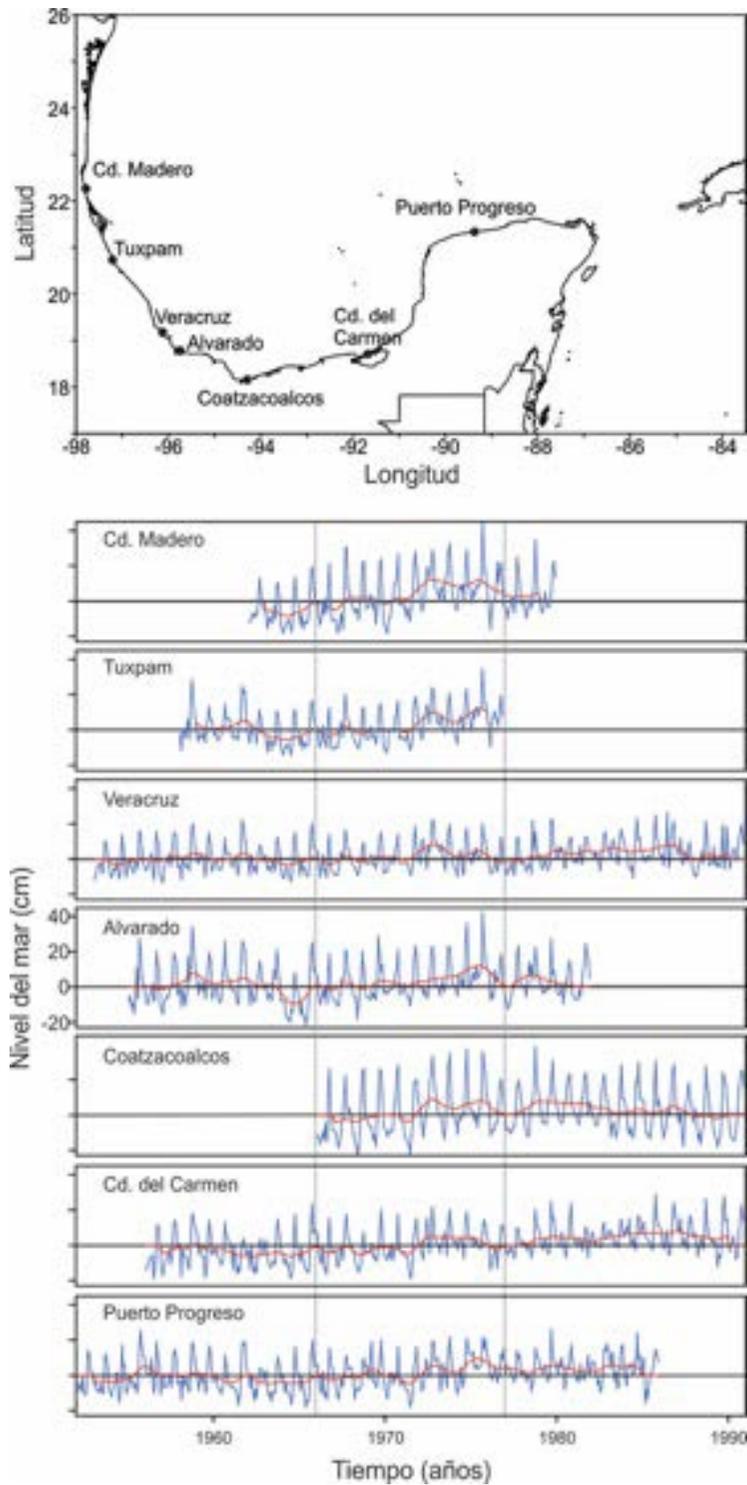


Figura 4. Nivel del mar desde 1950 hasta 1990 en siete puertos del Golfo de México. (Según Salas de León *et al.*, 2006).

esta región generalmente las corrientes son menores a los 50 cm s-1, las cuales favorecen la existencia de los corales en el arrecife.

La mayoría de los trabajos realizados en los sistemas arrecifales del mundo se han enfocado a investigar el transporte de sedimentos o contaminantes (Morelock *et al.*, 1983), en arrecifes coralinos como el AV, donde se enfocan a estudiar el transporte de larvas de coral (Harrison *et al.*, 1983; Chacón-Gómez, 2009), agregaciones de peces (Domeier y Colin, 1997) y de larvas de organismos en su etapa planctónica (Shulman y Ogden, 1987). Estudios sobre la distribución del sedimento debido a procesos advectivos en la región (Salas de León *et al.*, 2008; Salas-Monreal *et al.*, 2009) sustentan el patrón de circulación y su efecto sobre la dispersión de partículas suspendidas o de organismos planctónicos en los sistemas arrecifales. En el SAV la mayoría de los estudios oceanográficos se han realizado mediante modelación numérica (Figura 5) o con datos de corriente de una sola temporada. Un estudio resume la distribución de corrientes a lo largo de un año en la zona norte del SAV, donde se localiza el AV; particularmente en la vecindad de este arrecife se han representado las corrientes mediante los vectores progresivos en diferentes épocas del año (Figura 6), indicando que en primavera las corrientes van hacia el noroeste y en las otras tres estaciones las corrientes tienen un fuerte componente hacia el sur (Salas-Pérez *et al.*, 2012). En la región los cambios abruptos de batimetría, ya sean debidos a los arrecifes de coral, islas o bancos de coral, rectifican la corriente y atenúan la energía de la marea (Gourlay, 1996; Wolanski y Spagnol, 2000), produciendo meandros o giros (Storlazzi *et al.*, 2006; Legrand *et al.*, 2006; Salas-Monreal *et al.*, 2009). Lo anterior genera áreas con diferente turbidez y productividad biológica, que son de gran importancia para los corales (Hayward, 1982). Con base en la información detallada anteriormente, el presente capítulo presenta un primer diagnóstico oceanográfico sobre la dinámica en el Arrecife Verde (AV).

¿QUÉ MECANISMOS GENERAN LAS CORRIENTES MARINAS EN EL ARRECIFE VERDE?

El oleaje es uno de los factores importantes en el movimiento del agua. En el AV el oleaje es generado por el régimen de vientos del noreste y sureste, principalmente. Las olas más altas se pueden observar durante el invierno y durante la temporada de los vientos del este. Cuando las olas sienten fondo o rompen, generan movimientos horizontales del

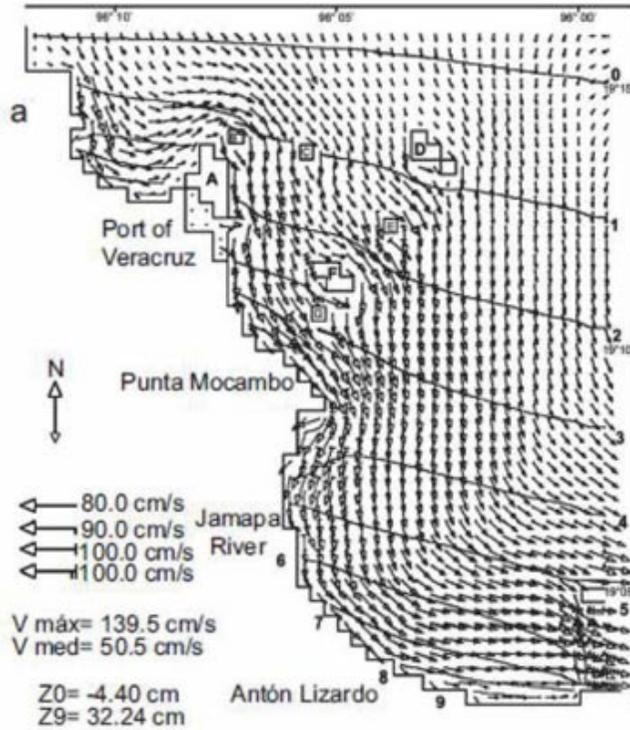


Figura 5. Patrón de corrientes superficiales modeladas durante un evento de “nortes”, con vientos de 30 m s-1. (Según Caballero-Rosas, 1990)

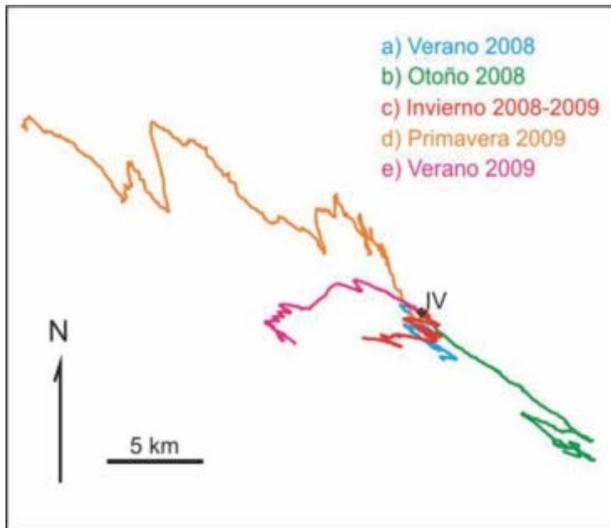


Figura 6. Diagrama de vectores progresivos de la corriente verticalmente promediada en el Arrecife Verde en diferentes estaciones: a) verano 2008, b) otoño 2008, c) invierno 2008-2009, d) primavera 2009, e) verano 2009. La posición inicial es marcada por IV.

agua por deriva de Stokes, debido a la poca profundidad del Arrecife Verde, el oleaje produce corrientes litorales.

Por otra parte, la marea en la plataforma continental, frente al puerto de Veracruz, es mixta con dominación diurna (Salas-Pérez *et al.*, 2008); es decir, la elevación de la superficie del mar presenta un máximo y un mínimo notorio al día. Las amplitudes de las velocidades de la corriente de marea son menores a los 50 cm s⁻¹. Las elipses de marea se orientan de forma paralela a la costa, con ejes mayores en dirección noreste-suroeste, estas corrientes de marea son de baja energía. Las corrientes lagrangianas obtenidas mediante boyas de deriva (Salas-Pérez *et al.*, 2007) y las corrientes eulerianas obtenidas mediante anclajes (Salas-Pérez y Salas-Monreal, 2009; Salas-Monreal *et al.*, 2009) muestran que el eje mayor de la elipse de marea se encuentra orientado de sur a norte, con amplitudes menores a los 10 cm s⁻¹ para la componente K y menores a los 7 cm s⁻¹ para la componente M (Salas-Pérez *et al.*, 2007). Aun cuando la componente diurna de la marea domina, de acuerdo con el análisis espectral de la altura del nivel del mar (Figura 7), la componente quincenal (Msf) también es importante (Salas-Pérez *et al.*, 2008).

Las frecuencias características de las componentes de la velocidad en el sur de AV se muestran en la figura 8, donde se reflejan tanto las frecuencias de la corriente por marea como las frecuencias más bajas. Salas-Monreal *et al.* (2009), durante la temporada de vientos del sur, mediante un ADCP registraron las corrientes en el SAV, recorriendo varias veces distintos transectos; al filtrar las corrientes de marea se obtuvieron las corrientes submareales, cuyo patrón de circulación muestra una circulación hacia el norte con dos pequeños vórtices ciclón-anticiclón (Figura 9).

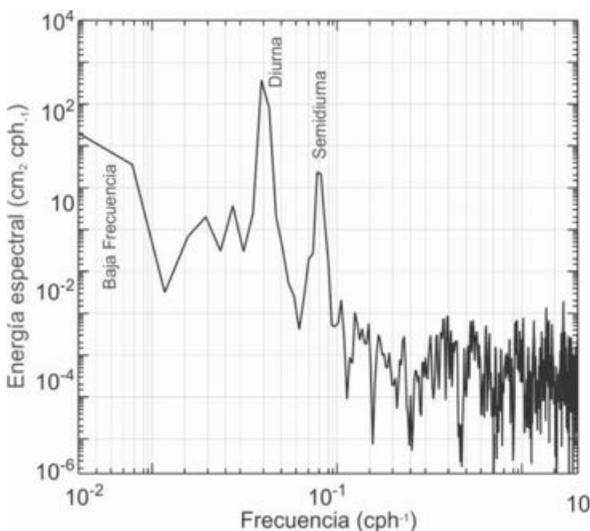


Figura 7. Análisis espectral de la altura del nivel del mar frente al puerto de Veracruz. (Según, Salas-Pérez *et al.*, 2008)

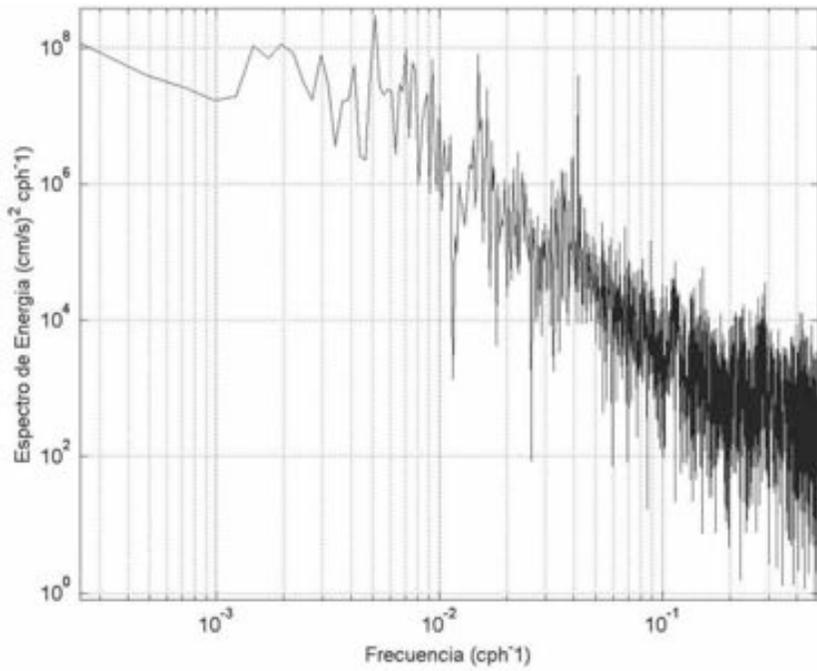


Figura 8. Espectro de energía de las componentes de la velocidad (u,v) para la zona sur del Arrecife Verde. (Según Salas-Pérez y Salas-Monreal, 2009)

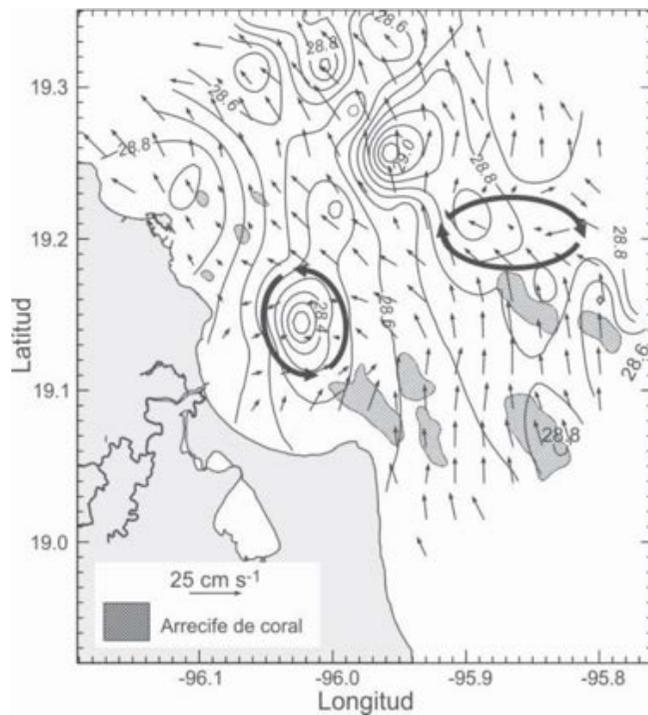


Figura 9. Corrientes submareales superficiales en el SAV con vientos del sur. (Según Salas-Monreal *et al.*, 2009)

A escalas de decenas de metros se puede distinguir la formación de Ondas de Lee, las cuales son ondas generadas por efectos batimétricos. Durante el verano del 2008, Salas-Monreal *et al.* (2009) reportaron la posible presencia de Ondas de Lee frente a Isla de Sacrificios, generadas por la marea y la presencia de agua más salina dentro de la laguna arrecifal, donde el agua se evapora generando altas temperaturas y salinidades. Por lo tanto, las Ondas de Lee son uno de los factores físicos que determinan la localización de los organismos planctónicos en la columna de agua. Aunque estas ondas fueron sugeridas para el arrecife Isla Sacrificios, podría ocurrir el mismo fenómeno en el AV, debido a su similitud en cuanto a características topográficas.

Como se mencionó anteriormente, el SAV cuenta con una distribución de corrientes relacionada con el régimen de vientos, estos vientos cuentan generalmente con una componente paralela a la costa. Por otro lado, los vientos generan olas de gran intensidad; durante el invierno, se presentan vientos del norte con masas de aire polar, las cuales son localmente conocidas como “nortes” (Semar, 2002). Durante estos nortes las ráfagas de viento alcanzan velocidades mayores a 100 km/h-1, originando mezcla en toda la columna de agua y, debido a la poca profundidad del AV, las corrientes tienden a moverse en la misma dirección desde la superficie hasta el fondo. Durante la temporada en que se presentan vientos del este (primavera y otoño), se origina un transporte de humedad, ocasionando lluvias intensas (Semar, 2002), con una precipitación entre 1,000 y 1,500 mm año-1 (INEGI, 2000), esto, aunado al incremento de la descarga de agua dulce, produce picnoclinas bien marcadas, lo cual ocasiona diferencias entre las corrientes superficiales y las del fondo (Salas-Monreal *et al.*, 2009). Finalmente, en el verano el viento dominante del sur (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Salas-Pérez *et al.*, 2008; Salas-Monreal *et al.*, 2009), conocido localmente como “suradas”, genera corrientes de sur a norte, las cuales transportan material suspendido de la zona sur del SAV y del río Jamapa hacia el AV.

El viento es uno de los forzantes más importantes en cuanto a la circulación del AV. Sin embargo, no es el único mecanismo de forzamiento en el área de estudio, dado que sobre el SAV se ha detectado gran influencia de los procesos de mesoescala que ocurren en el Golfo de México (GM). A baja frecuencia, la circulación del GM está dominada por la Corriente de Lazo, y por un giro anticiclónico con características de corriente de frontera oeste (Figura 2; Behringer *et al.*, 1977; Carrillo *et al.*, 2007, Vázquez de la Cerda, 1975; Monreal-Gómez y Salas de León 1997), estos giros son modificados por la batimetría (Hurlburt y Thompson, 1980) lo cual es más

evidente en la plataforma continental, ya que es ahí donde la profundidad cambia bruscamente. Cuando los giros que se desprenden de la Corriente de Lazo llegan a la plataforma continental, estos generan un par de giros, ciclónico-anticiclónico (Vidal *et al.*, 1992; Carrillo *et al.*, 2007) los cuales mezclan verticalmente el agua, principalmente durante el invierno.

Otro de los factores que afecta el patrón de corrientes en el SAV es la descarga de los ríos, principalmente esa del río Jamapa dada su proximidad con el AV. El río Jamapa genera gradientes de presión (cambios horizontales en la densidad), los cuales a su vez influyen en el patrón de corrientes (Salas-de-León *et al.*, 2008). Estos gradientes no son permanentes, ya que se ven modificados por la marea, durante las mareas vivas la estratificación vertical se reduce y la productividad primaria aumenta (Ducklow, 1982).

Literatura citada

- Behringer, D. W., R. L. Molinari y J. R. Festa. 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 82: 5469-5476.
- Carrillo, L., G. Horta-Puga y J. P. Carricart-Ganivet. 2007. Climatology and Oceanography. En: *Coral Reefs of Southern Gulf of Mexico*. J. W. Tunnell, E. Chavez, K. Withers (Eds.). Texas A y M University Press.
- CHACÓN-GÓMEZ, I. C. 2009. *El análisis de procesos oceanográficos como apoyo al manejo costero: estudio de caso en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano en el Golfo de México*. Universidad Nacional de Costa Rica. Tesis de Maestría.
- DOMEIÉ, M. L. y P. L. Colin. 1997. Tropical reef fish spawning aggregations: defined and reviewed. *Bulletin of Marine Science*, 60: 698-726.
- DUCKLOW, H. W. 1982. Chesapeake Bay nutrient and plankton dynamics. *Limnology and Oceanography*, 24(4): 651-659.
- GOURLAY, M. R. 1996. Wave set-up on coral reefs. 1. Set-up and wave-generated flow on an idealized two dimensional horizontal reef. *Coastal Engineering*, 27: 161-193.
- Harrison, P. L., R. C. Babcock, G. D. Bull, C. Carden, C. Wallace y B. L. Willis. 1983. Mass spawning in tropical reef corals. *Science*, 223(4641): 1186-1189.
- HAYWARD, A. B. 1982. Coral reefs in a clastic sedimentary environment: fossil (Miocene, S.W. Turkey) and modern (recent, Red Sea) analogues. *Coral Reefs*, 1: 109-114.
- HURLBURT, H. E. y J. D. Thompson. 1980. A numerical study of loop current intrusions and eddy shedding. *Journal of Physical Oceanography*, 10: 1611-1651.

- INEGI, 2000. *Tabulados Básicos Nacionales*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
- JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, M. A., A. Granados-Barba y L. Ortiz-Lozano. 2007. Análisis de la información científica en el sistema arrecifal veracruzano. Pp. 1-16. En: *Investigaciones científicas en el sistema arrecifal veracruzano*. A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas, J. M. Vargas-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Campeche. México, 304 pp.
- LEGRAND, S., E. Deleersnijder, E. Hanert, V. Legat y E. Wolanski. 2006. High-resolution unstructured meshes for hydrodynamic models of the Great Barrier Reef, Australia. *Estuarines Coast and Shelf Science*, 68: 36-46.
- MONREAL-GÓMEZ, M. A. y D. A. Salas de León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. Pp. 183-199. En: *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. M. F. Lavin (Ed.). Monografía núm. 3, Unión Geofísica Mexicana. 272 pp.
- MORELOCK, J., K. Grove y M. L. Hernández. 1983. Oceanography and patterns of shelf sediments, Mayaguez, Puerto Rico. *Journal of Sedimentary Research*, 53(2): 371-381.
- RIVERÓN-ENZÁSTIGA, M. L. 2008. *Análisis de la variabilidad de las descargas de agua de los principales ríos de la Cuenca del Golfo de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 80 pp.
- RIVERÓN-ENZÁSTIGA, M. L., N. Carbajal y D. Salas-Monreal. Tropical coral reef system hydrodynamics in the western Gulf of Mexico. *Scientia Marina*, (80): 1-10.
- SALAS DE LEÓN, D. A., M. A. Monreal-Gómez, M. A. Díaz-Flores, D. Salas-Monreal, H. Velasco-Mendoza, M. L. Riverón-Enzástiga y G. Ortiz-Zamora. 2008. Role of near-bottom currents in the distribution of sediments within the southern bay of Campeche, Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 24(6): 1487-1494.
- SALAS DE LEÓN, D. A., M. A. Monreal-Gómez, D. Salas-Monreal, M. L. Riverón-Enzástiga y N. L. Sánchez-Santillan. 2006. Inter-annual sea level variability in the southern Gulf of Mexico (1966-1976). *Geophysical Research Letters*, 33. L08610.
- SALAS-MONREAL, D. y A. Valle-Levinson. 2008. Sea-level slopes and volume fluxes produced by atmospheric forcing in estuaries: Chesapeake Bay case study. *Journal of Coastal Research*, 24 (2B): 208-217.
- Salas-Monreal, D., D. A. Salas de León, M. A. Monreal-Gómez y M. L. Riverón-Enzástiga. 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*, 28: 871-879.
- SALAS-PÉREZ, J. J. y A. Granados-Barba. 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera*, 21(3): 281-301.

- SALAS-PÉREZ, J. J., D. Salas-Monreal, V. E. Arenas-Fuentes, D. A. Salas-de-León y M. L. Riverón-Enzástiga. 2008. Tidal characteristics in a coral reef system from the western Gulf of Mexico, *Ciencias Marinas*, 34(4): 467-478.
- SALAS-PÉREZ, J. J. y V. Arenas-Fuentes. 2011. Winter water mass of the Veracruz Reef System. *Atmósfera*, 24(2): 221-231.
- SALAS-PÉREZ, J. J., D. Salas-Monreal, M. A. Monreal-Gómez, M. L. Riverón-Enzástiga y C. Llasat. 2012. *Seasonal absolute acoustic intensity, atmospheric forcing and currents in a tropical coral reef system*, *Estuarine Coastal and Shelf Science*.
- SALAS-PÉREZ, J. J. y D. Salas-Monreal. 2009. *Series largas de perfiles de velocidad en el Sistema Arrecifal Norte 2008-2009: Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Golfo de México Occidental*. Informe técnico. Conacyt-Universidad Veracruzana, proyecto 59882. 40 pp.
- SALAS-PÉREZ, J. J., J. M. Vargas-Hernández, V. Arenas-Fuentes y P. Balderas-Cruz. 2007. Trayectoria de masas de agua en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y modelos numéricos: circulación de verano. Pp. 17-26. En: *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Campeche, México, 304 pp.
- SEMAR. 2002. *Propuesta de Programa de Manejo del Parque Marino Nacional. Sistema Arrecifal Veracruzano*. México. 126 pp.
- SHULMAN, M. J. y J. C. Ogden. 1987. What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. *Marine Ecology Progress Series*, (39): 233-242.
- STORLAZZI, C. D., M. A. McManus, J. B. Logan y M. G. McLaughlin. 2006. Cross-shore velocity shear, eddies and heterogeneity in water column properties over fringing coral reefs: West Maui, Hawaii. *Continental Shelf Research*, 26: 401-421.
- TAMAYO, J. L. 1999. *Geografía moderna de México*, Trillas, México. 512 pp.
- VÁZQUEZ DE LA CERDA, A. M. 1975. *Currents and waters of the upper 1200 m of the Southwestern Gulf of Mexico*. Master's Thesis, Texas A&M University. 107 pp.
- VIDAL, V. M. V., F. V. Vidal y J. M. Pérez-Molero. 1992. Collision of a loop current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 97: 2155-2172.
- WOLANSKI, E. y S. Spagnol. 2000. Sticky waters in the Great Barrier Reef. *Estuaries Coast and Shelf Science*, 50: 27-32.
- ZAVALA-HIDALGO, J., S. L. Morey y J. J. O'Brien. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C12), 3389, doi: 10.1029/2003JC001879.

VARIACIÓN HIDROGRÁFICA

*Mayra Lorena Riverón-Enzástiga,¹ José Otilio Avendaño Alvarez,²
Marisol Robles Cortéz,² Jannay Jasso Montoya,² Lorena Contreras Espinoza,²
David Salas-Monreal³*

El Arrecife Verde (AV) se encuentra influenciado por las condiciones meteorológicas de meso-escala del Golfo de México (Dubranna *et al.*, 2011; Morey *et al.*, 2005). Se localiza en una zona que cuenta con una batimetría compleja debido a la presencia de bancos de arena poco profundos, arrecifes e islas que forman un serie de canales con dimensiones variables, lo cual puede modificar la circulación y generar giros ciclónicos y anticiclónicos (Salas-Monreal *et al.*, 2009). Se ha documentado que la energía de las corrientes tiene mayor impacto sobre la concentración de la clorofila-a, mientras que el viento puede tener influencia sobre la distribución (Verity *et al.*, 1998); sin embargo, la profundidad a la que se encuentren la mayoría de los organismos planctónicos depende en gran medida de la estratificación de la columna de agua, de ahí la importancia de estudiar los parámetros hidrográficos en el AV.

En el Golfo de México y en las zonas costeras se han encontrado puntos específicos de alta concentración de clorofila-a, cercanos a la termoclina, y en donde la picnoclina es somera y en la desembocadura de los ríos (Vidal *et al.*, 1994; Signoret *et al.*, 1998; Aguirre-Gómez 2002; Signoret *et al.*, 2006). Además, entre los giros ciclónicos y anticiclónicos pueden existir altas concentraciones de clorofila-a, dependiendo de las dimen-

¹ Cience Department, Noordwijk International College, Boca del Río, Veracruz, México. mayraydavid2000@gmail.com

² Posgrado en Ecología y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

³ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Campus Veracruz, Universidad Veracruzana.

siones de los giros y del tiempo de residencia de los mismos (Torner *et al.*, 2003; Salas-Monreal *et al.*, 2009).

La hidrodinámica en el océano es uno de los factores de mayor importancia sobre los ecosistemas marinos, como pueden ser los arrecifes coralinos. Los modelos a gran escala pueden sobrestimar las variaciones y el comportamiento de los parámetros hidrográficos a menor escala, como en el caso del AV. Uno de los principales factores que regulan la distribución de los organismos alrededor del AV son las variaciones de los parámetros hidrográficos. Las variaciones temporales y espaciales son factores altamente estresantes; los corales sufren estrés por el arrastre de partículas suspendidas o por la fricción que se ejerce sobre ellos y que puede llegar a desprenderlos, sin embargo, cuando el agua presenta menor movimiento sufren estrés, ya que disminuye el intercambio gaseoso entre la masa de agua y los tejidos de los organismos (Nakamura, 2010). La temperatura y salinidad de la masa de agua afecta a los corales, quienes requieren de un rango de temperatura entre 23 y 28 °C, por lo que son altamente sensibles a variaciones de un 1 °C, esta variación puede causar estrés termal en los pólipos, provocando la expulsión de sus simbioses en un proceso conocido como blanqueamiento coralino (Hoegh, 1999, 2004); además, el cambio de la temperatura en la capa superficial del agua puede ocasionarle diversos trastornos, como son la activación de enfermedades bacterianas, alteración de la tasa de respiración, inhibición de la fotosíntesis y la secreción de calcio para la producción de su esqueleto (Iglesias-Prieto, 1992; Nakamura, 2010). Por otra parte, la disminución o aumento de salinidad también puede dañar la tasa de respiración y fotosíntesis de los corales, siendo proporcional el daño a la magnitud del cambio (Moberg *et al.*, 1997). Kerswell y Jones (2003) mencionan que las precipitaciones en regiones tropicales son uno de los principales factores de disminución de salinidad en las zonas arrecifales, por lo que los corales pueden experimentar una reducción significativa de salinidad. Estos cambios pueden ser de dos formas: a corto plazo (de minutos a horas) en zonas poco profundas después de una fuerte lluvia y una marea baja, o a largo plazo (una semana) cuando el arrecife se ve inundado o invadido por la pluma de agua de las descargas de ríos de la costa. Sin embargo, Chung (2001) menciona que las bajas salinidades causadas por lluvias torrenciales o por aportes fluviales inducen la expulsión de las zooxantelas del tejido del pólipo. Dado lo anterior, es de suma importancia conocer la variación de los parámetros hidrográficos sobre el AV, ya que estos regulan, hasta cierto punto, el estado de salud del arrecife.

VARIACIONES HIDROGRÁFICAS DENTRO DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO (PNSAV)

Para conocer algunas de las posibles variaciones en el PNSAV, y ver su relación con las variaciones en el AV, se realizó un muestreo el 25 de abril de 2011 en 13 estaciones en las fronteras del PNSAV, tomando valores de clorofila-a, temperatura y salinidad en la columna de agua. Durante el mes de abril, a nivel superficial los valores de temperatura presentaron una variación de dos grados centígrados, los cuales pueden ser importantes para las comunidades coralinas del AV. Los valores máximos de temperatura fueron observados en el área cercana a la costa, frente a la ciudad en la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río (28 °C), así como el máximo de salinidad (36.5 ups), mientras que en la zona sur del PNSAV, entre los arrecifes de Anegada de Afuera y Cabezo se registraron los valores mínimos de temperatura (26 °C) y salinidad superficial (34.4). Esto nos indicaría que el AV cuenta con características diferentes a las que se pueden encontrar en la zona sur del PNSAV.

Con el fin de observar la variación de la densidad en la columna de agua en el PNSAV, se realizó un análisis de la variación en la profundidad de la picnoclina. En el mes de abril se observó la presencia de un giro anticiclónico en la zona norte del sistema (Figura 1) debido a la rectificación de las corrientes ocasionada por los arrecifes, esto se puede deducir, ya que en la zona norte las isolíneas mostradas (líneas de igual profundidad de la picnoclina) muestran un círculo, aumentando su valor (la profundidad de la picnoclina) en el centro del mismo.

Dado que la zona norte del PNSAV es más somera que la zona sur, y dado que el giro anticiclónico llega hasta los 12 m de profundidad (profundidad similar a la profundidad del AV), el giro provoca una re-suspensión de sedimentos y nutrientes, los cuales son aprovechados por los productores primarios; dicho aprovechamiento se puede observar al analizar las concentraciones de clorofila-a superficial, ya que se alcanza a elucidar que, en la zona del giro anticiclónico se genera un área de mayor concentración de clorofila-a superficial (2.8 $\mu\text{g}/\text{l}$) (Figura 2), lo cual no se observa en el resto del PNSAV. Con estos resultados se estaría observando que la temperatura, la salinidad y la clorofila-a varían en el PNSAV, sugiriendo que aunque los cambios sean mínimos los valores de los parámetros hidrográficos son diferentes en el AV que en la zona sur del PNSAV. En la zona norte del PNSAV los giros anticiclónicos pueden llegar a generar una columna de agua homogénea, lo cual no forzosamente ocurriría en la zona sur del PNSAV.

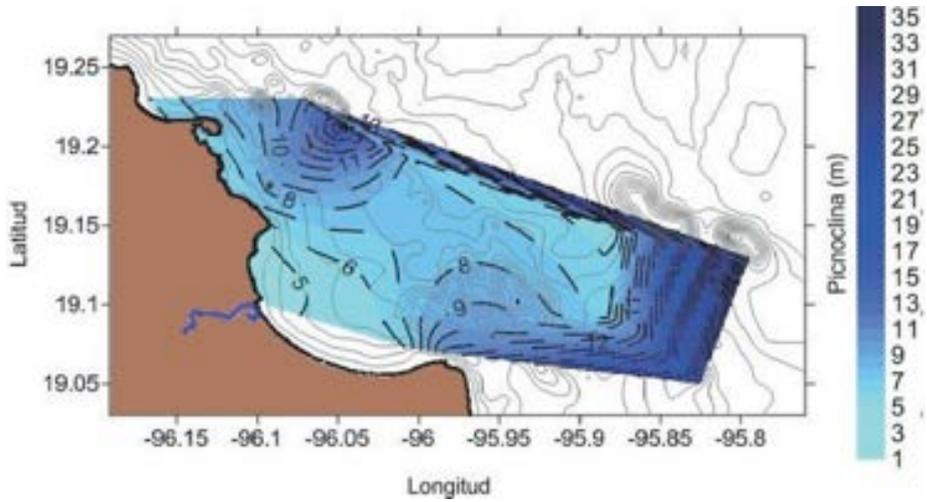


Figura 1. Variación en la profundidad de la piconoclina en el PNSAV. (Avendaño Álvarez, 2011)

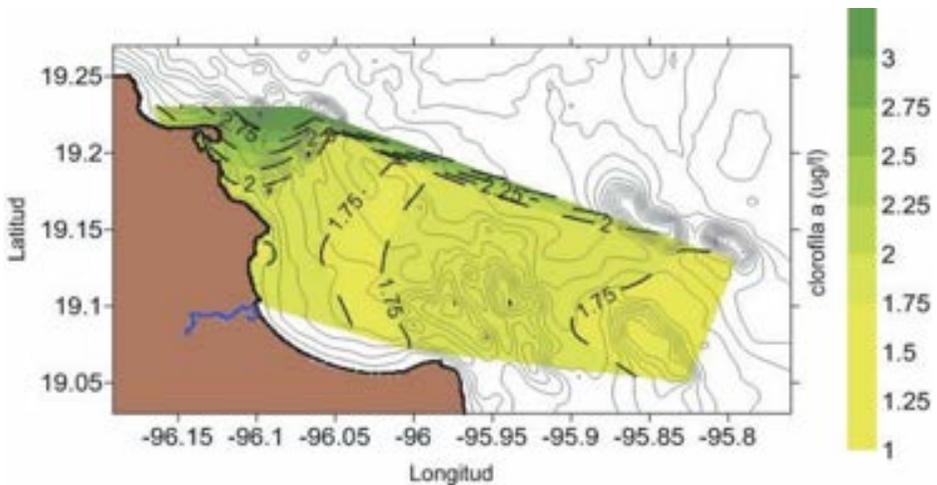


Figura 2. Variación horizontal a nivel superficial de clorofila-a en el PNSAV. (Avendaño-Álvarez, 2011)

Debido a las variaciones espaciales que se observaron en el PNSAV, se realizó un estudio en 19 estaciones de la zona norte del PNSAV, con la finalidad de observar cualquier posible variación espacial en esa zona. Las 19 estaciones localizadas en Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Arrecife Verde (AV) y Arrecife Anegada de Adentro, se encuentran representadas con puntos de color azul en la figura 3, en estos puntos se midió temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a de la columna de agua.

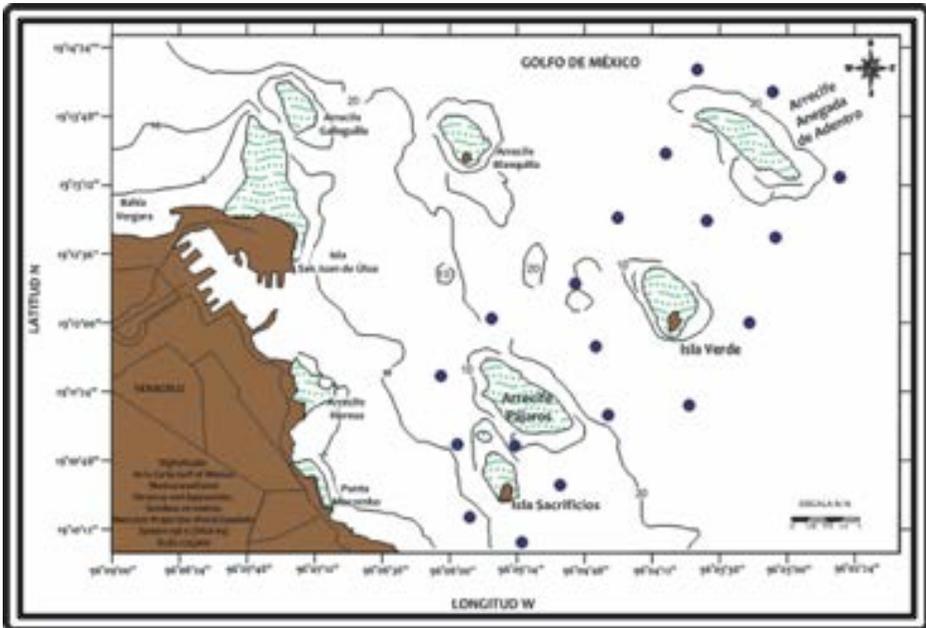


Figura 3. Zona norte del PNSAV. (Robles-Cortez, 2011)

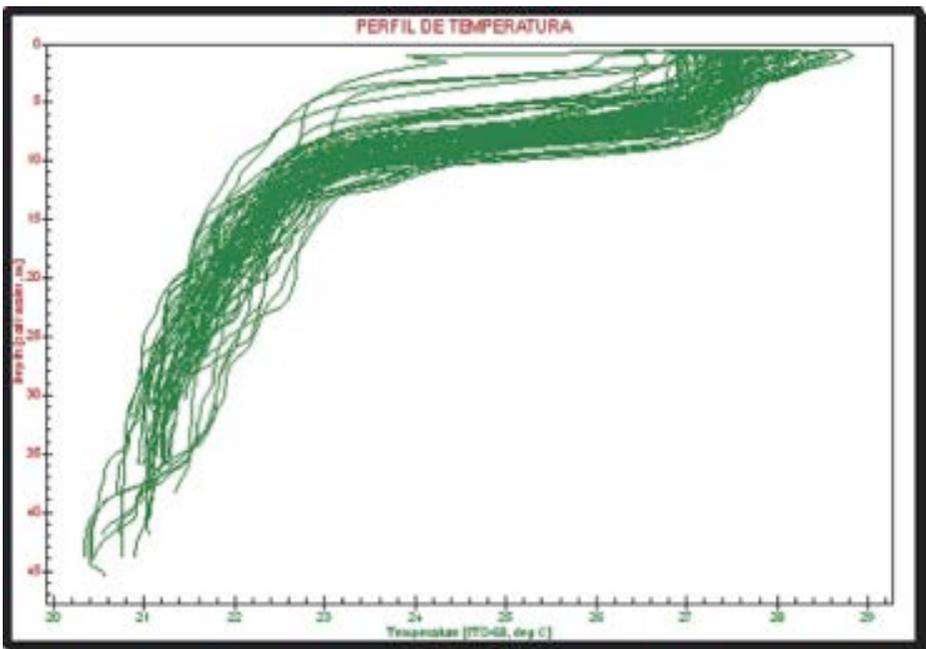


Figura 4. Perfil de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) usando los 94 lances de CTD en la zona norte del PNSAV. (Robles Cortez, 2011)

También se obtuvieron las corrientes marinas con un perfilador acústico Doppler (ADCP), para los días 30 y 31 de mayo (Salas-de León y Monreal-Gómez, 1997). Usando los perfiles de temperatura (Figura 4) de los 94 lances realizados en las 19 estaciones de muestreo, observamos que la termoclina (cambios bruscos en el valor de la temperatura en la columna de agua) se encuentra entre los 5 y 10 m de profundidad, lo cual nos indicaría que aun en la zona norte del PNSAV el sistema cuenta con diferencias en cuanto a los parámetros hidrográficos.

Mediante este muestreo, realizado dentro de la temporada de secas, los vientos dominantes provenían del sur-sureste, lo cual se refleja en las corrientes marinas superficiales, representadas en la figura 5 con flechas de diferentes colores (los colores indican la magnitud de la corriente). El patrón de corrientes sugiere una diferencia entre la zona sur y la zona norte del AV, esto debido a que en la zona sur la corriente choca contra el arrecife, posiblemente produciendo resuspensión de partículas disueltas, mientras que la zona norte del AV se encuentra protegida de las corrientes. También se observa una divergencia de las corrientes al sur-sureste del AV. La diferencia entre la zona sur y la zona norte del AV también se ve reflejado con los contornos de concentración de la clorofila-a, eso en la figura 5, donde se muestra una baja concentración de clorofila-a en la zona sur del AV, y se observa la divergencia con el patrón de corrientes.

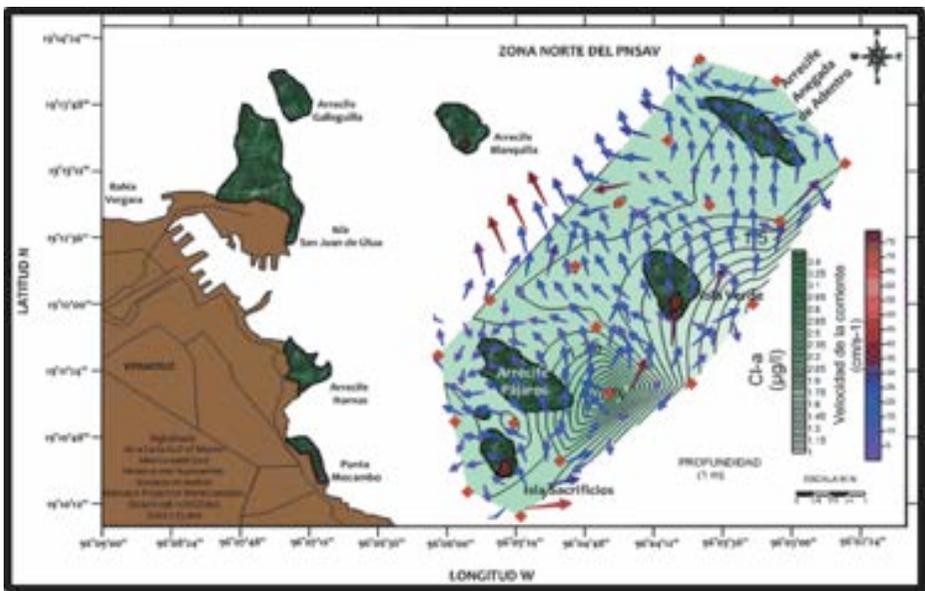


Figura 5. Velocidad de las corrientes representadas con flechas de colores, y la concentración de la clorofila-a representada en contornos. (Robles-Cortez, 2011)

La variación de los parámetros hidrográficos no solo se ve durante la temporada de secas, también se observa durante la temporada de nortes y lluvias. La variación de temperatura durante la temporada de lluvias es de alrededor de 1 °C, con valores máximos de 29 °C, los cuales se registraron en la zona oeste de Anegada de Adentro (AA) y los mínimos (28 °C), se presentaron alrededor de Arrecife Pájaros (AP) y Arrecife Verde (AV), como se puede observar en la figura 6, donde se ve una diferencia en las temperaturas del fondo de la columna de agua.

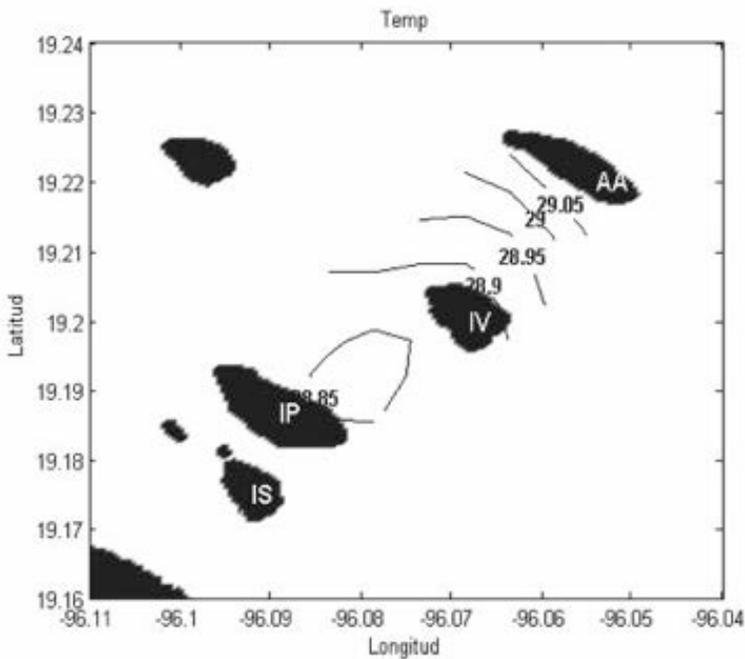


Figura 6. Distribución horizontal de la temperatura, durante la temporada de lluvias (capa de fondo). (Jasso-Montoya, 2011)

Durante la temporada de nortes la variación de la temperatura en la capa de fondo fue de 4 °C, mientras que en la capa superficial la temperatura osciló entre 27 y 28 °C (Jasso-Montoya, 2011). La salinidad durante la temporada de lluvias presenta valores homogéneos, de 35 en la capa superficial y de fondo. En la capa de fondo se presentó un núcleo de salinidad de 35.8 en la zona oeste del AV, como se observa en la figura 7. En general, la distribución horizontal de la salinidad sobre el fondo y superficie sugiere diferencia entre la zona norte y la zona sur del AV.

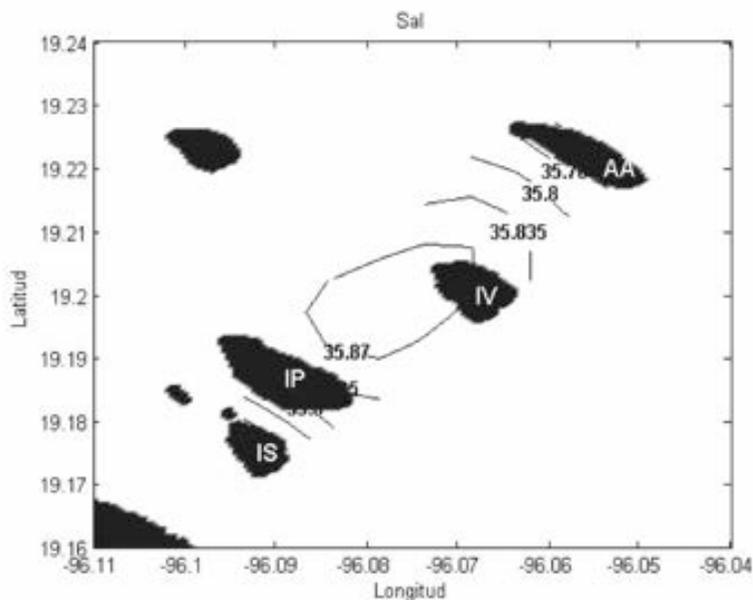


Figura 7. Distribución horizontal de la salinidad durante la temporada de lluvias (capa de fondo). (Jasso-Montoya, 2011)

VARIACIONES HIDROGRÁFICAS DEL ARRECIFE VERDE

Dado que existen diferencias entre las tres temporadas del año y entre la zona sur y la zona norte del AV, es importante contar con series de tiempo para cada punto, en cada una de las temporadas. Los perfiles verticales de densidad (kg/m^3) observados tanto en la zona norte como en la zona sur del AV, mostrados en la figura 8, resaltan la diferencia que existe en cada temporada del año. La distribución vertical de densidad (kg/m^3), obtenida para la estación ubicada en la zona norte del AV, muestra una variación durante la temporada de secas menor a $1 \text{ kg}/\text{m}^3$, mostrando valores en la superficie de $1,021.86 \text{ kg}/\text{m}^3$ y en el fondo de $1,022.88 \text{ kg}/\text{m}^3$, lo cual nos indica que la distribución vertical de densidad fue casi homogénea.

Mientras que para la temporada de lluvias, los valores oscilaron entre $1,021.8 \text{ kg}/\text{m}^3$ y $1,023.2 \text{ kg}/\text{m}^3$, mostrándose una marcada pycnoclina. Finalmente, durante la temporada de nortes la densidad fue prácticamente homogénea en la columna de agua, contando con una variación de $1 \text{ kg}/\text{m}^3$, con valores que van de los $1,024.01 \text{ kg}/\text{m}^3$ en superficie hasta $1,025.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ en el fondo. Para la zona sur

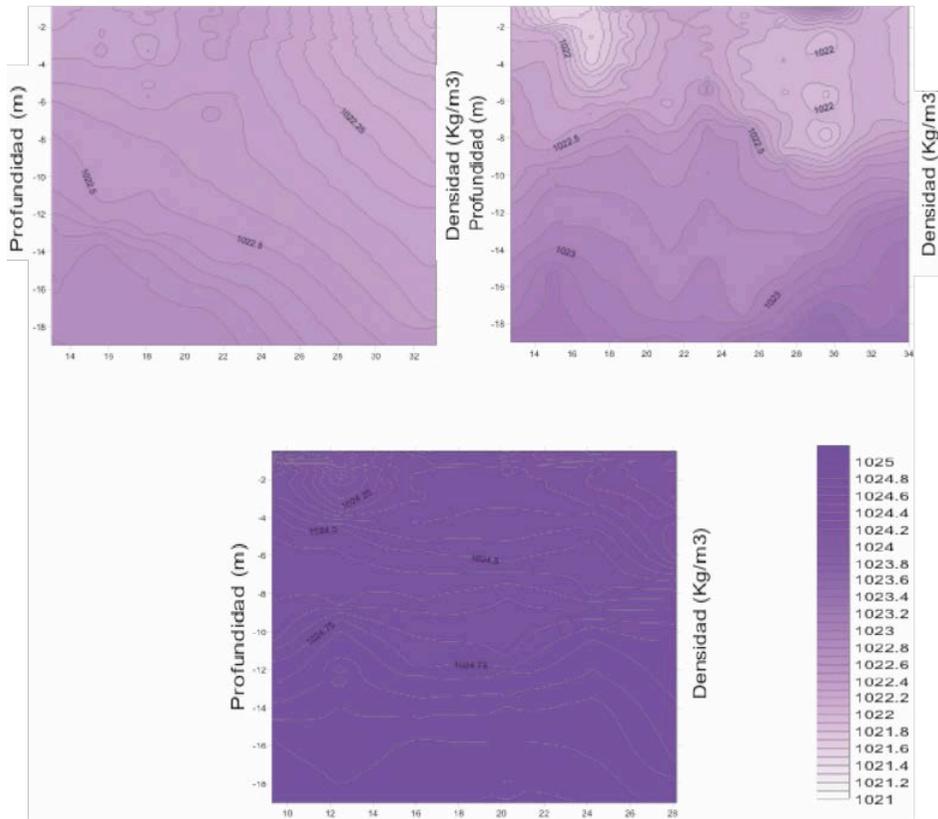


Figura 8. Perfiles verticales de densidad (kg/m^3) en la zona norte del AV para la *a*) temporada de secas, *b*) temporada de lluvias y *c*) temporada de nortes. (de Contreras-Espinoza, 2011)

del AV, durante la temporada de secas la distribución de la densidad en la columna de agua fue casi homogénea, con valores que van de $1,021.13 \text{ kg/m}^3$ en superficie hasta los $1,022.75 \text{ kg/m}^3$ en el fondo, como se puede apreciar en la figura 9. En la temporada de lluvias y nortes los valores de la densidad son menores a los que se encuentran en la zona norte, en lluvias la densidad no fue mayor a $1,023 \text{ kg/m}^3$, y durante la temporada de nortes los valores de densidad fueron de $1,024.25 \text{ kg/m}^3$ en superficie y de $1,024.75 \text{ kg/m}^3$ en el fondo. Lo importante de estas gráficas es mostrar que aunque el AV es un área relativamente chica, los parámetros hidrográficos varían en cuanto a sus valores y estructura, de la zona norte a la zona sur del AV. Esto puede deberse a procesos de mezcla originados por los vientos o por la rectificación de la corriente de marea, lo cual va a afectar de diferente manera a cada punto del AV.

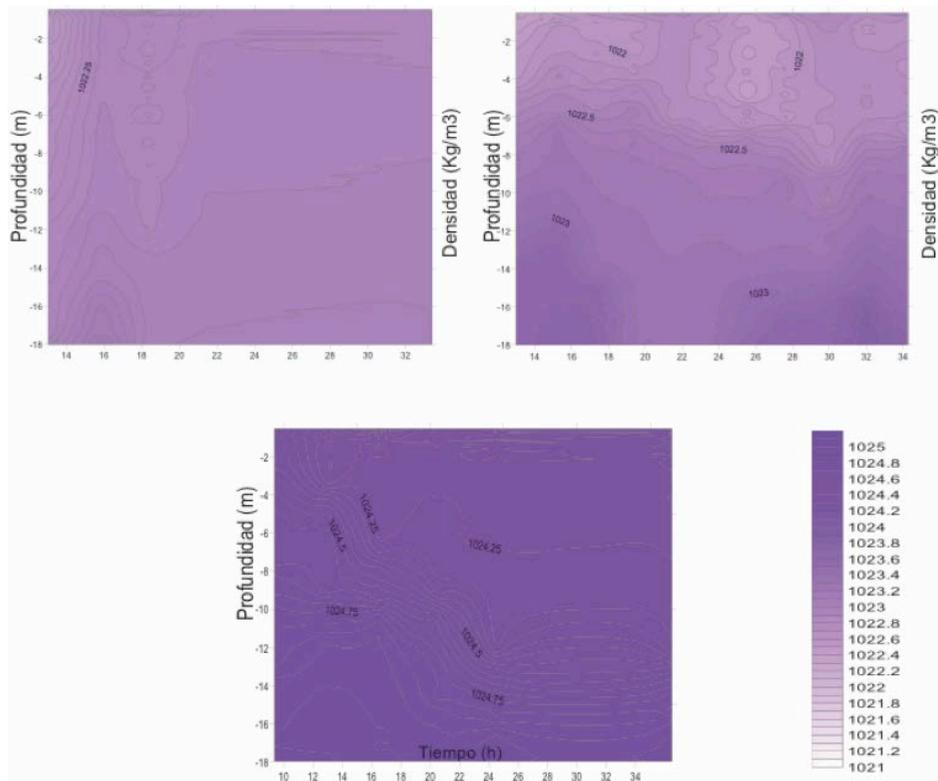


Figura 9. Perfiles verticales de densidad (kg/m^3) en la zona sur del AV para la a) temporada de secas, b) temporada de lluvias y c) temporada de nortes. (de Contreras-Espinoza, 2011)

Literatura citada

- AGUIRRE-GÓMEZ, R. 2002. Primary production in the southern Gulf of Mexico estimated from solar-stimulated natural fluorescence. *Hidrobiológica*, 12(1): 21-28.
- AVENDAÑO-ÁLVAREZ J. O. 2011. *Parámetros hidrográficos y su relación con la clorofila-a en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Veracruzana.
- CONTRERAS-ESPINOZA L. 2011. *Variación espacio-temporal de clorofila-a en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano durante tres temporadas del año*. Universidad del Mar, 58 pp.
- CHUNG, S. 2001. Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. *Revista de Biología Tropical*, 49(1): 9-13.
- DUBRANNA, J., P. Pérez-Brunius, M. López y J. Candela. 2011. Circulation over the continental shelf of the western and southwestern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 116: 17 pp.

- HOEGH, G. O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshwater Res.*, 50: 839-866.
- _____. 2004. Coral reefs in a century of rapid environmental change. *Symbiosis*, 37: 1-31.
- IGLESIAS-PRieto, R., J. L. Matta, W. A. Robins y R. K. Trench. 1992. Photosynthetic response to elevated temperature in the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* in culture. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 89: 10302-10305.
- JASSO-MONTOYA, J. 2011. *Factores físicobiológicos que afectan la penetración de luz sobre los corales*. Universidad Veracruzana. 83 pp.
- MOREY, S. L., J. Zavala-Hidalgo y J. J. O'Brien. 2005. The seasonal variability of continental shelf circulation in the northern and western Gulf of Mexico from high-resolution model. Pp. 203-218. En: *Circulation in the Gulf of Mexico. Observations and Models*. Wilton Sturges and Alexis Lugo-Fernandez (Eds.). Geophys. Monogr. Ser., vol. 161. 347 pp.
- ROBLES-CORTÉS, M. 2011. *Dispersión de la clorofila-a debida al patrón de corrientes en el subsistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Veracruzana. 59 pp.
- SALAS-PÉREZ, J. J. y A. Granados-Barba. 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera*, 21(3): 281-301.
- SALAS-MONREAL, D., D. A. Salas-de-León, M. A. Monreal-Gómez y M. L. Riverón-Enzástiga. 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*. DOI: 10.1007/s00338-009-0521-9.
- SALAS-DE-LEÓN, D. A., M. A. Monreal-Gómez, M. A. Díaz-Flores, D. Salas-Monreal, H. Velasco-Mendoza, M. L. Riverón-Enzástiga y G. Ortiz-Zamora. 2008. Role of near-bottom currents in the distribution of sediments within the Southern Bay of Campeche, Gulf of Mexico. *J. Coast. Res.*, 1: 1487-1494.
- SALAS-DE-LEÓN, D. A., M. A. Monreal-Gómez, M. Signoret y J. Aldeco. 2004. Anticyclonic-cyclonic eddies and their impact on near-surface chlorophyll stocks and oxygen super saturation over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* 109: C05012, doi: 10.1029/2002JC001614.
- SIGNORET, M., C. Bulit. y R. Pérez. 1998. Patrones de distribución de clorofila-a y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Hidrobiológica* 8: 81-88.
- SIGNORET, M., J. Aldeco y M. T. Barreiro. 2006. Variabilidad de perfiles de clorofila a obtenidos por fluorescencia natural en el oeste y centro del Golfo de México en junio de 1999. *Hidrobiológica*, 16(3): 221-232.
- TONER, M. A., D. Kirwan-Jr., A. C. Poje, L. H. Kantha, F. E. Müller-Karger y R. T. Jones. 2003. Chlorophyll dispersal by eddy-eddy interactions in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 108(C4): 1-12, doi: 10.1029/2002JC001499.

- VIDAL V., M. V., F. V. Vidal, A. F. Hernández, E. Meza y J. M. Pérez-Molero. 1994. Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic-anti-cyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 99: 7571-7597.
- ZAVALA-HIDALGO, J., S. L. Morey y J. J. O'Brien. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical* , 108 (C12), 3389, doi: 10.1029/2003JC001879. 19 pp.

FLORA INSULAR

*Juan Manuel Vargas Hernández,¹ Guadalupe Josefina Fuentes Capistrán,²
Miguel de Jesús Cházaro Basáñez,³ Jerónimo Vázquez-Ramírez⁴*

INTRODUCCIÓN

La porción central del estado de Veracruz es una de las regiones geográficas de la República mexicana que ha recibido una mayor atención por parte de botánicos nacionales y extranjeros (Cházaro, 1986). En esta región existen varios estudios enfocados a la vegetación terrestre, como son los de Acosta (1986) Álvarez y González (1972), Cházaro (1986 y 1992), Dorantes y Acosta (1976), Medina (1986), Castillo y Medina (2002), Gómez-Pompa *et al.* (1972), Robles (1986), Meyran (1987) y Lot-Helgueras (1991). Para la zona costera del sur del Golfo de México se dispone de la información dada por Britton y Morton (1989). En particular para la costa veracruzana, los trabajos se han enfocado al Centro Científico La Mancha y sus alrededores: Novelo (1978), Moreno-Casasola *et al.* (1982), Moreno-Casasola (2006), Castillo-Campos (2006), Castillo y Travieso (2006), Medina y Castillo (1996), Travieso y Moreno (2006), Moreno y Travieso (2006).

En el sur del Golfo de México hay 25 islas asociadas a los 38 arrecifes de plataforma emergentes, de las cuales 19 presentan vegetación, 11 con vegetación nativa y ocho incluyen además de las nativas, especies introducidas (Tunnel *et al.*, 2011).

Geográficamente, más próximas al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), existen las publicaciones de Vázquez-Yáñez (1971)

¹ Consultor independiente. EcoOcéano. jmvargash@gmail.com

² Estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas, Xalapa, Ver.

³ Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana.

⁴ Centre for Integrative Ecology. School of Life and Environmental Sciences. Deakin University.

para la laguna de Mandinga, y sólo el trabajo de Lot-Helgueras (1971) repetido por Gómez-Pompa (1977) sobre fanerógamas marinas menciona colateralmente la vegetación de la isla del Arrecife Verde.

Como parte de los resultados del programa de investigación GEBSAV (Modelos Geomorfológicos y Escenarios Bióticos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano) desarrollado por la Universidad Veracruzana y el Acuario de Veracruz, A. C., coordinado en su momento por el primer autor de este capítulo y el finado Miguel Ángel Román Vives, se presentaron dos trabajos de la vegetación de islas del PNSAV en un congreso nacional, el primero sobre vegetación de Isla Verde (Fuentes-Capistrán *et al.*, 2000) y el otro sobre la flora de Isla Sacrificios (Cózar-Angulo *et al.*, 2000). En el 2006 se elaboró un informe interno (Vargas-Hernández *et al.*) para el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, como parte del programa GEBSAV, donde se expone la distribución, diagnosis taxonómica y un catálogo fotográfico de la flora en las islas del PNSAV, incluyendo las islas Verde, Sacrificios y Enmedio.

En virtud que desde 1971, cuando Antonio Lot-Helgueras, del Instituto de Biología de la UNAM proporcionó información botánica general sobre Isla Verde, la cual fue replicada por Gómez-Pompa (1977), y tomando en cuenta que ya han pasado más de 40 años sin una publicación formal sobre la flora de la isla del Arrecife Verde, hemos considerado oportuno redactar la presente contribución que buscamos sea de utilidad para un público en general, ya que cuenta con fotografías de las especies registradas que permitirán guiar y reconocer la flora de este sitio.

METODOLOGÍA

El 4 de junio del 2011, los autores realizaron un viaje a Isla Verde, donde se tomaron fotografías en alta resolución de las especies de flora y sus estructuras, en virtud que Vargas-Hernández *et al.* (2006) ya habían realizado colectas, cuyos especímenes se encuentran depositados en el herbario XALU (Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.). Se compararon los listados taxonómicos existentes y se elaboró un catálogo fotográfico actualizado de las especies registradas.

CONSIDERACIONES SOBRE LA FLORA DEL PNSAV

Los arrecifes emergentes del PNSAV, Verde, Sacrificios y De Enmedio, presentan islas provistas de vegetación durante todo el año (Vargas-

Hernández *et al.*, 1993), con especies características de vegetación de dunas costeras. Otra isla importante en el PNSAV, Isla Santiaguillo, carece de vegetación nativa, aunque también puede observarse vegetación en otros promontorios arenosos o “peyotes”, como en Arrecife Chopas, aunque ésta no es permanente.

El relieve de las islas resulta un factor ecológico importante para su vegetación, ya que su variabilidad trae como consecuencia el desarrollo de distintos hábitats o zonas con características específicas que favorecen el recambio y la riqueza de especies. De acuerdo con Vargas-Hernández *et al.* (2006), en las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano se pueden diferenciar cuatro tipos de zonas:

1. *Zona de playa.* Es un área inestable, ya que está expuesta al oleaje y vientos constantes; el sustrato es móvil y está constituido por trozos de coral y conchas. En esta zona se encuentran principalmente especies herbáceas rastreras y enredaderas suculentas que soportan la constante aspersion salina y la movilidad de la arena. Dichas especies forman parte de la franja de pioneras y participan en la fijación del sustrato, formando las llamadas dunas embrionarias. Esta zona es de suma importancia para el desove de las tortugas marinas, quienes depositan sus huevos entre las plantas que la componen.
2. *Zona intermedia.* Se encuentra posterior a la zona de playa y, por ello es más estable. Esta condición posibilita que además de las especies herbáceas se establezcan también las arbustivas e incluso algunas arbóreas. El suelo es húmedo y con presencia de materia orgánica, permitiendo así el establecimiento de un mayor número de especies.
3. *Zona protegida o zona de matorral espinoso.* Esta zona es la más interior en las islas, y por lo mismo presenta la mayor estabilidad ambiental; es decir, que los factores físicos ya no son tan extremos (suelo estabilizado, la fluctuación de temperatura y humedad es más baja y la cantidad de nutrientes en el suelo es mayor). En esta zona se desarrollan principalmente comunidades de arbustos con algunas cactáceas, y la zona generalmente es impenetrable, ya que las especies que ahí se encuentran tienen espinas o ramas que dificultan el acceso. No obstante, la zona sirve como refugio para algunos reptiles y aves.
4. *Zona inundable.* Son aquellos sitios que se encuentran inundados por el oleaje; las especies aquí presentes se encuentran total o par-

cialmente sumergidas y asociadas con el bosque de manglar. Esta zona es característica de Isla Verde, ya que no se desarrolla en ninguna de las otras islas del PNSAV.

La diferencia entre la vegetación de cada una de las islas está dada principalmente por el impacto que las actividades del hombre han tenido en ellas durante años, siendo las más afectadas las islas de Sacrificios y De Enmedio, esto debido a que en ellas existen construcciones que han albergado a personas y animales domésticos. Las personas, militares y guardafaros, han hecho uso directo de los recursos y vegetación nativa y han introducido un alto número de especies.

RESULTADOS

Se registraron 28 especies para Isla Verde (Cuadro 1), de las cuales 23 son nativas y cinco han sido introducidas (*Agave americana*, *Plumeria rubra*, *Casuarina equisetifolia*, *Terminalia catappa* y *Pandanus utilis*). La distribución de las especies en las distintas zonas de la isla es la siguiente:

1. Zona de playa. *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea imperati*, *Amaranthus greggii*, *Canavalia rosea*, *E. mesembryanthemifolia* y *Batis maritima*.
2. Zona Intermedia. En esta zona se encuentran *Plumeria rubra*, *Casuarina equisetifolia*, *Terminalia catappa*, *Coccoloba uvifera*, *Cenchrus ciliaris*, *Distichlis spicata*, *Paspalum distichum*, *Stipa* sp., *Pandanus utilis*, *Randia laetevirens*, *Tournefortia gnaphalodes* y *Crotalaria incana*.
3. Zona Protegida. En esta zona de difícil acceso se pueden encontrar poblaciones de *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Opuntia stricta* var. *dillenii* y *Guilandina bonduc*, estas dos últimas especies solo han sido registradas para esta isla. De igual forma se puede encontrar *Suriana maritima* la cual forma un matorral de duna de aproximadamente tres metros de altura.
4. Zona inundable. Esta zona es caracterizada por la retención de agua; se encuentra representada por especies de manglar; el área que ocupa es pequeña, sin embargo, es de gran importancia, ya que además de su valor florístico es vital para el anidamiento de aves migratorias y refugio de otros organismos. Se encuentran cuatro especies: *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*.

Cuadro 1. Especies registradas, familia botánica a la que pertenecen y su abundancia en Isla Verde.

1= especie abundante, 2 = especie medianamente abundante y 3 = especie rara. * Especie introducida.

<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	<i>Abundancia</i>
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> L.	1
Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i> Haw.	1
	<i>Agave americana</i> L. *	1
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	1
Amaranthaceae	<i>Amaranthus greggii</i> S. Watson	2
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L. *	1
Bataceae	<i>Batis maritima</i> L.	1
Heliotropiaceae	<i>Tournefortia gnaphalodes</i> R. Br.	1
Cactaceae	<i>Opuntia stricta</i> var. <i>dillenii</i> (Ker Gawl.) L.D. Benson.	1
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. *	1
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L.	1
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn f.	1
	<i>Terminalia catappa</i> L. *	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.	1
	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia mesembryanthemifolia</i> Jacq.	2
Fabaceae	<i>Guilandina bonduc</i> L.	2
	<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	2
	<i>Crotalaria incana</i> L.	1
Pandanaceae	<i>Pandanus utilis</i> Bory *	2
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	2
	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	2
	<i>Paspalum distichum</i> L.	2
	<i>Stipa</i> sp.	3
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	1
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	1
Rubiaceae	<i>Randia laetevirens</i> Standl.	3
Suriniaceae	<i>Suriana maritima</i> L.	2

DISCUSIÓN

Durante nuestra visita no se encontró a *Ipomoea carnea* ni a *Sophora tomentosa*, anteriormente citadas y fotografiadas por Vargas-Hernández *et al.* (2006), tampoco a *Scaevola plumieri*, citada por Avendaño (2008); sin embargo, se registró *Agave americana* L., un maguey de gran talla, bastante conspicuo como para que hubiese pasado desapercibido para Antonio Lot (1971) o Vargas-Hernández *et al.* (2006), por lo que quizá fue introducido recientemente.

Corología

La mayoría de las especies que forman parte de la vegetación de dunas costeras y el manglar *sensu* Miranda y Hernández (1963) son de amplia distribución geográfica, por la eficiente dispersión de sus propágulos a través de las corrientes marinas y las aves migratorias. La distribución de las especies registradas en Isla Verde se detalla a continuación:

- *Avicennia germinans* (Ficha 1); se encuentra en la costa del Atlántico, desde el sur de los Estados Unidos hasta Panamá, y en la costa del Pacífico, desde México hasta Perú (Jiménez *et al.*, 2010).
- *Agave angustifolia* (Ficha 2); este “maguey” es el de más amplia distribución geográfica dentro de este género, se conoce desde el norte de México hasta Costa Rica por la vertiente Pacífica (Gentry, 1982).
- *Agave americana* (Ficha 3); esta especie crece en forma silvestre en el noreste de la Sierra Madre Oriental, en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; aunque es ampliamente cultivado en todo el mundo por su uso ornamental (Irish e Irish, 2000).
- *Sesuvium portulacastrum* (Ficha 4); se conoce desde el sur de Estados Unidos hasta México (a lo largo de ambas costas), en Centroamérica y hasta Sudamérica (Rico-Gray, 1979).
- *Amaranthus greggii* (Ficha 5); esta hierba es nativa del sur de Estados Unidos y México (Sánchez-Del Pino *et al.*, 1999).
- *Plumeria rubra* (Ficha 6); este arbolito se distribuye en México, Centroamérica, Colombia y las islas del Caribe (Standley, 1922).
- *Batis maritima* (Ficha 7); habita en las costas tropicales y subtropicales de América, en las costas del Atlántico, desde Florida hasta Brasil, y en las costas del Pacífico, desde California hasta Perú, y además en las islas del Caribe (Rico-Gray y Nee, 1982).

- *Tournefortia gnaphalodes* (Ficha 8); se conoce de las playas del Atlántico, desde el sur de Estados Unidos, México, Centroamérica y Colombia, además de las islas del Caribe. Para Veracruz solo se reporta de Isla Verde a Isla de Sacrificios (Nash y Moreno, 1981).
- *Opuntia stricta* var. *dillenii* (Ficha 9); este “nopal costeño” se distribuye por el sureste de los Estados Unidos, oriente de México, Bahamas, Cuba, Isla Caimán, Jamaica, República Dominicana, Puerto Rico, islas Vírgenes, Antillas Holandesas y Ecuador (Anderson, 2001).
- *Casuarina equisetifolia* (Ficha 10); este árbol es nativo de Australia, pero ampliamente cultivada en los trópicos (Nee, 1983).
- *Conocarpus erectus* (Ficha 11); el “mangle botoncillo” está ampliamente distribuido a lo largo de las costas de América, en el Atlántico, desde Estados Unidos hasta Brasil y en el Pacífico, desde Sonora, Baja California y Centroamérica hasta Ecuador. De igual forma, se encuentra en África tropical occidental (Wiggins y Porter, 1971).
- *Laguncularia racemosa* (Ficha 12); este mangle se distribuye en el continente americano. Desde México hasta Perú en las costas del Pacífico y desde Florida hasta Brasil en las costas del Atlántico (Pennington *et al.*, 1998).
- *Terminalia catappa* (Ficha 13); este árbol es originario de Asia y Oceanía, pero es ampliamente cultivado en las regiones tropicales de todo el mundo debido a su uso como ornamental (Thomson y Evans, 2006).
- *Ipomoea pes-caprae* (Ficha 14); se conoce de los litorales tropicales de todo el mundo, esto es, de distribución pantropical (McDonald, 1994).
- *Ipomoea imperati* (Ficha 15); es una especie pantropical litoral-marítima, se localiza en América, desde el sur de los Estados Unidos, México, América Central hasta Sudamérica y Las Antillas (McDonald, 1994).
- *Euphorbia mesembryanthemifolia* (Ficha 16); especie ampliamente distribuida en el continente americano. Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Burger, 1995).
- *Guilandina bonduc* (Ficha 17); el “ojo de venado” se distribuye por la vertiente del Pacífico, desde México (Sinaloa) hasta Sudamérica, y por la vertiente del Atlántico desde México (Tamaulipas) hasta Sudamérica, así como las islas del Caribe (McVaugh, 1987).

- *Canavalia rosea* (Ficha 18); es común y ampliamente distribuida en las costas de los trópicos de Europa y América, en este último caso desde Florida y Texas, a lo largo de la costa de México, Centroamérica y Sudamérica, así como en las islas del Caribe (McVaugh, 1987).
- *Crotalaria incana* (Ficha 19); esta hierba se encuentra ampliamente distribuida en el continente americano, desde los Estados Unidos hasta Sudamérica. De igual forma se encuentra en África tropical (Soto-Estrada, 2004).
- *Pandanus utilis* (Ficha 20); este árbol es originario de Madagascar y Mauricio, en el continente africano; sin embargo, se cultiva como ornamental en todo el mundo (Pool, 2009).
- *Stipa* sp. (Ficha 21); este género de pastos tiene una amplia distribución en el continente americano, desde Estados Unidos hasta Argentina (Rzedowski, 2001).
- *Distichlis spicata* (Ficha 22); el “zacate salado” crece cerca de las costas o en los llanos endorreicos salinos del continente americano, desde Canadá hasta Sudamérica, y en las islas del Caribe (McVaugh, 1983).
- *Cenchrus ciliaris* (Ficha 23); esta gramínea tiene una distribución cosmopolita y en algunos lugares es considerada una maleza (Rzedowski, 2001).
- *Paspalum distichum* (Ficha 24); esta gramínea se encuentra desde Estados Unidos hasta Argentina y Chile, incluyendo las islas del Caribe (Rzedowski, 2001).
- *Coccoloba uvifera* (Ficha 25); la “uva de playa” se distribuye desde México, la parte más sur de Florida, Centroamérica y el norte de Sudamérica, así como en las islas del Caribe (Burger, 1983).
- *Rhizophora mangle* (Ficha 26); el “mangle rojo”, habita las costas americanas. En el Océano Pacífico se distribuye desde el sur de Sonora y Baja California hasta Ecuador, incluyendo el archipiélago de las Galápagos. En el Océano Atlántico se encuentra desde Florida a Brasil, al igual que en las islas del Caribe (Vázquez-Yáñez, 1980).
- *Randia laetevirens* (Ficha 27); este arbusto se conoce de las costas del oriente de México y Belice (Lorence, 1999).
- *Suriana maritima* (Ficha 28); en el continente americano se conoce desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil; en Veracruz solo se conoce en Isla Verde (Juárez, 1988).

1

Familia: Acanthaceae

Nombre científico: *Avicennia germinans* L.

Nombre común: mangle negro o mangle prieto



Descripción botánica. Árboles o arbustos de 3-10 m de alto, característicos por el desarrollo de neumatóforos (raíces que crecen hacia arriba y que permiten a esta especie respirar en suelos inundados). Hojas elíptico-oblongas, 6-10 cm de largo y 1-3 cm de ancho, ápice agudo-redondeado, base cuneada. Inflorescencia, una panícula de espigas, flores agrupadas en los extremos, color blanco a amarillo. Fruto ovado-oblicuo, de 1-2 cm de largo, escasamente seríceo (modificada de Jiménez *et al.*, 2010).

Hábitat. Es una especie común en humedales, bosque de mangle, estuarios y playas. Crece en zonas inundadas por la marea con aguas saladas o salobres.

Fotografías. a: detalle de las hojas (JMVH), b: flores y yemas florales (JVR), c: detalle de neumatóforos (JVR).

2

Familia: Asparagaceae

Nombre científico: *Agave americana* L.

Nombre común: agave, maguey o penca



Descripción botánica. Herbácea arrosetada, perenne, monocárpica, con abundantes hijuelos desde edad temprana. Hojas de 15-30 cm de ancho y de 90-150 cm de largo, crecen desde el suelo, lanceoladas y carnosas de color verde-gris claro, colapsan a la mitad de la lámina y caen hacia fuera; espinas en su borde de 3 cm, duras, rígidas y finas. La inflorescencia es una panícula de 7-9 m de alto, con 20-30 brácteas laterales horizontales; flores gruesas y carnosas de 7-8 cm de longitud; tépalos amarillo pálido, lineares, involutos, cóncavos. El fruto es una cápsula trígona y alargada (modificada de Vázquez *et al.*, 2007).

Hábitat. Crece en bosques de pino-encino. Nativa de la Sierra Madre Oriental pero cultivada ampliamente como ornamental en todo el mundo. Especie introducida a Isla Verde.

Fotografías. a: detalle de flores (MJCB), b: detalle de hojas y espinas (MJCB).

3

Familia: Asparagaceae

Nombre científico: *Agave angustifolia* Haw.

Nombre común: agave o espadín



Descripción botánica. Herbácea arrossetada, monocárpica. Hojas 60-130 cm de largo, 3-6 cm de ancho, lineares, generalmente rígidas, ascendentes a horizontales, verde-amarillentas; espina 1-3 cm, pardo oscuro, aplanada a acanalada en el haz; márgenes rectos; dientes generalmente 2-3 mm, rojizos a pardo oscuro, curvos, a partir de bases bajas y angostas. Flores 5-6 cm, amarillas a verdes; tépalos 18-24 mm, desiguales; filamentos 35-55 mm, insertados en la mitad del tubo; anteras 20-30 mm; ovario 20-30 mm. Fruto, una cápsula ovoide, rostradas, leñosas (modificada de Vázquez *et al.*, 2007).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, bosque de encino y matorral xerófilo.

Fotografías. a: inflorescencia (JVR), b: detalle hojas (JVR), c: hábitat (JMVH).

4

Familia: Aizoaceae

Nombre científico: *Sesuvium portulacastrum* L.

Nombre común: verdolaga de playa



Descripción botánica. Hierba perenne, suculenta. Tallo rastrero o erecto, muy ramificado, de color verde-morado, liso, glabro. Hojas oblongas, suculentas, 2-6 mm de largo y 3-15 mm de ancho, lisas, el margen entero, el ápice agudo-obtuso. Flor pedicelada, perianto penta-lobulado, los tépalos ovado-lanceolados, persistentes, la superficie interna de color rosa-morada, alrededor de 1 cm de largo y 6 mm de ancho; estambres numerosos, las anteras oblongo-elípticas; ovario 3 o 4 carpelar, trilocular, ovoide-globoso, el estigma longitudinal. Fruto capsular, cónico, verde-moreno claro; semillas, negras, lisas, lustrosas (modificada de Rico-Gray, 1978).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y bosque de mangle.

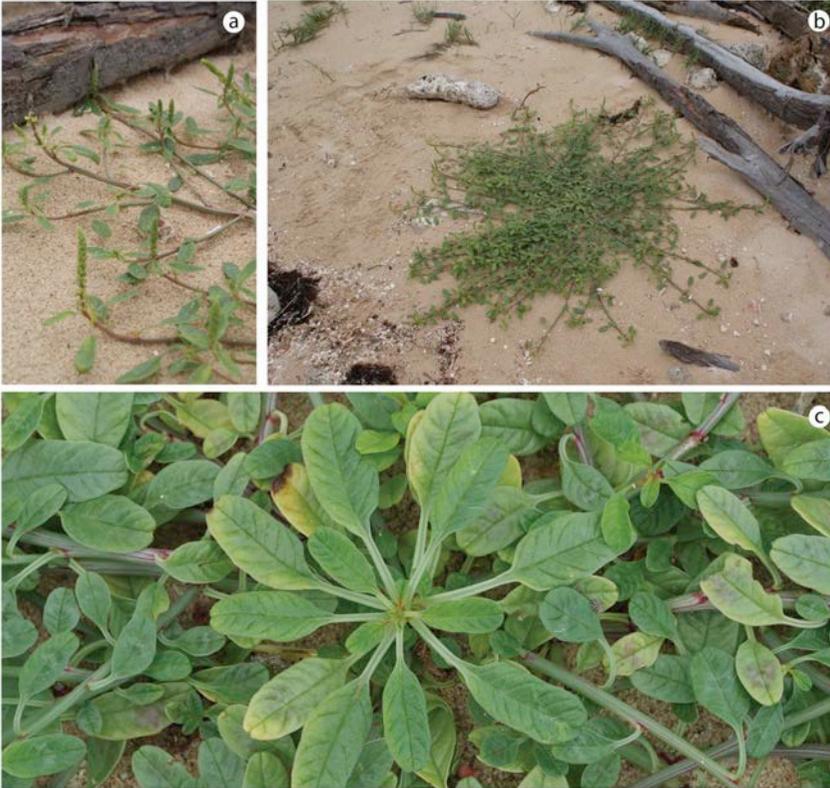
Fotografías. a: detalle de flor (JMVH), b y c: hábitat (JVR).

5

Familia: Amaranthaceae

Nombre científico: *Amaranthus greggii* S Watson.

Nombre común: no conocidos



Descripción botánica. Hierba rastrera anual. Tallos erectos, glabros o escasamente pubescentes con tricomas de hasta 1 mm de largo, muy delgados e irregularmente doblados; monoicas. Hojas acuminadas hacia el ápice con la punta obtusa, glabras, escasamente pubescentes sólo en los nervios, con tricomas delgados e irregularmente doblados. Inflorescencia compacta, partes espiciformes terminales en el tallo, en las ramas y en las axilas de las hojas superiores caulinares, flores estaminadas con 5 tépalos desiguales, ampliamente lanceolados, de 2-2.9 mm de largo, más anchos cerca de la mitad, acuminados en el ápice; flores pistiladas con 5 tépalos desiguales, membranáceos; estigmas (2) 3, 0.5-0.7 mm de largo. Fruto escarioso y delgado; semilla lenticular, café oscuro lustrosa (modificada de Sánchez-Del Pino *et al.*, 1999).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y en zonas cercanas a playas marinas.

Fotografías. a: detalle inflorescencia (JVR), b: hábitat (JMVH) y c: detalle de hojas (JVR).

6

Familia: Apocynaceae

Nombre científico: *Plumeria rubra* L.

Nombre común: flor de mayo



Descripción botánica. Árbol caducifolio, 5-25 m de altura, DAP de hasta 70 cm, con abundante líquido lechoso en la corteza. Hojas simples dispuestas en espiral, aglomeradas en las puntas de las ramas; láminas de 15-30 cm de largo por 4-8 cm de ancho, oblanceoladas o elípticas, margen entero, verde brillante en el haz y verde pálido en el envés. Flores en panículas densas en las axilas de hojas nuevas, de 15-35 cm; flores muy fragantes, actinomorfas; sépalos pardo-verdosos; corola blanca pura y ligeramente amarilla o rosa en el cuello. Fruto una vaina de 25-30 cm de largo y 3 cm de diámetro; semillas aladas, pardo oscuras (modificada de Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

Hábitat. Crece en regiones de clima cálido y más bien seco. Especie introducida a Isla Verde.

Fotografías. a: detalle corteza (JMVH), b: hábitat (JVR) y c: detalle de flor (JMVH).

7

Familia: Bataceae

Nombre científico: *Batis maritima* L.

Nombre común: saladilla



Descripción botánica. Arbustos o hierbas muy ramificados, hasta de 1 m de altura; tallos erectos, los más viejos postrados, los jóvenes amarillo-verdosos, verde pálidos al secarse, suculentos, glabros. Hojas de 1-5 cm de largo por 1-2 cm de ancho, suculentas glabras, el ápice agudo, la base prolongada más allá del punto de inserción en el tallo para formar un lóbulo, éste redondeado a agudo o ligeramente trilobado. Inflorescencias masculinas axilares, en forma de espiga, sésiles a subpedunculadas, de 5-10 mm de largo por 3-4 mm de ancho; brácteas en igual número que las flores; espigas femeninas con 4-12 flores; sin cáliz ni corola, pero sostenidas por pequeñas brácteas deciduas. Fruto ovoide, irregular con los estigmas persistentes, de 5-15 mm de largo (modificada de Rico-Gray y Nee, 1982).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y bosques de mangle.

Fotografías. a: detalle fruto (JMVH), b: detalle de inflorescencia (JMVH) y c: hábitat (JVR).

8

Familia: Heliotropiaceae

Nombre científico: *Tournefortia gnaphalodes* R. Br.

Nombre común: tabaquillo



Descripción botánica. Arbustos de hasta 3 m de altura, a menudo formando matas densas. Hojas sésiles, algo suculentas, linear-espatuladas, 3-7 cm de largo y 2-6 mm de ancho, ápice obtuso, base atenuada, márgenes enteros. Inflorescencia compuesta de 2-4 bótrices cortos, con flores densas, de 1-2 cm de largo; cáliz de 3-5 mm, lóbulos ampliamente lanceolados, agudos; corola blanca, blanco amarillenta o verdosa, el tubo de 4-5 mm de largo, tomentoso por fuera, los lóbulos lanceolados, de 2-3 mm de longitud; estambres insertos por debajo de la garganta del tubo de la corola, las anteras de aproximadamente de 1 mm de longitud; estilo más corto que los sépalos. Frutos negros, ovoides, glabros (modificada de Nash y Moreno, 1981).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras.

Fotografías. a: detalle de hojas e inflorescencia (JMVH), b y c: hábitat (JMVH).

9

Familia: Cactaceae

Nombre científico: *Opuntia stricta* var. *dillenii* (Ker Gawl.) L.D. Benson

Nombre común: nopal o tunera



Descripción botánica. Plantas arbustivas, de hasta 2 m; tallos con ramificación difusa; cladodios (palas) terminales de 10-25 por 5-15 cm, obovados a oblongos, el margen más o menos ondulado, glabros, verde-azulosos a ligeramente glaucos. Aréolas 5-12 mm, distantes entre sí 3-5 cm; espinas 0-10, ausentes parcialmente en los cladodios, 0.5-7 cm, oscuras al madurar. Flores 5-8 cm; tépalos externos de hasta 4.5 cm, obovados, el ápice mucronados; tépalos internos de 4-5 por 1.5-2 cm, obovados, el ápice obtuso, amarillos; estambres de 1.5 cm, los filamentos amarillo-verdosos; estilo de 2 cm, blanco. Frutos de 4-7 por 2-3 cm, piriformes a subglobosos, rojo-purpúreos, la pulpa jugosa, roja; semillas de 4-5 mm (modificada de Bravo y Arias, 2011).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y selva bajas caducifolias.

Fotografías. a: detalle aréolas y espinas (JVR), b: fruto (JVR) y c: hábitat (JMVH).

10

Familia: Casuarinaceae

Nombre científico: *Casuarina equisetifolia* L.

Nombre común: casuarina



Descripción botánica. Árboles monoicos, hasta de 20 m de alto; ramillas deciduas, verdes, delgadas, frecuentemente péndulas, de 7-19 cm de largo, con más de 30 articulaciones. Hojas en verticilos de 6-8 en cada nudo, el ápice escuamiforme, angostamente triangular, de 0.5-0.8 mm de largo y 0.3-0.4 mm de ancho en la base, en los renuevos perennes. Inflorescencias masculinas en amentos terminales, en ramillas deciduas, de 3 cm de largo; inflorescencias femeninas en conos, de 1.2-1.5 cm de largo, 1.2-1.5 cm de ancho. Fruto, una cámara de 6-8 mm de largo (modificada de Nee, 1983).

Hábitat. Nativa de Australia, pero ampliamente cultivada en los trópicos. En Veracruz, generalmente se utiliza como barrera rompevientos en las playas, ya que es tolerante a la salinidad. Especie introducida a Isla Verde.

Fotografías. a: hábitat (JMVH).

11

Familia: Combretaceae

Nombre científico: *Conocarpus erectus* L.

Nombre común: botoncillo o falso mangle



Descripción botánica. Árbol o arbusto de hasta 10 m de alto, DAP de 30-80 cm, tronco ramificado con la corteza parda brillante, fisurada, las ramas terminales aplanadas. Hojas simples, dispuestas en espiral, pecioladas, de 3-12 cm de largo y de 2-3 cm de ancho, elípticas o lanceoladas, con ápice agudo, bordes enteros, presentan dos glándulas en el borde de la base y domacios en las axilas de las nervaduras del envés. Inflorescencia en panículas axilares y terminales, de 5-10 cm de largo, con flores dispuestas en cabezuelas globosas, fragantes, de color verde, blanco o amarillo. Frutos en drupas, de 1-2 cm de largo, verdes, tornándose marrón castaño al madurar (modificada de Pennington *et al.*, 1998).

Hábitat. Crece en bosques de mangle, prefiriendo zonas poco inundadas.

Fotografías. a: hábitat (JMVH), b: detalle de inflorescencias (JVR) y c: detalle frutos (JVR).

12

Familia: Combretaceae

Nombre científico: *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.

Nombre común: mangle blanco



Descripción botánica. Árbol o arbusto de hasta 20 m de altura, DAP de hasta 60 cm, tronco recto, corteza fisurada, gris oscura a rojizo-morena, dioico. Hojas simples, lámina de 2-4 por 4-10 cm, elípticas, con el margen entero, ápice obtuso a truncado, base cuneada a obtusa, carnosas, brillantes y verdes en el haz y verdes amarillentas en el envés. Flores en panículas, con ramas espigadas; masculinas densas, axilares o terminales, de 3-7 cm de largo; las femeninas iguales a las masculinas, pero con el cáliz hinchado. Fruto, una drupa de 2-2.5 cm de largo, ovoide, aplanada, carnosa con endocarpio membranoso; semilla rodeada por una membrana papirácea (modificada de Pennington *et al.*, 1998)

Hábitat. Crece en bosques de manglar, comúnmente se encuentra en la franja interior de este bosque en donde las inundaciones son menos frecuentes.

Fotografías. a: detalle de flores (JVR), b: detalle de flores y frutos (JVR) y c: frutos (JMVH).

13

Familia: Combretaceae

Nombre científico: *Terminalia catappa* L.

Nombre común: almendro tropical



Descripción botánica. Árboles hasta 15 m de altura. Hojas de 8-30 cm de largo y de 5-15 cm de ancho, obovadas, atenuadas hasta una base cordata, el ápice redondeado a cortamente acuminado, glabro o ligeramente peloso en el envés; pecíolo de 5-25 mm, generalmente con 2 glándulas. Pedúnculo 3-5.5 cm, ligeramente peloso a subglabro. Flores 3-5 mm (estaminadas) o 6-10 mm (bisexuales); parte inferior del hipanto seríceo; parte superior del hipanto cupuliforme, esparcidamente pelosa; estilo glabro. Fruto succulento, con 2 crestas longitudinales (modificada de Thomson y Evans, 2006).

Hábitat. Especie originaria de Asia, ampliamente cultivada en las regiones tropicales de todo el mundo debido a su uso como ornamental. En Veracruz generalmente se utiliza como ornamental en parques y jardines. Especie introducida a Isla Verde.

Fotografías. a: detalle de las flores (JVR), b: detalle del fruto (JMVH) y c: hábitat (JMVH).

14

Familia: Convolvulaceae

Nombre científico: *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.

Nombre común: bejuco de playa o riñonina



Descripción botánica. Hierbas rastreras, estoloníferas, suculentas, glabras. Tallo postrado, de hasta 10 metros de largo, coriáceo. Hojas simples, deciduas, pecioladas, verdes en ambas superficies, lámina ovada-reniforme, 4-7 cm de largo, 5-9 cm de ancho, coriáceas, suculentas, glabra, los márgenes enteros, ápice emarginado, la base truncada. Flores solitarias, ocasionalmente inflorescencias cimosas; sépalos subiguales, los exteriores ovados a ampliamente elípticos, los interiores generalmente orbiculares, 5-11 mm de largo, obtusos y mucronulados, subcoriáceos, glabros; corola infundibuliforme, 3.5 cm de largo, glabra, rosada a lila-purpúrea, garganta oscura en la parte interna. Fruto una cápsula, pajiza púrpura al secarse dehiscente, glabra; semillas, pardas, triangulares, tomentosas, pelos pardos (modificada de McDonald, 1994).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras.

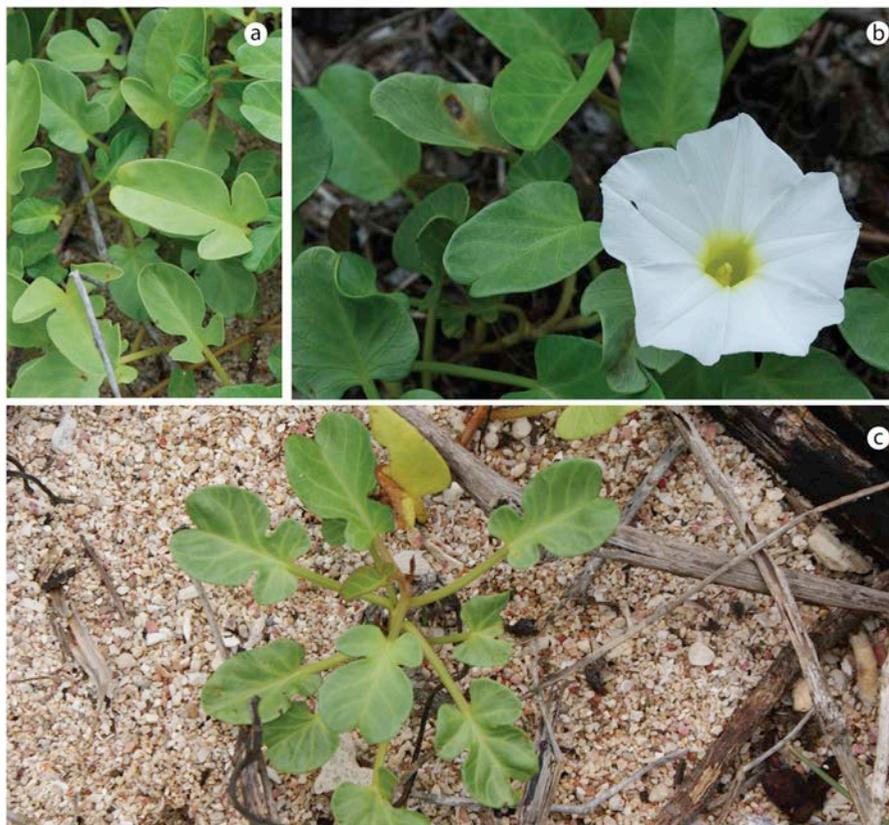
Fotografías. a: hábitat (JMVH), b: detalle de hojas (JVR) y c: detalle de la flor (JVR).

15

Familia: Convolvulaceae

Nombre científico: *Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb.

Nombre común: bejuco o quiebraplatos



Descripción botánica. Hierbas rastreras, suculentas, estoloníferas, perennes, glabras. Tallos postrados, rollizos de hasta 10 m de largo, raíces adventicias en los nudos. Hojas variables, simples, deciduas, pecioladas; lámina ovada, elíptica, 3-5 lobadas, 2.5 cm de largo, 1.5-3 cm de ancho, coriácea suculenta, glabra, los márgenes enteros, el ápice obtuso, emarginado, bifido, la base truncada. Flores solitarias, ocasionalmente inflorescencias cimosas; sépalos subiguales, los exteriores ovados a ampliamente elípticos, los interiores generalmente orbiculares, 5-11 mm de largo, obtusos y mucronulados, subcoriáceos, glabros; corola infundibuliforme, 3.5 cm de largo, glabra, blanca, garganta amarillenta en la parte interna. Fruto una cápsula, pajiza al secarse, glabra; semillas triangulares, tomentosas, pelos grises (modificada de McDonald, 1994).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras.

Fotografías. a: detalle de hojas (JMVH), b: flor (JMVH) y c: plántula (JVR).

16

Familia: Euphorbiaceae

Nombre científico: *Euphorbia mesembryanthemifolia* Jacq.

Nombre común: no conocidos



Descripción botánica. Hierbas anuales, erectas o postradas; tallos 0.3-0.6 m de alto, glabros, rojos o verdes. Hojas oblongas a linear-oblongas, 8-30 mm de largo y 4-12 mm de ancho, ápice redondeado u obtuso, base oblicua, márgenes serrados, glabras o escasamente pilosas en el envés; estípulas libres, deltadas, 0.5-1 mm de largo. Ciatios en cimas frondosas terminales y laterales, 0.8-1 mm de largo, glabras, pedúnculo 0.5-2 mm de largo, glándulas oblongas a ampliamente reniformes, apéndices casi obsoletos a conspicuos, blancos o ligeramente rosados. Fruto una cápsula ovoide, glabra; semilla ovoide, 4-anguladas, negras o grises (modificada de Burger, 1995).

Hábitat. Distribuida ampliamente en zonas arenosas. En un gradiente altitudinal que va de los 0 a 1,100 msnm.

Fotografías. a: hábitat (JMVH) y b: detalle de flores y hojas (JVR).

17

Familia: Fabaceae

Nombre científico: *Guilandina bonduc* L.

Nombre común: contraculebra o matojo de playa



Descripción botánica. Hierba trepadora rastrera, hasta 6 m de largo; ramas y hojas armadas con acúleos recurvados. Hojas 30-80 cm de largo, pinnas 4-8 pares; folíolos 4-8 pares por pinna, oblongos, ovados o elípticos, 1.5-7 cm de largo y 2-3 cm de ancho, ápice obtuso a cortamente acuminado, frecuentemente mucronado, base redondeada o subcordada; estípulas grandes y foliáceas, persistentes. Inflorescencias, racimos hasta 30 cm de largo, pedicelos 2-4 mm de largo; cáliz 5-9 mm de largo, tomentuloso; pétalos amarillo-verdosos, el superior 7-10 mm de largo y 3 mm de ancho; estambres 6-7 mm de largo; ovario densa y cortamente pubescente y aculeado. Fruto ovalado, comprimido, café-amarillento a café, tardíamente dehiscente; semillas generalmente 2, obovoide-ovaladas, algo comprimidas, grises, lustrosas (modificada de Francis, 2011).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras.

Fotografías. a: hojas (JVR), b: fruto y semilla (JVR) y c: frutos (JMVH).

18

Familia: Fabaceae

Nombre científico: *Canavalia rosea* (Sw.) DC.

Nombre común: haba de playa



Descripción botánica. Hierba postrada; tallos escasamente puberulentos, con tricomas cortos. Hojas compuestas, folíolos ampliamente ovados, ápice redondeado, emarginado a mucronulado, base cuneada, con tricomas blancos cortos especialmente en el envés; peciolo 3-9.5 cm de largo. Inflorescencias hasta 30 cm de largo, bractéolas obtusas, de 1.5 cm de largo; cáliz tubular, 9-12 mm de largo, labio superior más corto que el tubo, emarginado; corola morado-pálida con quilla blanca, estandarte de 3 cm de largo. Legumbres, 9-15 cm de largo y 2-2.5 cm de ancho, café-amarillentas, la costilla valvar a 3-5 mm de la costilla sutural, estípites hasta 1 cm de largo; semillas ovoides, cafés (modificada de Stevens, 2009).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y playas.

Fotografías. a: hábitat (JVR), b: detalle hojas (JMVH) y c: detalle flor (JVR).

19

Familia: Fabaceae

Nombre científico: *Crotalaria incana* L.

Nombre común: no se conocen



Descripción botánica. Hierbas erectas, anuales o perennes. Tallos hasta 70 cm alto, hirsutos. Hojas 3-folioladas; folíolos 0.9-2 cm largo, 0.7-2 cm ancho, elípticos, obovados u ovados, base cuneada o redondeada, ápice redondeado, mucronado, haz y envés glabro. Inflorescencias terminales, 7-11 flores; flores 1-1.5 cm largo; cáliz dividido; corola con estandarte hasta 1.2 cm largo, 1.0 cm ancho, presenta máculas púrpuras, quilla angular, mayor que las alas, rostro no torcido, ligeramente prolongado; ovario corto-estipitado, estilo hasta 8.0 mm largo, semiangular. Fruto en legumbres amarillo-verdosas cuando jóvenes, pardas en la madurez, raro glabras; semillas 1.8-3 mm largo, pardas (modificada de Soto-Estrada, 2004).

Hábitat. Crece en bosques secos, matorral xerófilo y vegetación de dunas costeras.

Fotografías. a: detalle legumbre (JVR), b: detalle hojas (JVR) y c: detalle flor (JVR).

20

Familia: Pandanaceae

Nombre científico: *Pandanus utilis* Bory

Nombre común: no se conocen



Descripción botánica. Árboles con ramificación piramidal, hasta 8 m de alto, con raíces fúlcreas hasta 1 m de largo. Hojas lineares o alargadas, 100-170 cm de largo y 5-10 cm de ancho en la base, margen con espinas rojas, café-verdosos. Inflorescencia estaminada en varios espádices, aromáticas, estambres connados en la base, la parte distal libre de los filamentos, racemosa desde la columna basal connada; inflorescencia pistilada, un espádice, solitaria y péndula, hasta 17 cm de largo y 14 cm de ancho, carpelos connados en falanges con 1/5 apical libre. Fruto, una polidrupa, café-rojizas (modificada de Pool, 2009).

Hábitat. Originaria de Madagascar y Mauricio, en el continente africano. Se cultiva como ornamental en todo el mundo. Especie introducida a Isla Verde.

Fotografías. a: detalle de las hojas (JMVH) y b: hábitat (JVR).

21

Familia: Poaceae

Nombre científico: *Stipa* sp.

Nombre común: no se conocen



Descripción botánica. Hierbas perennes, cespitosas. Tallos glabros a pubescentes; lígula membranácea, de 1-5 mm de largo, láminas plegadas o involutas, glabras o pubescentes. Inflorescencia en forma de panícula; espiguilla uniflora, desarticulándose por encima de la glumas en forma oblicua, glumas persistentes, delgadas, acuminadas o mucronadas, purpúreas, de color crema; lema envolvente, cubriendo completamente a la pálea, fusiforme o cilíndrica, café, blanca o purpúrea, cuerpo de lema liso, papiloso o pubescente, a veces con mechón de peolos de 3-4 mm de largo, pálea lanceolada y no surcada, con frecuencia muy retorcida, inclinada en la lema y a veces solo la mitad de su largo, estambres 3, con anteras frecuentemente barbadas en el ápice, estilos 2, con los estigmas plumosos (modificada de Rzedowski, 2001).

Hábitat. La especie registrada en Isla Verde crece en áreas perturbadas y poco protegidas.

Fotografías. a: hábitat (JVR) y b: detalle de inflorescencia (JVR).

22

Familia: Poaceae

Nombre científico: *Distichlis spicata* (L.) Greene

Nombre común: pasto puna



Descripción botánica. Hierba perenne, de 10-60 cm de altura, formando colonias. Tallo rígido erecto, con numerosos entrenudos cortos. Hojas simples, alternas, dispuestas en dos hileras sobre el tallo, nerviación paralela, dividida en dos porciones; la vaina envolviendo al tallo, con pelos hacia el ápice; lámina rígida, larga, angosta, plana o enrollada, con el margen pubescente. Inflorescencia en panícula densa y angosta, terminal, 4-8 cm de largo, compuesta de 20 espiguillas; espiguillas (flores) largas y lateralmente comprimidas, pequeñas y cubiertas por brácteas, verdes, pilosas, sin aristas. Fruto con una sola semilla fusionada a la pared de éste (modificada de Rzedowski, 2001).

Hábitat. Crece en pastizales sobre suelos salinos de zonas costeras y cuencas endorreicas.

Fotografías. a: hábitat y faro de Isla Verde (JMVH) y b: detalle de hojas (JVR).

23

Familia: Poaceae

Nombre científico: *Cenchrus ciliaris* L.

Nombre común: zacate africano

Descripción botánica. Planta perenne; tallos erectos, ramificados, glabros, e 25-100 cm de alto; vainas comprimidas, glabras o pilosas cerca del cuello, margen hialino, lígula ciliada, de 0.5-2.5 mm de longitud. Láminas foliares planas, de 3-24 cm de longitud, de 2-8 mm de ancho, escabrosas o pilosas, sobre todo en la base. Inflorescencia en forma de espiga cilíndrica y densa, de 2-12 cm de longitud y de 1-2.5 cm de ancho, de raquis flexible y escabroso, entrenudos de 0.8-2 mm de longitud; fascículos alargados, de 9-13 mm de longitud y 3-4 mm de ancho, pubescentes, cerdas erectas o algo curvas, unidas únicamente en la base o un poco más arriba, antrorsamente escabrosas a ciliadas o plumosas; espiguillas 2-4 por fascículo, de 2.5-4.8 mm de longitud, flor inferior masculina, su lema de 2-4.5 mm de longitud, 5 a 6-nervada, pálea de 2-4 mm de longitud, parcialmente cubierta por la lema; flor fértil de 2-5 mm de longitud y de 1-1.5 mm de ancho (modificada de Rzedowski, 2001).

Hábitat. Es una especie nativa de África, la Península Arábiga e India. Se ha naturalizado en todo el continente americano y puede ser considerada como una especie invasora de la vegetación de dunas costeras.

24

Familia: Poaceae

Nombre científico: *Paspalum distichum* L.

Nombre común: camalote saladillo

Descripción botánica. Planta perenne, con largos estolones pubescentes en los nudos; tallos de 10-60 cm de longitud; vainas comprimido-aquilladas, por lo general agrupadas y sobrepuestas especialmente en la base y en las hojas nuevas, glabras, lígula membranácea, muy corta, láminas foliares por lo general de menos de 10 cm de longitud, de 3-6 mm de ancho, glabras. Racimos terminales, en pares en el ápice de los tallos, de 2-7 cm de longitud, generalmente curvos, el raquis de 1-1.5 mm de ancho; espiguillas dispuestas en forma simple, de 2.5-3.5 mm de longitud, de 1-1.5 mm de ancho, elípticas, agudas, de color verde pálido; primera gluma a veces presente, segunda gluma aplicado-pubescente, 5-nervada, la nervadura central muy conspicua, lema de la flor estéril, glabra, igual a la gluma en tamaño; lema de la flor fértil apiculada, blanco amarillenta (modificada de Rzedowski, 2001).

Hábitat. Es una especie que crece a las orillas de terrenos fangosos; también como ruderal y arvense.

25

Familia: Polygonaceae

Nombre científico: *Coccoloba uvifera* L.

Nombre común: uva de mar



Descripción botánica. Árboles, de hasta 17 m de alto, frecuentemente muy ramificados desde la base. Hojas orbiculares a reniformes, 7-14 cm de largo y 10-18 cm de ancho, ápice redondeado, truncado o emarginado, base redondeada a ampliamente cordada con un lobo, frecuentemente extendiéndose alrededor del pecíolo, glabras, gruesamente coriáceas; pecíolos fuertes. Inflorescencias 15-30 cm de largo, pedúnculo 1-3 cm de largo, raquis menudamente pubescente, pedicelos 1-2 mm de largo. Fruto obpiriforme, aquenio rodeado por el hipanto acrescente, con los lobos del perianto aplicados contra el ápice, hipanto y lobos rosado-morados cuando maduros, pedicelos 4-5 mm de largo; aquenio 10-13 mm de largo y 10 mm de ancho, negro (modificada de Vázquez-Yanez *et al.*, 1999)

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costeras y bosques tropicales.

Fotografías. a: hábitat (JVR), b: detalle hojas (JMVH) y c: detalle flor (JVR).

26

Familia: Rhizophoraceae

Nombre científico: *Rhizophora mangle* L.

Nombre común: mangle rojo o mangle colorado



Descripción botánica. Árbol de hasta 20 m de altura; tronco con corteza gris-rojiza a pardo-rojiza, gruesa, fisurada; tronco y frecuentemente las ramas apoyadas en numerosas raíces aéreas de origen adventicio, con numerosas lenticelas. Hojas simples, pecioladas, elípticas a oblongadas, de 8-13 cm de largo y 4-5.5 cm de ancho, coriáceas, lisas, gruesas. Inflorescencias simples, con dos o tres flores; flores hermafroditas de 20-25 mm de diámetro; sépalos 4, persistentes, amarillos, de 11-14 mm de largo por 4 mm de ancho, coriáceos, glabros; pétalos 4, alternos a los sépalos, blancos o amarillentos. Fruto una baya, de color pardo, coriácea; semilla una, el embrión sin latencia, creciente en el fruto hasta perforarlo por el ápice y emergiendo al exterior (modificada de Vázquez-Yanes, 1980).

Hábitat. Crece en bosques de mangle, en las zonas con mayor grado de inundación.

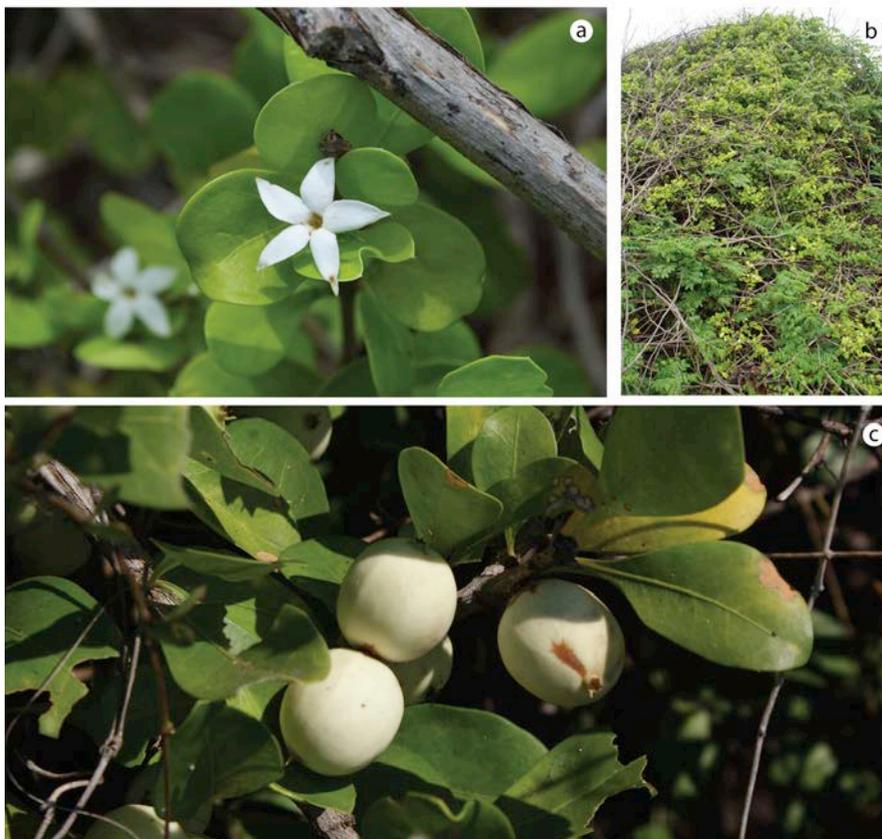
Fotografías. a: propágulos (JVR), b: detalle flores (JVR) y c: detalle raíces (JVR).

27

Familia: Rubiaceae

Nombre científico: *Randia laetevirens* Standl.

Nombre común: no se conocen



Descripción botánica. Arbustos de hasta 3 m de alto, glabros a pubérulos, generalmente armados con espinas apareadas, 6-15 mm de largo. Hojas isofilas, apareadas en nudos separados o agrupadas en espolones, elípticas a oblanceoladas, 1-6 cm de largo y 0.5-3 cm de ancho, ápice obtuso, base cuneada a aguda y atenuada. Flores perfectas, terminales, sésiles, las estaminadas solitarias o fasciculadas, las pistiladas solitarias; limbo calicino de 1 mm de largo, 5-lobado; corola glabra, excepto vellosa en la garganta, tubo 4-8 mm de largo, lobos 5, 4-5 mm de largo. Fruto globoso, 0.8-1.5 cm de diámetro, liso, glabro, verde pálido a blanquecino o amarillento (modificada de Lorence, 1999).

Hábitat. Crece en vegetación de duna costera, selvas húmedas y selvas secas.

Fotografías. a: detalle de la flor (JVR), b: forma de vida (JMVH) y c: detalle frutos (JVR).

28

Familia: Surianaceae

Nombre científico: *Suriana maritima* L.

Nombre común: tabaquillo



Descripción botánica. Arbusto de hasta 3 m de altura; ramas pilosas. Hojas espiraladas, agrupadas en las ramas, de color verde pálido, oblanceoladas, de 1-3 cm de longitud, 0.2-0.5 cm de ancho, puberulentas, margen entero, ápice agudo a obtuso. Inflorescencias cimosas o paniculadas con ramificaciones cortas; pedúnculo corto y densamente puberulento; brácteas, una en la base de cada ramificación, sésiles. infrutescencia péndula, frutos 3-5, de color moreno oscuro, obovados o turbinados, de 4-6 mm de longitud, densamente pubescente, el cáliz envolviendo los frutos; semillas ampliamente obovoides, la testa delgada, de color crema (modificada de Juárez, 1988).

Hábitat. Crece en vegetación de dunas costera.

Fotografías. a: detalle fruto (JMVH), b: forma de vida (JVR) y c: detalle hojas (JMVH).

Fitogeografía

Moreno-Casasola (1988, citada por Tunnell, 2011) señala: “Es interesante mencionar que las islas de arrecifes de coral frente a la ciudad de Veracruz albergan especies de plantas nativas que son similares en composición a las de las islas del Caribe, probablemente relacionadas entre sí por los suelos calcáreos”. Moreno-Casasola *et al.* (1998), apuntan muy brevemente la presencia de elementos florísticos caribeños en las islas calcáreas frente al puerto de Veracruz.

Más puntualmente, la presencia de *Suriana maritima*, *Tournefortia gnaphalodes*, *Scaevola plumieri* y *Coccoloba uvifera*, indican una relación fitogeográfica con la península de Yucatán, la cual quizá se pueda explicar por la dirección en que la corriente marina del Golfo de México se mueve, del norte de Yucatán hacia Veracruz, incidiendo en el transporte de semillas, al igual que lo hacen las aves migratorias.

Agradecimientos

Agradecemos a Domingo Canales Espinosa, quien fue director del Área Académica de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, por su apoyo para realizar investigaciones botánicas. Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la misma Universidad, por facilitar el apoyo logístico para el trabajo de campo. Asimismo, este documento no habría sido posible sin el apoyo de la administración del PNSAV y de los participantes del programa de investigación GEBSAV, a quienes brindamos un plausible reconocimiento.

Literatura citada

- ACOSTA, P. R. 1986. *La vegetación de la sierra de Manuel Díaz, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.
- ÁLVAREZ, R. C. y F. González. 1972. La vegetación de la zona árida veracruzana. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 43 (1): 77-100.
- ANDERSON, E. F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press, Portland, Oregon. 766 pp.
- AVENDAÑO, R. S. 2008. Goodeniaceae. *Flora de Veracruz*. Fascículo 146. Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., 8 pp.
- BRAVO, H. y S. Arias. 2011. Cactaceae. Descripción de la familia y clave genérica. En: *Flora Mesoamericana*, Volume 2, [ed. Davidse G., Sousa Sánchez M,

- Knapp S, Chiang Cabrera F]. St. Louis, Missouri, EUA: Missouri Botanical Garden.
- BRITTON, J. C. y B. Morton. 1989. *Shore Ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press, Austin, 387 pp.
- BURGER, W. 1983. Polygonaceae. Flora Costaricensis. *Fieldiana Botany*, 13: 99-138.
- _____. 1995. Euphorbiaceae. Flora Costaricensis, Family 113. *Fieldiana Botany*, nueva serie 36: 1-169.
- Castillo, C. G. y M. E. Medina, A. 2002. *Árboles y arbustos de la reserva natural de La Mancha, Veracruz: manual para la identificación de las especies*. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Ver., 143 pp.
- CASTILLO-CAMPOS, G. 2006. Las selvas. Pp 221-229. En: *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. P. Moreno-Casasola (Ed.). Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver.
- CASTILLO-CAMPOS, G. y A. C. Travieso B. 2006. La flora. Pp. 171-204. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver.
- CÓZAR-ANGULO, C., R. Ortega-Navarro, G. J. Fuentes-Capistrán, V. Vázquez-Torres, P. Rodríguez-Torres y J. M. Vargas-Hernández. 2000. *Composición y distribución florística de Isla Sacrificios, Ver., México*. I Congreso Nacional sobre Arrecifes de Coral. 28 de junio al 1 de julio del 2000. Veracruz, Ver.
- CHÁZARO B., M. 1986. *Miscellaneous papers on the Flora of Veracruz, Mexico*. Tesis de Maestría, Departamento de Botánica, Universidad de Wisconsin-Madison, EUA. 189 pp.
- _____. 1992. Exploraciones botánicas en Veracruz y estados circunvecinos 1. Pisos altitudinales de vegetación en el centro de Veracruz y zonas limítrofes de Puebla. *La Ciencia y el Hombre*, Universidad Veracruzana, 10: 67-116.
- DORANTES L., J. y M. E. Acosta A. 1976. Excursión a la zona de Xalapa-Boca Andrea, Ver. En: *Guías botánicas de excursiones en México*, Sociedad Botánica de México, Xalapa, Ver. Pp. 69-85.
- FRANCIS, J. 2011. Fabacea: *Caesalpinia bonduc* U.S. Department of Agriculture, Forest Service. International Institute of Tropical Forestry. 3 pp.
- FUENTES-CAPISTRÁN, G. J., Cózar-Angulo, C. y J. M. Vargas-Hernández. 2000. *Vegetación de Isla Verde, Ver. México*. I Congreso Nacional sobre Arrecifes de Coral. 28 de junio al 1 de julio del 2000. Veracruz, Ver.
- GENTRY, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press, Tucson, 663 pp.
- GÓMEZ-POMPA, A., A. Lot H., C. Vázquez Y., M. Soto E. y N. Diego P. 1972. *Estudio preliminar de la vegetación y flora de la región de Laguna Verde, Ver.* Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 278 pp.

- _____. 1977. *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. CECSA, México, 91 pp.
- IRISH, M. y G. Irish. 2000. *Agaves, yucas and related plants*. Timber Press, Portland, Oregon, 299 pp.
- JUÁREZ, S. C. 1988. Surianaceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 58. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver., 5 pp.
- JIMÉNEZ, J., A. Lugo y E. Ariel, 2010. *Avicennia germinans* (L.) L. SO-ITF-SM-4. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- LORENCE, D. H. 1999. A nomenclator of Mexican and Central American Rubiaceae. *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden* 73: 1-177.
- LOT-HELGUERAS, A. 1971. Estudio sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 42(1): 1-48.
- _____. 1991. *Vegetación y flora vascular acuática del estado de Veracruz*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- MCDONALD, A. 1994. Convolvulaceae II. *Flora de Veracruz*, fascículo 77, Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., 133 pp.
- MCVAUGH, R. 1983. Gramineae. En: W. R. Anderson (Ed.). *Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*, Vol. 14. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.
- _____. 1987. Leguminosae. Vol. 5. *Flora Novo-Galiciana*. University of Michigan Press, Ann Arbor, EUA, 1-765 pp.
- MEDINA, A. M. E. 1986. *Estudio de la vegetación de la barranca de Acazonica, en el centro de Veracruz*, Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.
- MEDINA A, M. E. y G. Castillo C. 1996. Las plantas suculentas de la barranca de Acazonica, Veracruz. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 41(1): 12-17.
- MEYRAN, J. 1987. Las cactáceas y otras suculentas del estado de Veracruz. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 32(4): 93-100.
- MIRANDA, F. y E. Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Boletín Sociedad Botánica de México*, 28: 29-179.
- MORENO-CASASOLA, P., E. Van Der Maarel, S. Castillo, M. L. Huesca e I. Pisanty. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en El Morro de la Mancha, Ver. I. *Biótica*, 7(4): 569-575.
- _____. 1988. Patterns of plant species distribution on coastal along the Gulf of Mexico. *Journal of Biogeography*, 15: 787-806.
- _____. I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo-Campos, R. Durán, J. L. León, I. Olmested y J. Trejo-Torres. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos

- de las costas de México. En: G. Halffter (comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*, 2: 177-258.
- _____. (Ed.). 2006. *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*; Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., 539 pp.
- _____ y A. C. Travieso B. 2006. Las playas y las dunas. Pp. 205-220. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver. 539 pp.
- NASH, D. y N. Moreno. 1981. Boraginaceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 18. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver., 149 pp.
- NEE, M. 1983. Casuarinaceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 27. INIREB. Xalapa, Veracruz, México.
- NOVELO R., A. 1978. La vegetación de la estación biológica el Morro de la Mancha, Veracruz. *Biótica*, 3(1): 9-24.
- PENNINGTON, T. D. y J. Sarukhán, 1998. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México / Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 521 pp.
- POOL, A. 2001. Pandanaceae. En: Stevens, W. D., C. Ulloa, A. Pool y O. M. Montiel (Eds.). *Flora de Nicaragua. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden* 85(3): 1911.
- RZEDOWSKI, G. y J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Conabio, Instituto de Ecología. Michoacán, México, 1405 pp.
- RICO-GRAY, V. 1979. Aizoaceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 9. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver., 13 pp.
- _____ y M. Nee. 1982. Bataceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 21. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver., 6 pp.
- ROBLES, H. L. 1986. *Vegetación y uso tradicional de las plantas de la barranca del Monterrey, Mpio. de Axocuapan, Ver. y sus alrededores*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.
- SÁNCHEZ-DEL PINO, I., H. Flores-Olvera y J. Valdés, 1999. La familia Amaranthaceae en la flora halófila y gipsófila de México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie Botánica* 70 (1): 29-135.
- STANDLEY, P. C. 1922. Trees and shrubs of Mexico. *Contr. from the U. S. Nat. Herbarium*, 23: 348-515.
- STEVENS, W. D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool y O. M. Montiel Jarquín. 2001. *Flora de Nicaragua. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden*. 85: I-XLII.
- SOTO-ESTRADA, C. 2004. Crotalaria. *Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlan*, fascículo 40. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- TRAVIESO B., A. C. y P. Moreno-Casasola. 2006. Los humedales. Pp. 231-246, En: Moreno-Casasola, P. (Ed.). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*; Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., 539 pp.
- THOMSON, L. A. J. y B. Evans. 2006. *Terminalia catappa* (tropical almond). En: Elevitch, C. R. (Ed.). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Hōlualoa, Hawaii.
- TUNNELL, W. J. 2011. Biota de las islas. Pp. 173-182. En: *Arrecifes coralinos del sur del Golfo de México*. J. W. Tunnell Jr., E. A. Chávez y K. Whitters (Eds.). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México, 293 pp.
- VÁZQUEZ, Y. C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 42: 49-94.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 559-575. En: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 865 pp.
- _____, G. J. Fuentes- Capistrán y C. Cózar-Angulo. 2006. *Vegetación insular del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Informe Interno, GEBSAV, 60 pp.
- VÁZQUEZ-GARCÍA, J. A., M. Cházaro *et al.* 2007. *Agaves del Occidente de México*. Universidad de Guadalajara CUCBA-CUCSH, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Consejo Regulador del Tequila. Louisiana State University, Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco, México, 221 pp.
- VÁZQUEZ-YÁNEZ, C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 42: 49-94.
- _____. A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo, 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. Conabio / Instituto de Ecología / UNAM.
- _____. 1980. Rhizophoraceae. *Flora de Veracruz*, fascículo 12. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver., 8 pp.
- WIGGINS, I. L. y D. M. Porter. 1971. *Flora of the Galapagos Islands*. Stanford University Press, Stanford, California, 977 pp.

MACROALGAS

*Alejandro Morales García*¹

Las macroalgas del Sistema Arrecifal Veracruzano, que incluye al Arrecife Verde, están integradas por grupos diversos y complejos de especies y formas. Las formas incluyen las costrosas, foliosas y filamentosas, que van desde simples ramificaciones a otras de formas complejas con estructuras altamente especializadas. Esas estructuras especializadas son adaptaciones para capturar luz, útiles en la reproducción, la fijación al sustrato y la flotación. El tamaño de las macroalgas que habitan en el Arrecife Verde varía entre unos pocos milímetros hasta las especies de un máximo de 5-10 cm de altura (tales como las del género *Ulva*).

Las macroalgas marinas tropicales ocupan una gran variedad de hábitats, como aguas superficiales y zonas profundas de los arrecifes de coral, entre las zonas interarrecifales, los fondos arenosos, las zonas intermareales rocosas, incluso dentro de los esqueletos de los corales, tanto sanos como muertos, conchas y roca caliza (algas endolíticas). Las macroalgas son fuente importante de alimentación para una variedad de herbívoros, además formadoras de arrecifes y crean hábitats para especies de invertebrados y vertebrados de interés ecológico y económico. También juegan papeles críticos en la degradación de los arrecifes de coral, como cuando un arrecife coralino es reemplazado con arrecifes rocosos cubiertos de macroalgas.

DIVERSIDAD DE MACROALGAS EN EL ARRECIFE VERDE

Las macroalgas son clasificadas taxonómicamente en tres diferentes grupos: Rhodophyta (algas rojas), Phaeophyceae (algas pardas) y

¹ Instituto Tecnológico de México e Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz; Alexreef8899@gmail.com

Chlorophyta (algas verdes). Esta clasificación sistemática se basa en la composición de pigmentos implicados en la fotosíntesis.

Hasta el año 2006 se habían reportado para el Sistema Arrecifal Veracruzano, 284 especies y variedades de macroalgas (Galicia-García y Morales-García, 2007). Para el 2012, Landa-Consigno reportó 13 especies que no habían sido registradas anteriormente, y que las localizó en los arrecifes de Anegada de Afuera, Blanca, De Enmedio, Gallega e Ingenieros, con lo cual el registro de especies aumentó a 297 para todo el PNSAV.

De ese total de especies ya mencionadas, el Arrecife Verde contribuye con un poco más del 36%, lo cual es comprensible, ya que la flora de macroalgas del Arrecife Verde, junto con la de los arrecifes De Enmedio, Sacrificios y Hornos, son los más explorados; sin embargo, es probable que todavía, al menos para el Arrecife Verde, el porcentaje de contribución se incremente con futuras exploraciones de campo.

En cuanto a la contribución, por grupo, en el Arrecife Verde, las algas Rhodophyta son las más diversas, con 50 especies, seguidas de las Chlorophyta, con 43 especies, y las Phaeophyceae, con 16 especies (Tabla 1, Lámina 1).

Tabla 1. Lista de especies de macroalgas reportadas para el Arrecife Verde. La secuencia de la lista sigue a Ortega *et al.* (2001), Hayden *et al.* (2003), Senties y Fujii (2002), Mateo Cid y Pedroche (2004).

RHODOPHYTA
PORPHYRIDIACEA
1. <i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) Drew
ERYTHROTRICHIACEAE
2. <i>Erythrocladia irregularis</i> Rosenvinge
3. <i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh
ACROCHAETIACEAE
4. <i>Acrochaetium microscopicum</i> (Nägeli ex Kützing) Nägeli
GALAXAURACEAE
5. <i>Galaxaura rugosa</i> (Ellis et Solander) Lamouroux
6. <i>Tricleocarpa cylindrica</i> (Ellis et Solander) Huisman et Borowitzska
7. <i>T. fragilis</i> (Linnaeus) Huisman et Townsend
LIAGORACEAE
8. <i>Ganonema farinosum</i> (Lamouroux) Fan et Wang
9. <i>Liagora ceranoides</i> Lamouroux
10. <i>L. valida</i> Harvey
11. <i>Trichogloea herveyi</i> Taylor

GELIDIACEAE
12. <i>Pterocladia caerulescens</i> (Kützinger) Santelices et Hommersand
GELIDIACEAE
13. <i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål)
ORALLINACEAE
14. <i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux
15. <i>A. rigida</i> Lamouroux
16. <i>Goniolithon decutescens</i> (Heydrich) Foslie
17. <i>Haliptilon cubense</i> (Montagne Kützinger) Garbary et Solander
18. <i>H. improcerum</i> (Foslie et Howe) Foslie
19. <i>Hydroliton farinosum</i> (Lamouroux) Penrose et Chamberlain
20. <i>Jania adhaerens</i> Lamouroux
21. <i>Lithophyllum congestum</i> (Foslie) Foslie
22. <i>L. frondosum</i> (Dufour) Furnari, Carmaci et Alongi
23. <i>L. intermedium</i> (Foslie) Foslie
24. <i>Melobesia membranacea</i> (Esper) Lamouroux
25. <i>Neogoniolithon accretum</i> (Foslie Howe) Setchell et Mason
26. <i>N. mamillare</i> (Harvey) Setchell et Mason
27. <i>N. fosliei</i> (Heydrich) Setchell et Mason
28. <i>N. spectabile</i> (Foslie) Setchell et Mason
29. <i>N. strictum</i> (Foslie)
30. <i>Pneophyllum fragile</i> Kützinger
HYPNEACEAE
31. <i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützinger
CHAMPIACEAE
32. <i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey var. <i>parvula</i>
RHODYMENYACEAE
33. <i>Gelidiopsis intricata</i> (C. Agardh) Vickers
34. <i>G. variabilis</i> (J. Agardh) Schmitz
CERAMIACEAE
35. <i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne
36. <i>Ceramium cruciatum</i> Collins et Hervey
37. <i>C. flacidum</i> (Kützinger) Ardissonne
38. <i>C. luetzelburgii</i> Schmidt
39. <i>C. nitens</i> (C. Agardh) J. Agardh
40. <i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey var. <i>filamentosa</i>
RHODOMELACEAE
41. <i>Acanthophora spicifera</i> (Vahl) Børgesen

42. <i>Chondria curvilineata</i> Collins et Hervey
43. <i>Chondrophycus papillosa</i> (C. Agardh) Garbay et Harper
44. <i>C. poiteaui</i> (Lamouroux) Nam
45. <i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh
46. <i>Laurencia obtusa</i> Lamouroux
47. <i>Neosiphonia sphaerocarpa</i> (Børgesen) M. Kim et Lee
48. <i>Polysiphonia gorgoniae</i> Harvey
49. <i>P. scopulorum</i> var. <i>villum</i> (J. Agardh) Hollenberg
50. <i>P. sphaerocarpa</i> Børgesen
PHAEOPHYTA
ECTOCARPACEAE
51. <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye
52. <i>E. variabilis</i> Vickers
SPHACELARIACEAE
53. <i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing
54. <i>S. tribuloides</i> Meneghini var. <i>tribuloides</i>
DICTYOTACEAE
55. <i>Dictyota bartayresiana</i> Lamouroux
56. <i>D. cervicornis</i> Kützing
57. <i>D. divaricata</i> Lamouroux
58. <i>D. volubilis</i> Kützing <i>sensu</i> Vickers
59. <i>Lobophora variegata</i> (Lamouroux) Womersley ex Oliveira.
60. <i>Padina boergesenii</i> Allender et Kraft
61. <i>P. gymnospora</i> (Kützing) Sonder
CHORDARIACEAE
62. <i>Cladosiphon occidentalis</i> Kylin
63. <i>C. zosteræ</i> (J. Agardh) Kylin
SCYTOSIPHONACEAE
64. <i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès et Solier
65. <i>Hydroclathrus clathratus</i> (C. Agardh) Howe
SARGASSACEAE
66. <i>Sargassum fluitans</i> (Børgesen) Børgesen
CHLOROPHYTA
ULVACEAE
67. <i>Ulva compressa</i> Linnaeus
68. <i>U. flexuosa</i> Wulfen
69. <i>U. intestinalis</i> Linnaeus
70. <i>U. lactuca</i> Linnaeus

71. <i>U. paradoxa</i> C. Agardh
ANADYOMENACEAE
72. <i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh
CLADOPHORACEAE
73. <i>Chaetomorpha nodosa</i> Kützing
74. <i>Cladophora coelothrix</i> Kützing
75. <i>C. montagneana</i> Kützing
76. <i>C. socialis</i> Kützing
77. <i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) van den Hoek
78. <i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kützing
SIPHONOCLADACEAE
79. <i>Boodlea composita</i> (Harvey) Brand
80. <i>Cladophoropsis macromeres</i> Taylor
81. <i>C. membranacea</i> (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen
82. <i>Dictyosphaeria cavernosa</i> (Forsskål) Børgesen
83. <i>Phyllocladon anastomosans</i> (Harvey) Kraft et Wynne
84. <i>Ventricaria ventricosa</i> (J. Agardh) Olsen et West
VALONIACEAE
85. <i>Ernodesmis verticillata</i> (Kützing) Børgesen
BRYOPSIDACEAE
86. <i>Bryopsis hypnoides</i> Lamouroux
87. <i>B. pennata</i> Lamouroux var. <i>pennata</i>
88. <i>B. plumosa</i> (Hudson) C. Agardh
CAULERPACEAE
89. <i>Caulerpa cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh
90. <i>C. mexicana</i> Sonder ex Kützing f. <i>mexicana</i>
91. <i>C. peltata</i> Lamouroux
92. <i>C. racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh var. <i>racemosa</i>
93. <i>C. racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützing) Taylor
94. <i>C. sertularioides</i> (S. Gmelin) Howe f. <i>sertularioides</i>
95. <i>C. sertularioides</i> (S. Gmelin) Howe f. <i>brevipes</i> (J. Agardh) Svedelius
CODIACEAE
96. <i>Codium taylorii</i> Silva
HALIMEDACEAE
97. <i>Halimeda discoidea</i> Decaisne
98. <i>H. opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux
99. <i>H. opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux f. <i>cordata</i> (J. Agardh) E. S. Barton
100. <i>H. scabra</i> Howe

101. <i>H. tuna</i> (Ellis et Solander) Lamouroux
UDOTEACEAE
102. <i>Rhipocephalus phoenix</i> (Ellis et Solander) Kützing f. <i>phoenix</i>
103. <i>R. phoenix</i> (Ellis et Solander) Kützing f. <i>brevifolius</i> A. Gepp et E. Gepp
104. <i>R. phoenix</i> (Ellis et Solander) Kützing f. <i>longifolius</i> A. Gepp et E. Gepp
DASYCLADACEAE
105. <i>Cymopolia barbata</i> (Linnaeus) Lamouroux
106. <i>Neomeris annulata</i> Dickie
POLYPHYSACEAE
107. <i>Acetabularia crenulata</i> Lamouroux
108. <i>A. polyphysoides</i> P. Crouan et H. Crouan
109. <i>Acicularia schenckii</i> (Möbius) Solms-Laubach

DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS FUNCIONALES

Además de la clasificación tradicional de especies, las macroalgas también pueden clasificarse basándose en términos ecológicos, siguiendo un enfoque de grupo funcional. Este enfoque considera los atributos esenciales de las algas y las características ecológicas, tales como forma, tamaño, dureza de la planta, capacidad fotosintética, crecimiento, resistencia al pastoreo, etc. La clasificación en grupos funcionales es útil para comprender la distribución de las comunidades de algas y sus respuestas a los factores ambientales, ya que algas con características similares, morfológica y anatómicamente, tienen igual respuesta a las presiones ambientales. El enfoque funcional es útil, sobre todo cuando la identificación a nivel de especie no es posible, por lo que ha sido utilizado últimamente en evaluaciones rápidas (AGRRA) de las condiciones de salud en algunos arrecifes del SAV.

El enfoque de grupo funcional en las algas incluye tres categorías principales:

Algas turfs (crecimiento en forma de pasto). Ensamblaje o asociaciones de multiespecies de algas diminutas filamentosas, y en las primeras fases del ciclo vital de macroalgas marinas más grandes, con una alta tasa de productividad, rápido crecimiento y colonización. Las algas turfs, tienen baja biomasa, no obstante, dominan gran parte de la superficie de la estructura del arrecife. El término “comunidad de algas epilíticas” es a menudo utilizado para designar colectivamente el ensamble de algas que crece sobre el sustrato; por lo general, esto se refiere a un ensamblaje dominado por algas filamentosas cespitosas (turf).

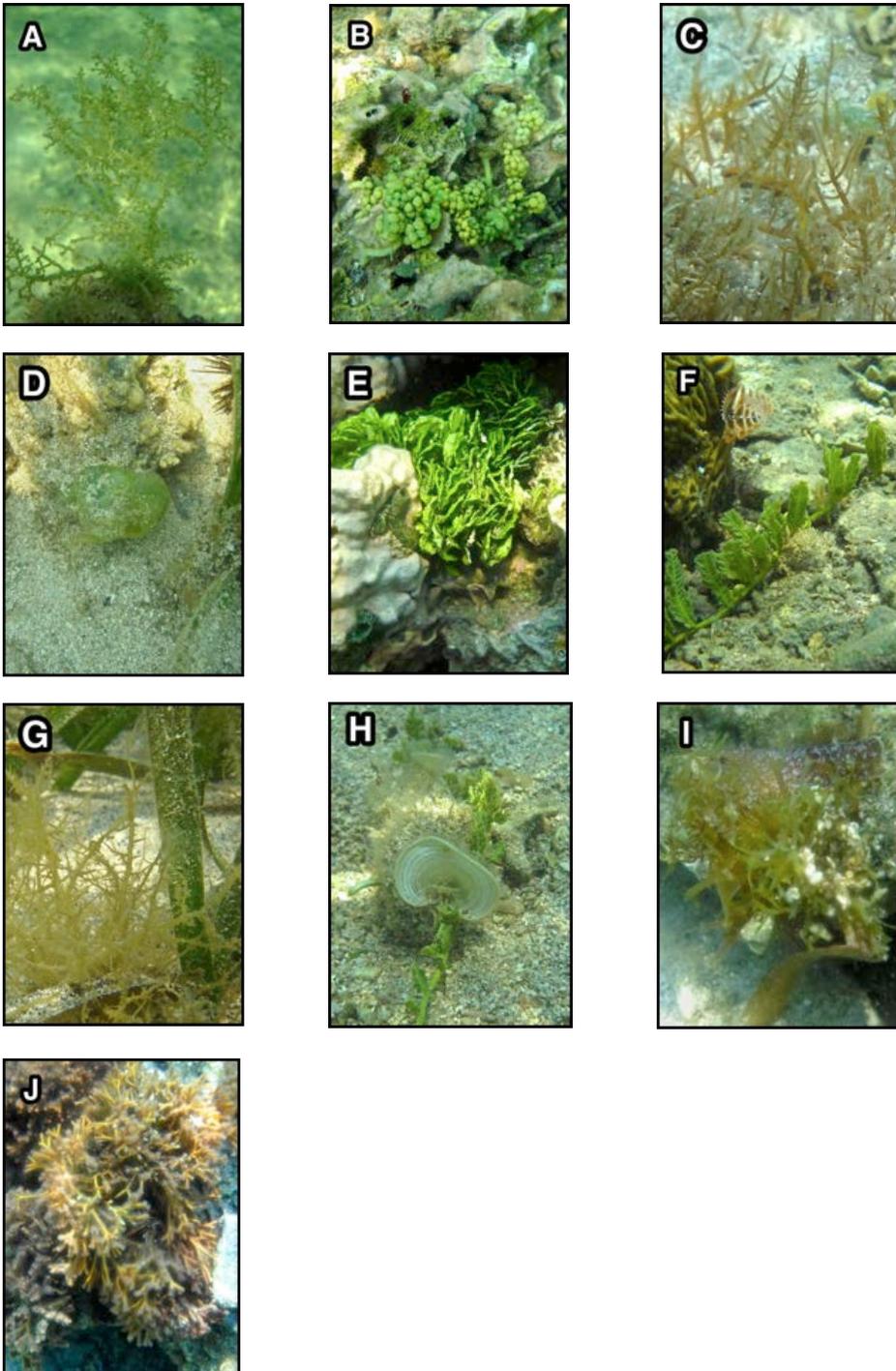


Lámina 1. Especies y géneros comunes de algas bénticas del Arrecife Verde. A. *Laurencia* sp.; B. *Caulerpa racemosa*; C. *Gelidiella acerosa*; D. *Dictyosphaeria cavernosa*; E. *Halimeda* sp.; F. *C sertularioides*; G. *Hypnea musciforme*; H. *Padina pavone*; I. *Dyctiota* sp.; J. *Galaxaura rugosa*. (Fotos A. Morales García)

Macroalgas erguidas. Formas de algas grandes, más rígidas y anatómicamente más complejas que las algas turfs, abundantes en las zonas de baja herbivoría, como por ejemplo la zona intermareal, plataformas coralinas o arrecifes mar adentro donde el fuerte oleaje, la alta depredación o la calidad del agua limita el pastoreo.

Algas costrosas. Son algas que crecen completamente adheridas al sustrato, formando costras, con tasas de crecimiento lento en general y, son abundantes en los arrecifes con alta presión de herbivoría.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La distribución y abundancia de las macroalgas en los arrecifes de coral están determinados principalmente por el tipo de sustrato, por sus requerimientos fisicoquímicos, como luz, dióxido de carbono, temperatura, salinidad y nutrientes, así como por los efectos de los factores oceanográficos, como oleaje y corrientes; además de sus características intrínsecas individuales, como las tasas de reclutamiento, mortalidad y dispersión, y las interacciones biológicas, tales como la competencia y la herbivoría. Las comunidades de macroalgas del Arrecife Verde presentan una gran diversidad de especies, pero con baja abundancia y tallas pequeñas.

ESTACIONALIDAD

No obstante que no se han determinado, específicamente en el Arrecife Verde, los parámetros poblacionales, como la abundancia, el crecimiento y la reproducción de las macroalgas que ahí habitan, se ha observado que son variables en su composición de biomasa, de acuerdo con la estacionalidad. Macroalgas del género *Gracilaria* son fuertemente estacionales, con picos de biomasa durante el verano y la biomasa más baja durante el invierno (Morales, 2003). Se ha observado que grandes afloramientos de macroalgas café y verdes son comunes en la laguna arrecifal en invierno.

LOS GÉNEROS COMUNES E IDENTIFICACIÓN

La identificación de las macroalgas que habitan en los arrecifes de coral del PNSAV, a nivel de género, es relativamente fácil, pero la identificación a nivel de especie requiere, por lo general, un análisis mucho más detallado, el uso de microscopio compuesto y claves taxonómicas. Las estructuras reproductivas, los tejidos internos, organización celular, etc., son características claves necesarias para la correcta determinación de la especie.

Algas rojas

- *Amphiroa*: ramas cilíndricas a aplanadas, calcificadas, compuestas por segmentos ligados por articulaciones cortas no calcáreas. De color rosa pálido a color rojo.
- *Galaxaura*: ligeramente calcificadas, ramificadas dicotómicamente, ramas cilíndricas o aplanadas, suaves o pubescentes. De color rosa a rojo, a veces con apariencia calcárea.
- *Jania*: fuertemente calcificada, similar a *Amphiroa*, pero las plantas son más pequeñas (unos pocos milímetros) y con ramas predominantemente cilíndricas.

Algas pardas

- *Dictyota*: plantas rastreras o erectas, aplanadas, parecidas a una correa o cinta (sin nervadura central como en *Dictyopteris*). Ramificación dicotómica. De color marrón claro y varias especies con azul-verde irisado.
- *Padina*: recta, como forma de abanico, las plantas con círculos concéntricos, bandas blanquecinas y también bandas debido a deposición de carbonato.
- *Sphacelaria*: filamentosas, pequeñas (unos pocos milímetros), plantas encespadas (observado bajo microscopio compuesto), dispuestas regularmente en niveles transversales, celdas individuales, rectangular, alargada y longitudinalmente. Distintivo de células marrón oscuro en la punta de cada filamento. Una de las más abundantes especies de algas cespitosas.

Algas verdes

- *Caulerpa*: todas las especies tienen un estolón adherido por rizoides y ramas erectas verdes o frondas. Las frondas son muy variables, incluyendo hojas parecidas a plumas, forma esférica. Común en valles de arena de la laguna arrecifal.
- *Dictyosphaeria*: plantas esféricas de forma irregular lobulada, de color verde claro, superficie dura y resistente, compuesto por una capa de células angulares o poligonales, semejante a un panal.
- *Halimeda*: algas erguidas, de ligera a fuertemente calcificadas, color verde oscuro. Ramas formadas por segmentos calcificados separados entre sí por profundas constricciones. Los segmentos pueden ser aplanados (triangular a discoide o en forma de riñón) a cilíndrico.

- *Udotea*: calcificados, agusados y con forma de ventilador, anclado al sustrato por una masa rizoidal. Gris verdoso.
- *Enteromorpha*: (ahora pertenecen al género *Ulva*) son pequeñas (unos pocos milímetros) y tienen la forma de un tubo hueco; común en algas cespitosas.
- *Ulva*: verde brillante, membranosa. Poco común en los arrecifes. Son pequeñas (unos pocos milímetros) y tienen la forma de un tubo hueco; común en algas cespitosas.
- *Ventricaria*: plantas globosas hasta varios centímetros de diámetro. Verde brillante, con reflejos brillantes. Común a lo largo de la laguna arrecifal.

REPRODUCCIÓN

En términos generales se puede indicar que las macroalgas se reproducen asexualmente o sexualmente. La reproducción asexual implica la liberación de esporas (propágulos) o por fragmentación para producir nuevos individuos.

PAPEL COMERCIAL Y ECOLÓGICO

Aun cuando las macroalgas bentónicas marinas en el Arrecife Verde son muy diversas, su explotación comercial no es rentable, debido a la poca biomasa, tanto de las especies que son de interés comercial como de las que no. Las macroalgas bentónicas tienen un papel ecológico importante, ya que la producción primaria en el Arrecife Verde proviene en gran medida por el aporte de las algas bentónicas. La producción primaria neta es variable, tanto para las algas cespitosas, macroalgas carnosas, y para algas coralinas costrosas. También contribuyen a la productividad del arrecife, aunque en menor grado, las microalgas planctónicas y algas simbiotas de los corales escleractinios. Así como las praderas de hierbas marinas llamadas ceibadales, tal como *Thalassia testudinum* y las corrientes y mareas del fondo del mar.

CONSTRUCCIÓN

Muchas macroalgas hacen una importante contribución a la construcción de la estructura del arrecife, depositando carbonato de calcio (CaCO₃). Algas calcáreas como *Lithophyllum* son importantes constructoras y cimentadoras del arrecife, ya que unen sustratos adyacentes y suminis-

tran una barrera calcificada contra la erosión. Este proceso es particularmente importante en las crestas de los arrecifes. Algas calcáreas como *Halimeda*, *Udotea*, *Amphiroa* y *Galaxaura* contribuyen a la producción de los sedimentos marinos que llenan los espacios entre los corales. La arena blanca de las playas y lagunas arrecifales es en gran medida erosionada por los esqueletos de carbonato cálcico de estas algas.

ASENTAMIENTO DE LARVAS DE CORAL

Las algas coralinas costrosas promueven el asentamiento y la metamorfosis de las larvas de coral, y una gama de otros invertebrados, jugando así un papel crítico en la resiliencia del arrecife. Algunas evidencias apoyan la idea de que esta interacción parece estar mediada por sustancias químicas liberadas por el alga.

PAPEL DE LAS MACROALGAS EN LA DEGRADACIÓN Y ALTERACIÓN DE LOS ARRECIFES

Las macroalgas juegan un papel importante en la degradación de los arrecifes, donde las especies de corales que edifican el arrecife son reemplazadas por macroalgas, principalmente del tipo funcional de las carnosas. Las actividades de pesca en el Sistema Arrecifal Veracruzano, las cuales en su mayoría no están administradas, han provocado una sobrepesca, lo cual ha provocado que se reduzca la herbivoría. Por otro lado, los aportes de nutrientes que ocasionan la eutroficación, han sido propuestos como causas del aumento de la abundancia de macroalgas carnosas que conducen a sobrecrecimiento y a la degradación de los arrecifes. Asimismo, las alteraciones a los arrecifes de coral, por fenómenos biológicos naturales como los ciclones, mareas bajas extremas y aquellas alteraciones debidas al cambio climático (que provocan el blanqueamiento en los corales), han inducido a la mortalidad y enfermedades en los corales, lo cual ha propiciado un ambiente que es rápidamente colonizado por diversas comunidades de algas.

Literatura citada

- CERVANTES-ZÁRATE, I., S. J. Cucurachi-Durán y J. A. Huerta-Flores. 2003. *Evaluación de la composición química y toxicológica de Ulva lactuca como una posible fuente potencial de alimento*. Tesis. Instituto Tecnológico del Mar, Boca del Río, Veracruz, México.

- CHÁVEZ, M. L. 1980. Distribución del género *Padina* en las costas de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 23: 45-51.
- GALICIA-GARCÍA, C. y A. Morales-García, 2007. Investigaciones sobre macroalgas realizadas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 141-160. En: A. Granados Barba, L. Abarca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche.
- DE LA CAMPA-GUZMÁN, S. 1965. Notas preliminares sobre un reconocimiento de la flora marina del estado de Veracruz. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras*, 1: 9-49.
- DRECKMANN, K. M. 1998. *Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano*. UAM Iztapalapa, Conabio. México. 140 pp.
- EARLE, S. A. 1972. Benthic algae and seagrass species in the Gulf of México. En: V. C. Bushnell (Ed.). *Serial Atlas of the Marine Environment*. American Geographical Society, Nueva York. Pp. 25-29.
- ESTRADA-MARTÍNEZ, E. y M. del R. Mandujano-Velasco. 2003. *Determinación de la biomasa estacional de la macroalga *Ulva lactuca* L. en dos zonas adyacentes a la ciudad de Veracruz, México*. Tesis. Instituto Tecnológico del Mar, Boca del Río, Veracruz. México. 54 pp.
- GARDUÑO S., G., J. L. Godínez y M. M. Ortega. 2005. Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 76: 61-78.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J., M. Gold Morgan, H. León-Tejera, C. Candelaria, D. León-Álvarez, E. Serviere-Zaragoza y D. Fragoso. 1996. Catálogo onomástico (nomenclátor) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de México. *Cuadernos del Instituto de Biología, UNAM*, (29): 1-492.
- GUZMÁN DEL PRÓO, S. A., M. Casas-Valdés, A. Díaz-Carrillo, M. Díaz-López, J. Pineda y M. E. Sánchez-Rodríguez. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Investigaciones Marinas, CICIMAR*, 3 (número especial 2): 1-63.
- HAYDEN, H. S., J. Blomster, C. A. Maggs, P. C. Silva, M. J. Stanhope y J. R. Waaland. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *Eur. J. Phycol.*, 38: 277-294.
- HUERTA, M. L. 1960. Lista preliminar de las algas marinas del litoral del estado de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 25: 39-45.
- HUERTA, L., M. L. Chávez y M. E. Sánchez-Rodríguez. 1977. Algas marinas de la Isla de Enmedio, Veracruz. Pp. 314-325. En: *Mem. Cong. Nac. Oceanog. Guaymas, Sonora, México*.

- HUMM, H. J. y H. H. Hildebrand. 1962. Marine algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science*, 8: 227-268.
- LANDA-CONSIGNO. 2012. *Taxonomía de algas verdes (Chlorophyta) del Sistema Arrecifal Veracruzano*. Memoria de residencia. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México.
- LEHMAN, R. L. y J. W. Tunnell, Jr. 1992. Species composition and ecology of the macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, Mexico. *Texas Journal of Science*, 44(4): 445-457.
- LITTLER, D. S. y M. M. Littler. 2000. *Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of México*. Offshore Graphics, Inc. 542 pp.
- LOBBAN y Harrison. 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University, EUA. 366 pp.
- LOT-HELGUERAS, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie Botánica*, 42(1): 1-48.
- LUNA-PÉREZ, L. G. 2005. *Obtención y comparación de agar y agaroides de cinco especies de algas Rhodophyta de México*. Tesis. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México.
- MARTÍNEZ-LOZANO, S. 1991. Algas marinas de aplicación farmacéutica I. *Publicaciones Biológicas*, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, 5(2): 81-88.
- MATEO-CID, L. E. y A. C. Mendoza-González. 1986. Algas marinas poco comunes de las costas mexicanas (I). *Phytologia*, 60(6): 428-433.
- MATEO-CID, L. E., A. C. Mendoza-González y C. Galicia-García. 1996. Algas marinas de Isla Verde, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 36: 59-75.
- MATEO-CID, L. E., A. C. Mendoza-González y R. B. Searles. 2003. La tribu Callithamnieae (Ceramiaceae, Rhodophyta) en la costa del Atlántico de México. *Hidrobiológica*, 13(1): 39-50.
- MATEO-CID, L. E. y F. F. Pedroche. 2004. The occurrence of *Neogoniolithon fosliei* (Heydrich) Setchell et Mason in the Mexican Caribbean and the relationship of this species to *N. solubile* (Foslie et Howe) Setchell et Mason (Corallinales, Rhodophyta). *Caribbean Journal of Science*, 40(2): 182-191.
- MATEO-CID, L. E. 2006. *Estudio taxonómico de los géneros Neogoniolithon, Spongites y Pneophyllum (Corallinales, Rhodophyta) en la costa del Atlántico de México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- MENDOZA-GONZÁLEZ, A. C. y L. E. Mateo-Cid. 1985. Contribución al conocimiento de la flora marina bentónica de las islas Sacrificios y Santiaguillo, Veracruz, México. *Phytologia*, 59(1): 9-16.

- MENDOZA-GONZÁLEZ, A. C., L. E. Mateo-Cid, R. Aguilar-Rosas y L. E. Aguilar-Rosas. 2000. La familia Sphacelariaceae (Sphacelariales, Phaeophyta) en las costas de México. *Polibotánica*, 11: 21-48.
- MENDOZA-GONZÁLEZ, A. C. y L. E. Mateo-Cid. 2005. El género *Dictyopteris* J. V. Lamouroux (Dictyotales, Phaeophyceae) en las costas de México. *Hidrobiológica*, 15(1): 43-63.
- MORALES-GARCÍA, A. 2003. *Cultivo experimental de Gracilaria sp.* (Gracilariales: Rhodophyta) en estanques. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- MORALES-GARCÍA, A., M. K. Román-Magaña y L. Martínez-Cárdenas. 1997. Algas del Sistema Arrecifal Veracruzano. *Oceanología*: 25-33.
- MORALES-GARCÍA, A., J. M. Basurto-Hernández, L. Cruz-Barrera y R. Martínez-Caballero. 1999. Evaluación de la biomasa anual de *Gracilaria cf. caudata* localizada en las costas de Boca del Río, Ver. *Resúmenes de VII Congreso de Ciencia y Tecnología del Mar*. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar.
- MORALES-GARCÍA, A., I. Cervantes-Zárate, S. J. Cucurachi-Durán, J. A. Huerta-Flores y M. del R. Mandujano-Velasco. 2000. Variación espacio temporal de *Ulva* spp. en Costa de Oro, Ver. *Memorias del VIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Manzanillo, México.
- MORLÁN-CAHUE, M. Y. 2004. *Determinación de metales pesados (Fe, Mn, Pb y Zn) en macroalgas clorofitas del Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ORTEGA, M. M., J. L. Godínez y G. Garduño S. 2001. Catálogo de algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Cuadernos del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, (34): 1-594.
- PEDROCHE, F. F. y A. G. Sentíes. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y Problemática actual. *Hidrobiológica*, 13(1): 23-32.
- QUINTANA-MOLINA, J. R. 1991. Resultados del programa de investigaciones en arrecifes veracruzanos del laboratorio de sistemas bentónicos litorales. *Hidrobiológica*, 1(1): 73-86.
- ROMERO-DOMÍNGUEZ, D. A. 2003. *Flora marina bentónica del arrecife La Gallega: un análisis de similitud con localidades insulares y costeras del estado de Veracruz*. Tesis. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- SENTÍES-GRANADOS, A. y M. T. Fujii. 2002. El complejo Laurencia (Rhodomelaceae, Rhodophyta) en el Caribe mexicano. Pp. 121-192. En: Sentíes y Dreckmann (Eds.). *Monografías Ficológicas*. México.

- TEJEDA-HERNÁNDEZ, L. E. 2003. *Obtención de carragenanos de tres especies de algas Rhodophyta en México*. Tesis. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México.
- TOVAR, J. E. 2000. *Evaluación de metales pesados en dos sistemas bentónicos arrecifales de Veracruz, Ver.* Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- VALDÉS-GARDUÑO, R. 2003. *Caracterización morfológica y anatómica del género Halimeda de las costas de Veracruz, México*. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- VILLALOBOS, A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. Pp. 531-545. En: *Symp. on investigations and resources of the Caribbean Sea and adjacent regions*. CICAR, UNESCO y FAO.
- ZIZUMBO-ALAMILLA, L. E. 1995. *Estudio ficoflorístico de las macroalgas bénticas del arrecife coralino Isla Verde, Veracruz, México*. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.

PORIFERA (DEMOSPONGIAE), CON NUEVOS REGISTROS PARA MÉXICO

Patricia Gómez,¹ Nicolás Heras-Escutia²

INTRODUCCIÓN

El presente estudio comprende la biodiversidad de Porifera en el Arrecife Verde, Veracruz. De la recolección e identificación de 150 muestras se obtuvo la presencia de 43 especies de la clase Demospongiae, representada por 10 órdenes, 25 familias en 30 géneros. Dieciséis especies son nuevos registros para el Arrecife Verde, 11 de las cuales se describen y se ilustran aquí por primera vez, cinco de estas especies son registros nuevos para el Golfo de México: *Cinachyrella alloclada*, *C. apion*, *Geodia gibberosa*, *G. papyracea*, *Cliona vermifera*, *Pione lampa*, *Placospongia ruetzleri*, *Tethya maza*, *Damiria leonora*, *Ciocalypta gibbsi*, *Haliclona (Rhizoniera) curacaoensis*, *H. (Reniera) implexiformis*, *Amphimedon erina*, *Neopetrosia carbonaria*, *Hyrtios violaceus* y *H. proteus*. Las esponjas fueron recolectadas por medio de esnórquel y buceo SCUBA, con registros procedentes de la laguna arrecifal, así como del talud, desde el área somera de sota-

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Ecología y Biodiversidad Acuática, Universidad Nacional Autónoma de México. patricia@cmarl.unam.mx

² Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Campus El Cerrillo, Piedras Blancas, Carretera Toluca-Ixtlahuaca, km 15.5, Edo. de México. CP 50200.

vento hasta aproximadamente 30 metros de profundidad. El número total de especies estudiadas en el presente trabajo ha incrementado un 45 % la biodiversidad de poríferos en el Arrecife Verde, a partir de las 36 citadas con anterioridad. La especie dominante en la laguna es *Neopetrosia subtriangularis* constituida por un 36% del número total de individuos encontrados, mientras que la especie dominante en el talud es *Monanchora arbuscula*.

Uno de los invertebrados marinos menos estudiado en el Golfo de México (GMx), es el de los poríferos, con excepción de la región norte del Golfo (costas de Texas y Florida) (Rützler *et al.*, 2009). No obstante, la biodiversidad en las costas mexicanas con registros específicos son los plasmados en su mayoría al estado de Veracruz, esto debido a sus extraordinarias formaciones arrecifales con la subsecuente diversidad de especies, en particular de esponjas. La escasa documentación acerca de estos organismos puede deberse a la variabilidad de formas y tamaños que adquiere una misma especie, lo que ocasiona la dificultad taxonómica y sobre todo obstaculiza la cuantificación de éstas (Valderrama y Zea, 2003). Esto en adición a la diversidad de ecosistemas que se observa no solo en las diversas formaciones arrecifales (Decreto DOF, 29 noviembre, 2012) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), sino también de la zona costera y de los ríos que desembocan en el estado de Veracruz.

El listado de especies de Porifera más completo en el GMx, se atribuye a Rützler *et al.* (2009). Sin embargo, en dicho listado se han incluido especies sinónimas, como *Clathria dentata* de *Clathria fascicularis*, o se citan nombres no válidos para esta zona geográfica, como *Jaspis inconditus* (del Mediterráneo) o *Clathria prolifera* (originaria de aguas frías de Carolina del Norte, con probabilidades de asignarse a otra especie). Por otro lado, se citan especies no confirmadas como válidas, ya que son especies no redescritas y por lo mismo no actualizadas, el caso de citaciones de 1870 y 1877 podrían no tener legitimidad actual. Adicionalmente, no se menciona la presencia de especies válidas, como el caso de la especie *Clathria adioristica*, al noreste del Golfo (De Laubenfels 1953) o *Yucatania sphaeroidocladus*, al norte de Yucatán (Gómez, 2006) como *Y. clavus*.

La diversidad de esponjas en las costas mexicanas del GMx se concentra en los trabajos más recientes, excepto uno, el de Topsent (1889) frente a las costas de Campeche, en el cual las especies requieren de su confirmación, así como una actualización sistemática, pero no presenta registros para los arrecifes de Veracruz.

Consecutivamente, y de manera gradual, se han incrementado los registros de especies en el GMx, dándose a conocer las especies para

los diversos arrecifes de Veracruz, ya sea con la descripción o listado de especies (Gómez, 2002, 2011; González-Gándara *et al.*, 2009; De la Cruz y González-González, 2016; Cruz-Barraza *et al.*, 2017; Gómez *et al.*, 2021); sin dejar de lado a otras formaciones arrecifales de Campeche y Yucatán (Ugalde *et al.*, 2015 y 2021). Este último, menciona gran número de especies de esponjas para el sureste del GMx, con *Agelas schmidttii*, *Spirastrella mollis*, *Haliclona (Reniera) aff. portroyalensis* e *Iotrochota arenosa*, como nuevos registros para el Arrecife Verde.

Como suplemento a la región sur del GMx, se describen detalladamente siete especies del género *Clathria*, en varios arrecifes del PNSAV; no obstante, en el Arrecife Verde únicamente se registra a *Clathria (Thalysias) virgultosa* (Gómez, 2014). Cuatro registros nuevos de esponjas se citan en el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan (De la Cruz y González-González, 2016), descartando aquí a *Dysidea fragilis* por ser una especie originaria del Mediterráneo. Estos trabajos son pocos si se comparan con lo vasto del ecosistema marino, en donde se puede contemplar que muchas de las especies de ambientes sciofilo y críptico, o de manglar, aún están a la espera de ser descubiertas. El propósito del presente trabajo es dar a conocer la biodiversidad del phylum Porifera del Arrecife Verde, considerando especies tanto del ambiente lagunar como del talud. De estos resultados se desarrolló un inventario de especies de acuerdo con su categoría sistemática, incluidas las 36 especies citadas con anterioridad. Adicionalmente, se describen las características taxonómicas más sobresalientes de 11 de los nuevos registros de esponjas encontrados en el Arrecife Verde.

MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio comprendió tanto la zona lagunar como del talud del Arrecife Verde, cuyas características geomorfológicas y ecológicas se citan en el capítulo 1 del presente libro. La recolección en la zona lagunar se realizó por medio de un transecto de banda, instalado de uno a otro extremo de la parte ancha de la laguna (600 m de longitud por 6 m de ancho), entre 0.50 y 1.5 m de profundidad, cuyo método se encuentra detallado en el mismo capítulo 1. Adicionalmente, se recolectaron de manera aleatoria y por fuera de la citada banda instalada en la laguna, aquellos ejemplares diferentes, eso como complemento a la biodiversidad de especies del ambiente lagunar en el Arrecife Verde. De la misma manera, la recolección de muestras del talud se realizó de modo aleatorio por medio de buceo SCUBA, hasta los casi 30 m de profundidad.

Para la identificación de los organismos se tomó nota de las características morfológicas *in situ*, y en el laboratorio se procedió a observar tanto su esqueleto como su espiculación, básicos en la taxonomía de esponjas. Para examinar la estructura esquelética se realizaron cortes finos de “tejido” con navaja o bisturí, se aclaran y al mismo tiempo se fijan con un medio de Permout. El segundo procedimiento se utiliza para determinar el tipo de espículas al disolver un trozo de “tejido” (2-5 mm³) en hipoclorito de sodio o en ácido nítrico, una vez macerada la materia orgánica y liberadas las espículas se fijan las preparaciones con bálsamo de Canadá.

Los ejemplares estudiados y curados fueron resguardados en la Colección Nacional del Phylum Porifera “Gerardo Green” (CNPGG) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fotomicrografías realizadas al microscopio electrónico de barrido (MEB) nos muestran el detalle de las espículas de algunas de las especies que lo ameritaban.

RESULTADOS

El número total de especies que habitan en el Arrecife Verde asciende a 52, incluidas las 36 registradas anteriormente, indicando así un incremento en su biodiversidad de un 45%. Las especies corresponden a la clase Demospongiae, representada por 10 órdenes, 25 familias con 30 géneros. Del total de especies, 23 son exclusivamente habitantes del talud, 29 se observaron en la laguna, en la cual 17 se ubicaron en la banda biótica y 12 son especies que se presentan en ambos ambientes, ya que pueden habitar tanto en la laguna como en el talud (Tabla 1).

Las especies de poríferos, básicamente de la zona lagunar, son resistentes y adaptables a los cambios en la salinidad e intensidad de la luz, con gran evaporación y calentamiento del agua, debidos a ambientes semicerrados y someros; este tipo de ambiente se caracteriza por presentar aguas tranquilas y transparentes que reciben la influencia del mar abierto, lo que parece favorecer la colonización y crecimiento de los poríferos (Díaz *et al.*, 2004).

De manera cualitativa, la especie más común en la laguna es *Neopetrosia subtriangularis* (Figura 5F) que constituye 36% del número total de individuos, y en un porcentaje más bajo (10%), en orden decreciente está: *Tedania* (*Tedania*) *ignis* (Figura 6D), *Desmapsamma anchorata* (Figura 5E) y *Haliclona* (*Soestella*) *caerulea* (Figura 4F), siendo la especie *Damiria leonorae* (Figura 1F) considerada rara por contar con un solo individuo.

Tabla 1. Registro de esponjas en el área lagunar y de talud en Arrecife Verde, Ver., con algunos registros en el PNSAV. Aa (Anegada de Adentro), Af (Anegada de Afuera), An (Anegadilla), Ba (Blanca), Bla (Blanquilla), Bji (Bajito), Ca (Cabezo), Ch (Chopas), En (Enmedio), Ga (Gallega), Gall (Galleguilla), Ho (Hornos), Pa (Pájaros), Pi (Penacho del Indio), Pm (Punta Mocambo), Po (Polo), Ps (Palo Seco), Ri (Rizo), Sa (Sacrificios), Sn (Santiaguillo).

<i>Especie</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Registros en el PNSAV</i>	<i>Referencia</i>
<i>Aaptos pernucleata</i> (Carter, 1870)	Talud y laguna	Is. Verde, Bla	Carter, 1870; Green <i>et al.</i> , 1986 (como <i>Epipolasis lithophaga</i>)
<i>Agelas clathrodes</i> (Schmidt, 1870)	Talud	Is. Verde, Aa, Ga, Bla, Sn	Green, 1977; Gómez, 2002; Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Agelas schmidtii</i> Wilson, 1902	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Aiolochoiria crassa</i> (Hyatt, 1875)	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, Af, Ba, Bji, Bla, Ca, Ch, En, Ga, Gall, Pa, Ri, Sa	Gómez, 2002, 2007
<i>Amphimedon compressa</i> Duch y Mich, 1864	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, Af, An, Ba, Bji, Bla, Ca, Ch, En, Ga, Gall, Ho, Pa, Pm, Po, Ri, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Amphimedon erina</i> (de Laubenfels, 1936)	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Amphimedon viridis</i> Duch y Mich, 1864	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, An, Ba, Bji, Bla, Ch, En, Ga, Gall, Ho, Pa, Pm, Po, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986
<i>Aplysina fistularis</i> (Pallas, 1766)	Talud	Is. Verde, Aa, An, Ba, Bji, Bla, Ca, Ch, En, Ga, Gall, Pa, Pm, Po, Ri, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Callyspongia (Cladochalina) armigera</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, Ba, Bla, Bji, Ga, Gall, Ch, Pa, Ri, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002

<i>Especie</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Registros en el PNSAV</i>	<i>Referencia</i>
<i>Cinachyrella alloclada</i> (Uliczka, 1929)	Talud y laguna	Is. Verde y Pi, Sa	Nuevo registro
<i>Cinachyrella apion</i> Uliczka, 1929	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Ciocalypta gibbsi</i> Wells, Wells y Gray, 1960	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Clathria (Thalysias) venosa</i> (Alcolado, 1984)	Talud	Is. Verde, Ho	Ugalde <i>et al.</i> 2021
<i>Clathria (Thalysias) virgul-tosa</i> (Lamarck, 1814)	Talud	Is. Verde, Bla, Pa	Green <i>et al.</i> 1986 (como <i>prolifera</i>), Gómez 2014
<i>Cliona vermifera</i> Hancock, 1867	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Damiria leonora</i> e Van Soest, Zea y Kielman, 1994	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Desmapsamma anchorata</i> (Carter, 1882)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, An, Bla, Ca, En, Gall, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> 1986, Gómez 2002
<i>Dysidea etheria</i> de Laubenfels, 1936	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, An, Bji, Bla, Ca, En, Pm, Ri, Sa, Sn	Gómez 2002, 2007
<i>Ectyoplasia ferox</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, An, Ba, Bji, Bla, Ca, Ga, Gall, Pa, Pm, Sa, Sn, Po, Ch, Ri, Ca	Gómez 2002, 2007, Ugalde <i>et al.</i> 2021
<i>Geodia gibberosa</i> Lamarck, 1815	Laguna	Is. Verde, Bla	Nuevo registro
<i>Geodia papyracea</i> Hechtel, 1965	Laguna	Is. Verde, Sa	Nuevo registro
<i>Geodia neptuni</i> (Sollas, 1886)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, An, Bla, Ca, Ga, Sn	Gómez 2002, 2007
<i>Haliclona (Reniera) mucifibrosa</i> de Weerdt, Rützlér y Smith, 1991	Laguna	Is. Verde, Ch	Gómez 2007

<i>Especie</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Registros en el PNSAV</i>	<i>Referencia</i>
<i>Haliclona (Reniera) implexiformis</i> (Hechtel, 1965)	Laguna	Is. Verde, Ch	Nuevo registro
<i>Haliclona (Reniera) aff. portroyalensis</i> Jackson, Weerdts & Webber, 2006	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Haliclona (Rhizoniera) curacaoensis</i> (Van Soest, 1980)	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Haliclona (Soestella) caerulea</i> (Hechtel, 1965)	Laguna	Is. Verde, Bla, Ca, Ch, Pm, Sa, Ho	Gómez, 2007; Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Halisarca purpura</i> Little, 1963	Talud y laguna	Is. Verde, Bla	Green <i>et al.</i> , 1986
<i>Hymeniacion caerulea</i> Pulitzer-Finali, 1986	Talud	Is. Verde, Ca	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Hyrtios proteus</i> Duch y Mich, 1864	Laguna	Is. Verde, Sa	Nuevo registro
<i>Hyrtios violaceus</i> (Duch y Mich, 1864)	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Iotrochota arenosa</i> Rützler, Maldonado, Piantoni y Riesgo, 2007	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Iotrochota birotulata</i> (Higgin, 1877)	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, Af, An, Ba, Bla, Ca, Ch, Ga, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Ircinia felix</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Af, Ba, Bla, Ca, Ch, Ga, Gall, Pa, Pm, Po, Ri, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Ircinia aff. felix</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Ba, Bla, Gall, Pm, En	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2007 (como <i>fistularis</i>)
<i>Ircinia strobilina</i> (Lamarck, 1816)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, Ba, Bla, Ch, En, Ga, Gall, Pa, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Mycale laevis</i> (Carter, 1882)	Talud	Is. Verde, Bla, Pa, Ga, Sa, Ca	Green <i>et al.</i> , 1986; Ugalde <i>et al.</i> , 2021

<i>Especie</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Registros en el PNSAV</i>	<i>Referencia</i>
<i>Mycale (Arenochalina) laxissima</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Monanchora arbuscula</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Sa, Sn, An	Ugalde <i>et al.</i> , 2021; Green <i>et al.</i> , 1986
<i>Niphates erecta</i> Duch y Mich, 1864	Talud	Is. Verde, Aa, Ba, Bla, Ch, Ga, Gall, Ho, Pa, Pm, Ri, Sa, Sn	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002
<i>Neopetrosia carbonaria</i> (Lamarck, 1814)	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Neopetrosia subtriangularis</i> (Duchassaing, 1850)	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, Af, An, Bla, En, Gall, Ho, Sa, Sn, Ca	Green <i>et al.</i> , 1986; Gómez, 2002; Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Petrosia (Petrosia) weinbergi</i> Van Soest, 1980	Talud y laguna	Is. Verde, Ca, Ho	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Pione lampa</i> (De Laubenfels, 1950)	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Placospongia ruetzleri</i> Van Soest, 2017	Laguna	Is. Verde, Ho	Nuevo registro; Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Spirastrella coccinea</i> (Duch y Mich, 1864)	Talud	Is. Verde, Aa, Af, Sn,	Ugalde <i>et al.</i> , 2021; Gómez, 2007
<i>Spirastrella mollis</i> Verrill, 1907	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Stellettinopsis megastylifera</i> (Wintermann-Kilian y Kilian, 1984)	Talud	Is. Verde	Ugalde <i>et al.</i> , 2021
<i>Tedania (Tedania) ignis</i> Duch y Mich, 1864	Talud y laguna	Is. Verde, Aa, Af, An, Ba, Bji, Bla, Ca, Ch, En, Gall, Ho, Pa, Po, Ri, Sa, Sn	Gómez, 2007
<i>Tethya actinia</i> De Laubenfels, 1950	Talud y laguna	Is. Verde, Bla	Gómez 2007; Green <i>et al.</i> , 1986
<i>Tethya maza</i> Selenka, 1879	Laguna	Is. Verde	Nuevo registro
<i>Topsentia ophiraphidites</i> (De Laubenfels, 1934)	Talud	Is. Verde, Aa, Bla, En, Sa	Ugalde <i>et al.</i> , 2021; Gómez, 2011

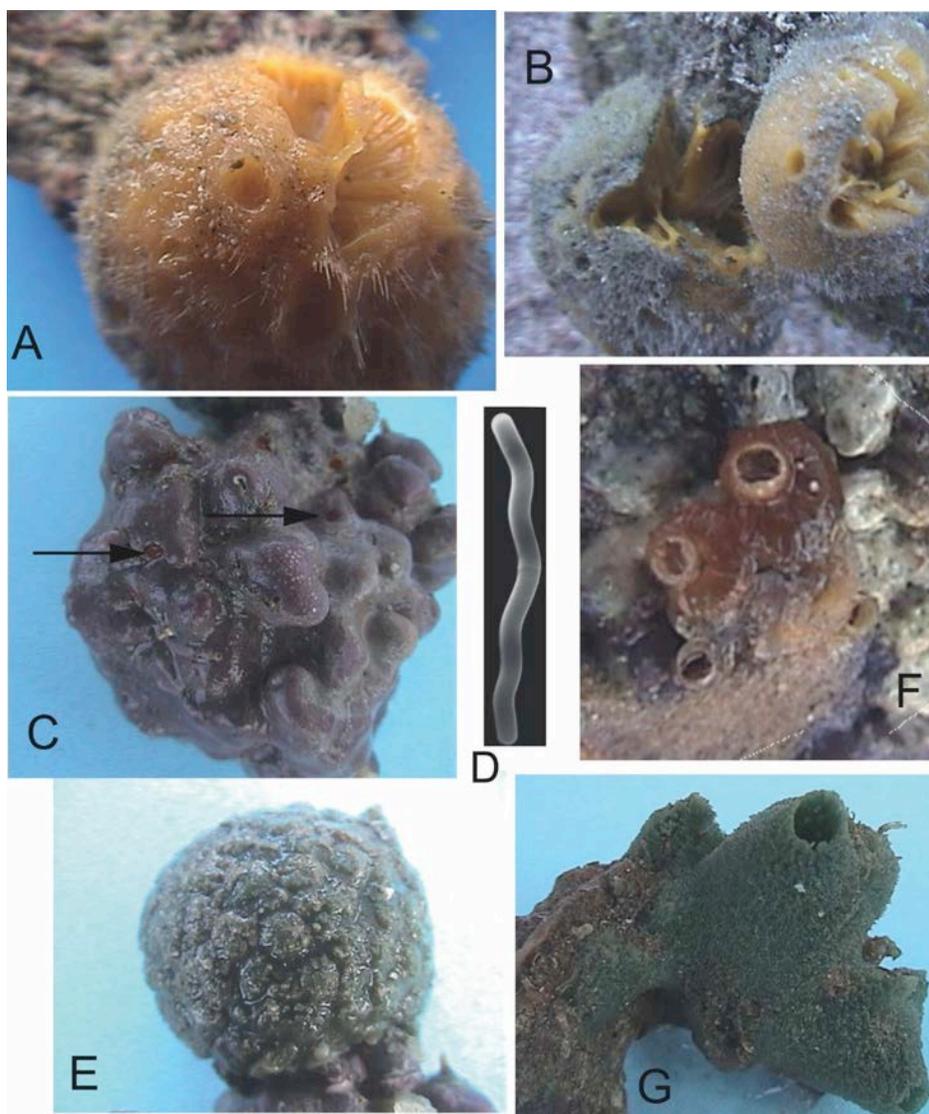


Figura 1. A. *Cinachyrella apion* mostrando los porocálices y superficie hípida; B. ejemplar fuera del agua; C-D. *Cliona vermifera* horadando un coral, se observan papilas de color rojo oscuro (señaladas por flechas); D. fotomicrografía al MEB de microesclera espiráster lisa; E. *Tethya actinia* haciendo notar su color verde oscuro y la superficie tuberculada; F. *Damiria leonora* de tubulillos color cobrizo transparentes y ósculos sobresaltados; G. *Amphimedon erina* en forma de volcán. (A-C, E-G. P. Gómez; D. Y. Hornelas Orozco)

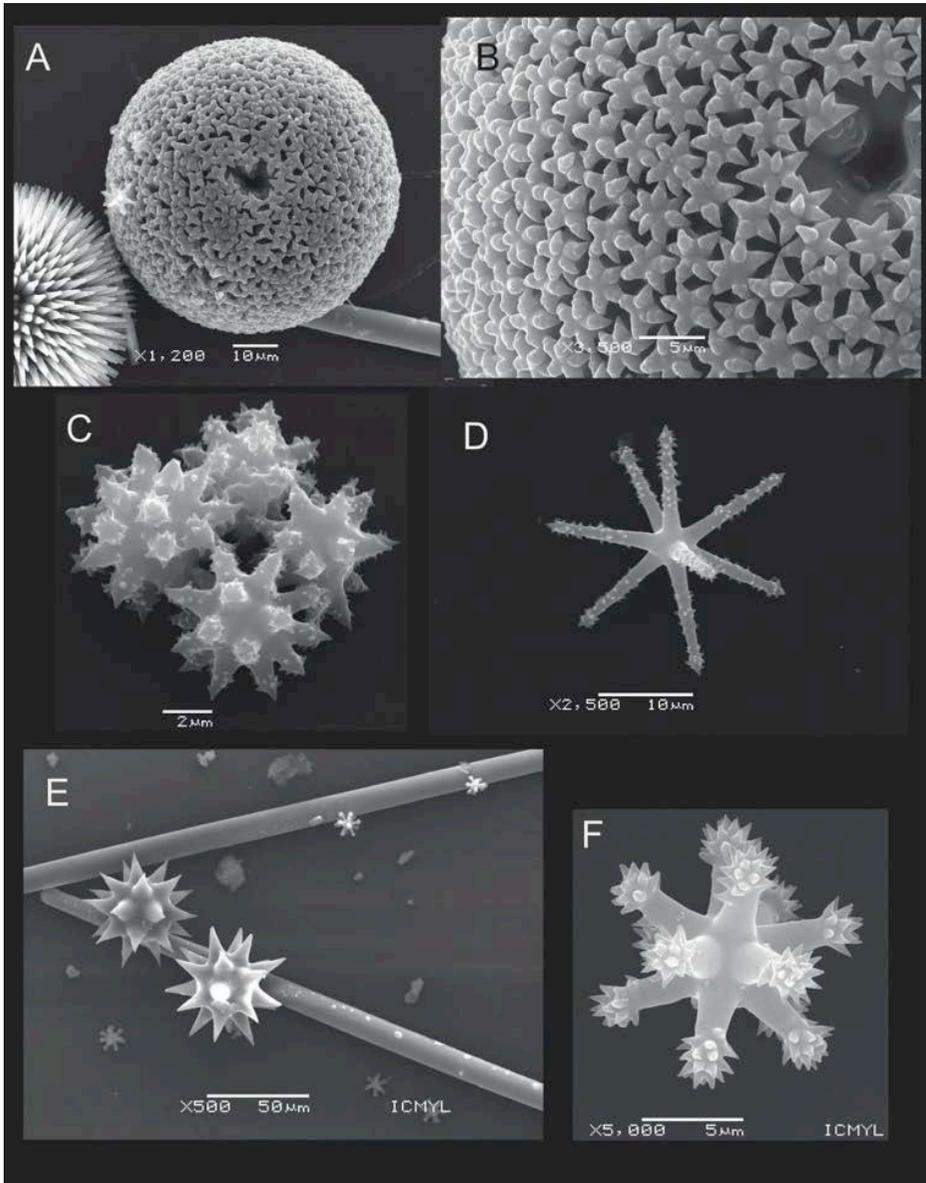


Figura 2. Fotomicrográficas al microscopio electrónico de barrido de espículas. A-D. *Geodia papyracea*: A. Microesclera esterráster con espícula tylaster en su borde izquierdo y apreciación de una mitad transicional de esterráster. B. Detalle de la superficie de la espícula esterráster en la cual se observan las rosetas en forma de estrella ligeramente verrucosas y el hilum a la derecha. C. Conjunto de estrongilásteres microespinados. D. Oxiáster microespinado. E-F, *Tethya maza*: E. Dos megásteres en primer plano, varias tilásteres y los ejes atravesados de dos estrongilóxeas. F. Tiláster con doce rayos. (Y. Hornelas-Orozco)

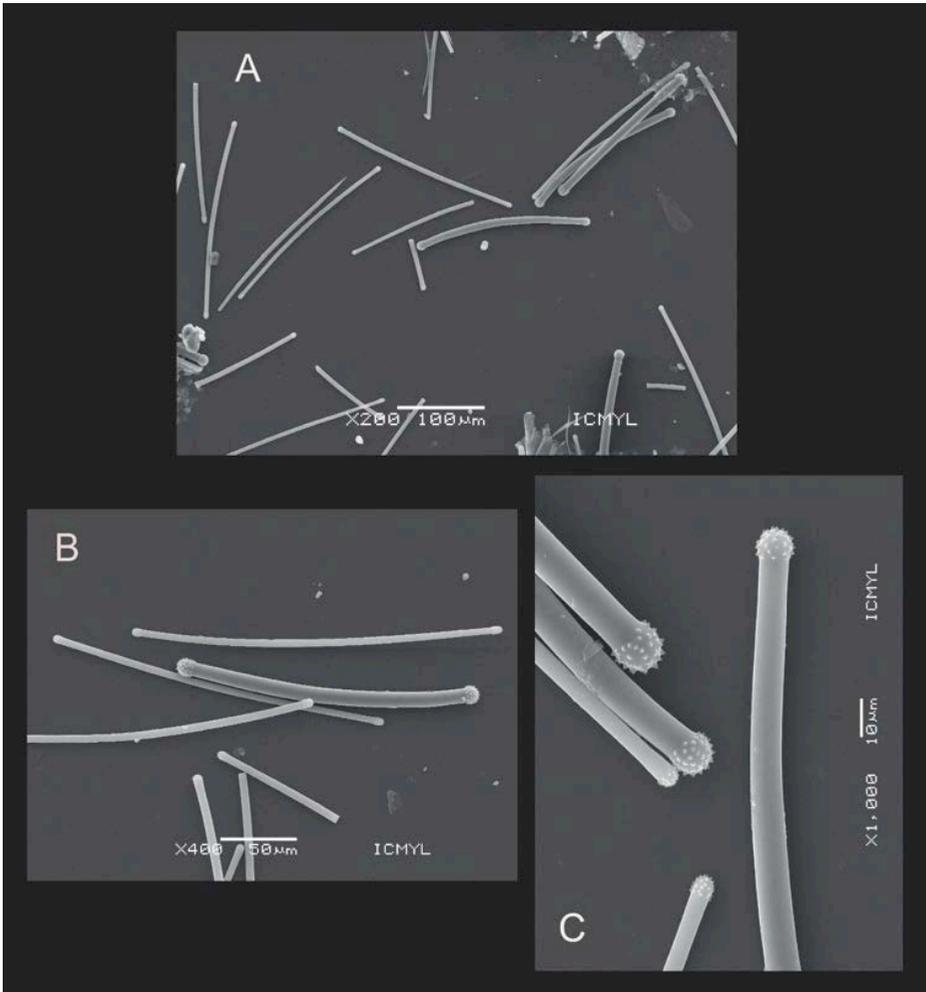


Figura 3. Fotomicrografías al MEB de las espículas de *Damiria leonora*. A. Conjunto general de tilotes I y II. B. Comparación de los tilotes I y II, delgado y grueso. C. Detalle de las cabezas espinadas de tilotes. (A-C. Y. Hornelas Orozco)

En el talud las especies más comunes fueron: *Amphimedon compressa* (Figura 5A), *Ectyoplasia ferox* (Figura 5B), *Aplysina fistularis* (Figura 5C), *Aiolochoiria crassa* (Figura 5D), *Ircinia felix* (Figura. 6B), *Mycale laevis* (Figura 6C) y *Monanchora arbuscula* (Tabla 1).

El inventario de las especies de poríferos se presenta de acuerdo con el orden sistemático, seguido en la base World Porifera Database (De Voogd *et al.*, 2022) (Anexo 1). Para la definición de taxa superiores, hasta el nivel genérico, se tomó como base al Systema Porifera (Hooper y van Soest, 2002). Las especies que reflejaron ser nuevos registros para el Arrecife Verde, así como también para el PNSAV,

asciende a 16: *Cinachyrella alloclada*, *C. apion*, *Geodia gibberosa*, *G. papyracea*, *Cliona vermifera*, *Pione lampa*, *Placospongia ruetzleri*, *Tethya maza*, *Damiria leonorae*, *Ciocalypta gibbsi*, *Haliclona (Rhizoniera) curacaoensis*, *H. (Reniera) implexiformis*, *Amphimedon erina*, *Neopetrosia carbonaria*, *Hyrtios violaceus* y *H. proteus*. Once de las cuales, resultan ser registros nuevos para México (Tabla 1), mismas que se describen en el presente trabajo, y cinco de éstas son nuevos registros para el Golfo de México: *G. papyracea*, *T. maza*, *D. leonorae*, *C. gibbsi*, *A. erina*. Es probable que las especies registradas aquí representen sólo una parte de la diversidad de esponjas en el Arrecife Verde, ya que los esfuerzos de colecta se encuentran de manera puntual, delimitados a estos sitios de muestreo.

CONCLUSIONES

1. Se incrementó la biodiversidad en el Arrecife Verde a 52 especies, con registros tanto de la zona lagunar como del talud.
2. Se presenta el hallazgo de 16 nuevos registros para el Arrecife Verde, así como para el PNSAV, y 11 especies son nuevos registros para México. En adición, *Damiria leonorae* junto con *Geodia papyracea*, *Tethya maza*, *Ciocalypta gibbsi* y *Amphimedon erina* son registros nuevos para el Golfo de México.
3. 55 % del total de especies de poríferos habita en la zona lagunar del arrecife con 29 especies.
4. La especie dominante en la zona lagunar es *Neopetrosia subtriangularis*, mientras que *Damiria leonorae* es la especie inusual (con un individuo), muy probablemente por habitar en un ambiente sciofilo. En contraste, las especies más comunes en el talud fueron *Monanchora arbuscula*, *Tedania (Tedania) ignis*, *Desmapsamma anchorata* y *Haliclona (Soestella) caerulea*.
5. El Arrecife Verde es la formación arrecifal con mayor riqueza de especies de esponjas en comparación con otros arrecifes del PNSAV registradas hasta la fecha. Aunque probablemente este resultado sea debido a la mayor incidencia en los muestreos.
6. Se describen de manera taxonómica 11 de los nuevos registros del Arrecife Verde, con el fin de facilitar el reconocimiento y la identificación de estas especies en posteriores estudios. Los demás nuevos registros pueden consultarse en la literatura citada y no amerita en el presente la duplicidad de esfuerzo.

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

Cinachyrella apion Uliczka, 1929

Material examinado. CNPGG-732 Is. Verde, en laguna 19°11'57.5"N 96°04'04.0"W, 8/V/2004. CNPGG-866 Is. Verde, en laguna 19°12'03.1"N 96°03'58.0"W, 27/I/1957.

Forma semiesférica de 3 cm de diámetro (figuras 1A-B), con diversos porocálices de 1-3 mm de diámetro y 2 mm de profundidad, presentes hasta en los individuos más pequeños. Superficie fuertemente hispida, con abundante arenisca adherida. Presenta una cavidad por lo general central e irregular en la parte superior de la esponja de 1-1.5 cm de largo. Su color *in vivo* es amarillo. Su consistencia es firme. Presenta esqueleto radial, formado por espículas oxeadas de $3322-4145 \times 24.7-41 \mu\text{m}$, protrias en dos categorías de tamaño, I: con rabdoma que mide $4430-6310 \times 7.5-16 \mu\text{m}$ con clados de $43-222 \mu\text{m}$, protriena II: con rabdoma de $996-1002 \times 3 \mu\text{m}$; en menor cantidad se presentan espículas de tipo diena y anatriena con rabdoma de $3297-5568 \times 5-7.5 \mu\text{m}$ y clados de $15-42 \mu\text{m}$. Las microescleras son del tipo sigmaespiras microespinadas con longitud de $9-13.5 \mu\text{m}$ y ráfides en tricodragmas de $165-270 \times 12 \mu\text{m}$.

Comentario. *Cinachyrella apion* se diferencia de otras *Cinachyrella* por la presencia de ráfides en tricodragmas y el tamaño de sus espículas, siendo el rango medido restringido debido a que muchas de ellas, sobretudo del tipo protriena y anatriena se fracturan al procesarlas. A simple vista tiene gran similitud a otras especies congénéricas, por lo que es necesario realizar la observación de espículas que la caracterizan.

Ecología. *C. apion* es una especie somera, por lo general crece a una profundidad de 1 a 2 m, en pastos de *Thalassia*, adherida a sustrato duro o sobre roca. La influencia de la corriente se detecta por la orientación de sus ósculos. Es común en ambientes de aguas someras y calmadas, cerca de la costa, así como en zona de manglar y en cuevas (Rützler *et al.*, 2009).

Distribución geográfica. Se registra comúnmente en el Caribe, aunque también en las costas de Florida, North y South Carolina, EUA; Belice, Panamá (Díaz *et al.*, 2004). Este es el primer registro de la especie para Veracruz y para México.

Cinachyrella alloclada (Uliczka, 1929)

Material examinado. CNPGG-597 Arrecife Verde, en laguna, 19°12'03.1"N 96°03'58.0"W, 27/I/1957. CNPGG-856 Is. Sacrificios, en laguna, 19°10'30.0"N 95°06'00.0"W 26/I/1957. CNPGG-1109 Playa Penacho del Indio, Ver., 19°08'49.6"N 97°05'43.0"W 20/X/2002.

Presenta un aspecto muy similar a la especie anterior, con una forma semiesférica de 3.5 cm de diámetro, alcanzando los 15 cm de diámetro en la localidad de Puerto Morelos, Quintana Roo. Porocálices en la parte central y superior de la esponja de 4 y 6 mm de diámetro que pueden llegar a un cm de diámetro en especímenes de mayor tamaño. Superficie fuertemente hispida, con abundante arenilla adherida. Su color *in vivo* generalmente es amarillo brillante. Su consistencia en vivo es firme, dura. Presenta esqueleto radial, formado por espículas oxeadas a estilóxeas por lo general en dos tamaños, I: 2250-3740 × 25-40 μm (muchas de éstas rotas) y II: pequeñas de 130-620 × 8-10 μm (tal vez se pueden dividir en una tercera categoría); trienas del tipo protriena en mayor cantidad y dienas, con rabdoma que mide 3200-3600 × 5-14 μm, con clados promedio de 125 μm; anatrienas con rabdoma de 2110-3290 × 7.8-12 μm y clados promedio de 50 μm. Microesclera sigmaespira microespinada con longitud de 6-13 μm.

Comentario. *C. alloclada* puede confundirse con la especie anterior y con *C. kuekenthali*, ya que son similares en su forma, en su color amarillo/ amarillo-naranja y su espiculación, para el caso de *C. kuekenthali* difiere por presentar una categoría más de oxea pequeña crenulada o microespinada y sus tamaños de anatrienas y sigmaespiras son mayores.

Ecología. *C. alloclada* habita por lo general en ambientes coralinos, sobre sustrato rocoso entre 3 y 80 m de profundidad (Rützler *et al.*, 2009).

Distribución. *C. alloclada* está ampliamente distribuida en la región del Caribe, en los Cayos de la Florida y tan al norte como Cabo Hatteras (Rützler *et al.*, 2009). En México se ha inventariado en las costas de Quintana Roo (Maas-Vargas, 2004) y observada al norte de Yucatán; ampliando su distribución para el arrecife Sacrificios y Penacho del Indio, siendo éste el primer registro para el Arrecife Verde y el PNSAV.

Geodia papyracea Hechtel, 1965

Material examinado. CNPGG-1461 Is. Verde, en laguna 19°12'00.9N 96°03'05.5"W 8/V/2004. CNPGG-1035 Is. Verde, en laguna 19°11'50.0"N 96°04.0"W, 24/I/1957. CNPGG-838 Is. Sacrificios, en laguna, 19°10'25"N 96°05'30.0"W 26/I/1962.

Ejemplar pequeño, seguro es un fragmento del cuerpo, lo mismo ocurre con los otros ejemplares de la especie, debido posiblemente a su consistencia frágil, fácilmente desmoronable. Por estos fragmentos se detecta de forma incrustante lobular de 3.7 cm de largo por 2 cm de ancho, en uno de estos fragmentos se presenta una placa similar a una criba con varios ósculos de 300-1000 μm de diámetro, color *in vivo* beige claro, su superficie es lisa, y en partes rugosa y al microscopio es en general microhispida debido a la proyección de oxeas pequeñas y algunas prodienas sobresaliendo de la superficie. Presenta una corteza con un grosor máximo de 500 μm , formada por esterrásteres compactadas y recubierta por el ectocroto de strongilásteres. El coanosoma es más laxo que la corteza, su arreglo radial está conformado por espículas oxeas, plagiotrienas con cladomas paralelos a la corteza y, en algunos casos, los cladomas alcanzan el borde de la superficie o sobresalir de ésta. Oxeas I: 630-1130 \times 9-30 μm , oxeas II: 170-340 \times 2-10 μm , plagiotrienas con rabdoma de 340-820 \times 5-25 μm , anatrienas con rabdoma de 320-670 μm de longitud, con cladomas de 10-40 μm , mesoprotrienas raras de 590-700 \times 10-15 μm . Microescleras esterrásteres con diámetro de 50-80 μm , oxiásteres de 6-12 rayos con diámetro de 20-40 μm y strongilásteres 3.9-7.8 μm de diámetro (figuras 2A-D).

Comentario. *Geodia papyracea* se distingue por su consistencia bastante compresible, su corteza delgada, fácilmente desprendible y las megascleras en general son cortas en comparación con *G. gibberosa*, una de las especies más comunes en la región del Caribe. Esta última es masiva lobulada, con una corteza firme, no desprendible y no frágil, posee espículas megascleras oxeas (1044-1824 \times 16-42 μm) y trienas con rabdoma (792-1620 μm) de mayor longitud (Cárdenas *et al.*, 2009).

Ecología. Es una especie que habita predominantemente raíces de mangle (Díaz *et al.*, 2004), en el presente estudio habita a 5 m de profundidad en la laguna.

Distribución geográfica. *G. papyracea* es primer registro para Veracruz y para México, ampliando su distribución al oeste del Golfo de México;

también ocurre en Jamaica (Hechtel, 1965); Colombia (Wintermann-Kilian y Kilian, 1984); Panamá, Belice (Díaz *et al.*, 2004); Cuba (Alcolado, 2002); Brazil (Cedro *et al.*, 2007).

***Cliona vermifera* Hancock, 1867**

Material examinado. CNPGG-791 Is. Verde, en laguna 19°12'02.6"N 96°03'57.13"W, 1/X/2004.

Esponja excavadora de material calcáreo con crecimiento alfa, en el cual se observa a las papilas sobresaliendo al ras del coral (Figura 1C), las papilas en forma dispersa miden menos de un milímetro a 1 mm de diámetro, en preservado éstas se contraen y prácticamente no se visualizan a simple vista. Ósculos tampoco fueron observados. Su color *in vivo* es rojo opaco. Su arreglo esquelético es una empalizada de espículas tiloestiles, éstos de 130-280 × 5-9 μm , combinada con espirásteres entre la empalizada y a diferente distancia. Los espirásteres tienen forma de vermes, lisos (de aquí el nombre que le fue dado a la especie) y pueden consistir de una curva o hasta cinco, miden 27-52 μm de longitud (Figura 1D).

Comentario. El presente ejemplar coincide con la descripción original de Hancock (1867) (tiloestiles de 254 μm y espirásteres de 63 μm) con medidas espiculares dentro del rango, mismas que se ajustan a la descripción en el Pacífico oriental por Carballo *et al.* (2004). *Cliona vermifera* es una especie aparentemente cosmopolita, o seguramente un complejo de especies cercanamente relacionadas que ocurren en regiones tropicales alrededor del mundo (De Voogd *et al.*, 2022).

Ecología. *C. vermifera* se encontró horadando un trozo de coral al cual también está adherida la esponja *Tethya actinia*; asimismo, *C. vermifera* puede horadar conchas de moluscos como *Chama* (Hancock 1867) y encontrarse hasta los 52 m de profundidad (Pang, 1973).

Distribución geográfica. La localidad tipo de *Cliona vermifera* es el mar Adriático, sin embargo, por sus registros al norte y oeste de Europa, el mar Caribe (De Voogd *et al.*, 2022) e incluso en el Pacífico mexicano, en Guerrero (Salcedo *et al.*, 1988; Carballo *et al.*, 2004), es considerada especie cosmopolita. Campeche es el primer registro en el GMx por Topsent (1889) y ahora en el Arrecife Verde.

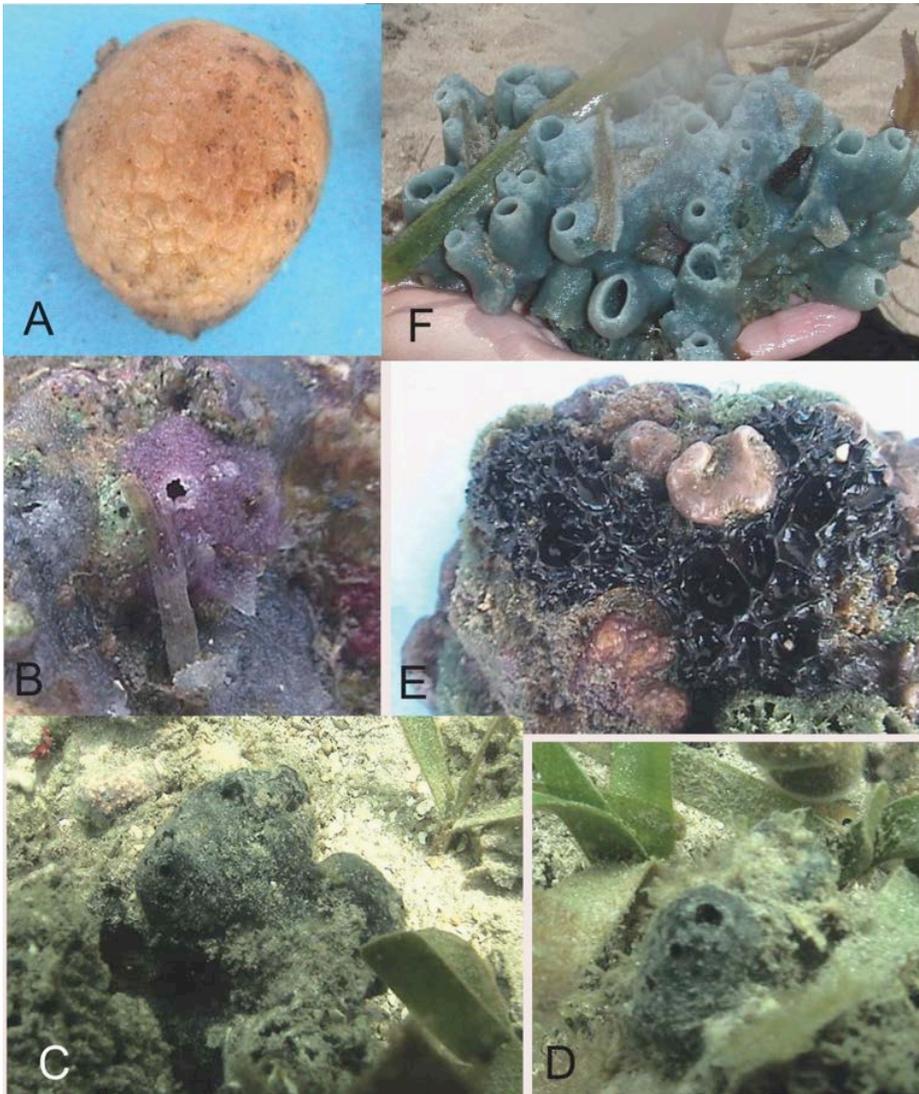


Figura 4. A. *Tethya actinia* fuera del agua; B. *Haliclona (Reniera) implexiformis*, in situ; C-D. *Hyrtios proteus*, in situ entre pastos de *Thalassia*; E. *Hyrtios violaceus* fuera del agua; F. *Haliclona (Soestella) caerulea* en ambiente lagunar somero. (A-F. P. Gómez).

Tethya maza Selenka, 1879

Material examinado. CNPGG-790 Is. Verde, en laguna 19°12'02.6"N 96°03'57.13"W 1/X/2004. CNPGG-789 Blanquilla 19°13'22.0"N 96°06.0'W 30/3/1973; CNPGG-832 Is. Verde, en laguna, 19°12'3.1"N 96°03'58.0"W, 28/I/1957. CNPGG-845 Is. Verde, en laguna 19°12'03.1"N 96°03'58.0"W, 28/I/1957.

Esponja globular de dos centímetros de diámetro, color verde *in vivo* (Figura 1E), con un ósculo central de un mm de diámetro en la parte superior y ligeramente elevado, su consistencia es ligeramente comprensible, firme. Su superficie es tuberculada formada por tubérculos irregulares achatados pero microhispidos por la proyección de espículas, éstos están recubiertos por una capa fina de tilásteres llamada ectocroto. Presenta una corteza con un grosor de 500-2000 μm incluido el ectocroto, pero básicamente está formada por estos tubérculos, los cuales tienen una altura de 1 mm por 1.5 mm de diámetro superficial, internamente están separados por cavidades corticales ovaladas de $400 \times 1200 \mu\text{m}$ con sus bordes delineados por megásteres. En la base de los tubérculos se forma una banda circular de esponjina laxa y megásteres dispersas. El coanosoma está conformado por haces espiculares separados, no bifurcados, que miden 200-400 μm de diámetro, estos sostienen a cada tubérculo y se reúnen hacia el centro del cuerpo de manera radial. Las espículas estrongilóxeas que se unen una detrás de otra para formar los haces miden $586-2184 \times 16-36.4 \mu\text{m}$; estiles auxiliares ubicados debajo de la corteza miden $330-823 \times 2.6-9.3 \mu\text{m}$; megaster esferáster con 16-20 rayos lisos, generalmente cónicos, algunos romos, en la mayoría el centro es mayor que la longitud del rayo, en otras el centro casi iguala el tamaño del rayo, tienen diámetro total de $18.2-65 \mu\text{m}$; micrásteres: tiláster con 7-10 rayos que están abultados y espinados en su punta y otros solo espinados a lo largo del rayo, tienen un diámetro total de $7.8-13 \mu\text{m}$ (figuras 2E-F); oxiáster I: con 6-9 rayos microespinados a todo lo largo excepto en el centro, algunas veces con rayos flexionados y rara vez bifurcados, con diámetro total de $19.5-36.4 \mu\text{m}$ y oxiáster II: con 10 rayos lisos y algunos con las puntas finas y escasamente espinadas, diámetro total de $5.4 \mu\text{m}$. No se forman cuerpos de sílice reducidos en su ornamentación.

Comentario. *T. maza* es la especie que más se parece al material estudiado, aun cuando se observan ciertas diferencias, éstas no rebasan los rangos establecidos en la descripción de registros recientes (Rützler *et al.*, 2014). Por otro lado, en términos generales tiene similitud con *T. seychellensis*, definida como una especie cosmotropical (van Soest y Beglinger, 2008), pero se diferencia porque sus haces espiculares se dividen dos a tres veces, tiene estrongiloxeas mucho más delgadas, $18-22 \mu\text{m}$ de diámetro en la región de las Islas Maldivas y $6-14 \mu\text{m}$ en el Golfo de Oman (van Soest y Beglinger, 2008), y el diámetro de la microesclera tiláster es mayor $11-18 \mu\text{m}$ (van Soest y Beglinger, 2008). El presente material tiene

similitud con la descripción de *T. maza sensu* Ribeiro y Muricy (2011), a pesar de tener un rango amplio en el diámetro de los haces de estrongiloxeas (38-650 μm) y sus esferásteres alcanzan diámetros hasta de 100 μm . A la fecha no existe un estudio comparativo detallado o molecular de las especies del género *Tethya* de las costas Atlántico Oeste *vis.* *T. actinia*, *T. diploderma*, *T. aurantium* y *T. seychellensis*, si es que las dos últimas especies se encuentran representadas en esta región.

Ecología. Adherida a un trozo de coral y debajo de rocas, por lo general en ambientes someros; en la laguna a un metro de profundidad.

Distribución geográfica: *Tethya maza* es primer registro para Veracruz, para México y para el Golfo de México. Adicionalmente, se le encuentra en el Caribe y en Brasil (Rützler *et al.*, 2014).

***Tethya actinia* De Laubenfels, 1950**

Material examinado. CNPGG-1355 Arrecife Verde, en laguna 19°12'00.1"N 96°04'06.3"W 1/X/2004.

Los dos ejemplares de este lote tienen forma semiesférica de 3 cm de alto por 2.5 cm de diámetro (Figura 4A), color amarillo *in vivo*, la superficie es tuberculada formada por tubérculos achatados con una altura de 550-650 μm , los ósculos no son visibles al menos en preservado, su consistencia es firme, algo compresible. La corteza tiene 2 mm de grosor, la conforman los tubérculos no bifurcados y una concentración de esferásteres, entre los cuales se combinan diversas lagunas corticales de 230 \times 130 a 500 \times 370 μm . El coanosoma tiene un arreglo radial de haces espiculares de estrongilóxeas con diámetro de 250 μm , son aislados, no bifurcados, los cuales se ensanchan hacia la corteza dando origen a los tubérculos. Las espículas son del tipo estrongilóxeas, principales y auxiliares cuyas medidas se traslapan entre ellas, por lo que en conjunto miden 482-1580 \times 5-28.6 μm ; microescleras megásteres provistas de 17-20 rayos cónicos o romos, con un diámetro de 18-105 μm ; tilásteres con 12 rayos y 10-13 μm de diámetro; estrongilásteres con sus rayos microespinados miden 10.6-15 μm de diámetro y oxiásteres con algunos de sus rayos escasamente espinados en la punta, miden 11.7-17.4 μm de diámetro.

Comentarios. Los ejemplares en estudio son idénticos a la descripción de *T. actinia*, con excepción de las estrongiloxeas principales que no

alcanzan la longitud máxima de 2500 μm y de las oxiásteres que no logran las 25 μm de diámetro, siendo aquí ligeramente más pequeñas que las registradas en la descripción original. Sin embargo, los demás caracteres concuerdan. Difiere de la especie anterior, *Tethya maza*, porque ésta última presenta una organización ectosomal provista de una banda de espongina y megásteres alrededor de las lagunas corticales (ver descripción de *T. maza*), haces espículas más delgados y dimensiones de espículas diferentes, pero sobre todo *T. maza* no presenta la oxiáster I típica de *T. actinia*. Desafortunadamente en el lado oeste del Atlántico no existen otros datos confiables acerca de especies congénéricas que provean de la comparación entre diferentes ambientes, o de su rango de distribución, por lo que estudios moleculares son indispensables para tratar de caracterizar las diferentes especies de *Tethya* en esta región.

Ecología. Adherida a coral y a restos de coral muerto a 1 m de profundidad, no obstante, presenta un rango de profundidad amplio. Común en zona de manglar y en pastos marinos (Collin *et al.*, 2005).

Distribución geográfica. *T. actinia* se ha registrado en otras estructuras del PNSAV (Green *et al.*, 1986; Gómez, 2007) y por comparación con *T. maza* se describe en el presente registro del Arrecife Verde. Adicionalmente, ocurre en Bermuda (De Laubenfels, 1950), Jamaica (Hechtel, 1965) y Panamá y Caribe (Rützler *et al.*, 2014).

***Damiria leonora* van Soest, Zea y Kielman, 1994**

Material examinado. CNPGG-1031 Is. Verde, en laguna, 19°12'01.2"N 96°04'05.1"W 1/X/2004.

Comprende tres fístulas o tubulillos muy pequeños, erectos, de 1 cm de altura por 1 mm de diámetro (Figura 1F) que surgen de una incrustación o lámina delgada como base de la misma esponja, de preferencia visible al microscopio. Su color en vivo es naranja translúcido o cobre, su color en preservado es blanquecino transparente. Su consistencia es muy suave y frágil al contacto. La pared que conforma a la fístula está constituida por un arreglo tangencial de tilotes gruesos con tendencia reticular no bien definida y además espículas en todas direcciones. Como característica sobresaliente del género es la presencia de tilotes, los que se presentan en dos categorías de tamaño: Tilotes I cortos, gruesos y fuertemente espinados en sus tilos: 170-205 \times 7.8-10 μm ; tilotes II

más delgados que los anteriores y con los tilos ligeramente abultados y microespinados en los tilos: $218.4-243 \times 4-6.2 \mu\text{m}$ (figuras 3A-C).

Comentario. El ejemplar asignado a *Damiria leonora* corresponde exactamente a la descripción del original. No parece que su crecimiento alcance mayores tallas que los 4 cm de altura por 2 cm de diámetro (van Soest *et al.*, 1994). Desafortunadamente, los ejemplares pequeños que además habitan entre resquicios pasan desapercibidos al observador, resultando más bajo el número de especies encontradas que las que residen. Este es el primer registro para México, así como para el Golfo de México.

Ecología. Adherida a pequeñas rocas calcáreas unidas por otra esponja (*Aiolochoiria crassa*), en sustrato arenoso, entre pastos de *Thalassia*. Es reportada debajo de roca de coral y coral muerto (van Soest *et al.*, 1994).

Distribución geográfica. Curazao, Caribe Colombiano, Barbuda e Islas Vírgenes (van Soest *et al.*, 1994). Este es el primer registro de *Damiria leonora* desde su descripción original, ampliando su distribución al PNSAV y al Golfo de México.

***Haliclona (Reniera) implexiformis* Hechtel, 1965**

Material estudiado. CNP GG-734 Is. Verde, en laguna, $19^{\circ}11'58.7''\text{N}$ $96^{\circ}04'07.6''\text{W}$, 1/X/2004.

Esponja incrustante gruesa $6 \times 5 \text{ cm}^2$, con crecimientos en forma de pequeños volcanes de 2.5 cm de alto, éstos están provistos de un ósculo apical con diámetro de 4-8 mm, su color en vivo es violeta o morado claro (Figura 4B). Su consistencia es firme, ligeramente compresible, se desmorona fácilmente, su superficie es lisa con prominencias y textura áspera. El ectosoma es una reticulación isodictial uniforme de una sola espícula, el esqueleto coanosomal es una red isotrópica mucho más densa que su ectosoma, de tractos por lo general uniespiculares y pauciespiculares. Espículas del tipo óxneas hastadas y fusiformes de $155-225 \times 4.5-13 \mu\text{m}$, algunos estiles y estromgiles de la misma talla aparecen.

Comentario. Esta especie es fácilmente confundible externamente con otras *Haliclona* por su morfología de volcancitos, su color morado a lila y su estructura esquelética. Sin embargo, los valores merísticos en la reticulación y su espiculación la hace diferenciable. En particular se puede

confundir con *H. tubifera*, aunque ésta es de configuración más delicada y muy compresible, lo cual se debe a su esqueleto uniespicular, isotrópico y espículas óxeas de $105-155 \times 4-7.5 \mu\text{m}$ (de Weerdt, 2000).

Ecología. El presente ejemplar se encontró adherido a la parte inferior de una formación coralina, con alta influencia de corriente. En adición a la zona arrecifal se le ha registrado en ambiente de manglar. Su rango de profundidad oscila desde muy somero hasta los 25 metros.

Distribución geográfica. Aparte de ser primer registro para el Arrecife Verde, también lo es para México. Presenta una amplia distribución en la región del Caribe: Curazao, Belice, Granada, Florida, Martinica, entre otros (de Weerdt, 2000).

***Amphimedon erina* (De Laubenfels, 1936)**

Material estudiado. CNPGG-1356 Is. Verde, en laguna $19^{\circ}11'58.7''\text{N}$ $96^{\circ}04'07.6''\text{W}$, 1/X/2004.

Esponja incrustante con túbulos en forma de volcán, su color en vivo es verde esmeralda en el exterior, verde más tenue en el interior (Figura 1G). Consistencia firme, algo compresible pero se desmorona con facilidad, su superficie es lisa a punctiforme debido a la proyección de sus fibras, los ósculos alcanzan 5-8 mm de diámetro. El esqueleto ectosomal es una red de tractos multiespiculares de 1-10 espículas formando mallas casi circulares uniformes, en el coanosoma la reticulación es anisotrópica irregular con tractos ascendentes de 1-6 espículas, conectados por tractos pauciespiculares confusos. Espículas básicamente de tipo óxeas, algunos estiles y estrongiles se pueden encontrar, sin variación de tamaño: $144-190.5 \times 5-9 \mu\text{m}$.

Comentarios. Es una especie morfológica y estructuralmente muy similar a *A. viridis* (descripción en Green *et al.*, 1986), la diferencia radica en que *A. viridis* es de consistencia compresible pero blanda, más frágil, cuyas espículas son ligeramente más reducidas en tamaño ($130.5-182 \times 1-10.4 \mu\text{m}$, alcanzando tallas de $70-201 \times 1-12 \mu\text{m}$). Se ha sugerido que son la misma especie con variación regional en el tamaño de las espículas y que originan diferencias en la consistencia. Parece que el tamaño de las espículas varía de acuerdo con la región en el Atlántico tropical oeste, alcanzando un rango mucho mayor ($133-270 \times 2.4-14.7 \mu\text{m}$, en Zea, 1987;

Tabla 1). Por el momento, se espera que estudios moleculares puedan resolver la identidad de aquellas especies citadas como *A. erina* y *A. viridis*.

Ecología. Es común en aguas someras, tanto de arrecife como de pastos de *Thalassia* (Collin *et al.*, 2005), sustrato coral.

Distribución geográfica. *Amphimedon erina* no se ha reportado en el Golfo de México, por lo que se considera primer registro, así como también para Veracruz y para México. Adicionalmente, se ha reportado en Quintana Roo (Maas-Vargas, 2004), Jamaica (Hechtel, 1965), Belice (Díaz *et al.*, 2004), Colombia, Cuba y otros sitios del Caribe (Rutzler *et al.*, 2009).

***Hyrtios proteus* Duchassaing y Michelotti, 1864**

Material examinado. CNPGG-806 Is. Verde, en laguna 19°12'00.0"N 95°04'06.4"W, 8/V/2004. CNPGG-1352 Is. Verde, en laguna 19°12'05.46"N 96°04'02.5"W, 6/ VII/1989.

Forma masiva lobulada de 6 cm de largo por 2.5-3 cm de alto, su color en vivo es negro por fuera (figuras 4C-D) crema por dentro y se mantiene en preservado, su superficie es conulosa fina, los cónulos distribuidos regularmente miden como máximo 1 mm de alto y están separados entre ellos de 1-2 mm, los ósculos alineados en la cima miden 4-7 mm de diámetro. Su consistencia es compresible y elástica. Presenta un esqueleto de fibras laminadas color ámbar claro a rojizo, sin un arreglo definido, las fibras primarias empacadas completamente de detrito miden 150-630 μm de diámetro con una separación entre ellas de 2500 μm , se encuentran unidas por fibras secundarias igualmente con detrito pero centrado o escaso, no rellenas, tienen diámetro de 40-105 μm .

Comentario. La presente especie es muy similar a *Hyrtios violaceus* (ver adelante) con respecto a su organización interna, por lo que son congénicas. Sin embargo, su morfología externa es distinta, presentan cónulos marcadamente diferentes producidos por una organización esquelética distinta y a simple vista se muestran especies opuestas.

Ecología. Es una especie que habita aguas someras (0-2 m) cerca de la línea de costa, entre *Thalassia* o coral muerto. El material estudiado es de 0.75 m de profundidad en la zona de sotavento.

Distribución geográfica. El presente es primer registro para el Arrecife Verde y el PNSAV. Se encuentra en el Arrecife Tuxpan, Ver. (González-Gándara *et al.*, 2009) y en casi toda la región del Caribe, además de los Cayos de la Florida (como *Psammascus psellus*; De Laubenfels, 1936) y como *Oligoceras hemorrhages* en Curacao (van Soest, 1978), Belice (Díaz *et al.*, 2004).



Figura 5. Fotografías submarinas de las esponjas más comunes en el Arrecife Verde. Del talud: A. *Amphimedon compressa*; B. *Ectyoplasia ferox*; C. *Aplysina fistularis*; D. *Aiolochroia crassa* rodeando a un ejemplar de *A. fistularis*. De la zona lagunar: E. *Desmapsamma anchorata*; F. *Neopetrosia subtriangularis*. (A-F. A. Morales García)

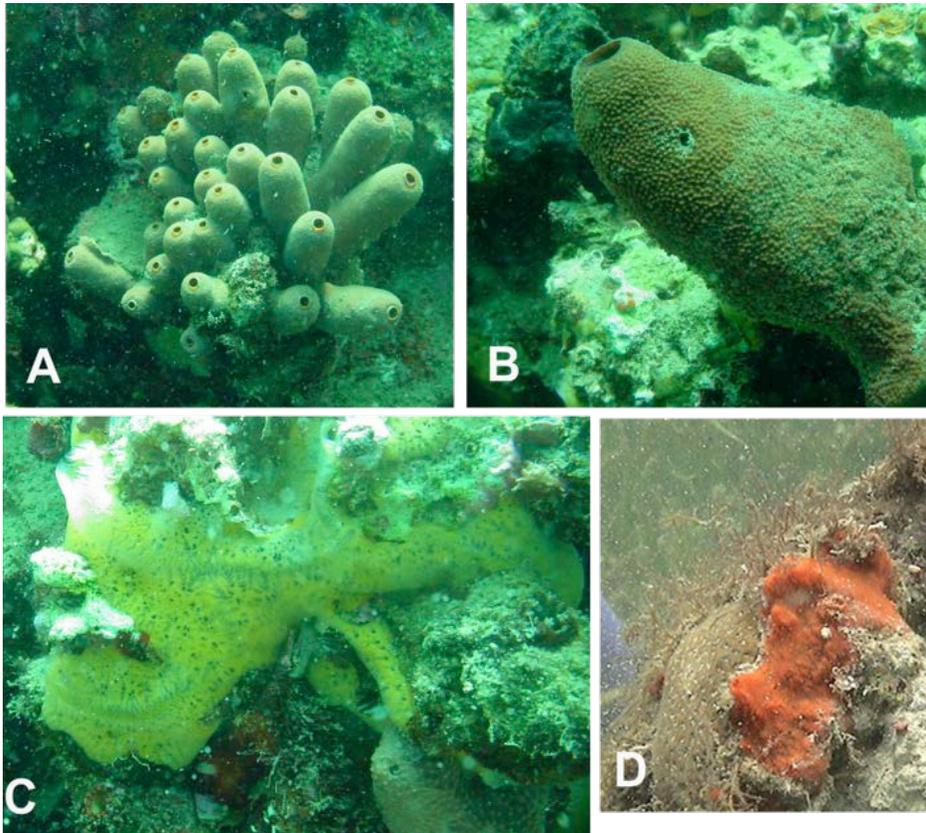


Figura 6. Fotografías submarinas de las esponjas más comunes en el Arrecife Verde, Ver. A. *Aplysina fistularis*, conjunto de tubos recubiertos por sedimento; B. *Ircinia felix*, morfotipo tubular; C. *Mycale (Mycale) laevis*, frecuentemente habita en los resquicios de coral; D. *Tedania (Tedania) ignis*, en la laguna arrecifal, predominantemente de color naranja-rojizo. (A-D. A. Morales García)

***Hyrtios violaceus* (Duchassaing y Michelotti, 1864)**

Material examinado. CNPGG-733 Is. Verde, en laguna 19°12'04.4"N 96°04'01.8"W, 1/X/2004. CNPGG-1354 Is. Verde, en laguna 19°12'00.0"N 96°04'06.4"W 8/V/2004. CNPGG-1353 Is. Verde, en laguna 19°12'30.0"N 96°04'02.5"W 20/IX/2008.

Esponja en dos formas de crecimiento, incrustante y masiva lobulada de 4 cm de altura, en cuya cima se observan los ósculos, éstos alcanzan un diámetro de 1-3 mm. Su color en vivo y en preservado es negro (Figura 4E). Su superficie es fuertemente conulosa formando depresiones poligonales entre los cónulos, las cuales se distinguen al extraerla del agua, los cónulos pueden terminar en procesos bífidos u obtusos y

tienen una altura de 1-3.5 mm, con los más altos en la base del cuerpo y una separación entre ellos de 3-4 mm. Su consistencia es muy comprensible, elástica. Presenta un esqueleto irregular de fibras empacadas de detrito, en el caso de las fibras ascendentes constituyen un fibrofascículo que miden 371-959 μm de diámetro, unidas por fibras secundarias hasta de 247 μm de diámetro.

Comentarios. Los alcances merísticos de las fibras del presente material son mayores en comparación con los de otros autores, lo cual posiblemente se deba a la medición global de las fibras que conforman el fibrofascículo y no de manera individual como en la documentada, la cual comprenden medidas inferiores: 70-280 μm de diámetro (van Soest, 1978, como *Oligoceras violacea*), 30-700 μm (Hechtel, 1965), 100-300 μm (De Laubenfels, 1936), ambos como *Oligoceras hemorrhages*. La localidad de Yucatán dada por Hartman (1955) no se tomó como registro para la especie debido a que incluyó material sin localidad, incluso aclara dicha identificación como tentativa por el mal deterioro del organismo. Por otro lado, sus ejemplares provienen de Campeche y Champotón, alusión hecha en el resumen de su artículo (no de Yucatán).

Ecología. Adherida a roca con algas costrosas y otras esponjas incrustantes. Frecuente en ambientes someros. Es reportada en zona de manglar por van Soest (1978).

Distribución geográfica. En áreas puntuales del Caribe como St. Thomas, Curazao, Bonaire (van Soest, 1978), así como en Florida y las Bahamas (De Laubenfels, 1936), Jamaica (Hechtel, 1965). Este es primer registro de la especie en Veracruz y en México.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo y facilidades recibidas para la realización del presente trabajo. A Jorge Luis Hernández Aguilera el apoyo y entusiasmo, a Alejandro Morales García la toma de fotografías submarinas, a Yolanda Hornelas por la toma de fotomicrografía al microscopio electrónico de barrido y a los revisores anónimos por la revisión y comentarios tan acertados al mismo.

Literatura citada

- ALCOLADO, P. M. 2002. Catálogo de las esponjas de Cuba. *Avicennia*, 15: 53-72.
- CARBALLO, J. L., J. A. Cruz-Barraza y P. Gómez. 2004. Taxonomy and description of clonaid sponges (Hadromerida, Clionaidae) from the Pacific Ocean of Mexico. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141: 353-397.
- CÁRDENAS, P., C. Menegola, H. T. Rapp y M. C. Díaz. 2009 Morphological description and DNA barcodes of shallow-water *Tetractinellida* (Porifera: Demospongiae) from Bocas del Toro, Panama, with description of a new species. *Zootaxa* 2276: 1-39. En: <https://doi.org/https://doi.org/10.11646/zootaxa.2276.1.1>
- CARTER, H. J. 1870. On two new species of subspherous sponges, with observations. *Ann. y Mag. Nat. Hist.* Ser. 4, Vol. 6: 176-183.
- CEDRO, V. R., E. Hajdu, H. H. Sovierzosky y M. D. Correia. 2007. Demospongiae (Porifera) of the shallow coral reefs of Maceió, Alagoas State, Brazil. Pp. 233-237. En: *Porifera research: biodiversity, innovation and sustainability*. Custódio, M. R., G. Lôbo-Hajdu, E. Hajdu y G. Muricy (Eds.). Série Livros 28, Brasil: Museu Nacional.
- COLLIN, R., M. C. Díaz, J. Norenburg, R. M. Rocha, J. A. Sánchez, A. Schulze, M. Schwartz y A. Valdés. 2005. Photographic identification guide to some common marine invertebrates of Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41(3): 638-707.
- CRUZ-BARRAZA, J. A., C. Vega, E. Ávila y L. E. Vázquez-Maldonado. 2017. Integrative taxonomy reveals the first record and a new species for the previously monotypic genus *Tethytimea* (Tethyida: Tethyidae) in the Gulf of Mexico. *Zootaxa*, 4226(1): 113-125.
- DÍAZ, M.C., K. P. Smith y K. Rützler. 2004. Sponge species richness and abundance as indicators of mangrove epibenthic community health. *Atoll Research Bulletin*, 518: 1-17.
- DE LA CRUZ, F. V. y M. González-González. 2016. Nuevos registros de esponjas para el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, con ampliaciones de ámbito de distribución para el Golfo de México. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 55(2): 51-59.
- GÓMEZ, P. 2002. *Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe*. México: AGT Editor, S.A., 134 pp.
- _____. 2006. *Yucatania clavus*, new genus and species of the family Thrombidae (Porifera: Demospongiae: Astrophorida) from the continental shelf of Yucatan, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 119(3): 339-345.
- _____. 2007. Inventario de las esponjas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, con nuevos registros de especies (Porifera: Demospongiae).

- Pp. 51-72. En: *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- _____. 2011. Esponjas marinas y de agua dulce (Porifera). Pp. 217-224. En: *La biodiversidad en Veracruz: estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Vol. II, México: Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- _____. 2014. The genus *Clathria* from the Gulf of Mexico and Mexican Caribbean, with redescription and resurrection of *Clathria carteri* (Poecilosclerida: Microcionidae). *Zootaxa*, 3790(1): 51-85.
- GÓMEZ, P., F. Calderón-Gutiérrez, C. González-Gándara y M. A. Rojas-Terán. 2021. New species of *Microscleroderma* and *Amphibleptula* (Demospongiae, Tetractinellida, Scleritodermidae) from two contrasting marine environments. *Journal Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-11.
- GONZÁLEZ-GÁNDARA, C., A. Patiño-García, U. Asís-Anastasio, A. Serrano y P. Gómez. 2009. Lista de las esponjas marinas asociadas al Arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 1-5.
- GREEN, G. 1977. Sinopsis taxonómica de 13 especies de esponjas del Arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 4(1): 79-98.
- GREEN, G., L. Fuentes y P. Gómez. 1986. Nuevos registros de Porifera del Arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 13(3): 127-146.
- HANCOCK, A. 1867. Note on the excavating sponges; with description of four new species. *Annals and Magazine of Natural History*, 19(3): 229-242.
- HARTMAN, W. D. 1955. A collection of sponges from the west coast of the Yucatán Peninsula with descriptions of two new species. *Bulletin of marine Science Gulf Caribb.*, 5(3): 161-189.
- HECHTEL, G. J. 1965. A systematic study of the Demospongiae of Port Royal, Jamaica. *Peabody Museum of Natural History Bulletin*, 20, 103 pp.
- LAUBENFELS, M. W. De. 1936. A discussion of the sponge fauna of the Dry Tortugas in particular and the West Indies in general, with material for a revision of the families and orders of the Porifera. *Carnegie Institution of Washington Publication*, 467: 1-225.
- _____. 1950. The Porifera of the Bermuda Archipelago. *Transactions of the Zoological Society of London*, 27(1): 1-154.
- _____. 1953. Sponges from de Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science Gulf and Caribbean*, 2(3): 511-557.

- MAAS-VARGAS, M. 2004. Inventario de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) de la colección de referencia de bentos costeros de ECOSUR. *Universidad y Ciencia*, 20(39): 23-28.
- PANG, R. K. 1973. The sistematics of some Jamaican excavating sponges (Porifera). *Postilla*, 161: 75.
- RÜTZLER, K., C. Piantoni, R. W. M. van Soest y M. C. Díaz. 2014. Diversity of sponges (Porifera) from cryptic habitats on the Belize barrier reef near Carrie Bow Cay. *Zootaxa*, 3805(1): 1-129.
- RÜTZLER, K., R. W. M. van Soest y C. Piantoni. 2009. Sponges (Porifera) of the Gulf of Mexico. Pp. 285-313. En: *Gulf of Mexico origin, waters, and biota: biodiversity*. EUA: Texas A&M University Press.
- SALCEDO, S., G. Green, A. Gamboa y P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Gro. *Anales del Inst. Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 15(1): 73-95.
- SOEST, R. W. M. van. 1978. Marine sponges from Curaçao and other Caribbean localities. Part I. Keratosa. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands*, 56(179): 1-94. XV placas.
- SOEST, R. W. M. van y E. J. Beglinger. 2008. Tetractinellid and hadromerid sponges of the Sultanate of Oman. *Zool. Med. Leiden*, 82(53), 31.XII: 749-790.
- SOEST, R. W. M. van, S. Zea y M. Kielman. 1994. New species of *Zyzzya*, *Cornulella*, *Damiria* and *Acheliderma* (Porifera: Poecilosclerida), with a review of fistular genera of *Iophonidae*. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 64(3): 163-192.
- TOPSENT, E. 1889. Quelques spongiaires du Banc de Campêche et de la Pointe-a-Pitre. *Mémoires de la Société Zoologique de France*, 2: 30-52.
- UGALDE, D., P. Gómez y N. Simões. 2015. Marine sponges (Porifera: Demospongiae) from the Gulf of Mexico, new records and redescription of *Erylus trisphaerus* (De Laubenfels, 1953). *Zootaxa* 3911(2): 151-183.
- UGALDE, D., J. Fernández, P. Gómez, G. Lobo-Hajdu y N. Simões. 2021. An update on the diversity of marine sponges in the southern Gulf of Mexico coral reefs. *Zootaxa*, 5031(1): 1-112.
- VALDERRAMA, D. y S. Zea. 2003. Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del noroccidente del Golfo de Urabá, Caribe sur, Colombia. *Boletín Invest. Marinas Cost.*, 32: 37-56.
- VOOGD, N. J. de, B. Álvarez, N. Boury-Esnault, J. L. Carballo, P. Cárdenas, M. C. Díaz, M. Dohrmann, R. Downey, E. Hajdu, J. N. A. Hooper, M. Kelly, M. Klautau, R. Manconi, C. C. Morrow, A. B. Pisera, P. Ríos, K. Rützler, C. Schönberg, J. Vacelet y R.W.M. van Soest. 2022. World Porifera Database. Accessed at: <http://www.marinespecies.org/porifera>.

- WEERDT de, W. H. 2000. A monograph of the shallow-water Chalinidae (Porifera, Haplosclerida) of the Caribbean. *Beaufortia*, 50(1): 1-67.
- WINTERMANN-KILIAN, G. y E. F. Kilian. 1984. Marine sponges of the Sta. Martha (Colombia) Part. II. Homosclerophorida, Choristida, Spirophorida, Hadromerida, Halichondrida, Poecilosclerida. *Studies on Neotropical Fauna Environment*, 19(3): 121-135.
- ZEAL, S. 1987. *Esponjas del Caribe Colombiano*. Colombia: Editorial Catálogo Científico. 283 pp.

ANEXO 1

Sistemática de las especies de Porifera de la zona lagunar y del talud reportadas en el Arrecife Verde, Veracruz

Phylum Porifera Grant, 1836

Clase Demospongiae Sollas, 1885

Subclase Heteroscleromorpha Cárdenas, Pérez y Boury-Esnault, 2012

Orden Tetractinellida Marshall, 1876

Suborden Spirophorina Bergquist y Hogg, 1969

Familia Tetillidae Sollas, 1886

Cinachyrella alloclada (Uliczka, 1929)

Cinachyrella apion Uliczka, 1929

Suborden Astrophorina Sollas, 1887

Familia Geodiidae Gray, 1867

Geodia gibberosa Lamarck, 1815

Geodia papyracea Hechtel, 1965

Geodia neptuni (Sollas, 1886)

Familia Ancorinidae Schmidt, 1870

Stellettinopsis megastylifera Wintermann-Kilian y Kilian, 1984

Orden Clionaida Morrow y Cárdenas, 2015

Familia Clionaidae D'Orbigny, 1851

Cliona vermifera Hancock, 1867

Pione lampa (De Laubenfels, 1950)

Familia Placospongiidae Gray, 1867

Placospongia ruetzleri van Soest, 2017

Familia Spirastrellidae Ridley y Dendy, 1886

Spirastrella coccinea (Duchassaing y Michelotti, 1864)

Spirastrella mollis Verrill, 1907

Orden Tethyida Morrow y Cárdenas, 2015

Familia Tethyidae Topsent, 1898

Tethya actinia De Laubenfels, 1950

Tethya maza Selenka, 1879

Orden Suberitida Chombard y Boury-Esnault, 1999

Familia Suberitidae Schmidt, 1870

Aptos pernucleata (Carter, 1870)
Familia Halichondriidae Gray, 1867
Ciocalypta gibbsi (Wells, Wells y Gray, 1960)
Hymeniacion caerulea Pulitzer-Finali, 1986
Topsentia ophiraphidites (De Laubenfels, 1934)

Orden Axinellida Lévi, 1953
Familia Raspailiidae Nardo, 1833
Ectyoplasia ferox (Duchassaing y Michelotti, 1864)

Orden Poecilosclerida Topsent, 1928
Familia Acarnidae Dendy, 1922
Damiria leonorae van Soest, Zea y Kielman, 1994
Familia Microcionidae Carter, 1875
Clathria (Thalysias) venosa (Alcolado, 1984)
Clathria (Thalysias) virgultosa (Lamarck, 1814)
Familia Crambeidae Lévi, 1963
Monanchora arbuscula (Duchassaing y Michelotti, 1864)
Familia Desmacididae Schmidt, 1870
Desmapsamma anchorata (Carter, 1882)
Familia Iotrochotidae Dendy, 1922
Iotrochota arenosa Rützler, Maldonado, Piantoni y Riesgo, 2007
Iotrochota birotulata (Higgin, 1877)
Familia Tedaniidae Ridley y Dendy, 1886
Tedania (Tedania) ignis (Duchassaing y Michelotti, 1864)
Familia Mycalidae Lundbeck, 1905
Mycale (Mycale) laevis (Carter, 1882)
Mycale (Arenochalina) laxissima (Duchassaing y Michelotti, 1864)

Orden Agelasida Hartman, 1980
Familia Agelasidae Verrill, 1907
Agelas clathrodes (Schmidt, 1870)
Agelas schmidtii Wilson, 1902

Orden Haplosclerida Topsent, 1928
Familia Chalinidae Gray, 1867
Haliclona (Reniera) mucifibrosa de Weerdt, Rützler y Smith, 1991
Haliclona (Reniera) implexiformis (Hechtel, 1965)
Haliclona (Reniera) aff. portroyalensis Jackson, Weerdt y Webber, 2006
Haliclona (Rhizoniera) curaçaoensis (van Soest, 1980)

Haliclona (Soestella) caerulea (Hechtel, 1965)
Familia Callyspongiidae De Laubenfels, 1936
Callyspongia (Cladochalina) armigera (Duchassaing y Michelotti, 1864)
Familia Niphatidae van Soest, 1980
Amphimedon compressa Duchassaing y Michelotti, 1864
Amphimedon erina (De Laubenfels, 1936)
Amphimedon viridis Duchassaing y Michelotti, 1864
Niphates erecta Duchassaing y Michelotti, 1864
Familia Petrosiidae van Soest, 1980
Neopetrosia carbonaria (Lamarck, 1814)
Neopetrosia carbonaria (Lamarck, 1814)
Neopetrosia subtriangularis (Duchassaing, 1850)
Petrosia (Petrosia) weinbergi van Soest, 1980

Subclase Keratosa Grant, 1861
Orden Dictyoceratida Minchin, 1900
Familia Irciniidae Gray, 1867
Ircinia felix (Duchassaing y Michelotti, 1864)
Ircinia strobilina (Lamarck, 1816)
Familia Thorectidae Bergquist, 1978
Hyrtios proteus Duchassaing y Michelotti, 1864
Hyrtios violaceus (Duchassaing y Michelotti, 1864)
Familia Dysideidae Gray, 1867
Dysidea etheria De Laubenfels, 1936

Subclase Verongimorpha Erpenbeck, Sutcliffe, De cook, Dietzel, Maldonado, van Soest, Hooper y Wörheide, 2012
Orden Chondrillida Redmond, Morrow, Thacker, Diaz, Boury-Esnault, Cárdenas, Hajdu, Lobo-Hajdu, Picton, Kayal y Collins, 2013
Familia Halisarcidae Schmidt, 1862
Halisarca purpura Little, 1963

Orden Verongiida Bergquist, 1978
Familia Aplysinidae Carter, 1875
Aplysina fistularis (Pallas, 1766)
Aiolochoiria crassa (Hyatt, 1875)

CORALES PÉTREOS

Miguel Ángel Lozano Aburto,¹ César Meiners Mandujano¹

INTRODUCCIÓN

Los corales pétreos o hermatípicos, son de las especies de cnidarios más importantes entre los ecosistemas marinos en el mundo, ya que son muy ligados a los ecosistemas costeros, debido a su fauna, como las playas, manglares y lagunas costeras. En el interior de estas especies de invertebrados se encuentran organismo dinoflagelados simbióticos llamados zooxantelas: *Gymnodinium microadriaticum* (Cortes *et al.*, 1984) que mantienen su metabolismo estable, esta relación llamada simbiosis, ayuda a que el coral obtenga más recursos nutritivos para su crecimiento y desarrollo.

El asentamiento de arrecifes de coral frente a las costas del puerto de Veracruz y Antón Lizardo, hace que sus colonias sean vulnerables al aporte de sedimentos y material orgánico proveniente de tres ríos: el Jamapa, La Antigua y el Papaloapan, donde a través del tiempo estos caudales han sido parte del canal de desagüe de muchas industrias cafetaleras, así como de agua residual de ciudades y poblados que recorren estos ríos.

La pérdida de biodiversidad en el arrecife comienza con la reducción de cobertura coralina, ya que en el arrecife viven muchas especies de peces, quienes habitan entre las formaciones estructurales y oquedades que dan refugio y son asentamiento de organismos bentónicos y peces.

El Arrecife Verde presenta una geomorfología de tipo plataforma, posee una barrera coralina del lado de barlovento que conforma una laguna central y se interrumpe en la porción oriental formando una abertura de casi 50 metros, donde inmediatamente forma una fosa de

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

10 m de profundidad (Figura 1), la cual albergaba en los años noventa, colonias de coral pétreo vivo de hasta 2 m de diámetro; en la actualidad hay en su interior troncos que viajan desde los ríos hacia el mar y son depositados por la corrientes y oleaje sobre las crestas de los arrecifes del PNSAV (Arenas-Fuentes *et al.*, 2012).

La deforestación a lo largo de las cuencas de los ríos principales que drenan hacia el sistema arrecifal ha provocado el arriamiento de troncos de árboles de diferentes longitudes (Arenas-Fuentes *et al.*, 2012) que se han internado y varado dentro de la laguna arrecifal, llegando hasta la zona de la fosa. Paradójicamente, esto constituye un reservorio de materia orgánica rica en nutrientes para pequeñas especies y filtradores.

La posición de la boca de entrada por la cresta arrecifal de barlovento tiene gran importancia en la distribución de las comunidades del arrecife, ya que favorece una corriente de la zona oceánica hacia la laguna, por medio de canales en dirección NE-SW, determinando la ausencia de pastos marinos en dichos canales que forman los “parques” o “manchas” de ceibadales (Lot-Helgueras, 1971). Al sur de la isla se localiza una baliza (torre troncocónica) de 6.40 metro de altura (SCT, 2000; Figura 2).

Debido al incremento en la sedimentación y la contaminación de las cuencas de los ríos que desembocan a este complejo de arrecifes, las enfermedades bacterianas (Bruckner *et al.*, 1997; Sekar *et al.*, 2006) de los corales se incrementaron notablemente, ocasionado la muerte de colonias y favoreciendo el crecimiento de biota competidora sustituta, como

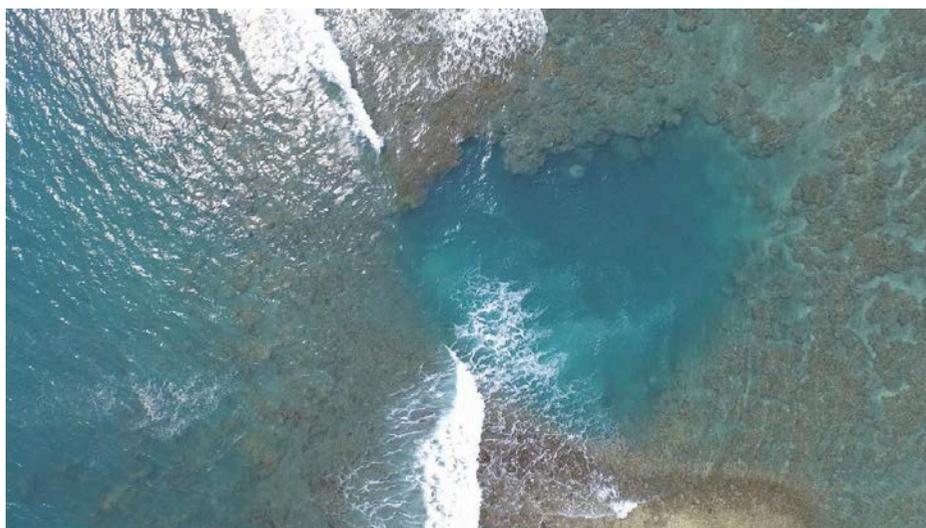


Figura 1. Fosa en barlovento en el Arrecife Verde. (Fuente: Econatura, A. C., mediante un drón)



Figura 2. Baliza de la Isla Verde. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

esponjas y algas. Esto lleva al deterioro de la cobertura coralina en la que se ven afectadas muchas especies. Entre los años ochenta y noventa tuvo lugar un fenómeno de variabilidad térmica global que ocasionó una gran pérdida de corales escleractinios por estrés térmico (www.sciencemag.org/cgi/content/full/1159196/DC1) de la especie *Acropora cervicornis*, los cuales, en el Arrecife Verde se extendían sobre una gran área del sotavento (Figura 3), y de *Acropora palmata* en el frontal del arrecife hacia barlovento; todavía durante el año de 1995 era posible observar amplias extensiones de este coral.

Hoy en día, de las extensiones de *Acropora cervicornis* solo quedan cementerios de coral muerto que sirven de sustrato para el crecimiento de otras especies, tales como gorgonias arborescentes y costrosas (Lozano- Aburto, 2009; Figura 4).

El arrecife, en su parte frontal o barlovento, alberga especies de corales duros erosionados de la especie *Acropora palmata*, entre los 7 m y 5 m de profundidad con una altura de 1 m (Figura 5).



Figura 3. Extensiones de *Acropora cervicornis*. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)



Figura 4. Gorgonias sobre coral muerto de *Acropora cervicornis*. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)



Figura 5. Coral muerto, antiguo, de *Acropora palmata*. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

La biodiversidad de corales se muestra distribuida entre barlovento, planicie (laguna arrecifal) y sotavento, la cual está cifrada en 20 especies, como se observa en la tabla 1 del monitoreo de Horta-Puga y Tello-Musi (2009), quienes determinaron además que, la cobertura coralina promedio del PNSAV es baja (19.1%) y que los arrecifes Verde y Blanca presentan las coberturas más altas (> 25%).

Para valorar la condición natural de un arrecife, regularmente se utiliza la cobertura coralina y su densidad como valores de referencia.

Recientemente, con el advenimiento y generalización de los análisis moleculares, Bud *et al.* (2012) refieren que se está transformando nuestra comprensión de la evolución de los corales duros y, al mismo tiempo, se ha generado un conflicto con la clasificación tradicional basada en la morfología del esqueleto. Tan importante ha sido el impacto que se ha desarrollado un nuevo sistema de clasificación que integra datos moleculares y morfológicos, esenciales ambos para documentar los patrones de biodiversidad, así como para revisar, formal y retrospectivamente, la taxonomía de las familias de corales entre las regiones del Atlántico occidental y del Caribe.

Tabla 1. Biodiversidad de corales hermatípicos en el Arrecife Verde.

Especie	Barlovento	Planicie	Sotavento
<i>Acropora palmata</i>	1		
<i>Acropora cervicornis</i>			1
<i>Agaricia agaricites</i>			1
<i>Agaricia fragilis</i>	1		
<i>Agaricia lamarcki</i>	1		
<i>Colpophyllia natans</i>	1		1
<i>Diploria spp.</i>		1	
<i>Diploria clivosa</i>	1		
<i>Diploria strigosa</i>	1		
<i>Madracis decactis</i>	1		1
<i>Manicina areolata</i>	1		1
<i>Millepora alcicornis</i>	1		
<i>Montastraea annularis</i>	1		1
<i>Montastraea cavernosa</i>	1		1
<i>Montastraea faveolata</i>	1		1
<i>Montastraea franksi</i>	1		1
<i>Porites astreoides</i>	1	1	
<i>Siderastrea radians</i>	1	1	1
<i>Siderastrea siderea</i>	1		1
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1		1
Total	17	4	12

1= especie presente

Por todo esto, consideramos importante mencionar, para la actualización sistemática de algunas especies que se encuentran en el Arrecife Verde, que *Diploria clivosa* y *Diploria strigosa* cambiaron a *Pseudodiploria clivosa* y *Pseudodiploria strigosa*, y las especies *Montastraea annularis*, *Montastraea faveolata* y *Montastraea franksi*, se agruparon en una sola especie llamada *Orbicella annularis*, figuras 6 y 7.

Los arrecifes coralinos, en la actualidad, están amenazados y con tendencia a desaparecer debido al alto índice de muerte de las especies a nivel mundial, no obstante que a partir del año 2000, con la creación



Figura 6. *Pseudodiploria clivosa* y *Pseudodiploria strigosa*. (Fuente M. A. Lozano-Aburto)



Figura 7. *Orbicella annularis*. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

de organismos no gubernamentales ONG'S, obligaron a los gobiernos a tomar cartas en el asunto hacia su pronta remediación debido a la alta pérdida de especies. ¿Es tiempo de revertir lo que se ocasionó en 40 años en estos ecosistemas? Aun sin respuesta, estos ecosistemas siguen persistiendo ante el alto grado de impacto que conlleva, en algunos sitios, su extinción y en otros su adaptación a los cambios drásticos a nivel planetario.

Tan alto fue el precio que pagaron estos ecosistemas debido al desarrollo turístico y comercial, que los envuelven en una estela de preguntas sin respuestas, y es sorprendente que la humanidad no vea los grandes beneficios que nos ofrecen. El Arrecife Verde, con sus índices de cobertura altos, es ahora uno más de los más amenazados en el mundo.

Sin duda, debemos reflexionar y trasladar nuestro antropocentrismo capitalista a un ecocentrismo consciente y social que será la clave para la salvación de los ecosistemas naturales y del hombre mismo.

Literatura citada

- ARENAS-FUENTES, V., M. A. Lozano-Aburto y D. Salas-Monreal. 2012. Efectos del huracán Karl en los arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Veracruzano. En: *Las inundaciones de 2010 en Veracruz. La biósfera, escenarios y herramientas*. Covecyt. La Ciencia en Veracruz.
- BRUCKNER, A. W., R. J. Bruckner y E. H. Williams Jr. 1997. Spread of a black-band disease epizootic through the coral reef system in St. Ann's Bay, Jamaica. *Bulletin of Marine Science*, 61(3): 919-928.
- BUDD, A. F., H. Fukami, N. D. Smith y N. Knowlton. 2012. Taxonomic classification of the reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166(3): 465-529.
- CORTÉS, J., M. M. Murillo, H. M. Guzmán y J. Acuña. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 32(2): 227-231.
- HORTA-PUGA, G. y J. L. Tello-Musi. 2009. *Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-Conabio proyecto DM005.
- LOZANO-ABURTO, M. A. y R. Claro. 2010. Biodiversidad marina en Veracruz. Capítulo 2. Pp. 34-39. En: Arenas-Fuentes, V., A. Quintero-Iglesias, D. Salas y M. A. Lozano (Eds.). *El mar y Veracruz. Gran Enciclopedia el Mar* (Vol. 7). México: Agencia Promotora de Publicaciones.
- SEKAR, R., D. K. Mills, E. R. Remily, J. D. Voss y L. L. Richardson. 2006. Microbial communities in the surface mucopolysaccharide layer and the black band microbial mat of black band-diseased *Siderastrea siderea*. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(9): 5963-5973.
- TUNNELL, J. W. (Ed.). 2007. *Coral reefs of the Southern Gulf of México*. Texas: A y M University Press. Pp. 95-101.
- www.sciencemag.org/cgi/content/full/1159196/DC1

CORALES BLANDOS (OCTOCORALES)

*Miguel Ángel Lozano Aburto,¹ Horacio Pérez España,¹ Javier Bello Pineda,¹
Eric Jordan Dahlgren,² Héctor Reyes Bonilla³*

INTRODUCCIÓN

En el arrecife coralino existe una variedad de vida marina en la que se encuentra a los corales duros (hermatípicos) como los principales constructores del arrecife, y son acompañados por corales blandos (octocorales) que usualmente se presentan en agregaciones densas de colonias llamadas “parches” (Kinzie, 1973).

Los octocorales muestran diferentes formas de crecimiento y aspecto, entre las que destacan las gorgonias, que incluyen los abanicos de mar, colonias arborescentes y las plumas de mar. Aun cuando los corales hermatípicos son los constructores principales por excelencia, existen muchos arrecifes donde el conjunto dominante no son corales sino gorgonáceos, incluso esponjas y algas (Jordán, 1993). Entre los factores que limitan la distribución de las gorgonias están:

- La iluminación, como en los corales madreporicos, es esencial para que se lleve a cabo el proceso de la fotosíntesis en la simbiosis con clades de zooxantelas (A, B, C, D) (Goulet, 2006), lo cual es un factor que limita su distribución hacia profundidades con insuficiente luz. Existen octocorales que dentro de sus cuerpos albergan zooxantelas, las cuales son necesarias para su nutrición. De acuerdo

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana.

² Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos.

³ Universidad de Baja California Sur.

con los hábitos de cada especie pueden asociar su alimentación nocturna por zooplancton, teniendo mayor actividad sus tentáculos y el grado de dependencia hacia las clades de zooxantelas, pero la predación aparece aumentando los requerimientos energéticos que pueden influir en la competición (Preston, 1974).

- Batimétricamente las gorgonias se encuentran entre un rango que va desde los 2 hasta los 70 m, en arrecifes del Caribe y del Golfo de México (Bayer, 1961; Golberg, 1973; Goreau, 1973; Jordan, 1979; Nelson, 1988).
- El movimiento del agua es un factor importante, ya que el flujo va llevando una cantidad de nutrientes a una velocidad determinada (en experimentos controlados se ha observado una captura de alimento mayor a una velocidad de flujo de 8 centímetros por segundo), las formas de las ramas y el tamaño de los pólipos ayudan a retener con mayor eficacia las diferentes formas de alimentos (Dai y Lin, 1993).
- El sustrato controla la distribución de estos invertebrados sésiles, las plánulas de los gorgonáceos son similares a las de los corales duros, por sus requerimientos de adherencia a sustrato sólido (Bayer, 1961; Kinzie, 1973). Las colonias jóvenes crecen en depresiones pequeñas de roca de coral. Un soporte sólido es esencial para aquellas colonias que habitan sobre las zonas de mayor turbulencia, gracias a la flexibilidad que presentan sus cuerpos. Las especies adaptadas a vivir en ambientes de fuerte sedimentación tienen una superficie con pocas irregularidades para disminuir la acumulación del sedimento, llegando en el caso de las especies del género *Pterogorgia* a tener las ramas completamente aplanadas, con los pólipos situados en los extremos y protegidos dentro de surcos o ranuras, como en el caso de *P. citrina* (Opresko, 1973). Los gorgonáceos presentan adaptaciones especiales, en términos de altas tolerancias a condiciones ambientales fluctuantes y formas de crecimiento modificadas para hacer frente a las demandas del medio ambiente.

La estructura de la comunidad coralina es muy variable en sentido espacial, ya que es sensible a infinidad de pequeños gradientes en su entorno físicoquímico. Estos gradientes determinan la composición general y el patrón de zonación básico, mientras que a escalas espaciales pequeñas son interacciones biológicas las que determinan la estructura fina de la comunidad (Jordan, 1993).

Los trabajos más importantes son los de Lara *et al.* (1992), quienes llevaron a cabo una zonificación de los arrecifes de Veracruz, ubicando

en la pendiente del sotavento parches de gorgonias en los arrecifes Anegada de Adentro, Verde, Rizo, De Enmedio y Blanca. Lozano-Aburto y Vargas-Hernández (1995) reportaron 10 especies de gorgonias para todo el Arrecife Verde, a una profundidad máxima de 10 metros, en este parche. Lozano (2007), localiza un parche más al lado sur, donde es conocido como “cola de gatos”.

Con base en lo anterior, se da a conocer la biodiversidad de gorgonias en el Arrecife Verde, resaltando el área de los parches y los nuevos registros de especies para el arrecife.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los censos se realizaron en junio del 2007, mediante buceo scuba, contando las colonias mediante cuadrantes de PVC de 1 m x 2 m (Figura 1). Se tomaron *in situ* los siguientes datos: profundidad, tipo de sustrato adherido, especie, tamaño de las colonias arborescentes, sobre todo la altura desde su base, y para las colonias encostradas se contabilizaron los manchones y se estimó el porcentaje de cobertura que ocupó en el cuadrante. Para aquellas colonias con dificultad para identificarlas en el sitio se tomaron fotografías y se obtuvo una muestra de aproximadamente 10 cm del ejemplar, para su estudio espicular a través de las claves diseñadas por Bayer (1961).

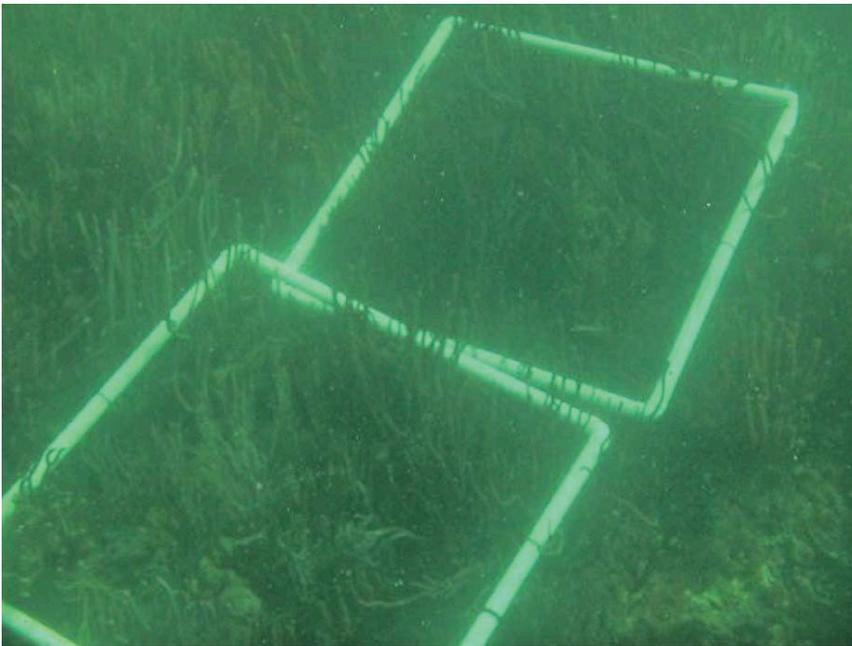


Figura 1. Cuadrantes de PVC de 1 m x 2 m. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

Geomorfología-modelo tridimensional (3D)

Se utilizaron datos geomorfológicos (latitud, longitud y profundidad) del programa Modelos geomorfológicos y escenarios bióticos del Parque Marino Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, con la participación del Acuario de Veracruz, A. C. y la Universidad Veracruzana, para la elaboración del modelo (Bonilla, 2000).

Elaboración de los polígonos de los parches de Octocorales

El levantamiento de los datos de ubicación y dimensión en los arrecifes se logró partiendo de un punto fijo al inicio, el cual se ubicaba en cualquier borde del parche, principalmente formado por colonias ramificadas, donde a través de un GPS se tomaba la posición. Posteriormente, con un compás submarino y cinta métrica de 50 m, se anotaron rumbo en grados, distancia y profundidad, de cada quiebre del polígono hasta el cierre desde el punto de inicio.

Utilizando el programa Map Maker 3.5 se proyectaron los polígonos a través de un solo punto referenciado con el GPS, determinando el área con los datos de distancia y rumbo. Los datos de los polígonos en el programa Surfer versión 8.0, sirvió para exportarlos al programa ArcMap 9.2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza

De las seis especies encontradas, *Pseudoplexaura porosa* fue una de las especies que solo se encontró en el parche 2, junto con *Erythropodium caribaeorum*, y en el parche 1 el resto de las especies: *Erythropodium caribaeorum*, *Pseudoplexaura porosa*, *Pseudoplexaura flagellosa*, *Eunicea flexuosa*, *Eunicea tourneforti* y *Plexaurella fusifera*.

Área de los parches y localización

En el Arrecife Verde se localizaron dos parches, los cuales se ubican sobre la zona de protección o sotavento; el primer parche (P1) con un área de 5,978 m² se localiza al NW del arrecife, y el segundo al SW (P2) con un área de 1,113 m² se localiza al SW de la isla, muy cerca de su baliza sur (Figura 2).

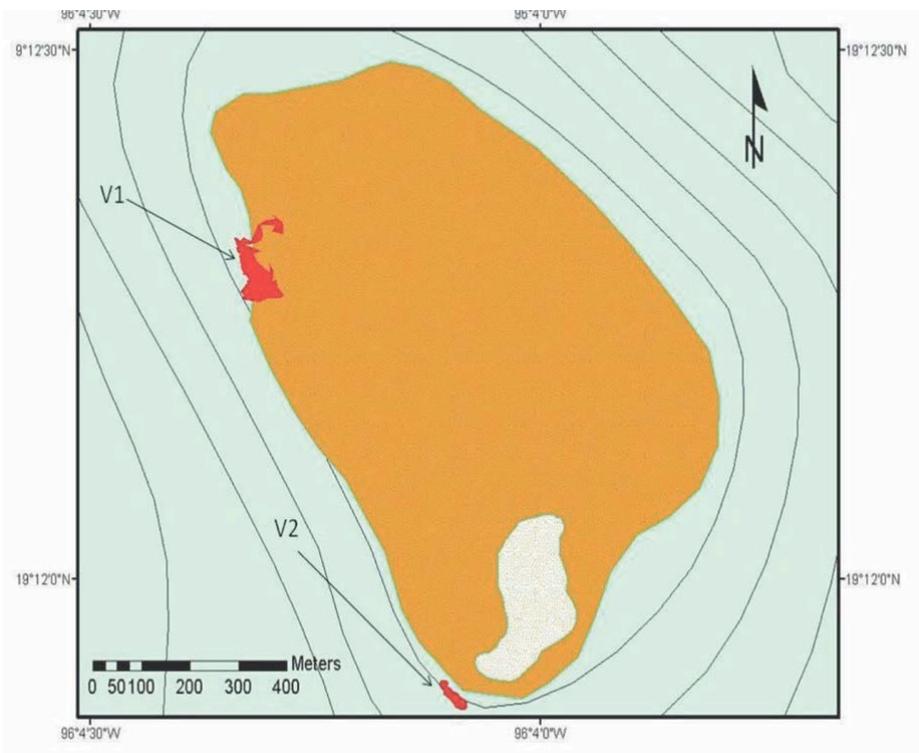


Figura 2. Localización del parche 1 y 2. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

Mapas tridimensionales

El modelo tridimensional del arrecife se ajustó mejor al modelo geoestadístico Kriging, presentando una regresión lineal entre 0.92 y 0.99 obtenidos por el software ArcMap 9.5.

El mapa tridimensional muestra la ubicación de los parches en color rojo, ubicados sobre la zona del sotavento (Figura 3), y muestra cómo las corrientes provenientes de vientos del norte podrían impactar en la zona de barlovento del arrecife (Figura 4).

Método

Arrecife	Muestra	Media	Regresión	Geoestadístico	Variograma
Verde	2706	-0.00656	0.996	Kriging	exponencial

Densidad y tallas de las colonias

La densidad de colonias en el parche 1 fue de 9 colonias/m², con una talla promedio de 32.6 cm, alcanzando la talla mayor a los 101 cm, en colonias de *Pseudoplexaura porosa*. Para el parche 2, donde solo hay colo-

nias de *Pseudoplexaura porosa*, la densidad fue de 5 colonias/m², con una talla promedio de 66 cm, alcanzando la talla mayor a los 100 cm. En el octocoral encostrado *Erythropodium caribaeorum*, la densidad es mayor debido que ocupan parte del sustrato, donde el parche 1 tuvo 23 colonias/m², y el parche 2 con 74 colonias/m².

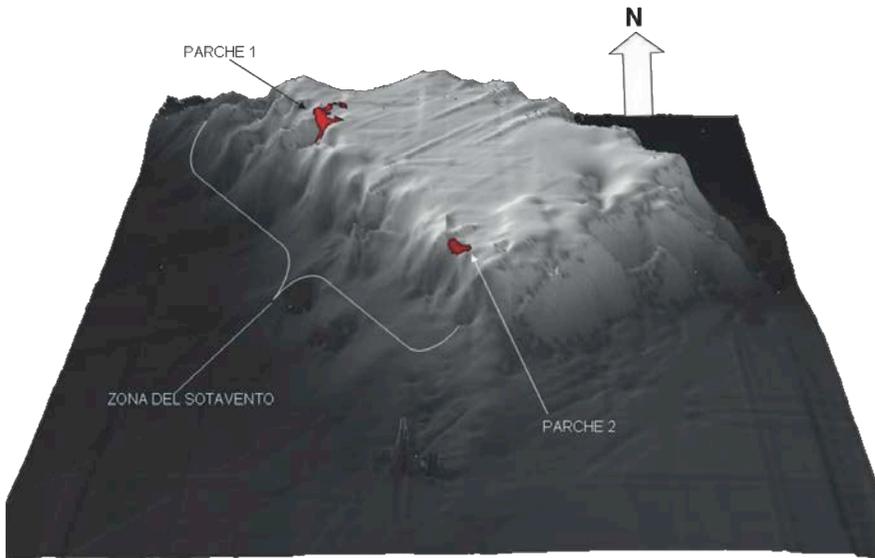


Figura 3. Parches 1 y 2 sobre la zona de sotavento del arrecife. (Fuente: M. A. Lozano Aburto)

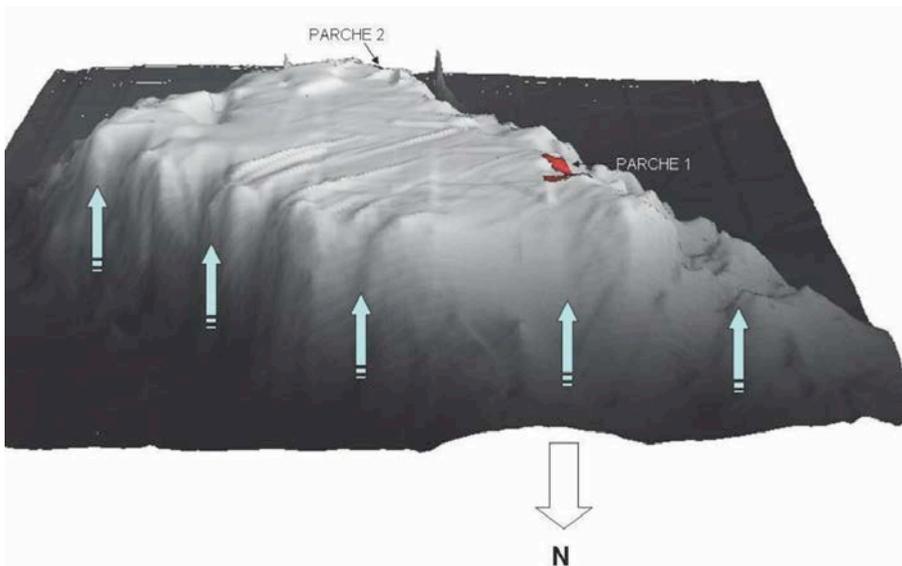


Figura 4. Zona de barlovento del arrecife.

Tipo de sustrato

Los sustratos donde se encuentran fijadas las colonias en el parche 1 es más heterogéneo, predomina el sustrato rocoso (esqueletos de coral), acompañado por arena y pedacería de coral, en cambio, en el parche 2 las colonias se encuentran en abundante pedacería de coral muerto, principalmente de *Acropora cervicornis*.

La profundidad

Estos parches alcanzan una profundidad entre los 3 m hasta los 7 m. Esto es debido a que parte de la sección NW hasta el sur presentan un pendiente corta que llega entre los 7 m hasta los 10 m.

La abundancia

Las colonias que son más abundantes en el parche 1 son *Eunicea flexuosa* y *Pseudoplexaura porosa*, seguidas de la especie *Eunicea tourneforti*, y para el parche 2 *Pseudoplexaura porosa* fue la más abundante.

CONSIDERACIONES FINALES

La heterogeneidad del sustrato en el parche 1 origina el asentamiento de colonias que no presentan gran talla, como las del género *Eunicea*, ya que la mejor capacidad de fijación la tienen sobre sustratos más duros como la roca coralina que con la pedacería, que si bien las colonias de *Pseudoplexaura porosa* aprovechan muy bien para el asentamiento de sus colonias, no lo hacen en forma larvaria, sino a través de la fragmentación de las puntas de sus ramas.

La densidad de las colonias está un poco por debajo de los parches asentados en Florida, pero si los comparamos con los arrecifes del gran Caribe, la densidad es de 25.1 ind/m² (Goldberg, 1973).

Los modelos 3D ayudan mucho para conocer la distribución de los parches en el arrecife; este tipo de herramientas permiten establecer criterios que hacen manejar otras variables, como las ambientales, para poder explicar el asentamiento exitoso de estas colonias.

En los estudios prospectivos del arrecife, para conocer la distribución de los parches se observaron colonias solitarias de especies, como *Muricea muricata* y *Eunicea flexuosa* en la zona de barlovento, y que debido a la gran elasticidad de sus cuerpos se encuentran en sitios que soportan una alta energía por oleaje y corriente.



Lámina 1. A. *Erythropodium caribaeorum*. B. *Pseudoplexaura porosa*. C. *Eunicea flexuosa*. D, E. *Eunicea tournaforti*. F. *Muricea muricata*. G. *Plexaurella fusifera*. H. *Pseudoplexaura flagellosa*. (Fuente: M. A. Lozano-Aburto)

Literatura citada

- BAYER, F. M. 1961. *The shallow-water octocorals of the West Indian region*. Volume XII. The Hague: Martinus Nijhoff. 373 pp.
- BONILLA-CEPEDA, L. G. 2000. *Geomorfología del arrecife Isla Verde, Veracruz, México y descripción de los escenarios bióticos*. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. 50 pp.
- DAI, C. F. y C. L. Lin. 1993. The effects of flow on feeding of three gorgonians from southern Taiwan. *J. Exp. Biol. Ecol.*, 173: 57-69.
- GOREAU, T. F. y N. I. Goreau. 1973. The ecology of Jamaica coral reef, II geomorphology, zonation, and sedimentary phases. *Bulletin of Marine Science*, 23(2): 399-462.
- GOLDBERG, W. M. 1973. The ecology of the coral-octocoral communities off the southeast Florida coast: geomorphology, species composition and zonation. *Bulletin of Marine Science*, 23: 465-488.
- JORDÁN, E. 1979. An analysis of a gorgonian community in a reef calcareous platform on the Caribbean coast of México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 6(1): 87-96.
- _____. 1993. *Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano. Parte I. El sistema continental*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 110 pp.
- KINZIE III, R. A. 1973. The zonation of West Indian gorgonians. *Bulletin of Marine Science*, 23: 95-153.
- LOZANO-ABURTO, M. A. y J. M. Vargas-Hernández. 1995. *Octocorales del Sistema Arrecifal Veracruzano*. Mem. Segundo Congr. Nal. Cienc. y Tecn. del Mar. Guaymas, Sonora.
- NELSON, T. J., T. L. Stinnet y J. W. Tunnell. 1988. *Quantitative assessment of an unusually dense Octocoral community in the Southwestern Gulf of México*. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia, vol. 2: 791-796.
- OPRESKO, D. M. 1973. Abundance and distribution of shallow-water gorgonians in the area of Miami, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 23(3): 535-558.
- PRESTON, E. M. y J. L. Preston. 1974. Ecological structure in a west indian gorgonian fauna. *Bulletin of Marine Science*, 25: 248-258.

Software

ESRI® Arc Map TM 9.2. Copyright . © 1993-2006. ESRI Inc. All Righth Reserved. Map Maker PRO. 2008. © Eric Dund and Map Maker Ltd, 1995-2008.

FICHAS TÉCNICAS

***Erythropodium caribaeorum* (Duchassaing y Michelotti).**

Gorgonia encostrada • Encrusting Gorgonian.

Caracteres diagnósticos. Es una especie cuyo crecimiento es de forma encostrada, y se le puede observar por grandes manchones con tentáculos expuestos muy largos de color café; se le puede confundir con *Briareumas bestinum* (Pallas, 1766) solo que estas colonias no llegan a formar grandes manchones y sus colonias son mas fragmentadas, además de presentar un crecimiento ascendente corto, la coloración de sus cálices de color púrpura. Colonias en forma de costra. Los tentáculos son muy largos.

Dimensiones. El espesor es de 3 a 5 mm.

Distribución. Sur de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Colonias que se extienden sobre superficies planas en arrecifes coralinos, principalmente en sitios de poca profundidad, de entre 1 y 3 m, y con oleaje. En zonas bénticas e intermareales, en arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. Sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación y gemación.

Tipo de agrupación. Parche.

Otra información. Su crecimiento es de forma encostrada y presentan una coloración café con sus pólipos expuestos, sin ellos son de color café pálido. De apariencia porosa. Es considerada especie territorial y puede competir con corales duros, ya que sus toxinas son muy semejantes a las de los corales escleractineos. Suele acompañar a octocorales de la familia Plexauridae. Sus largos tentáculos pueden reprimir la invasión de otros invertebrados.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

***Pseudoplexaura porosa* (Houttuyn, 1772)**

Barras porosa • Porous Sea Rods.

Caracteres diagnósticos. Los cálices presentan la forma de un gran poro. Sus aberturas caliculares de forma de poro bien definido, son colonias amarillas, muy arborescentes y presentan una superficie muy suave.

Dimensiones. Hasta 200 cm de altura.

Distribución. Sur de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en el arrecife en ambientes superficiales, en profundidades de 3 a 283 m, se encuentran en zonas bénticas, sustratos duros y arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación de las puntas de las ramas.

Tipo de agrupación. Forman grandes extensiones en forma de parches.

Otra información. sus ramas son muy flexibles. Sobre sus ramas se pueden encontrar caracoles comiendo sus pólipos y gusanos de fuego. La coloración con sus pólipos es café, con una apariencia muy semejante a una cola de gato.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

Eunicea flexuosa (Lamouroux, 1821)

Barra inclinada • Bent Sea Rod.

Caracteres diagnósticos. Las puntas de las ramas rotas con coloración violeta. Sus ramas son muy flexibles y resistentes, son colonias arborescentes, muy fuertes y flexibles, de coloración amarilla, presentan rugosidad en la superficie de sus cuerpos debido a una elevación corta de sus cálices, donde se protege el pólipo.

Dimensiones. Hasta 120 cm de altura.

Distribución. Sur de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en un amplio rango de ambientes, en profundidades de 1 a 27 m, en zonas bénticas, sustratos duros y en arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. Sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación de las puntas de las ramas.

Tipo de agrupación. Forman grandes extensiones en forma de parches.

Otra información. Se extienden formando parches y sus ramas son muy flexibles. Colonias muy resistentes y flexibles, su coloración es de tonalidades amarillas y son arbustivas.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

Eunicea tourneforti Milne Edwards y Haime, 1857

Candelabro con barras • Candlestick bars.

Caracteres diagnósticos. Su ramificación es en forma de candelabro, sus ramas no son robustas, presenta un cáliz poco prominente, son colonias fuertes y flexibles.

Dimensiones. Hasta 45 cm de altura.

Distribución. Cayos de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en un amplio rango de ambientes, en profundidades de 1 a 27 m, en zonas bénticas, sustratos duros en arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación.

Tipo de agrupación. Se agrupan en parches no muy extensos.

Otra información. Colonias que se fijan entre la pedacera de coral, son muy flexibles y resistentes, su coloración es de tonalidades de color café.

Estatus: Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

***Muricea muricata* (Pallas, 1766).**

Abanico espinudo • Spiny Sea Fan.

Caracteres diagnósticos. Colonias en forma de candelabro, sus pólipos se encuentran resguardados por un cáliz con terminación espinosa, es por esto que su superficie es áspera y espinosa. Colonias con ramificación en forma de candelabro, de color café y blanco.

Dimensiones. Hasta 40 cm de altura.

Distribución. Sur de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en un amplio rango de ambientes moderadamente superficiales, desde 1 a 9 m de profundidad. En zonas bénticas y arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción: Sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación y gemación.

Tipo de agrupación. Colonias solitarias, rara vez en pequeños parches.

Otra información. Colonias que en ocasiones forman pequeños parches en el arrecife, la apariencia de sus cálices le permiten protegerse de organismos depredadores. Muy flexibles ante el fuerte oleaje. Sus tonalidades son entre café y blancuzcas. Estas colonias son arbustivas y en un solo plano.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

***Plexaurella fusifera* (Kunze, 1916)**

Barra con hendiduras grandes • giant slit-pore sea rod.

Caracteres diagnósticos. Colonias con ramas en forma de barra y su abertura calicular en forma de un ojo ligeramente marcado a su alrededor.

Dimensiones. Hasta 100 cm de altura.

Distribución. Sur de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en un amplio rango de ambientes, en profundidades de 1 a 20 m, en zonas bénticas, sustratos duros y en arrecifes coralinos.

Alimentación. filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. Sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación.

Tipo de agrupación. Se agrupan en pequeños parches.

Otra información. Se extienden formando parches y sus ramas son muy flexibles. Colonias arbustivas muy resistentes y flexibles, su coloración es de tonalidades amarillas.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

***Pseudoplexaura flagellosa* (Houttuyn, 1772).**

Barras flageladas • flagellate Sea Rods.

Caracteres diagnósticos. Sus poros son irregulares y la superficie de su cuerpo también, son amarillas pero casi todas las que se observaron no presentaban exposición de pólipos. Se considera un nuevo registro para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Dimensiones. Hasta 40 cm de altura.

Distribución. Cayos de Florida, Bahamas, Caribe, costas mexicanas del Golfo de México.

Hábitat. Viven en un amplio rango de ambientes, en profundidades de 1 a 27 m, en zonas bénticas, sustratos duros y en arrecifes coralinos.

Alimentación. Filtradores y fotosintéticos con zooxantelas.

Reproducción. Sexual, cada colonia puede ser masculina o femenina. Asexual por fragmentación de las puntas de las ramas.

Tipo de agrupación. Forman pequeñas extensiones en forma de parches.

Otra información. Sus colonias que se fijan entre la pedacería de coral, son flexibles, su coloración es de tonalidades amarillas y sus ramas ligeramente aplanadas.

Estatus. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

MOLUSCOS BENTÓNICOS

Deneb Ortigosa,^{1,2} Luis Gabriel Aguilar-Estrada,^{2,3} Brian Urbano^{2,3}

INTRODUCCIÓN

El phylum Mollusca está compuesto por ocho clases, cada una con características internas y externas particulares, en donde la presencia de rodocitos, células involucradas en la formación y transporte de la hemocianina, es la única característica común a todos ellos (Ponder y Lindberg, 2008). Los moluscos son uno de los grupos de animales con mayor riqueza en el planeta, constituido por alrededor de 200 mil especies vivas (Ponder y Lindberg, 2008).

Las clases de moluscos más conocidas son: Gastropoda (caracoles y babosas terrestres y marinas), Bivalvia (almejas, mejillones y ostiones), Polyplacophora (quitones, cucarachas de mar), Cephalopoda (pulpos, sepias y calamares) y Scaphopoda (colmillos de mar o colmillos de elefante). Salvo esta última clase, el resto tiene representantes de importancia económica. Debido a la dificultad para obtener ejemplares, las clases menos estudiadas son la clase Monoplacophora, formada por organismos univalvos con repetición en el número de sus órganos, y las clases Solenogastres y Caudofoveata, ambas formadas por organismos de tipo vermiforme y que en lugar de una concha presentan escleritas de calcita o aragonita (Todt *et al.*, 2008).

¹ Instituto de Biología, UNAM. deneb.ortigosa@gmail.com

² Facultad de Ciencias, UNAM.

³ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

ESTUDIOS PREVIOS SOBRE MOLUSCOS EN EL ARRECIFE VERDE

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) ha sido objeto de diversos estudios. La mayoría se han realizado por parte de instituciones educativas que, desde la década de 1970, visitan el parque para realizar prácticas de campo, trabajos semestrales e incluso tesis de grado.

Pese a esto, la información resultado de los trabajos realizados generalmente ha quedado como reportes escolares o, en el mejor de los casos, se encuentran publicados en documentos que hasta hace algunos años no eran de fácil acceso para la comunidad científica externa a dichas instituciones, como tesis de grado, publicaciones no arbitradas o reportes de campo, todos ellos conocidos como "literatura gris". En esta categoría también se encuentra la información presentada en reuniones, congresos y simposia. Sin embargo, el tiempo de vida de esta información es efímera y los resúmenes, si es que se pueden consultar, no cuentan con suficiente información, ya que la mayoría no es "en extenso", por lo que su valor a largo plazo es prácticamente nulo.

De manera general, los registros de moluscos para el Arrecife Verde se pueden dividir en tres categorías: 1) los que se encuentran dentro de trabajos de invertebrados (p. ej. Castro *et al.*, 1989); en los que se ha trabajado con otras localidades aledañas y /o diferentes grupos de invertebrados (p. ej. Quintana y Molina, 1991; Rosado y García, 1991; Pérez, 1997; Zamora-Silva y Naranjo-García, 2008; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012), 2) los que han sido realizados específicamente en algún grupo de moluscos dentro del arrecife y que hablan sobre riqueza y diversidad (p. ej. Baker, 1891; Puig, 1983; Ortigosa, 2005; Aguilar, 2012; Aguilar-Estrada *et al.*, 2014; Cruz-López *et al.*, 2015; Olmos-García *et al.*, 2019) y 3) los de moluscos como bioindicadores ecológicos de metales pesados (p. ej. Juárez, 2000; Dorantes, 2010).

Al considerar el conjunto de los trabajos, la curva de acumulación de especies no muestra una tendencia a volverse asintótica (Figura 1), mostrando que el inventario aún no está completo, coincidiendo con otros trabajos de invertebrados (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

MÉTODO

Se tomó como base el trabajo de Aguilar-Estrada *et al.* (2014), en el cual se realizó una revisión bibliográfica y de material depositado en la Colección Nacional de Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología, en

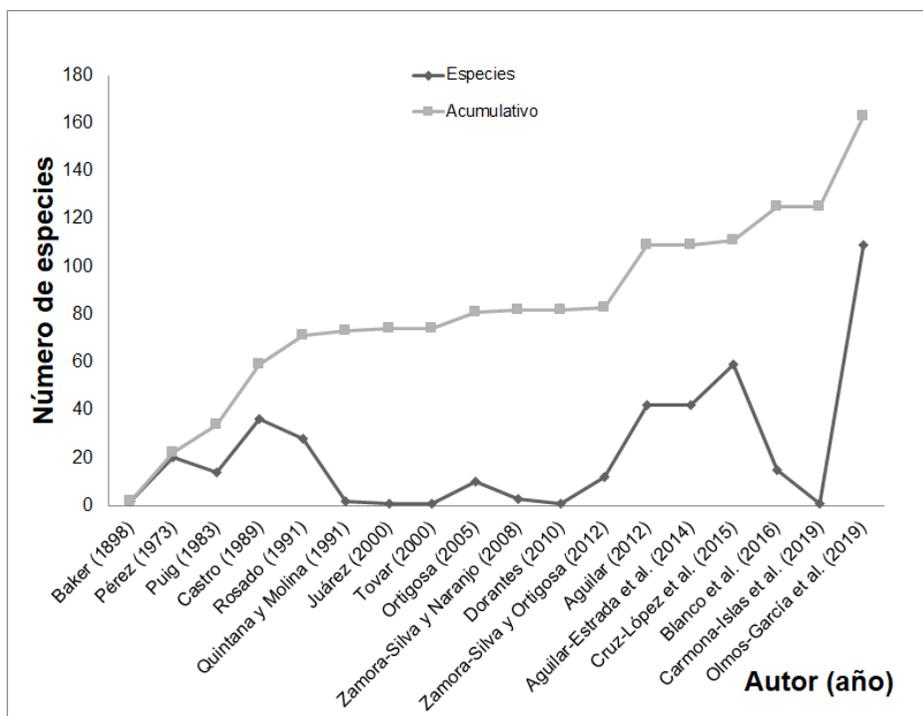


Figura 1. Riqueza de moluscos en el Arrecife Verde entre 1898 y 2019. La línea oscura muestra la aportación a la riqueza de cada uno de los estudios en los diferentes años. La línea clara muestra la curva acumulativa de especies.

la colección malacológica Dr. Antonio García-Cubas (COMA) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y en la colección María Guadalupe López Magallón de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN), y a partir de ahí se completó con los registros obtenidos de una búsqueda exhaustiva de las publicaciones de moluscos bentónicos del Arrecife Verde, en artículos, libros y tesis de la UNAM, en el que su tema principal fuera la malacofauna o los que se realizaron con macroinvertebrados marinos hasta junio 2022. Los nombres válidos fueron actualizados en WORMS (2022).

RESULTADOS

Se registraron 143 especies para el Arrecife Verde; de las cuales 19 se registran solo a nivel de género en la literatura y 12 corresponden a material revisado de las colecciones, y que no está en condiciones óptimas, pero que permite reconocerse como especies no registradas (Tabla 1). De las ocho clases de moluscos, solo las clases Gastropoda, Bivalvia y Cephalopoda

se encontraron registradas en la literatura, siendo la de mayor riqueza y abundancia la primera. Aunque no ha sido publicado, es de dominio popular que hay calamares de la especie *Sepioteuthis sepioidea* (Blainville, 1823; Figura 2). Recientemente, se incluyó a *Octopus insularis* (Leite y Haimovici, 2008), como uno de las principales componentes de la pesquería de Veracruz (Rosas *et al.*, 2020). También la especie *Thysanoteuthis rhombus* (Troschel, 1857) perteneciente a la familia Thysanoteuthidae (Keferstein, 1866) ha sido observada en la laguna del Arrecife Verde. Además, se tiene conocimiento del quitón *Ischnochiton erythronotus* (C. B. Adams, 1845) en el área (Aguilar-Estrada, en preparación). Casi la mitad de las especies registradas en la literatura tienen representantes en las colecciones científicas revisadas (CNMO, COMA y ENCB-IPN; Figura 3).



Figura 2. Calamar *Sepioteuthis sepioidea* (Blainville, 1823) observado en la laguna arrecifal. (Foto: Econatura, A. C.)

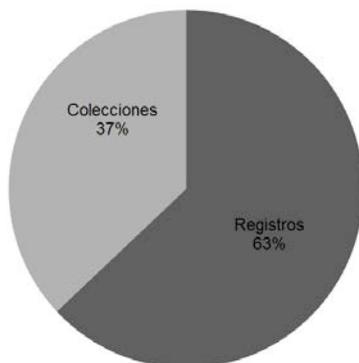


Figura 3. Proporción de especies depositadas en las colecciones respecto de las especies reportadas en la literatura.

Tabla 1. Especies de moluscos registradas para el Arrecife Verde, ordenadas por clase y posteriormente en orden alfabético. Se agregan comentarios al material revisado de las colecciones. Cuando el nombre registrado en la literatura no corresponde al nombre válido actual, se mencionan ambos.

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758
<i>Anodontia alba</i> Link, 1807
<i>Arca</i> sp. Linnaeus, 1758
<i>Arca zebra</i> Swainson, 1833
<i>Johnsonella fausta</i> (Pulteney, 1799) antes como <i>Arcopagia fausta</i>
<i>Arcopsis adamsi</i> (Dall, 1886)
<i>Asaphis deflorata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Asaphis</i> sp. Modeer, 1793
<i>Atrina rigida</i> (Lightfoot, 1786)
<i>Barbatia candida</i> (Helbling, 1779)
<i>Caribachlamys pellucens</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Chama sinuosa</i> Broderip, 1835
<i>Chama</i> sp. Linnaeus, 1758
<i>Charonia variegata</i> (Lamarck, 1816)
<i>Chlamys</i> sp. Röding, 1798
<i>Codakia orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Codakia</i> sp. Scopoli, 1777
<i>Coralliophaga coralliophaga</i> (Gmelin, 1791)
<i>Ctena</i> sp. Mörch, 1861
<i>Ctenoides scaber</i> (Born, 1778)
<i>Donax striatus</i> Linnaeus, 1767
<i>Isognomon alatus</i> (Gmelin, 1791)
<i>Isognomon radiatus</i> (Anton, 1838)
<i>Lamarcka imbricata</i> Bruguière, 1789 antes como <i>Arca imbricata</i>
<i>Leiosolenus aristatus</i> (Dillwyn, 1817) antes como <i>Lithophaga aristata</i>
<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Lima</i> sp. Bruguière, 1797
<i>Lithophaga</i> sp. Röding, 1798

<i>Lucina</i> sp. Bruguière, 1797
<i>Macoma</i> sp. Leach, 1819
<i>Macra</i> sp. Linnaeus, 1767
<i>Megapitaria maculata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Modiolus americanus</i> (Leach, 1815)
<i>Ostrea</i> sp. Linnaeus, 1758
<i>Papyridea soleniformis</i> (Bruguière, 1789)
<i>Periploma</i> sp. Schumacher, 1817
<i>Pinna carnea</i> Gmelin, 1791
<i>Semele proficua</i> (Pulteney, 1799)
<i>Semele</i> sp. Schumacher, 1817
<i>Spondylus americanus</i> Hermann, 1781
<i>Spondylus crassisquama</i> Lamarck, 1819
<i>Spondylus tenuis</i> Schreibers, 1793
<i>Tellina</i> sp. Linnaeus, 1758
<i>Tellinella listeri</i> (Röding, 1798)
<i>Trachycardium isocardia</i> (Linnaeus, 1758)

Clase Gastropoda Cuvier, 1795
<i>Acteocina canaliculata</i> (Say, 1826)
<i>Agathistoma fasciatum</i> (Born, 1778) antes como <i>Tegula fasciata</i>
<i>Aliger gigas</i> (Linnaeus, 1758) antes como <i>Lobatus gigas</i>
<i>Alvania adiphoros</i> Bouchet y Warén, 1993
<i>Alvania auberiana</i> (d'Orbigny, 1842)
<i>Ammonicera fischeriana</i> (Monterosato, 1869)
<i>Aplysia dactylomela</i> Rang, 1828
<i>Aplysia brasiliana</i> Rang, 1828
<i>Aplysia morio</i> (en Olmos-García <i>et al.</i> , 2019)
<i>Bulla occidentalis</i> A. Adams, 1850
<i>Bursatella leachii</i> Blainville, 1817
<i>Caecum circumvolutum</i> de Folin, 1867

<i>Caecum floridanum</i> Stimpson, 1851
<i>Caecum pulchellum</i> Stimpson, 1851
<i>Caecum textile</i> de Folin, 1867
<i>Calliostoma</i> sp. Swainson, 1840 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Cenchritis muricatus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cerithideopsis pliculosa</i> (Menke, 1829)
<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)
<i>Cerithium</i> sp. Bruguière, 1789 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Cerithium eburneum</i> Bruguière, 1792
<i>Cerithium litteratum</i> (Born, 1778)
<i>Cerithium lutosum</i> Menke, 1828
<i>Claremontiella nodulosa</i> (C. B. Adams, 1845) antes como <i>Morula nodulosa</i>
<i>Columbella mercatoria</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Conasprella delessertii</i> (Récluz, 1843) antes como <i>Conus delessertii</i>
<i>Conus archon</i> Broderip, 1833
<i>Conus mus</i> Hwass in Bruguière, 1792
<i>Conus</i> sp. 1 Linnaeus, 1758 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Conus</i> sp. 2 Linnaeus, 1758 (en Rosado y García, 1991)
<i>Coralliophila aberrans</i> (C. B. Adams, 1850)
<i>Coralliophila caribaea</i> Abbott, 1958
<i>Coralliophila galea</i> (Dillwyn, 1823)
<i>Coralliophila</i> sp. H. Adams y A. Adams, 1853 (en Rosado y García, 1991)
<i>Crassispira</i> sp. Swainson, 1840
<i>Cymatium</i> sp. Röding, 1798 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Cyphoma gibbosum</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cypraea</i> sp. Linnaeus, 1758 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Cypraecassis testiculus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Diala albugo</i> (Watson, 1886)
<i>Diodora cayenensis</i> (Lamarck, 1822)
<i>Diodora dysoni</i> (Reeve, 1850)
<i>Discodoris</i> sp. Bergh, 1877 (en Colección Nacional de Moluscos)

<i>Dolabrifera ascifera</i> (Rang, 1828) antes como <i>Dolabrifera dolabrifera</i>
<i>Eoacmaea pustulata</i> (Helbling, 1779)
<i>Engina turbinella</i> (Kiener, 1836)
<i>Echinolittorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)
<i>Elysia crispata</i> Mörch, 1863
<i>Elysia ornata</i> (Swainson, 1840)
<i>Elysia subornata</i> A. E. Verrill, 1901
<i>Epitonium angulatum</i> (Say, 1831)
<i>Fasciolaria</i> sp. Lamarck, 1799 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Fasciolaria tulipa</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Fissurella barbadensis</i> (Gmelin, 1791)
<i>Guttarium muricinum</i> (Röding, 1798)
<i>Gyroscalea commutata</i> (Monterosato, 1877) antes como <i>Gyroscalea lamellosa</i>
<i>Hexaplex fulvescens</i> (G. B. Sowerby II, 1834)
<i>Hinea lineata</i> (da Costa, 1778) antes como <i>Angiola lineata</i>
<i>Leucozonia nassa</i> (Gmelin, 1791)
<i>Leucozonia ocellata</i> (Gmelin, 1791)
<i>Lithopoma caelatum</i> (Gmelin, 1791)
<i>Lithopoma phoebium</i> (Röding, 1798) antes como <i>Astraliium phoebium</i>
<i>Lithopoma tectum</i> (Lightfoot, 1786) antes como <i>Lithopoma tectum americana</i>
<i>Littoraria angulifera</i> (Lamarck, 1822)
<i>Littoraria nebulosa</i> (Lamarck, 1822)
<i>Lobatus raninus</i> (Gmelin, 1791)
<i>Lodderena ornata</i> (Olsson y McGinty, 1958)
<i>Lottia leucopleura</i> (Gmelin, 1791)
<i>Luria cinerea</i> (Gmelin, 1791)
<i>Macrocypraea cervus</i> (Linnaeus, 1771)
<i>Macrocypraea zebra</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Meioceras nitidum</i> (Stimpson, 1851)
<i>Melongena corona</i> (Gmelin, 1791)
<i>Melongena melongena</i> (Linnaeus, 1758)

<i>Mitra</i> sp. Lamarck, 1798 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Mitrella delicata</i> (Reeve, 1859)
<i>Modulus modulus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Monoplex nicobaricus</i> (Röding, 1798)
<i>Discodoris branneri</i> MacFarland, 1909
<i>Naria acicularis</i> (Gmelin, 1791)
<i>Naticarius canrena</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Navanax gemmatus</i> (Mörch, 1863)
<i>Neotiara nodulosa</i> (Gmelin, 1791)
<i>Nerita fulgurans</i> Gmelin, 1791
<i>Nerita funiculata</i> Menke, 1850
<i>Nerita</i> Linnaeus, 1758 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Nerita peloronta</i> Linnaeus, 1758
<i>Nerita versicolor</i> Gmelin, 1791
<i>Neritina virginea</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Neverita duplicata</i> (Say, 1822)
<i>Nitidella nitida</i> (Lamarck, 1822)
<i>Odostomia laevigata</i> (d'Orbigny, 1841)
<i>Parthenina indistincta</i> (Montagu, 1808)
<i>Phrontis vibex</i> (Say, 1822)
<i>Pisania pusio</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Pleurobranchus areolatus</i> Mörch, 1863
<i>Pleuromalaxis balesi</i> (Pilsbry y T. L. McGinty, 1945)
<i>Plicopurpura patula</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Polinices hepaticus</i> (Röding, 1798)
<i>Polinices lacteus</i> (Guilding, 1834)
<i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778)
<i>Siphonaria pectinata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Supplanaxis nucleus</i> (Bruguière, 1789)
<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Spurilla brasiliana</i> MacFarland, 1909

<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767) antes como <i>Thais haemastoma floridana</i>
<i>Stramonita rustica</i> (Lamarck, 1822)
<i>Stramonita</i> sp. Schumacher, 1817 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Strombus alatus</i> Gmelin, 1791
<i>Strombus pugilis</i> Linnaeus, 1758
<i>Stylocheilus striatus</i> (Quoy y Gaimard, 1832)
<i>Tagelus</i> sp. Gray, 1847 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Tegula gallina</i> (Forbes, 1850)
<i>Thais</i> sp. Röding, 1798 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Thylacodes decussatus</i> (Gmelin, 1791)
<i>Tonna pennata</i> (Mörch, 1853)
<i>Trochomodulus carchedonius</i> (Lamarck, 1822)
<i>Turritriton labiosus</i> (W. Wood, 1828)
<i>Tralia ovula</i> (Bruguière, 1789)
<i>Tricolia</i> sp. Risso, 1826 (en Blanco <i>et al.</i> , 2016)
<i>Urosalpinx</i> sp. Stimpson, 1865 (en Colección María Guadalupe López Magallón)
<i>Vasula deltoidea</i> (Lamarck, 1822)
<i>Vasula speciosa</i> (Valenciennes, 1832) antes como <i>Thais speciosa</i>
<i>Vitta clenchi</i> (Russell, 1940) antes como <i>Neritina clenchi</i>
<i>Vitta usnea</i> (Röding, 1798) antes como <i>Neritina usnea</i>

Clase Polyplacophora Gray, 1821
<i>Ischnochiton erythronotus</i> (C. B. Adams, 1845)

Clase Cephalopoda Cuvier, 1795
<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797
<i>Octopus insularis</i> Leite y Haimovici, 2008
<i>Sepioteuthis sepioidea</i> (Blainville, 1823)
<i>Thysanoteuthis rhombus</i> Troschel, 1857

De acuerdo con el número de registros y la posibilidad de verificar las determinaciones, las fuentes más confiables de información son las colecciones científicas, ya que desafortunadamente en la gran mayoría de la literatura revisada no se presentan fotografías para corroborar la identidad de los ejemplares. Sin embargo, los especímenes disponibles en las colecciones no reflejan el número total de muestras mencionadas para el Arrecife Verde, ya que muchas publicaciones no especifican el destino final del material, en caso de que hubiera sido recolectado.

Los estudios enfocados a la diversidad del Arrecife Verde mostraron una mayor riqueza específica y abundancia de especies. Sin embargo, ninguno de ellos está dirigido a la búsqueda de organismos en diferentes ambientes dentro del arrecife (Figura 4). Las metodologías de los trabajos realizados en el Arrecife Verde no son homogéneas. En general, las metodologías son poco específicas o se omite información (p. ej. no especifican tamaño de la muestra o unidad de muestreo) lo que dificulta la comparación entre ellos (Aguilar-Estrada *et al.*, 2014).

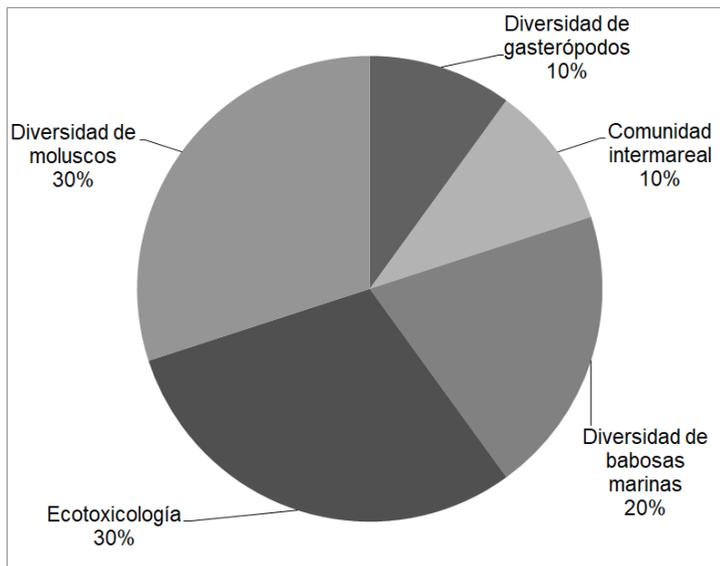


Figura 4. Principales tipos de trabajo realizados en el Arrecife Verde. Los estudios de diversidad son los más comunes. Resalta el hecho de que los estudios sobre grupos específicos de moluscos, como las babosas marinas o los gasterópodos, sean tan comunes.

Los estudios toxicológicos, al estar enfocados en una o pocas especies, contribuyen poco al conocimiento de la riqueza biológica de un área, aunque su contribución no es despreciable (Figura 5).

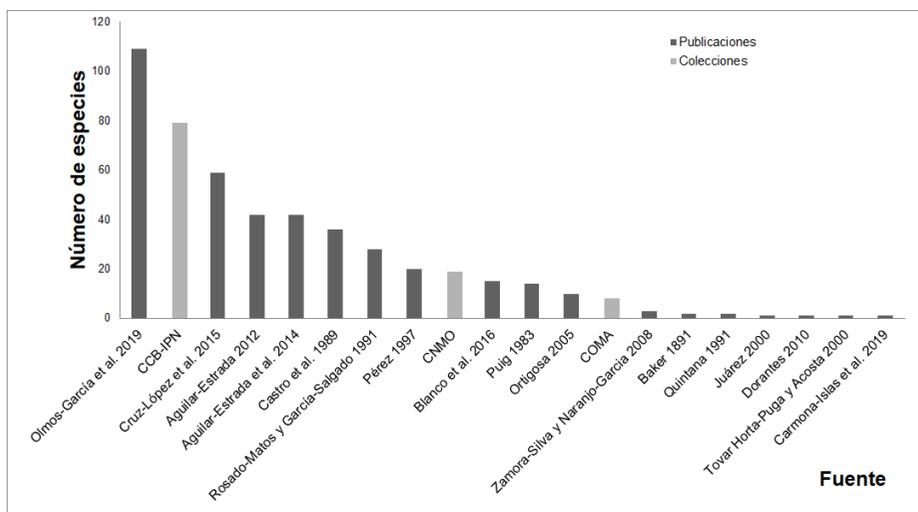


Figura 5. Número de especies encontradas tanto en publicaciones (gris oscuro) como en las colecciones (gris claro).

ESTRUCTURA COMUNITARIA

En cuanto a la riqueza y la abundancia de los moluscos en el Arrecife Verde, existen tres especies de gasterópodos del género *Cerithium* Bruguière, 1789: *Cerithium litteratum* (Born, 1778), *Cerithium atratum* (Born, 1778) y *Cerithium lutosum* Menke, 1828, los cuales concentran en conjunto 93% de abundancia de los individuos registrados, siendo *C. litteratum* la especie de mayor presencia (5,608 individuos y 70% de dominancia). Es de destacar que en cuarto y noveno lugar se encuentran los bivalvos *Lamarcka imbricata* Brugiere, 1789 e *Isognomon radiatus* (Anton, 1838), con 5% y 2% del valor de dominancia, respectivamente. Si bien los bivalvos son la segunda clase de moluscos de mayor importancia en cuanto a riqueza y abundancia, no es común que se encuentren con una dominancia tan elevada (Figura 6).

Las especies que más veces han sido registradas corresponden a los heterobranquios marinos, *Bulla occidentalis* A. Adams, 1850, *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 y *Dolabrifera ascifera* (Rang, 1828) con ocho, ocho y cinco registros, cada una. Este resultado sorprende, ya que la mayoría de los registros de esta subclase se limitan a menos de 10% de las listas taxonómicas de otros grupos de moluscos (Zamora-Silva y Naranjo-García, 2008), pero se refiere a organismos grandes o con concha calcificada, siendo las especies de este grupo las que generalmente se registran (Zamora-Silva y Ortigosa, 2012). Las especies referidas como *B. occidentalis*, *Bulla* sp. y *Bulla striata* Bruguière, 1792 fueron agrupadas bajo

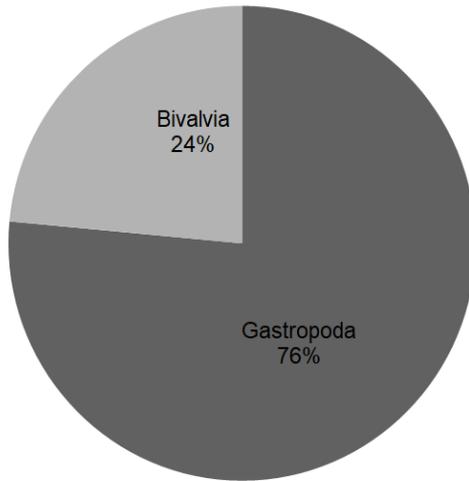


Figura 6. Proporción actual de las dos clases históricamente más registradas en el Arrecife Verde.

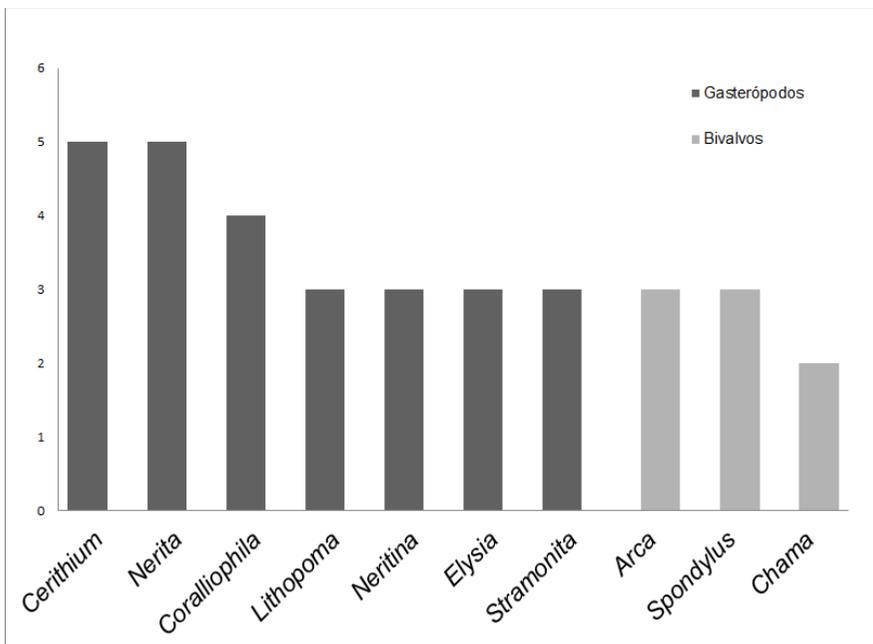


Figura 7. Géneros de gasterópodos y bivalvos mejor representados en Arrecife Verde.

el nombre de *B. occidentalis*, con base en el trabajo de Malaquias y Reid (2007), que menciona que sólo hay una especie de este género registrada para el Golfo de México. Para el caso de los bivalvos, las especies con más registros en la literatura corresponden a *Lamarcka imbricata* y a *Isognomon radiatus*, con 10 y cinco registros en las fuentes consultadas (Figura 5).

ESPECIES EN RELACIÓN CON EL SUSTRATO

Hasta el momento, todos los trabajos consultados se han realizado caminando o con snorkel, y desde el área intermareal de la isla hasta la parte central de la laguna arrecifal, ningún trabajo ha usado equipo de buceo autónomo para muestrear la zona de talud, por lo que el número de especies de moluscos que habitan puede estar subestimado.

Dentro de las especies registradas, se observa un grupo de organismos relacionados con sustratos duros, como esqueletos de coral, los asociados al sustrato algal y, por último, los que viven asociados a la arena. Las especies de gasterópodos *C. litteratum* y *Lithopoma tectum* (Lightfoot, 1786) han sido registradas en cinco tipos diferentes de sustrato, con abundancias de más de 10 organismos por sustrato, mientras que *Polinices lacteus* (Guilding, 1834) ha sido encontrada en los mismos sustratos, pero con abundancias de entre uno y siete organismos (Aguilar-Estrada *et al.*, 2014).

ESPECIES INTRODUCIDAS

Son distintos los factores que influyen en la introducción de especies a un lugar, como es el agua de lastre de los buques que navegan en el área y que, a su vez, provienen de otros lugares; el uso de especies exóticas para cultivo (p. ej. “semillas” de bivalvos), así como la liberación de especies de manera intencional, pero no mal intencionada (organismos comprados como mascotas), situación que se incrementa de manera alarmante a nivel mundial. Estas nuevas especies pueden provocar desequilibrios, a pequeña y gran escala, ya que muchas veces son más eficientes en su reproducción y el aprovechamiento de los recursos, o como vectores de enfermedades microbianas u otros patógenos. Hasta el momento, el primer registro de una especie introducida al Arrecife Verde podría ser el gasterópodo *Diala albugo* (Watson 1886), registrada en el Indopacífico (Ponder y De Keyzer, 1992) y que fue identificada recientemente dentro de la laguna arrecifal (Aguilar-Estrada *et al.*, 2014).

USO ARTESANAL Y ORNAMENTAL DE ESPECIES DE VERACRUZ

El puerto de Veracruz es una de las ciudades con más actividad turística en México, por esta razón, la venta de *souvenirs* fabricados con material autóctono está presente en prácticamente todos los comercios. Algunas

de las especies que se comercializan provienen del Caribe, como *Aliger gigas* (Linnaeus, 1758) o del Pacífico, como *Macrocypraea pantherina* Lightfoot, 1786, mientras que otras son extraídas de arrecifes y lagunas cercanas, como *Melongena melongena* (Linnaeus, 1758), *Melongena corona* (Gmelin, 1791), *Strombus alatus* Gmelin, 1791 y *Lobatus raninus* Gmelin, 1791. Las especies de mayor valor corresponden a las conchas más grandes y mejor conservadas, las cuales tienen que ser obtenidas de organismos vivos para evitar el daño de la concha por la erosión. En el trabajo realizado por Aguilar-Estrada *et al.* (2014) en el Arrecife Verde, se menciona que no se encontraron especies de tallas mayores a 7 cm, y que habían sido registradas con anterioridad para la laguna arrecifal, como *Lobatus raninus* (Gmelin, 1791).

EXPECTATIVAS

La riqueza biológica del Arrecife Verde, aun cuando se ha estudiado desde hace más de tres décadas, dista de ser bien conocida, ya que se ha concentrado en las clases más abundantes y conspicuas. Pese a la gran diversidad del phylum Mollusca, se tienen registros en la literatura, en su mayoría de dos de las ocho clases de moluscos (Bivalvia y Gastropoda), por lo que resulta urgente que se realicen estudios que incluyan a los otros grupos de moluscos, ya que se sabe de la existencia de algunas especies de poliplacóforos y cefalópodos, y dadas las condiciones ambientales, es muy probable que existan escafópodos, así como organismos de tallas pequeñas, englobados bajo el nombre de micromoluscos. Por lo que instamos a las personas interesadas a trabajar las comunidades marinas haciendo énfasis en las demás clases de este grupo (p. ej. Monoplacophora, Caudofoveata o Solenogastres).

Literatura citada

- AGUILAR-ESTRADA, L. G. 2012. Estructura comunitaria de los gasterópodos de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 82 pp.
- AGUILAR-ESTRADA L. G., D. Ortigosa, B. Urbano y M. Reguero. 2014. Análisis histórico de los gasterópodos de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 502-512.
- BAKER, F. C. 1891. Notes on a collection of shells from Southwestern Mexico. *Proceedings of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 43: 45-55.

- BLANCO C. B., S. P. Cano, C. E. Cortés y B. K. Montoya. 2016. *Micromoluscos (Gastrópodos) presentes en sedimento del arrecife de Isla Verde, Veracruz*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México. 48 pp.
- CARMONA-ISLAS, C., A. Morales-García, J. A. Hernández-Mendiola, H. Gama-Villasana, C. Colmenares-Campos y R. Cruz-Gutiérrez. 2019. Invertebrados bentónicos en diez arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90: e902741.
- CASTRO, J., A. Espinosa, M. Valle y O. Gaona. 1989. *Caracterización de los arrecifes coralinos de Veracruz*. *Biología de Campo*, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 89 pp.
- CRUZ-LÓPEZ, F. J., V. Villanueva-Sousa, A. Vázquez-Machorro y J. L. Tello-Musi. 2015. Investigaciones sobre moluscos gastrópodos del Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 75-98. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (Eds.). *Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.
- DORANTES, C. P. 2010. *Elysia crispata (Mollusca: Sacoglossa: Elysiidae) como bio-monitor de contaminación en tres arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 67 pp.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, (8): 151-161.
- JUÁREZ, E. 2000. *Evaluación de metales pesados en dos sistemas bentónicos arrecifales de Veracruz, Ver.* Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 68 pp.
- MALAQUIAS, M. y D. Reid. 2007. Systematic revision of the living species of *Bullidae* (Mollusca: Gastropoda: Cephalaspidea), with a molecular phylogenetic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 153: 453-543.
- OLMOS-GARCÍA, R., F. J. Cruz-López y A. J. Ramírez-Villalobos. 2019. Lista actualizada de las especies y nuevos registros de gasterópodos en el Arrecife Verde, Veracruz, México. *Novatites Caribaea*, 14: 147-156.
- ORTIGOSA, J. D. 2005. *Riqueza y distribución de opisthobranchios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver.* Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 60 pp.

- PÉREZ, R. 1972. *Moluscos de la plataforma continental del Atlántico mexicano. México*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 260 pp.
- PONDER, W. y D. Lindberg. 2008. Molluscan Evolution and Phylogeny. Pp. 1-17. En: W. Ponder y D. Lindberg (Eds.). *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press. 469 pp.
- PONDER, W. F. y R. de Keyzer. 1992. A revision of the genus *Diala* (Gastropoda: Cerithiudea: Dialidae). *Invertebrate taxonomy*, 6: 1019-1075.
- PUIG, L. 1983. *Contribución al conocimiento de la taxocenosis Gasteropoda, en el arrecife Isla Verde, Veracruz, Ver.* Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 30 pp.
- QUINTANA Y MOLINA, J. 1991. Resultados del Programa de investigaciones en arrecifes veracruzanos del Laboratorio de Sistemas Bentónicos Litorales. *Hidrobiológica*, 1(1): 73-86.
- ROSAS, R. L., L. A. S. Alcalde, O. Gutiérrez-Benítez, L. Jiménez-Badillo y C. A. V. Sánchez. 2020. Octopus fisheries on the Veracruz Reef system of the Gulf of Mexico: Tendencies and fluctuations. *Regional Studies in Marine Science*, (39) 101400.
- ROSADO, J. y M. A. García. 1991. *Moluscos bentónicos de tres arrecifes del puerto de Veracruz*. Biología de Campo, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 83 pp.
- TOVAR, E., G. Horta-Puga y G. Acosta 2000. *Metales pesados en Aplysia dactylo-mela en dos arrecifes de Veracruz*. 1er Congreso Nacional sobre Arrecifes de Coral. Veracruz, México
- TODT, C. A. Okuso, C. Schander y E. Schwabe. 2008. Phylogeny of Solenogastres, Caudofoveata and Polyplacophora. En: *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. W. Ponder y D. Lindberg (Eds.). University of California Press. 469 pp.
- WORMS. (2022). World Register of Marine Species. Editorial Board. En: <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Acceso 2022-06-29. doi: 10.14284/170
- ZAMORA-SILVA, B. A. y E. Naranjo-García. 2008. Los opistobranquios de la Colección Nacional de Moluscos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 333-342.
- ZAMORA-SILVA, A. y D. Ortigosa. 2012. Nuevos registros de opistobranquios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 359-369.

FICHAS TÉCNICAS DE MOLUSCOS BIVALVOS Y GASTERÓPODOS COMUNES

Se presentan las fichas técnicas de cuatro especies de bivalvos (*Lamarcka imbricata* Bruguiere, 1789; *Arca zebra* (Swainson, 1833); *Isognomon alatus* (Gmelin, 1791); *Isognomon radiatus* (Anton, 1838); y diez especies de gasterópodos (*Aplysia brasiliana* Rang, 1828; *Aplysia dactylomela* Rang, 1828; *Elysia crispata* Mörch, 1863; *Cerithium litteratum* (Born, 1778); *Aliger gigas* (Linnaeus, 1758); *Melongena corona* (Gmelin, 1791); *Melongena melongena* (Linnaeus, 1758); *Plicopurpura patula* (Linnaeus, 1758); *Strombus alatus* Gmelin, 1791 y *Strombus pugilis* Linnaeus, 1758). Para Estados Unidos se especifica la distribución para Carolina del Norte (CN), Texas (TX) y Florida (FL).

***Isognomon alatus* (Gmelin, 1791)**

Lám. 1. A-B.

Nombre común. “Ostión”, “Callo de árbol”, “Ostión plano”, “Flat tree oyster” en inglés.

Principales sinonimias. *Ostrea alatus* Gmelin, 1791; *Ostrea rostralis* Lamarck, 1819; *Perna ephippium* Reeve, 1858; *Perna obliqua* Lamarck, 1819.

Diagnosis. Hasta 8 cm de largo. Concha de color gris a púrpura, café o negro. Las valvas son ovaladas en forma de abanico. La valva derecha es plana y la izquierda es ligeramente obesa. Su superficie es lisa o escamosa, en ejemplares juveniles las conchas son rayadas. La charnela presenta ocho a 12 canales oblongos. El interior es aperlado.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (FL, TX), Antillas, Bermuda y Brasil.

Registros en México y en específico en el PNSAV. De Tamaulipas a Yucatán y el Caribe. En el PNSAV en los arrecifes Blanquilla, Verde y Hornos.

Ambiente. De aguas estero-estuarinas, se observa fija sobre raíces de mangle y rocas mediante el biso.

Relevancia de la especie. Es una especie importante localmente como alimento.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Se encuentra formando agregados sobre superficies duras.

Categoría de riesgo. Pr en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMAR-NAT-2010.

***Isognomon radiatus* (Anton, 1838)**

Lám. 1. C-D.

Nombre común. "Ostión", "Callo", "Laminilla", "Almeja de papel", "Radial tree oyster" en inglés.

Principales sinonimias. *Perna lamarckiana* d'Orbigny, 1853; *Perna listeri* Hanley, 1843; *Perna radiatus* Anton, 1838.

Diagnosis. Hasta 7 cm de largo. Concha delgada y frágil de color que puede variar de amarillo-verdoso a café verdoso; la concha con lamelas poco conspicuas y con forma triangular.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (FL, TX), Antillas, Bermuda y Brasil.

Registros en México y en específico en el PNSAV: En el PNSAV en los arrecifes Galleguilla, Anegada de Adentro, Blanquilla, Gallega, Pájaros, Verde, Sacrificios, Ingeniero, Anegada de Afuera, Anegadilla, Polo, De Enmedio, Blanca, Chopas, Rizo, El Bajo, Cabezo.

Ambiente. Estos organismos crecen en sustratos duros como raíces de manglar, aunque pueden llegar a crecer en las grietas de las rocas.

Relevancia de la especie. Esta especie se explota comercialmente, ya que los músculos abductores poseen un sabor delicado y una consistencia suave. Se vende como callo de hacha.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa.

Categoría de riesgo. Bajo regulación de la Conapesca.

***Lamrcka imbricata* Bruguiere, 1789**

Lám. 1. E-F.

Nombre común. "Almeja de coral", "Mossy ark" en inglés.

Principales sinonimias. *Arca americana* d'Orbigny, 1846; *Arca martensii* Dunker, 1868; *Arca triundulata* Bory de Saint-Vincent, 1827; *Arca umbonata* Lamarck, 1819; *Tetrarca imbricata* (Bruguière, 1789).

Diagnosis. Hasta 6 cm de largo. La concha presenta numerosas costillas radiales cruzadas por cordones concéntricos. Concha blanca con periortraco café espeso que se puede observar en ejemplares vivos.

Distribución geográfica general. De Estados Unidos (CN) y Golfo de México, hasta las Antillas; Bermuda y Brasil.

Registros en México y en específico en el PNSAV. De Tamaulipas al Caribe. En el PNSAV en los arrecifes Galleguilla, Anegada de Adentro, Blanquilla, Gallega, Pájaros, Verde, Hornos, Sacrificios, Anegada de Afuera, De Enmedio, Blanca, Chopas y Cabezo. Es común encontrar val-

vas de esta especie en la pedacería de las playas, incluyendo en Tuxpan, Puerto de Veracruz y Montepío.

Ambiente. Aguas someras, formando bancos, se le asocia a grupos de corales y rocas.

Relevancia de la especie. La concha es utilizada para la elaboración de artesanías.

Ecología poblacional. Filtrador. Epifaunal. Fecundación externa. Forma agrupaciones sobre sustratos duros.

Arca zebra Swainson, 1833

Lám. 1. G-H.

Nombre común. “Almeja de coral”, “Turkey wing” en inglés.

Principales sinonimias. *Arca barbadensis* d’Orbigny, 1853; *Arca commutata* Kobelt, 1889; *Arca occidentalis* Philippi, 1847; *Byssoarca zebra* Swainson, 1833.

Diagnosis. Hasta 9 cm de largo. Es de color rojizo con líneas zigzagantes. Las costillas son bajas e irregulares en tamaño.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (CN, TX), Antillas, Brasil y Bermuda.

Registros en México y en específico en el PNSAV. En el PNSAV en los arrecifes Verde, Sacrificios y De Enmedio. Es común encontrar valvas de esta especie en la pedacería de las playas, incluyendo en Tuxpan, Puerto de Veracruz y Montepío.

Ambiente. Esta concha requiere de sedimentos consolidados para anclar su biso y poder realizar sus funciones de filtración.

Relevancia de la especie. Por la talla valdría la pena revisar la palatabilidad, sin embargo, no hay registros de que se consuma en el PNSAV.

Ecología poblacional. Filtrador. Epifaunal. Fecundación externa. Se le encuentra formando agregados.

Aplysia brasiliana Rang, 1828

Lám. 2. A.

Nombre común. “Lieber de mar”, “Sea Hare” en inglés.

Principales sinonimias. *Aplysia fasciata* Poiret, 1789.

Diagnosis. Hasta 25 cm de largo. Color del cuerpo verde claro y oscuro, formando patrones irregulares a lo largo del cuerpo. Tiene una glándula que produce tinta de color morado y que es secretada cuando es molestada. Es común observar que nada usando sus grandes parapodios que

no están unidos en la parte posterior, característica importante para su correcta identificación.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (CN, FL, TX); Costa Rica, Colombia, Venezuela, Brasil, Uruguay, Bermuda, Aruba.

Registros en México y en específico en el PNSAV. Veracruz, Campeche y Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Gallega, Verde e Ingeniero.

Ambiente. Praderas de pastos marinos, como *Thalassia testudinum*, el cual es muy abundante en algunas porciones de la laguna del Arrecife Verde.

Relevancia de la especie. No es de interés comercial, sin embargo, por su tamaño es fácilmente observada en el PNSAV.

Ecología poblacional. Herbívoro. Durante la época de reproducción es común encontrar aglomeraciones de estos organismos. También se les puede encontrar parcialmente enterrada en sedimentos arenosos.

Aplysia dactylomela Rang, 1828

Lám. 2. B.

Nombre común. “Liebre de mar”, “Murciélago de mar”, “Spotted Sea Hare” en inglés.

Diagnosis. Hasta 40 cm de largo, aunque en el Arrecife Verde la mayoría no excede los 25 cm. Color del cuerpo café, verde o amarillento, con numerosos anillos de color negro distribuidos a lo largo del manto. Entre dichos anillos pueden existir líneas negras estríadas, de forma irregular. Tiene una glándula que produce tinta de color morado y que es secretada cuando es molestada.

Distribución geográfica general. En el Atlántico oeste se distribuye en Estados Unidos (TX, FL), Belice, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Brasil, Bermuda, Bahamas, Islas Caimán, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, San Martín, Guadalupe, Martinica, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Barbados, Aruba, Curazao, Bonaire, Granada, Trinidad y Tobago.

Registros en México y en específico en el PNSAV. Veracruz, Campeche y Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Blanquilla, Gallega, Verde, Sacrificios, Ingeniero y De Enmedio.

Ambiente: Praderas de pastos marinos, como *Thalassia testudinum*, el cual es común en la laguna del Arrecife Verde.

Relevancia de la especie. Esta especie no es de interés comercial, sin embargo, por su tamaño es fácilmente observada en el PNSAV.

Ecología poblacional. Herbívoro. Durante la época de reproducción, es común encontrar aglomeraciones de estos organismos.

***Elysia crispata* Mörch, 1863**

Lám. 2. C.

Nombre común. “Lechuga de mar”, “Lettuce Sea Slug” en inglés.

Principales sinonimias. *Tridachia crispata* (Mörch, 1863).

Diagnosis. Hasta 15 cm de largo. Color del cuerpo muy variable, desde azul a verde, aunque la parte ventral generalmente es de color crema. Presenta unas manchas de forma variable pero ligeramente oval distribuidas en la parte cercana al pie y en la parte dorsal, por debajo de los parapodios. Los parapodios son muy amplios y forman ondulaciones, de ahí su nombre común.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (FL), Belice, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Bermuda, Bahamas, Islas Caimán, Jamaica, Haití, Puerto Rico, Islas Vírgenes, San Martín, Antigua, Guadalupe, Martinica, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Barbados, Aruba, Curazao, Bonaire, Trinidad y Tobago.

Registros en México y en específico en el PNSAV. Veracruz, Campeche y Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Galleguilla, Blanquilla, Gallega, Pájaros, Verde, Sacrificios, Hornos, Ingeniero, Anegada de Afuera, Santiaguillo, Anegadilla, Polo, De Enmedio, Chopas, Rizo y Cabezo.

Ambiente. Habita en zonas litorales de aguas marinas someras, en fondos de arena, algas verdes o sobre vegetación como *Thalassia testudinum*.

Ecología poblacional. Herbívoro. Se le encuentra sobre distintos sustratos como ensambles de macroalgas, en ocasiones sobre *Caulerpa sertularioides*, pasto marino o madera.

***Cerithium litteratum* (Born, 1778)**

Lám. 2. D.

Nombre común. “Caracol roca”, “Stocky cerith” en inglés.

Principales sinonimias. *Murex litteratus* Born, 1778; *Cerithium semiferrugineum* Lamarck, 1822; *Cerithium angustum* Anton, 1838; *Cerithium litteratum playagrandensis* Weisbord, 1962.

Diagnosis. Hasta 3 cm de largo. Concha pequeña, blanco sucio con hileras espirales de numerosas manchas cuadrangulares negro o rojizo; ornamentada con una débil várice, numerosos cordones espirales gruesos y con una hilera espiral con nueve a 12 prominentes nódulos agudos justo por debajo de la sutura; en ocasiones se observa una segunda hilera de pequeñas espinas en la periferia. Abertura diagonal, con el labio interno ligeramente aplanado.

Distribución geográfica general. Estados Unidos entre (FL), Tamaulipas, Veracruz y Yucatán, Bermuda y de Antillas a Brasil.

Registros en México y en específico en el PNSAV. En México se le ha registrado desde Tamaulipas hasta Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Anegada de Adentro, Anegada de Afuera, Anegadilla, Chopas, Hornos, Ingeniero, Blanca, Bajo, Cabezo, Rizo, Galleguilla, De Enmedio, Pájaros, Sacrificios, Verde, Blanquilla y Gallega.

Ambiente. Habita en zonas litorales de aguas marinas someras, lagunas costeras y estuarios, en fondos de arena, coral o sobre vegetación como *Thalassia testudinum*.

Relevancia de la especie. Especie muy abundante, generalmente encontrada como concha vacía en sustrato de coral muerto.

Ecología poblacional. Herbívoro. Se le puede encontrar como organismos muy abundante en distintos sustratos. Fecundación externa o interna, con una larva veliger.

***Aliger gigas* (Linnaeus, 1758)**

Lám. 2. E-F.

Nombre común. “Caracol rosado”, “Caracol burro”, “Concha reina”, “Queen Conch” y “Pink Conch” en inglés, “Strombe rosé” en francés.

Principales sinonimias. *Strombus gigas* Linnaeus, 1758; *Strombus lucifer* Linnaeus, 1758; *Eustrombus gigas* (Linnaeus, 1758); *Strombus horridus* M. Smith, 1940; *Strombus samba* Clench, 1937; *Strombus verrilli* McGinty, 1946; *Strombus canaliculatus* Burry, 1949; *Strombus gigas pahayokee* Petuch, 1994.

Diagnosis. Hasta 30 cm de largo. Concha de color blanco. Vuelta corporal muy desarrollada, en cuyo hombro se observan procesos espinosos y la presencia de un gran labio externo extendido en forma de ala, con llamativo colorido, desde rosa, amarillo hasta anaranjado fuerte en el área de la abertura.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (TX, FL), Antillas y Bermuda.

Registros en México y en específico en el PNSAV. De Tamaulipas a Yucatán y en el Mar Caribe. En el PNSAV en los arrecifes Anegada de Adentro, Pájaros, Verde, Sacrificios, De Enmedio, Chopas y Cabezo.

Ambiente. De aguas someras con fondos arenosos donde se encuentra el pasto marino *Thalassia testudinum*.

Relevancia de la especie. Especie muy apreciada por su gran tamaño y valor ornamental, se le puede encontrar localmente en los comercios del puerto de Veracruz, siendo utilizada en distintos tipos de artesanías.

Debido a su amplia distribución, existe una preocupación internacional por el uso excesivo de esta especie.

Ecología poblacional. Herbívoro.

Categoría de riesgo. Especie Amenazada bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010.

***Melongena corona* (Gmelin, 1791)**

Lám. 2. G-H.

Nombre común. “Corona”, “Chiva”, “Concha corona común”, “Common Crown Conch” en inglés.

Diagnosis. Hasta 12 cm de largo. Concha crema sucio con amplias bandas espirales de color púrpura, café o negro. Concha muy variable en forma y producción de espinas. El hombro y la base de la concha presentan de una a cuatro filas de espinas con las puntas dirigidas hacia arriba u horizontalmente.

Distribución geográfica general. Golfo de México, incluyendo Estados Unidos (FL).

Registros en México y en específico en el PNSAV. En México en los estados de Veracruz, Campeche y Yucatán, en el PNSAV en los arrecifes De Enmedio y Verde.

Ambiente. De aguas someras, con sedimentos arenosos y limoarenosos donde existe *Thalassia testudinum* y diversos tipos de algas.

Relevancia de la especie. El músculo del pie tiene importancia comercial y la concha es vendida para la elaboración de artesanías.

Ecología poblacional. Carnívoro, se le encuentra comúnmente sobre el sedimento o ramas del mangle, *Rhizophora mangle*.

***Melongena melongena* (Linnaeus, 1758)**

Lám. 2. I-J.

Nombre común. “Viuda”, “Concha corona de las Antillas”, “Melongena antillana”, “Crown conch” o “West Indian crown conch” en inglés.

Diagnosis. Hasta 20 cm de largo. Concha grande, gruesa y ovalada. La concha es café oscuro con bandas amararillo-blancas de distinto espesor, una a la altura del hombro y la otra hacia la periferia de color café. Presenta de una a tres hileras espirales de espinas triangulares en la periferia. Canal sifonal corto y el canal anal conspicuo. Área parietal generalmente blanco sucio.

Distribución geográfica general. Sur del Golfo de México; de Las Antillas hasta Brasil.

Registros en México y en específico en el PNSAV. En México en los estados de Veracruz a Yucatán, en el PNSAV en el Arrecife Verde.

Ambiente. De aguas someras, marinas y salobres con sedimentos limoarenosos donde existe *Thalassia testudinum* y diversos tipos de bivalvos.

Relevancia de la especie. El músculo del pie tiene importancia comercial, ya que sirve como alimento de forma local y la concha es utilizada como un material para la elaboración de artesanías. Esta especie suele ser perjudicial para los cultivos de ostión.

Ecología poblacional. Carnívoro.

***Plicopurpura patula* (Linnaeus, 1758)**

Lám. 3. A-B.

Nombre común. “Mata encintados”, “Caracol de roca”, “Púrpura de boca ancha”, “Widemouth rocksnail” en inglés

Principales sinonimias. *Buccinum patulum* Linnaeus, 1758; *Haustrum tuberculatum* Perry, 1811.

Diagnosis. Hasta 10 cm de largo. Concha mediana, superficie gris, con nódulos o espinas agudos triangulares con una vuelta corporal bien desarrollada. Abertura grande de color rosa salmón y con el borde de la apertura denticulado. El opérculo va de negro a café.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (FL) a Trinidad, Bermuda.

Registros en México y en específico en el PNSAV. Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Blanquilla, Gallega, Verde, Hornos, Ingeniero, Sacrificios y De Enmedio.

Ambiente. En la zona intermareal asociada a sustrato rocoso con influencia de salpicaduras.

Relevancia de la especie. Utilizada por sus secreciones para la elaboración de textiles con tonalidades púrpuras o azules de manera local.

Ecología poblacional. Carnívoro, se le encuentra comúnmente en la franja de mareas.

Categoría de riesgo. Especie Amenazada bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010.

***Strombus alatus* Gmelin, 1791**

Lám. 3. C-D.

Nombre común. “Canelo”, “Fighting Conch” en inglés.

Principales sinonimias. *Pyramis crenulata* Röding, 1798; *Strombus pyru-latus* Lamarck, 1822; *Strombus undulatus* Küster, 1845.

Diagnosis. Hasta 10 cm de largo. Conchas grandes, sólidas, pesadas, cónicas, con ocho vueltas de espiral; concha variable, desde rosa salmón hasta café rojizo, con periostraco pelúcido. La vuelta corporal muy desarrollada, hombro amplio, con declive y suturas bien marcadas, ornamentadas con espinas gruesas, principalmente en la vuelta corporal. Área parietal con estrías en espiral; labio externo grueso, bruñido en el interior, con una amplia muesca; canal sifonal infundibuliforme. Opérculo córneo pequeño y no alcanza a cerrar la abertura.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (CL, TX, FL) y Golfo de México.

Registros en México y en específico en el PNSAV. De Tamaulipas a Yucatán. En el PNSAV en los arrecifes Anegada de Adentro, Blanquilla, Pájaros, Verde, Hornos, Sacrificios, Santiaguillo, De Enmedio, Blanca, Chopas, Rizo, Bajo, Cabezo.

Ambiente. Habita en fondos marinos de poca profundidad con praderas de *Thalassia testudinum*.

Relevancia de la especie. El músculo del pie tiene importancia comercial, es consumido localmente y también es enlatado para su venta y distribución en distintas partes de México. La concha es utilizada como un material para la elaboración de artesanías.

Ecología poblacional. Herbívoro.

Categoría de riesgo. Por el momento no se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo. Sin embargo, es utilizada como artesanía por lo que se recomienda estudiar el impacto de este uso en las poblaciones del área.

***Strombus pugilis* Linnaeus, 1758**

Lám. 3. E-F.

Nombre común. “Canelo”, “Fighting Conch” en inglés.

Principales sinonimias. *Drillia actinocycla* Dall y Simpson, 1901; *Pyramis striata* Röding, 1798; *Strombus cornutus* Perry, 1811; *Strombus nicaraguensis* Fluck, 1905; *Strombus pugilis peculiaris* M. Smith, 1940; *Strombus pugilis worki* Petuch, 1993; *Strombus sloani* Leach, 1814.

Diagnosis. Hasta 10 cm de largo. Concha menos pesada que *S. alatus*, más delgada, color variable, desde rosa anaranjado a rojo salmón; una característica típica para diferenciarla de *S. alatus* es la presencia de una mancha azul cobalto en la parte anterior del canal sifonal. Las espinas se presentan siempre en los hombros de la última vuelta, pero cuando

existen en la penúltima vuelta, las espinas suelen ser de mayor tamaño; periostraco pelúcido.

Distribución geográfica general. Estados Unidos (FL) a Brasil.

Registros en México y en el PNSAV. Desde las costas de Veracruz hasta Quintana Roo. En el PNSAV en los arrecifes Verde y De Enmedio.

Ambiente. habita en fondos marinos arenosos de poca profundidad con praderas de *Thalassia testudinum*.

Relevancia de la especie. El músculo del pie tiene importancia comercial, ya que sirve como alimento de forma local, también es enlatado para su venta y distribución en distintas partes de México. La concha es utilizada como un material para la elaboración de artesanías.

Ecología poblacional. Herbívoro, forma agregados durante la época de reproducción.

Categoría de riesgo. Por el momento no se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo. Sin embargo, es utilizada como artesanía por lo debería de estudiarse el impacto de este uso en las poblaciones del área.

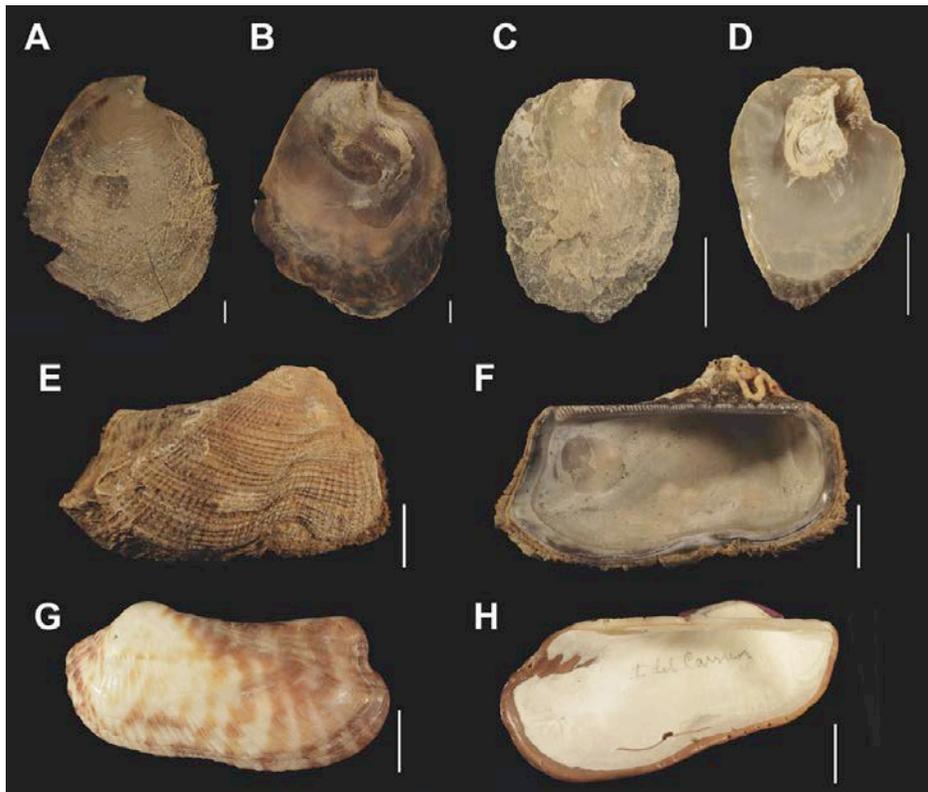


Lámina 1. A-B. *Isognomon alatus*, A. vista dorsal, B. vista ventral; C-D. *Isognomon radiatus*, C. vista dorsal, D. vista ventral; E-F. *Lamarcka imbricata*; G-H. *Arca zebra*, G. vista dorsal, H. vista ventral. Escalas = 1 cm. (Fotografías: A-H. Brian Urbano)

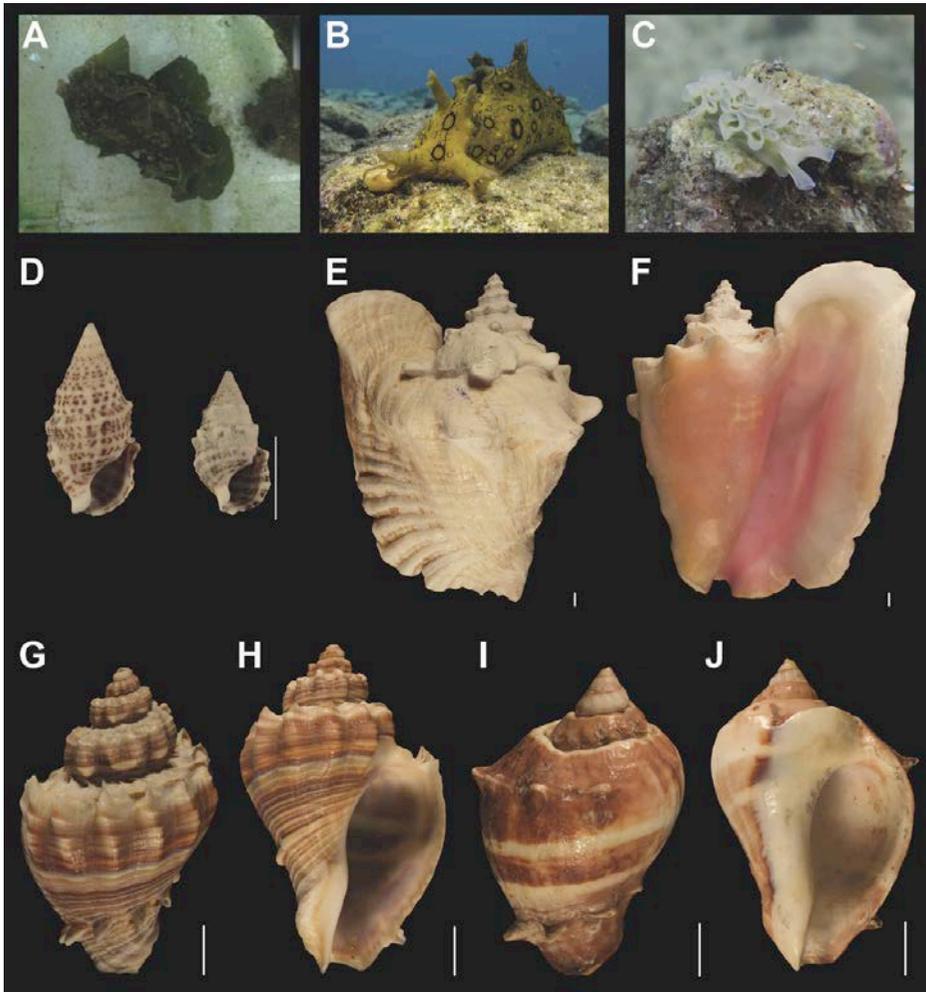


Lámina 2. A. *Aplysia brasiliana*; B. *Aplysia fasciata*; C. *Elysia crispata*; D. *Cerithium litteratum*; E-F. *Aliger gigas*, E. vista dorsal, F. vista ventral; G-H. *Melongena corona*, G. vista dorsal, H. vista ventral; I-J. *Melongena melongena*, I. vista dorsal, J. vista ventral.

Escalas = 1 cm. (Fotografías: A. Deneb Ortigosa; B. Antar Mijail Pérez-Botello; C. Xóchitl G. Vital; D-F. Brian Urbano)

Literatura consultada

- ABBOTT, R. T. 1974. *American Seashells. The marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company. 633 pp.
- ABBOTT, T. y G. F. Sandström. 1996. *Seashells of North America. A guide to field identification*. Nueva York: San Martín's Press. 280 pp.
- DÍAZ-MERLANO, J. M. y M. Puyana-Hegedus. 1994. *Moluscos del Caribe colombiano un catálogo ilustrado*. Colombia: Colciencias. 224 pp.

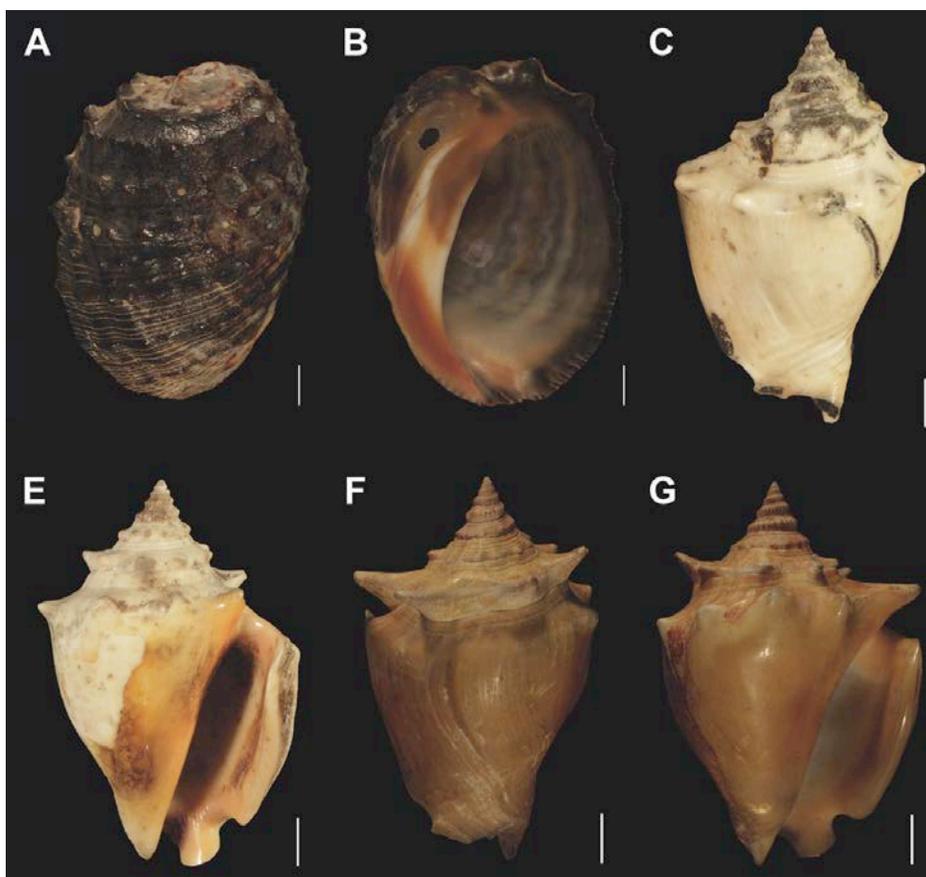


Lámina 3. A-B. *Plicopurpura patula*, A. vista dorsal, B. vista ventral; C-D. *Strombus alatus*, C. vista dorsal, D. vista ventral; E-F. *Strombus pugilis*, E. vista dorsal, F. vista ventral.

Escalas = 1 cm. (Fotografías: A-F. Brian Urbano)

GARCÍA-CUBAS, A. y M. Reguero. 2004. *Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 94 pp.

GARCÍA-CUBAS, A. 1981. *Moluscos de un sistema laguna tropical en el sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 181 pp.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. 1997. *Moluscos de la Plataforma Continental del Atlántico Mexicano*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. 260 pp.

ROSENBERG, G., F. Moretzsohn y E. F. García. 2009. Gastropoda (Mollusca). Pp. 579-699. En: *Gulf of Mexico origins, waters, and biota volume 1 Biodiversity*. D. L. Felder y D. K. Camp (Eds.). EUA: Texas A&M University Press.

- REDFERN, C. 2001. *Bahamian Seashells a thousand species from Abaco, Florida*: Bahamianseashells Inc. 280 pp.
- TUNNELL, J. W., J. Andrews, N. C. Barrera y F. Moretzsohn. 2010. *Encyclopedia of Texas Seashells. Identification, Ecology, Distribution y History*. Texas: AyM University Press.
- VALDÉS, Á., J. Hamann, D. Behrens y A. DuPont. 2006. *Caribbean sea slugs. A field guide to the opisthobranchs mollusks from the tropical northwestern Atlantic*. Washington: Sea Challengers Natural History Books. 288 pp.

CRUSTÁCEOS ESTOMATÓPODOS Y DECÁPODOS

Jorge Luis Hernández-Aguilera,¹ Rosa Estela Toral Almazán,(†)

José Alfredo Ruiz Nuño(†)

Por su cercanía con la población y puerto de Veracruz, y por contar con un cayo o isla, así como por su fácil acceso, el Arrecife Verde en Veracruz, México, ha sido moderadamente muestreado en cuanto se refiere a la carcinofauna de estomatópodos y decápodos. Las dos o tres visitas por año, en el periodo de 1986 a 2010, permitieron efectuar muestreos en los diferentes biotopos de la isla y de la laguna arrecifal, determinándose 37 familias y 65 géneros, con un total de 98 especies. Destaca la riqueza de especies de la familia Alpheidae con 20 especies.

INTRODUCCIÓN

Los crustáceos es uno de los grupos de invertebrados que contribuyen con una amplia riqueza de especies al ecosistema que se agrupa, a nivel mundial, en y alrededor de un arrecife de coral. El grupo en general, es conocido por el hombre más que por sus formas, por su uso en la gastronomía, como es el caso de los camarones, langostas y cangrejos. Sin embargo, su amplia variedad de formas va mucho más allá que esos deliciosos individuos.

Morfológicamente, los crustáceos son artrópodos mandibulados, con el cuerpo cubierto por un caparazón quitinoide que en general se divide

¹ Estudio y Conservación de la Naturaleza, A. C. Correos: econatura@econatura.org.mx; econaturaac@gmail.com

en una cabeza la cual está compuesta de cinco segmentos (somitos) y posteriormente, en un tronco multisegmentado, dividido a su vez, en tórax y abdomen (excepto en remipedios y ostrácodos). Cada somito de la cabeza porta un par de apéndices y son llamados, de anterior a posterior: anténula, antena, mandíbula, maxílula y maxila. Asimismo, dependiendo de cada subgrupo, uno o más somitos del tronco con sus respectivos apéndices se pueden fusionar con la cabeza, formando un escudo cefálico llamado caparazón. Los apéndices que se agregan a la cabeza son nombrados maxilípedos. Los siguientes apéndices del tronco están dispuestos para la prensión, la locomoción y algunos para la reproducción.

Los crustáceos, además de exhibir una amplia diversidad de formas, también lo son en tamaños; los hay desde menos de 100 μm y que viven sobre las anténulas de otros crustáceos, hasta aproximadamente 4 m de longitud, como es el caso del cangrejo araña de Japón (Brusca y Brusca, 2003).

Los crustáceos viven en todas las profundidades del mar, desde la orilla hasta las grandes profundidades; también en agua salobre o agua dulce, incluso algunas especies viven ya sobre tierra, tal es el caso de las pequeñas cochinillas (isópodos) y, en los ambientes acuáticos subterráneos, como las cavernas, los crustáceos, por lo general, son el grupo de animales dominante.

La alta diversidad de los crustáceos, a nivel mundial, fluctúa entre las 66,914 especies (Ahyong, 2011) a ~70,000 (Brusca *et al.*, 2016), agrupadas en 38 órdenes. En este trabajo nos referiremos solo a dos órdenes: los estomatópodos con 488 especies reconocidas en el mundo (Shane Ahyong, com. per. 11 de junio de 2018) y a los decápodos ~18,000 especies (Brusca *et al.*, 2016).

ANTECEDENTES

El conocimiento de los crustáceos del Arrecife Verde (AV) fue abordado desde al menos la década de los setenta a través de uno de los programas académicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCUNAM), denominado Biología de Campo. Como parte de ese programa se efectuaron trabajos de campo que dieron origen a reportes internos en la FCUNAM, así como a la obtención de algunos lotes para la docencia, lo que permitió conocer, con las restricciones de confiabilidad propias del nivel de licenciatura, parte de las especies de flora y fauna del arrecife (Cifuentes-Lemus, 1971).

Posteriormente, una década y media después, Morales-García (1985), se refiere a los estomatópodos y decápodos; Quintana y Molina (1991) efectúan una serie de observaciones sobre la distribución de diversos grupos, mencionando algunas especies de crustáceos. De 1986 a 2010, en tres materias de licenciatura (Crustáceos, Biología de Campo y Taller) y como parte del plan de estudios de la FCUNAM, los autores de este trabajo, junto con sus estudiantes, efectuaron una serie de trabajos de campo tanto en el AV (Lámina 1, figuras A y B), como en otros ocho de los 45 arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y algunos de la plataforma continental de Campeche y Yucatán, producto de los cuales hasta el momento se cuenta con el trabajo de Hernández-Aguilera (1989) y los reportes internos de la FCUNAM, entre los que se encuentran para el AV, los de Hernández-Aguilera y Toral-Almazán (1997, 1998a y 1998b). En 2003, Galicia-Castillo efectúa un trabajo sobre los porcelánidos de la costa y plataforma continental del este de México, considerando en sus registros al AV; Muñoz-Bautista (2013) en su estudio de la macrofauna asociada al *Sargassum*, menciona las especies de crustáceos que se ubicaron en la recolecta en una estación aledaña al AV; Cházaro-Olvera *et al.* (2017) registra a *Belzebub faxoni* en el arrecife en un estudio sobre la distribución, densidad, proporción sexual y fecundidad de la especie en el SAV.

Asimismo, aun cuando no se refiera a los dos órdenes aquí tratados, es importante hacer notar que hay otro grupo de crustáceos (anfípodos), que también ha sido abordado con cierta intensidad, como parte de una serie de trabajos sobre el área natural protegida SAV (Winfield y Ortiz, 2009, 2010; Winfield *et al.*, 2011).

MATERIAL Y MÉTODO

La recolecta de especímenes se dió básicamente en la zona supramareal, intermareal y la submareal de la isla; así como a lo largo y ancho de la laguna arrecifal, se procuró abarcar todos los diferentes biotopos que presenta el arrecife en esas zonas, capturando a los ejemplares en forma manual, a través de la búsqueda dentro y debajo de los esqueletos de coral (Lámina 1, figura C), en esponjas, anémonas, entre las hojas y raíces de las fanerógamas y macroalgas marinas; se efectuaron capturas con red biológica de arrastre (Lámina 1, figura D) en las zonas de pastos marinos (Lámina 1, figura E), y en columna de agua, con red de plancton.

RESULTADOS

Diversidad de especies

En el Arrecife Verde se localizan una gran variedad de biotopos, mismos que ya han sido mencionados por varios autores (Quintana y Molina, 1991; Tello-Musi, 2000; entre otros), como es el caso de una playa en el perímetro del cayo. En ella hay zonas de arena, arena con cantos rodados o guijarros, zona rocosa (restos de coral muerto de diversos tamaños) sobre la arena y un pequeño estanque o poza con agua salobre, cuyo origen es incierto (ver capítulo 1 de este estudio), y que en su periferia existen algunos ejemplares de árboles de mangle (ver capítulo 4 de este estudio).

Duna insular. En la duna, o detrás de ella, el “cangrejo rojo terrestre” *Gecarcinus lateralis* habita en madrigueras que él mismo construye, o bien escondido debajo o entre los troncos de árboles que han encallado en la isla (Lámina 1, figura F), su actividad es en las noches, para evitar la desecación, ya que sigue teniendo, en un alto porcentaje, respiración branquial; sin embargo, ha encontrado algunas adaptaciones para sobrevivir mucho tiempo fuera del agua, como es el caso de una alta vascularización de las cámaras branquiales, además de que presenta cerdas sobre la base de las patas que absorben el agua que se encuentra sobre la vegetación.

En la misma zona, o cubierto por la vegetación, se localiza también el cangrejo ermitaño *Coenobita clypeatus*, cangrejo que es común encontrar en la playa, en la noche, deambulando en busca de alimento.

Mangle. En la zona del pequeño estanque, en determinados tiempos, sobre todo en el de fuertes lluvias en la región (agosto-septiembre), es común encontrarse, cercano a las raíces de mangle, con el cangrejo *Armases cinereum*, el cual es transportado en el lirio acuático a la deriva, de los márgenes de los ríos hacia el mar y, posteriormente, grandes porciones de lirio encallan en la playa de la isla, lo cual ha sido observado por los autores tanto en el Arrecife Verde como en el de isla de Sacrificios. En madrigueras entre el fango, o fuera de ellas, se ubican especímenes de cangrejos violinista (*Uca* sp.), sin que se haya determinado la especie o especies, ya que el número de ejemplares observados ha sido muy bajo como para pretender efectuar recolecta de ejemplares para llevarlos al laboratorio. Es interesante hacer notar que, fuera de la

zona del estanque, hacia el mar, sobre los grandes esqueletos de coral se encuentra una gran población del isópodo, *Ligia exotica*.

Playa. En la playa de arena, detrás de la zona supramareal, es común ver pequeños agujeros redondos en los cuales habita el cangrejo fantasma *Ocypode quadrata* (Lámina 2, figura A). Este nombre común es debido a la agilidad de movimiento que le proporcionan sus cuatro pares de grandes patas, a sus hábitos nocturnos y a su color pálido. Cuando *O. quadrata* es descubierto, rápidamente se escurre hacia los lados, y si es molestado se dirige hacia una madriguera para introducirse y desaparecer. Los adultos son menos frecuentes en el día, no así los juveniles, sobre todo cuando el sol empieza a declinar. Las hembras maduras al reproducirse cargan una masa de huevecillos en incubación sobre su abdomen y permanecen en una madriguera construida en forma de "J", hasta que la larva de cada huevo está por eclosionar, saliendo al mar para liberarlas, a su suerte, en la columna de agua. El cangrejo fantasma es un depredador y carroñero, por lo que junto con otros crustáceos (isópodos, anfípodos y decápodos), se les ha dado en llamar los "barrenderos de la zona costera", ya que mantienen limpia la costa de los restos de aquellos organismos que han muerto o han sido parcialmente comidos, cuyos restos arriban a la costa por efecto del oleaje de marea.

En la zona intermareal arenosa, principalmente hacia el noreste de la isla, en madrigueras que ellos mismos construyen se capturó a *Neocallichirus grandimana*, y alrededor de toda la isla y, en especial en el oeste, fue común observar a las jaibas *Achelous sebae*, *Callinectes marginatus*, *Cronius ruber* y *Portunus sayi*. Un solo espécimen de la familia Leucossidae fue obtenido, *Ebalia cariosa*, así como *Calappa flamea* y *C. gallus*, de la familia Calappidae. Un día después de un fuerte "norte" fue recolectado, ya muerto, un ejemplar de la familia Dromiidae, *Moreiradromia* sp., el cual fue arrojado a la playa seguramente por el fuerte oleaje, aun conservando su esponja, con la cual suele comúnmente encontrarse adherida a su caparazón.

Resulta muy interesante que en la zona intermareal, con abundantes pedazos de esqueletos de coral y hasta la supramareal con salpicaduras del sur del cayo, tanto al sureste (principalmente) como al noroeste de la baliza, se localiza debajo de los esqueletos al cangrejo bermellón *Ozius reticulatus* (Lámina 2, figura B), del cual es evidente que su tamaño de población, en el arrecife, se ve favorablemente influenciada por las olas que producen los grandes buques que pasan en el canal de acceso hacia el puerto, esas olas por un lado mantienen siempre húmedas las rocas y

abastecen de agua las pequeñas charcas en la bajamar y, por otro lado, llevan alimento en forma de plancton; aquí también es muy evidente una gran población de anfípodos. Curiosamente, *O. reticulatus* solo ha sido recolectado también en otros dos arrecifes del SAV, La Blanquilla con varios registros (Álvarez-Noguera y Villalobos-Hiriart, 2004) e Isla de Sacrificios (observación de los autores). Otras especies, aunque con menos especímenes son *Cyclograpsus integer* y *Geograpsus lividus*, los cuales junto con *Grapsus grapsus* y *Pachygrapsus transversus* se localizan también en casi toda la zona intermareal y supramareal rocosa de esta zona del arrecife. Ocasionalmente fue observado el cangrejo *Panopeus lacustris*.

En la zona protegida aledaña a la baliza (Lámina 2, figura C), cohabitaban varias poblaciones que se protegen debajo de los esqueletos, dos de ellas son los alfeídos *Alpheus bouvieri* y una probable nueva especie del mismo género, así como ocasionalmente el porcelánido *Petrolisthes armatus*, el panopeido *Panopeus lacustris* y los xanthoideos *Cataleptodius floridanus* y *Xanthodius parvulus*, además de *Cyclograpsus integer* de la familia Varunidae. Sobre y debajo de los esqueletos de coral es común encontrar a los grapsoideos *Geograpsus lividus*, *Grapsus grapsus* y *Pachygrapsus transversus*.

En la zona intermareal noroeste de la isla, debajo de innumerables pequeños trozos de esqueletos de coral destaca la presencia de una gran población del xanthoideo *Cataleptodius floridanus* (Lámina 2, figura D) y ocasionalmente *Xanthodius parvulus*, así como los ermitaños *Clibanarius antillensis*, *C. sclopetarius*, *C. tricolor* y *C. vittatus*. Ocasionalmente, también se han localizado algunos especímenes de *Hexapanopeus* sp. y *Panopeus* af. *harttii*.

Pastos marinos. En la laguna arrecifal existen grandes zonas dominadas por fanerógamas marinas, estas son comúnmente nombradas como “ceibadales” o “pastos marinos”. En el AV la especie *Thalassia testudinum*, es la especie dominante, aunque también se presentan algunos parches de *Halodule wrightii*, mencionados e ilustrados por Lot-Helgueras (1971). Entre esas fanerógamas también se presentan macroalgas, anémonas, equinodermos (erizos, ofiuroides), corales vivos y esqueletos de coral, entre otros. En este biotopo, se ha ubicado al estomatópodo *Neogonodactylus oerstedii*, al peneido *Metapenaeopsis goodei*, al sicyonido *Sicyonia parri*, al luciferido *Belzebug faxoni* y en diversas ocasiones fueron observados especímenes de *Microprosthema* sp. deambulando entre los parches de *Thalassia testudinum*. Por otra parte, tan solo dos especies de

las 20 determinadas de la familia Alpheidae se ubicaron en este biotopo, ellas fueron *Alpheus formosus* y *Synalpheus longicarpus*.

En los arrastres con draga biológica, sobre las zonas de pastos marinos, al igual que para otros arrecifes del Parque Nacional SAV, que presentan este biotopo, se recolectaron las especies de hippolytídeos *Hippolyte obliquimanus* y *Tozeuma carolinense*; el lysmátido *Lysmata intermedia*, así como cuatro especies de la familia Thoridae: *Thor amboinensis*, *T. dobkini*, *T. floridanus* y *T. manningi*. De los palaemónidos se determinaron a *Leander tenuicornis* y *Periclimenes rathbunae*; de la familia Processidae a *Processa bermudensis* y *P. fimbriata*. De los porcelánidos a *Petrolisthes galathinus*. Otro grupo que ha resultado ser muy común habitando a este biotopo, es el de los majoideos, en especial aquellas especies que utilizan como camuflaje las hojas de la vegetación, las cuales los mismos especímenes se adhieren a su caparazón y patas, a través de las cerdas en forma de gancho que ahí presentan, como es el caso de: *Acanthonyx petiverii*, *Phito aculeata*, *P. lherminieri*, *P. mirabilis*, *Macrocoeloma diplacanthum* y *Omalacantha bicornuta*. En el caso de las jaibas de la familia Portunidae, las cuales tienen la capacidad de reptar y nadar, es común verlas también alimentándose o desplazándose entre los pastos marinos, como es el caso de *Achelous sebae*, *Callinectes marginatus* y *Cronius ruber*. Finalmente, se ubicó un espécimen de Pinnotherido del género *Austinixa*.

Esqueletos de coral. En la zona intermareal de la isla, y en gran abundancia en la laguna arrecifal, es frecuente encontrarse con esqueletos de coral de diversos tamaños y grados de bioerosión. En este biotopo, sobre todo en los esqueletos con un alto grado de bioerosión, los crustáceos (como criptofauna) son el taxón más abundante y es aquí donde, al igual que en gran parte de los arrecifes de coral de la costa este de México, se ubica la mayor riqueza de especies. Se reconocieron a: los estomatópodos *Neogonodactylus bredini*, *N. lacunatus*, *N. oerstedii* y al stenopodido *Stenopus hispidus*. Destaca la presencia de especies de la familia Alpheidae, encontrándose en diversas ocasiones a: *Alpheus bahamensis*, *A. bouvieri*, *A. cristulifrons*, *A. formosus*, *A. packardii*, *A. nuttingi*, *A. thomasi*, *A. websteri*, *Synalpheus agelas*, *S. brevicarpus*, *S. fritzmulleri*, *S. mcclendoni*, *S. minus*, *S. pandionis*, *S. scaphoceris* y *S. townsendi*. De los Palaemonidos solo *Cuapetes americanus* fue recolectado, así como un solo espécimen de *Upogebia* sp., de la familia Upogebiidae.

Algunos cangrejos ermitaños suelen deambular sobre los esqueletos, tal es el caso de *Calcinus tibicen* y *Clibanarius antillensis*. De entre los verdaderos cangrejos destaca la presencia de un voraz depredador

Eriphia gonagra (Lámina 2, figura E) y el pequeño *Uhlias limbatus*, que se ubica en las pequeñas oquedades. De los majoideos se encontraron: *Stenorhynchus seticornis*, *Omalacantha bicornuta*, *Mithraculus coryphe*, *M. forceps*, *Mithrax hispidus* y *Amphithrax aculeatus*. De los panopeidos a *Eurypanopeus abbreviatus*. Otro grupo que suele habitar este biotopo es el de los xanthoideos, recolectándose: *Ratha longimanus*, *Etisus maculatus*, *Paraliomera longimana*, *Platyactaea setigera* y *Platypodiella spectabilis*. Entre los grapsoideos, es común ver a *Pachygrapsus transversus* alimentándose dentro y fuera de las oquedades de los esqueletos.

Comensalismo. Determinadas especies de crustáceos decápodos suelen establecer asociación con otros taxones, tal es el caso de *Periclimenes rathbunae* con anémonas y *Porcellana sayana* con el molusco *Strombus* spp., así como a dos especies de Alpheidos que aprovechan las madrigueras de *Neocallichirus grandimana*, como es el caso de *Automate dolichognatha* y *A. gardinieri*. En la laguna del Arrecife Verde existe una zona con abundantes colonias del coral *Porites porites*, las cuales han permanecido parcialmente protegidas del embate de grandes olas por la cresta norte del arrecife. Eventualmente, ante un frente frío o una tormenta tropical o ciclón con rachas fuertes de viento, alguna colonia es desprendida del sustrato, la revisión de colonias recién desprendidas permitió determinar a las especies: *Neogonodactylus bredini*, *N. lacunatus*, *N. oerstedii*, *Alpheus bahamensis* (abundante), *Synalpheus fritzmuelleri*, *S. minus*, *Clibanarius antillensis*, *C. tricolor*, *Petrolisthes galathinus*, *Mithraculus forceps* (abundante), *Ratha longimanus*, *Paraliomera longimana* y *Domecia acantophora*.

Cresta arrecifal. Es notorio que en la amplia zona de la cresta arrecifal, hacia el norte de la fosa marina, prácticamente no exista especie de la carcinofauna anteriormente citada. En los muestreos se pensaba encontrar además de *Ozius reticulatus* a representantes de los alfeídos, diogénidos y de los grapsoideos, lo cual no sucedió. ¿Cuál es la razón? ¿Falta de alimento? ¿Alta temperatura de las charcas de marea?

Sargassum. Especies en tránsito, visitantes ocasionales o migrantes suelen llegar al arrecife vía las macroalgas denominadas planctónicas, como es el caso de *Sargassum* spp. (Muñoz-Bautista, 2013). Por lo general, el arribo de la macroalga es por el norte y el este del arrecife. Los autores en una ocasión le dieron seguimiento a la entrada de una gran masa que en su mayoría penetró por la fosa azul del este del arrecife, desplazán-

dose dentro de la laguna arrecifal entre los canales, y una parte recaló en la playa (Lámina 2, figura F), mientras que otra solo se desplazó dentro de la laguna y salió por el este del arrecife y por el sur, frente a la baliza. Se recogieron muestras del *Sargassum* en tránsito, determinándose a las especies: *Latreutes fucorum*, *Palaemonetes intermedius*, *Leander tenuicornis*, *Achelous gibbesii* y *Portunus sayi*. Posteriormente, después de varias horas, se recolectaron también muestras del *Sargassum* ya recalado en la playa y no se obtuvo ningún espécimen de alguna especie.

CONCLUSIONES

La carcinofauna de los estomatópodos y decápodos que habita en el Arrecife Verde, en Veracruz, México, hasta ahora reconocida es de: 37 familias, 65 géneros y 98 especies (Tabla 1); si bien es semejante a la que se localiza en otros arrecifes del Área Natural Protegida Sistema Arrecifal Veracruzano (p. ej. arrecife Isla Sacrificios y arrecife De Enmedio, datos no publicados de los autores), presenta particularidades muy especiales, como una posa de agua salobre con árboles de mangle y la influencia de oleaje de marea al paso de buques por el canal de acceso al puerto de Veracruz, en una porción del sur del arrecife, lo que permite el desarrollo de poblaciones de especies únicas del Arrecife Verde. Queda pendiente las recolectas en la pendiente y fondo del arrecife.

Tabla 1. Lista de las especies de crustáceos estomatópodos y decápodos registradas en el arrecife de Isla Verde. Indicando hábitat y observaciones. Hábitats: D, duna; C, coral; Pm, pastos marinos; I, intermareal de arena/ arena con pedacera de roca coralina; A/C, asociación/ comensalismo.

Taxón			Hábitat					Observación
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	
1	Neogonodactylidae	<i>Neogonodactylus bredini</i> (Manning, 1969)		1			1	<i>Porites porites</i>
2		<i>Neogonodactylus lacunatus</i> (Manning, 1966)		1			1	<i>Porites porites</i>
3		<i>Neogonodactylus oerstedii</i> (Hansen, 1895)		1	1		1	<i>Porites porites</i>
4	Penaeidae	<i>Metapenaeopsis goodei</i> (Smith, 1885)			1			

Taxón			Hábitat					
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	Observación
5	Sicyoniidae	<i>Sicyonia parri</i> (Burkenroad, 1934)			1			
6	Luciferidae	<i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915)			1			
7	Spongicolidae	<i>Microprosthem</i> sp.			1			
8	Stenopodidae	<i>Stenopus hispidus</i> (Olivier, 1811)		1				
9	Alpheidae	<i>Alpheus bahamensis</i> Rankin, 1898		1			1	<i>Porites porites</i>
10		<i>Alpheus bouvieri</i> A. Milne-Edwards, 1878		1		1		
11		<i>Alpheus cristulifrons</i> Rathbun, 1900		1				
12		<i>Alpheus formosus</i> Gibbes, 1850		1	1			
13		<i>Alpheus nuttingi</i> (Schmitt, 1924)		1				
14		<i>Alpheus packardii</i> Kingsley, 1880		1				
15		<i>Alpheus</i> sp.				1		
16		<i>Alpheus thomasi</i> Hendrix y Gore, 1973		1				
17		<i>Alpheus websteri</i> Kingsley, 1880		1				
18		<i>Automate dolichognatha</i> De Man, 1888				1		
19		<i>Automate gardinieri</i> Coutière, 1902				1		
20		<i>Synalpheus agelas</i> Pequegnat y Heard, 1979		1				
21		<i>Synalpheus brevicarpus</i> (Herrick, 1891)		1				
22		<i>Synalpheus fritzmuelleri</i> Coutière, 1909		1			1	<i>Porites porites</i>
23		<i>Synalpheus longicarpus</i> (Herrick, 1891)			1			

Taxón			Hábitat					
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	Observación
24	Alpheidae	<i>Synalpheus mcclendonii</i> Coutière, 1910		1				
25		<i>Synalpheus minus</i> (Say, 1818 [in Say, 1817-1818])		1			1	<i>Porites porites</i>
26		<i>Synalpheus pandionis</i> Coutière, 1909		1				
27		<i>Synalpheus scaphoceris</i> Coutière, 1910		1				
28		<i>Synalpheus townsendi</i> Coutière, 1909		1				
29	Hippolytidae	<i>Hippolyte obliquimanus</i> Dana, 1852			1			
30		<i>Latreutes fucorum</i> (Fabricius, 1798)					1	<i>Sargassum</i>
31		<i>Tozeuma carolinense</i> Kingsley, 1878			1			
32	Lysmatidae	<i>Lysmata intermedia</i> (Kingsley, 1878)			1			
33	Thoridae	<i>Thor amboinensis</i> (de Man, 1888)			1			
34		<i>Thor dobkini</i> Chace, 1972			1			
35		<i>Thor floridanus</i> Kingsley, 1878			1			
36		<i>Thor manningi</i> Chace, 1972			1			
37	Palaemonidae	<i>Cuapetes americanus</i> (Kingsley, 1878)		1				
38		<i>Leander tenuicornis</i> (Say, 1818 [in Say, 1817-1818])			1		1	<i>Sargassum</i>
39		<i>Palaemonetes intermedius</i> Holthuis, 1949					1	<i>Sargassum</i>
40		<i>Periclimenes rathbunae</i> Schmitt, 1924			1		1	<i>anémona</i>

Taxón			Hábitat					
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	Observación
41	Processidae	<i>Processa bermudensis</i> (Rankin, 1900)			1			
42		<i>Processa fimbriata</i> Manning y Chace, 1971			1			
43	Callichiridae	<i>Neocallichirus grandima-</i> <i>mana</i> (Gibbes, 1850)				1		
44	Upogebiidae	<i>Upogebia</i> sp.		1				
45	Porcellanidae	<i>Petrolisthes armatus</i> (Gibbes, 1850)				1		
46		<i>Petrolisthes galathinus</i> (Bosc, 1801)					1	<i>Porites</i>
47		<i>Porcellana sayana</i> (Leach, 1820)					1	<i>Strombus</i>
48	Coenobitidae	<i>Coenobita clypeatus</i> (JC Fabricius, 1787)	1			1		
49	Calcinidae	<i>Calcinus tibicen</i> (Herbst, 1791 [in Herbst, 1791-1796])		1				
50	Diogenidae	<i>Clibanarius antillensis</i> Stimpson, 1859		1		1	1	
51		<i>Clibanarius sclopetar-</i> <i>ius</i> (Herbst, 1796 [in Herbst, 1791-1796])				1		
52		<i>Clibanarius tricolor</i> (Gibbes, 1850)				1	1	
53		<i>Clibanarius vittatus</i> (Bosc, 1801)				1		
54	Dromiidae	<i>Moreiradromia</i> sp.				1		
55	Calappidae	<i>Calappa flamma</i> (Herbst, 1794 [in Herbst, 1791-1796])				1		
56		<i>Calappa gallus</i> (Herbst, 1803 [in Herbst, 1799-1804])				1		
57	Eriphiidae	<i>Eriphia gonagra</i> (Fabricius, 1781)		1				

Taxón			Hábitat					
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	Observación
58	Oziidae	<i>Ozius reticulatus</i> (Desbonne, en Desbonne y Schramm, 1867)				1		
59	Leucosiidae	<i>Ebalia cariosa</i> (Stimpson, 1860)				1		
60		<i>Uhlias limbatus</i> Stimpson, 1871		1				
61	Epialtidae	<i>Acanthonyx petiverii</i> H. Milne Edwards, 1834			1			
62		<i>Macrocoeloma diplacanthum</i> (Stimpson, 1860)			1			
63	Inachoididae	<i>Stenorhynchus seticornis</i> (Herbst, 1788 [in Herbst, 1782-1790])			1			
64	Mithracidae	<i>Amphithrax aculeatus</i> (Herbst, 1790 [in Herbst, 1782-1790])		1		1		
65		<i>Mithraculus coryphe</i> (Herbst, 1801 [in Herbst, 1799-1804])		1				
66		<i>Mithaculus forceps</i> A. Milne Edwards, 1875 [in A. Milne-Edwards, 1873-1880]		1			1	<i>Porites porites</i>
67		<i>Mithrax hispidus</i> (Herbst, 1790 [in Herbst, 1782-1790])		1				
68		<i>Omalacantha bicornuta</i> (Latreille, 1825)		1	1			
69		<i>Pitho aculeata</i> (Gibbes, 1850)			1			

Taxón			Hábitat					
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C	Observación
70	Mithracidae	<i>Pitho lhermieri</i> (Desbonne, en Desbonne y Schramm, 1867)			1			
71		<i>Pitho mirabilis</i> (Herbst, 1794 [in Herbst, 1791-1796])			1			
72	Portunidae	<i>Achelous gibbesii</i> (Stimpson, 1859)					1	<i>Sargassum</i>
73		<i>Achelous sebae</i> (H. Milne Edwards, 1834)			1			
74		<i>Callinectes marginatus</i> (A. Milne-Edwards, 1861)			1			
75		<i>Cronius ruber</i> (Lamarck, 1818)			1	1		
76		<i>Portunus sayi</i> (Gibbes, 1850)				1	1	<i>Sargassum</i>
77	Domeciidae	<i>Domecia acanthophora</i> (Desbonne in Desbonne y Schramm, 1867)					1	<i>Porites porites</i>
78	Panopeidae	<i>Eurypanopeus abbreviatus</i> (Stimpson, 1860)		1				
79		<i>Hexapanopeus</i> sp.				1		
80		<i>Panopeus</i> af. <i>hartii</i>					1	
81		<i>Panopeus lacustris</i> Desbonne, en Desbonne y Schramm, 1867					1	
82	Pseudorhombilidae	<i>Micropanope lobifrons</i> A. Milne-Edwards, 1880 [in A. Milne-Edwards, 1873-1880]		1				
83	Xanthidae	<i>Cataleptodius floridanus</i> (Gibbes, 1850)				1		

Taxón			Hábitat					Observación	
	Familia	Especie	D	C	Pm	I	A/C		
84	Xanthidae	<i>Etisus maculatus</i> (Stimpson, 1860)		1					
85		<i>Paraliomera longimana</i> (A. Milne-Edwards, 1865)		1			1	<i>Porites porites</i>	
86		<i>Platyactaea setigera</i> (H. Milne Edwards, 1834)		1					
87		<i>Platypodiella spectabi-</i> <i>lis</i> (Herbst, 1794 [in Herbst, 1791-1796])		1					
88		<i>Ratha longimanus</i> (H. Milne Edwards, 1834)		1				1	<i>Porites porites</i>
89		<i>Xanthodius parvulus</i> (Fabricius, 1793)					1		
90		Gecarcinidae	<i>Gecarcinus lateralis</i> (Guérin, 1832)	1			1		
91	Grapsidae	<i>Geograpsus lividus</i> (H. Milne Edwards, 1837)				1			
92		<i>Grapsus grapsus</i> (Linnaeus, 1758)				1			
93		<i>Pachygrapsus transver-</i> <i>sus</i> (Gibbes, 1850)		1		1			
94	Sesarmidae	<i>Armases cinereum</i> (Bosc, 1801)				1	1	<i>Manglar</i>	
95	Varunidae	<i>Cyclograpsus integer</i> H. Milne Edwards, 1837				1			
96	Ocypodidae	<i>Ocypode quadrata</i> (Fabricius, 1787)				1			
97		<i>Uca</i> sp.					1	<i>Manglar</i>	
98	Pinnotheridae	<i>Austinixa</i> sp.			1				
Total			2	40	28	31	22		

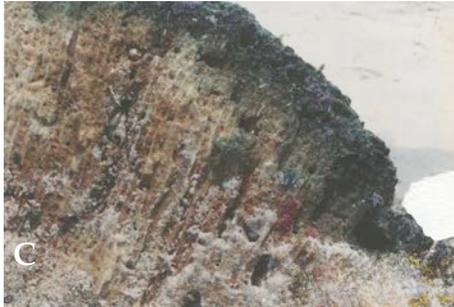


Lámina 1. A. Recolecta de especímenes de crustáceos en la zona intermareal del Arrecife Verde. B. Estudiantes de la FCUNAM, predeterminando y envasando muestras recolectadas en el Arrecife Verde. C. Esqueleto de coral bioerosionado, puede apreciarse un espécimen de *Mithraculus forceps*. D. Red biológica de arrastre utilizada en los muestreos sobre pastos marinos. E. Principales zonas de pastos marinos en la laguna del Arrecife Verde. F. Cangrejo rojo, *Gecarcinus lateralis* escondido en una oquedad de un tronco en la duna de la Isla Verde. (Fuente: Econatura, A. C.)

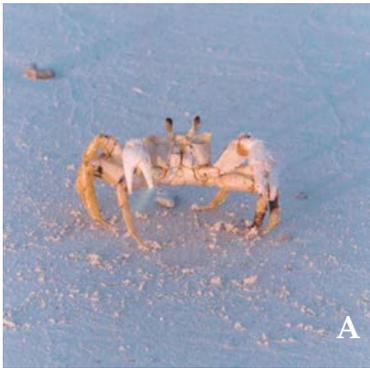


Lámina 2. A. Cangrejo fantasma, *Ocypode quadrata* en la playa de la isla del Arrecife Verde. B. Cangrejo bermellón, *Ozius reticulatus*. C. Zona protegida aledaña a la baliza en el Arrecife Verde. D. *Cataleptodius floridanus*, uno de los crustáceos decápodos más abundante en el Arrecife Verde. E. *Eriphia gonagra*, un gran depredador de los crustáceos decápodos. F. *Sargassum* spp. recalando en la playa de la isla del Arrecife Verde. (Fuente: Econatura, A. C.)

Literatura citada

- 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 y J. Svavarsson. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. Pp. 165-191, En: Zhang, Z.-Q. (Ed.). *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*.
- ÁLVAREZ-NOGUERA, F. y J. L. Villalobos-Hiriart. 2004. *Computarización de la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología, UNAM y elaboración de su catálogo*. Colección CNCR. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-Conabio, proyectos U046, B084 y E002. México.
- BRUSCA, R. C. y G. J. Brusca. 2003. Phylum Arthropoda: Crustacea. Pp. 511-587. En: R. C. Brusca y G. J. Brusca. *Invertebrates*. Massachusetts: Sinauer Associates. 936 pp.
- BRUSCA, R.C. W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Phylum Arthropoda Crustacea: Crabs, Shrimps, and their Kin. Chapter 21. Pp. 761-841. En: *Invertebrates*. 3ª ed. EUA: Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, 1104 pp.
- CHÁZARO-OLVERA, S., M. Ortiz, I. Winfield, J. A. Pérez-Ramos y C. Meiners-Mandujano. 2017. Distribución, densidad, proporción sexual y fecundidad de *Belzebub faxoni* (Decapoda, Luciferidae) en el Sistema Arrecifal Veracruzano, SO del Golfo de México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(3): 467-478.
- CIFUENTES-LEMUS, J. L. 1971. *Estudio preliminar del arrecife de Isla Verde, Veracruz, Ver.* Reporte de Biología de Campo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- GALICIA-CASTILLO, G. C. 2003. *Los porcelánidos (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) de la costa y plataforma continental este de México*. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 92 pp.
- HERNÁNDEZ-AGUILERA, J. L. 1989. Comparación de la fauna carcinológica (Stomatopoda y Decapoda) de cinco arrecifes del Golfo de México. Pp. 572-585. En: *Memorias de la II Reunión Indicativa de Actividades Regionales Relacionadas con la Oceanografía (Golfo de México y Mar Caribe Mexicanos)*. Tomo 2: 466-946.
- HERNÁNDEZ-AGUILERA, J. L. y R. E. Toral-Almazán. 1987. *Variación espacio-temporal de los macrocrustáceos (Stomatopoda y Decapoda), de pastos marinos, intermareal rocoso y coral muerto, en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver.* Biología de Campo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 34 pp.
- _____. 1998a. *Estudio de la diversidad espacio-temporal de crustáceos (Decapodos y Stomatopodos) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Ver.* II. 41. 34 pp.

- _____. 1998b. *Variación espacio-temporal de los macrocrustáceos (Stomatopoda y Decapoda), de pastos marinos, intermareal rocoso y coral muerto, en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver. III*. Biología de Campo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 29 pp.
- QUINTANA G. y A. Molina. 1991. Resultados del programa de investigaciones en Arrecifes Veracruzanos del laboratorio de Sistema Bentónicos Litorales. *Hidrobiológica*, 1(1): 73-86.
- LOT-HELGUERAS, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 42(1): 1-48.
- MUÑOZ-BAUTISTA, A. N. 2013. *Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna asociada a Sargassum (Phaeophyceae: Fucales) flotante en el Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del Golfo de México*. Tesis de Maestría en Ecología y Pesquerías, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, 54 pp.
- TELLO-MUSI, J. L. 2000. *Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México*. Tesis Profesional Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- WINFIELD, I. y M. Ortiz. 2009. *Lysianopsisadelae*, new species of amphipod (Gammaridea: Lysianassidae) from the Veracruz Coral Reef System, SW Gulf of Mexico. *Zootaxa*, 2205: 53-61.
- _____. 2010. Colomastigids (Amphipoda: Gammaridea: Colomastigidae) from the Veracruz Coral Reef System, SW Gulf of Mexico, with a description of two new species associated with sponges. *Scientia Marina*, 74(4): 773-782.
- WINFIELD, I., S. Cházaro-Olvera, M. Ortiz y U. Palomo-Aguayo. 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.

EQUINODERMOS

*Ethel Viviana Celaya-Hernández,¹ Francisco Alonso Solís-Marín,¹
A. Laguarda-Figueras (†)*

El objetivo es estudiar taxonómicamente la fauna de equinodermos del Arrecife Verde, Veracruz. La información presenta especies recolectadas y observadas en cuatro salidas de trabajo de campo de octubre del 2000 a octubre del 2002, en diferentes zonas del arrecife: parte suroeste de la laguna arrecifal, parte sur y sureste hacia barlovento. Adicionalmente, se anexa información existente de la Colección Nacional de Equinodermos Dra. Ma. Elena Caso M., del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sobre los equinodermos recolectados en la zona desde el año 1946; se incluyen también los registros de los equinodermos que han sido estudiados y publicados en la literatura concerniente al área de estudio. Se identificaron un total de 23 especies, distribuidas en cuatro clases, siete órdenes, 12 familias y 17 géneros. Se presenta un inventario faunístico de las especies con información acerca de sus sinonimias, diagnosis, hábitat, distribución batimétrica y geográfica, así como su ocurrencia dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV).

Los equinodermos (del griego *echinos* = espinoso; *dermatos* = piel), son invertebrados estrictamente marinos que están representados por las estrellas de mar y sus afines (lirios de mar, estrellas quebradizas u ofiuros, erizos y pepinos de mar) (Brusca *et al.*, 2016).

BIOLOGÍA

La clave del éxito del patrón estructural básico de los equinodermos radica en el aprovechamiento de la simetría radial impuesta sobre una

¹ Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

arquitectura de un celoma avanzado, incluyendo un endoesqueleto de origen mesodérmico. La tendencia de alimentación entre los organismos con simetría radial, ya sean sésiles o planctónicos, es enfrentar al medio ambiente en todas direcciones, alimentándose de diversas formas. Muchos equinodermos han combinado la movilidad con la simetría radial, y no han concentrado su sistema nervioso central, una característica que les permite enfrentar al ambiente, de igual manera, por todos los lados de su cuerpo (Brusca *et al.*, 2016).

Mucha de la biología de los equinodermos está asociada con su única característica particular como phylum, que es la presencia del sistema vascular acuífero, el cual se origina de ciertas partes especializadas del celoma izquierdo (mesoceloma) durante su ontogenia; este sistema ha ayudado en mucho al éxito del patrón corporal de los equinodermos (Brusca *et al.*, 2016).

Las especies actuales son básicamente animales pentarradiales, a pesar de que existen varias condiciones secundarias a ésta. Generalmente, las partes del cuerpo en múltiplos de cinco se encuentran orientadas en un eje oral-aboral. El endoesqueleto es calcáreo, compuesto en su gran mayoría de carbonato de calcio en forma de calcita, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio. El sistema celómico de los equinodermos generalmente se desarrolla de manera tripartita, el protoceloma, el mesoceloma y el metaceloma, típico de los deuterostomados (Brusca *et al.*, 2016).

Se considera a los equinodermos como organismos marinos estenohalinos, consecuentemente, no presentan problemas de regulación iónica y osmótica. Evidencias actuales muestran que los equinodermos son osmoconformadores, y que tanto el agua como los iones pasan relativamente libres a través de la superficie corporal. La mayoría de los equinodermos son capaces de regenerar sus partes perdidas. Al parecer, la única regla para que opere la regeneración, es que debe estar presente una parte del sistema nervioso y la madreporita del organismo para regenerar las demás partes del cuerpo (Brusca *et al.*, 2016).

DIVERSIDAD

Aproximadamente 7 mil especies de equinodermos habitan el planeta hoy en día, y se han reconocido cinco clases. Los crinoideos (clase Crinoidea, *ca.* 700 spp.), las estrellas de mar (clase Asteroidea, *ca.* 1 800 spp.), los ofiuroides (clase Ophiuroidea, *ca.* 2 064 spp.), los erizos de mar (clase Echinoidea, *ca.* 940 spp.) y los pepinos de mar (clase Holothuroidea, *ca.* 1 200 spp.). México alberga una significativa diversi-

dad de equinodermos, ya que en la actualidad se conocen 818 especies que habitan nuestro mar territorial, aproximadamente 10% de las especies de equinodermos existentes en el planeta (Solís-Marín *et al.*, 2018).

DISTRIBUCIÓN

Los equinodermos se distribuyen en todos los mares del planeta y a todas las profundidades; en zonas profundas de los océanos llegan a constituir 90% de la biomasa presente. Son especialmente abundantes en las zonas tropicales y subtropicales, aunque algunos grupos, como las estrellas de mar y holoturoideos, alcanzan una gran diversidad a la altura de los polos. El grupo se hace menos diverso conforme se desciende en la columna de agua, pero su abundancia en número de individuos y/o biomasa puede dominar la zona hadal del océano. La mayor diversidad de equinodermos se conoce de los 0 a los 300 m de profundidad. La especialización corporal hace que se distribuyan de diferentes maneras (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

En las costas del estado de Veracruz se encuentran diversos tipos de hábitats. En las aguas someras, uno de los hábitats más representativos es el arrecifal, en el cual se hallan biotopos diversos, dando lugar a una amplia diversidad de sustratos y de especies. Los equinodermos de aguas someras pueden vivir sobre coral vivo, vegetación sumergida, arena, rocas, coral muerto, así como una gran diversidad de sustratos. 51% de las especies reportadas en el presente trabajo viven sobre estos sustratos; un 49% restante habita en zonas profundas en sustratos de arenas muy finas o fangosos. No obstante, independientemente de los porcentajes de los equinodermos existentes en los diversos ambientes de los océanos mexicanos, los esfuerzos futuros de recolecta, tanto en zonas someras poco accesibles como en áreas profundas podrían incrementar esta diversidad (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

IMPORTANCIA

La importancia de los equinodermos estriba fundamentalmente en el papel que desempeñan en la trama trófica (nichos), así como en su capacidad para modificar las condiciones del sustrato en el que viven (bioturbación). Además de su importancia ecológica, también presentan importancia económica (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

Los equinodermos son importantes componentes de la fauna arrecifal, ya que forman parte primordial de la trama alimenticia de ese ecosistema;

al existir especies coralívoras, tales como la estrella de mar *Acanthaster planci*, su abundancia y distribución dentro del sistema puede determinar la estructura misma del arrecife. Aunado a ello, los equinodermos representan un papel muy importante en la disponibilidad de carbonato y nutrientes en los arrecifes de coral (Birkeland, 1987; Solís-Marín *et al.*, 2007).

Es difícil hablar de endemismo cuando nos referimos a los equinodermos. De hecho, ni una sola de las especies recolectadas en Veracruz es endémica. Debido quizás a que las comunidades arrecifales requieren condiciones ambientales estables, dado que son muy frágiles ante los cambios bruscos de las condiciones físico-químicas. Los impactos naturales en condiciones extremas (huracanes, ciclones) pueden modificar temporalmente el equilibrio dinámico y, por lo tanto, la biodiversidad en estos ecosistemas. Por otra parte, diversos tipos de contaminación producto de las actividades humanas impactan negativamente a las comunidades y, en ocasiones, el efecto de esa contaminación disminuye las poblaciones de ciertas especies de equinodermos. Tal es el caso de *Diadema antillarum*, especie de erizo caribeño que durante 1984 sufrió una mortandad masiva, debido a un patógeno no identificado relacionado con la baja salinidad (Hunte *et al.*, 1986); se estima que la población de esta especie se redujo en algunos lugares a 2% de su densidad original (Lessios *et al.*, 1984). La disminución de las poblaciones de esta especie que consume diversos tipos de pastos marinos, incrementa la biomasa de los mismos, la cual en ocasiones cubre y sofoca a los corales, dando por resultado la destrucción de las colonias de estos organismos y reduciendo con ello la biodiversidad en estos ecosistemas. En ocasiones el impacto negativo de las actividades humanas en una sola especie de equinodermo puede destruir una comunidad arrecifal (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

EL ESTUDIO DE LOS EQUINODERMOS EN MÉXICO, VERACRUZ, EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO Y EL ARRECIFE VERDE

En México, los equinodermos han sido estudiados desde hace más de 100 años (1838-1842), cuando se realizaron referencias breves de trabajos hechos sobre especímenes recolectados en localidades próximas a las costas mexicanas. Muchas fueron las expediciones extranjeras que recolectaron ejemplares en distintos puntos de nuestras costas desde 1838; tal es el caso de los primeros trabajos de L. E. Agassiz y G. Valentin (1838-1842) quienes citaron a *Mellita hexapora* de Veracruz, y los de Agassiz y Désor (1846). Durante este siglo resaltan las recolectas

efectuadas por expediciones extranjeras tales como las del Challenger, Albatros, Velero II (1948) y Velero III, y las realizadas por Caso-Muñoz (1941-1991) en el Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y Caribe mexicano. Los datos sobre las colecciones extranjeras que poseen ejemplares de equinodermos recolectados en aguas mexicanas fueron revisados por Caso-Muñoz durante 1974-1979 y están referidos en sus trabajos de 1978, 1980 y 1983 en aguas del Pacífico Mexicano. Dichos trabajos en conjunto dan una visión sobre la fauna de equinodermos de las costas mexicanas (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993; Solís-Marín *et al.*, 1993; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

El conocimiento taxonómico existente sobre los equinodermos de las costas del estado de Veracruz es limitado (Solís-Marín *et al.*, 2007). Hasta hace relativamente pocos años se empezaron a realizar en México listados faunísticos de los equinodermos de las zonas arrecifales del país (Solís-Marín *et al.*, 1993; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Laguarda-Figueras *et al.*, 2001, 2002, 2004; Durán-González *et al.*, 2005). El interés por inventariar la diversidad de especies del PNSAV se debe a la necesidad de conocer el elenco taxonómico de los grupos que en él habitan (Solís Marín *et al.*, 2007).

Es importante recalcar que la Colección Nacional de Equinodermos, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICML, UNAM), cuenta con registros recolectados en Veracruz y en particular en el PNSAV, desde el año de 1946; asimismo, el United States National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (USNM), en Washington D. C., EUA, cuenta con registros de equinodermos recolectados en la zona desde el año 1954 (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Los primeros registros de equinodermos provenientes de Veracruz se remontan a Ives (1890), quien reporta siete especies de equinodermos "asociadas a corales". Más tarde, Tommasi (1966) describe una nueva especie de crinoideo (*Nemaster mexicanensis* = *D. rubiginosus*) del PNSAV. Henkel (1982) enlista a los equinodermos presentes en el Arrecife de Enmedio. Entre los pocos trabajos referidos especialmente al PNSAV, está el de Sánchez (1993), quien reporta 16 especies de equinodermos para De Enmedio, mientras que Gutiérrez *et al.* (1993) hacen una comparación de arrecifes coralinos de Veracruz y Quintana Roo, reportando ocho especies de equinodermos para la zona de estudio, y Carrera-Parra (1993) presenta el listado faunístico de equinodermos asociados a esponjas arrecifales De Enmedio. Maya-Vilchis (1993), reporta sobre el rendimiento gonadal, la distribución y la abundancia del erizo *Lytechinus variegatus*

en el Arrecife Hornos; Nishimura-Murakami (2005) sobre la distribución, abundancia y uso económico de la testa y gónadas del erizo *Tripneustes ventricosus* del Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) realizan un listado y aportan datos ecológicos sobre siete especies de erizos regulares de la parte sur de la laguna arrecifal del Arrecife Verde.

LISTADOS SISTEMÁTICOS DE EQUINODERMOS EN VERACRUZ, EN EL PNSAV Y EN EL ARRECIFE VERDE

Se han realizado listados sistemáticos sobre el conocimiento de la biodiversidad de equinodermos en México, y dentro de esos listados se han dado a conocer las especies que se han registrado para algunos arrecifes pertenecientes al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Para el caso de asteroideos y equinoideos, Solís-Marín *et al.* (1993) presentan una lista en donde reúnen todas las especies registradas para México hasta ese momento; ellos reportan 116 especies de asteroideos distribuidas en 23 familias y 60 géneros, y 101 especies de equinoideos distribuidas en 22 familias y 45 géneros; de las especies que ellos presentan 15 están registradas para el estado de Veracruz, de las cuales 7 especies son asteroideos (5 familias y 6 géneros) y 8 equinoideos (5 familias y 7 géneros).

Laguarda-Figueras *et al.* (2005) presentan la fauna de equinoideos del Golfo de México recolectados durante tres cruceros de investigación, en 43 estaciones; ellos identificaron 190 individuos que correspondieron a 18 especies, ocho órdenes, 11 familias y 15 géneros; de las especies estudiadas seis fueron nuevos registros para el Golfo de México y 13 especies de equinoideos fueron localizadas en el área frente al estado de Veracruz o en sus inmediaciones. Este trabajo subsanó el escaso conocimiento que se tenía de las especies de equinoideos en algunos estados del Golfo de México, entre ellos Veracruz.

Durán González *et al.* (2005) presentan una lista sistemática de los equinodermos de las aguas mexicanas del Golfo de México, lista basada en especímenes de la Colección Nacional de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, y de los registros provenientes de la Smithsonian Institution, Washington, D. C.; ellos reportan 206 especies distribuidas en 130 géneros, 64 familias y 26 órdenes, de los cuales 31 son nuevos registros. De las especies que reportan, 96 tienen presencia en el estado de Veracruz, y se encuentran distribuidas de la siguiente manera: una

especie para la clase Crinoidea (un orden, una familia y un género), 35 especies para la clase asteroidea (7 órdenes, 12 familias y 23 géneros), 25 especies para la clase Ophiuroidea (dos órdenes, ocho familias y 15 géneros), 23 especies para la clase Echinoidea (ocho órdenes, 10 familias y 19 géneros) y 12 especies para la clase Holothuroidea (tres órdenes, cinco familias y seis géneros).

Solís-Marín *et al.* (2007) presentan, ordenadas taxonómicamente, las especies de equinodermos presentes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), además de proveer información sobre sus sinonimias, descripción, hábitat, distribución geográfica y batimétrica, presentando asimismo datos sobre su ocurrencia dentro de la zona de estudio. Este trabajo incrementó el conocimiento de la biodiversidad marina del PNSAV y toda la información contenida en el mismo puede ser utilizada para el manejo integral de la zona, entre otros fines prácticos. Ellos reportan 116 especies incluidas en cinco clases, 17 órdenes, 36 familias y 75 géneros; las cuales se distribuyen de la siguiente manera: dos especies para la clase Crinoidea, 35 para la Asteroidea, 32 para la Ophiuroidea, 24 para la Echinoidea y 23 para la Holothuroidea; de las especies reportadas 47 fueron registradas en el PNSAV, correspondiendo una a la clase Crinoidea, seis a la Asteroidea, 14 a la Ophiuroidea, 10 a la Echinoidea y 16 a la Holothuroidea.

Laguarda-Figueroa *et al.* (2009) muestra la biodiversidad de ofiuroideos del Caribe mexicano y del Golfo de México, basada en los especímenes existentes en las colecciones científicas: Colección Nacional de Equinodermos Dra. Ma. Elena Caso Muñoz, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, y del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D. C. (USNM); ellos presentan un listado de 98 especies distribuidas en dos órdenes, 14 familias y 44 géneros, de las cuales 33 especies fueron registradas para el área de Veracruz, y se encuentran distribuidas en un orden, 7 familias y 19 géneros; de las especies reportadas para el estado de Veracruz ellos registran 19 especies para el PNSAV, que están distribuidas en un orden, 7 familias y 12 géneros.

Solís-Marín *et al.* (2019), en su trabajo sobre los asteroideos de Veracruz, examinaron 843 ejemplares de la Colección Nacional de Equinodermos Dra. Ma. Elena Caso Muñoz, ICML, UNAM, y en el National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., y presentaron un listado de 37 especies, dos subgéneros, 28 géneros, 16 familias y siete órdenes, cuya distribución batimétrica fue de 1 a los 2 432 m, además presentan a *Plutonaster bifrons* (Wyville Thomson, 1873) como nuevo registro para el estado.

LOS EQUINODERMOS DE VERACRUZ, DEL PNSAV Y DEL ARRECIFE VERDE

En el estado de Veracruz se han encontrado hasta la fecha 121 especies (Crinoidea: 2 spp., Asteroidea: 37 spp., Ophiuroidea: 35 spp., Echinoidea: 24 spp. y Holothuroidea: 23 spp.), distribuidas en 76 géneros, 38 familias, 21 órdenes y cinco clases. Dicho estado posee 16.6% de la fauna de equinodermos de los mares mexicanos, que corresponde a 1.5% de los equinodermos del planeta. Por su composición, esta fauna del estado de Veracruz semeja a las de otros estados, como Yucatán y Campeche, con las cuales comparte 37 y 34 especies, respectivamente. Más de 80% de los registros se encuentran depositados en la Colección Nacional de Equinodermos ICML (UNAM), y el resto en la Colección de Equinodermos del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (Washington D.C.); sólo un bajo porcentaje de registros se comparte entre ambas colecciones (~9%).

Las especies que se encuentran con mayor frecuencia en los litorales del estado de Veracruz son las siguientes: *Davidaster rubiginosa*, *Comactinia meridionalis meridionalis* (crinoideos); *Luidia* (*Luidia*) *alternata alternata*, *L. (Luidia) clathrata*, *Astropecten cingulatus* y *Tethyaster grandis* (asteroideos) que se encuentran a lo largo del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán); *Ophioderma cinereum*, *Ophiothrix angulata* y *O. suensonii*; (ofiuroideos); *Arbacia punctulata*, *Echinometra lucunter*, *Lytechinus variegatus*, *Clypeaster raveneli* y *Brissopsis atlantica* (equinoideos); y *Holothuria* (*Thymiosycia*) *arenicola* que también se encuentra en el Caribe mexicano y el Golfo de California, así como *Isostichopus badionotus* (holoturoideos) (Solís-Marín y Laguarda-Figuera, 2011).

En el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano se han registrado hasta la fecha 54 especies (Crinoidea: 1 spp., Asteroidea: 6 spp., Ophiuroidea: 21 spp., Echinoidea: 10 spp. y Holothuroidea: 16 spp.), distribuidas en 34 géneros, 24 familias, 13 órdenes y cinco clases. Lo que refleja 45.37% de la biodiversidad de equinodermos del estado de Veracruz.

En el Arrecife Verde se han registrado hasta la fecha 23 especies (Asteroidea: 3 spp., Ophiuroidea: 8 spp., Echinoidea: 7 spp. y Holothuroidea: 5 spp.), distribuidas en 17 géneros, 12 familias, siete órdenes y cuatro clases. Esto refleja que los equinodermos del Arrecife Verde representan 42.59% de la fauna de equinodermos del PNSAV y 19.32% de la fauna de equinodermos del estado de Veracruz.

Teniendo en cuenta que hasta hace poco tiempo el PNSAV se consideraba compuesto por 23 arrecifes, divididos en dos grupos; el primero denominado Grupo del Norte, localizándose frente al municipio de Veracruz, y que estaba compuesto por 11 arrecifes: Punta Gorda, Hornos, Ingeniero, Galleguilla, La Gallega, La Blanquilla, Anegada de Adentro, Verde, Pájaros, Sacrificios y un bajo frente al Arrecife Verde, llamado Bajo Paducan; el segundo grupo, denominado como el Grupo del Sur y que se localiza frente a Antón Lizardo, que estaba constituido por 12 arrecifes: Punta Coyol, Polo, Blanca, Giote, Chopas, De Enmedio, Rizo, Anegada de Afuera, Cabezo, Santiaguillo, Anegadilla y Topatillo (Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

Solo en nueve de los 23 arrecifes mencionados anteriormente se han registrado equinodermos, seis de ellos pertenecen al Grupo del Norte (Sacrificios, La Blanquilla, Hornos, Verde, Pájaros e Ingenieros) y tres para el Grupo del Sur (Anegada de Afuera, De Enmedio y Santiaguillo). En la tabla 1 se pueden observar los registros de las especies pertenecientes a las cinco clases que componen al phylum Echinodermata, en los arrecifes del PNSAV.

Tabla 1. Arrecifes del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano que presentan registros de equinodermos. Basada en: Carrera-Parra, 1993; Celaya-Hernández, *et al.*, 2006; Solís-Marín *et al.*, 2007, 2019; Celaya-Hernández *et al.*, 2008; Bribiesca-Contreras, 2010.

Clase	Orden	Familia	Especie	Arrecifes del PNSAV									
				Sacrificios	La Blanquilla	De Enmedio	Hornos	Verde	Anegada de Afuera	Santiaguillo	Pájaros	Ingenieros	
Crinoidea	Comatulida	Comatulidae	<i>Davidaster rubiginosus</i>	x	x								
Asteroidea	Forcipulatida	Asteriidae	<i>Coscinasterias tenuispina</i>						x				
	Valvatida	Asterinidae	<i>Asterinides folium</i>			x							
		Ophidiasteridae	<i>Linckia guildingii</i>	x	x	x	x	x					
			<i>Linckia nodosa</i>			x							
		<i>Ophidiaster guildingii</i>	x		x		x	x					
Oreasteridae	<i>Oreaster reticulatus</i>	x		x		x							

Clase	Orden	Familia	Especie	Arrecifes del PNSAV										
				Sacrificios	La Blancaquilla	De Enmedio	Hornos	Verde	Ategada de Afuera	Santiagoullo	Pajaros	Ingenieros		
Ophiuroidea	Ophiurida	Amphiuridae	<i>Amphipholis gracillima</i>				x							
			<i>Amphipholis squamata</i>	x		x	x							
			<i>Amphiura stimpsonii</i>					x						
			<i>Ophiostigma isocanthum</i>	x		x								
		Ophiactidae	<i>Ophiactis algicola</i>	x										
			<i>Ophiactis quinqueradial</i>			x						x		
			<i>Ophiactis savignyi</i>	x		x	x	x						
		Ophiocomidae	<i>Ophiocoma echinata</i>			x		x						
			<i>Ophiocoma paucigranulata</i>			x								
			<i>Ophiocoma pumila</i>	x		x								
			<i>Ophiomastix wendtii</i>	x		x		x						
		Ophiocomella	<i>Ophiocomella ophiactoides</i>	x		x		x						
			<i>Ophiomastix wendtii</i>	x		x		x						
		Ophionereididae	<i>Ophionereis reticulata</i>	x			x							
		Ophiodermatidae	<i>Ophioderma appressum</i>								x			
			<i>Ophioderma brevicaudum</i>					x						
			<i>Ophioderma cinereum</i>	x		x	x	x						
			<i>Ophioderma guttatum</i>	x		x					x			
		Ophiotrichidae	<i>Ophiotrix angulata</i>	x	x	x	x	x	x	x				
			<i>Ophiotrix lineata</i>	x		x	x							
Ophiuridae	<i>Ophirolepis gemma</i>							x						
	<i>Ophirolepis impressa</i>	x		x										
	<i>Ophirolepis paucispina</i>	x		x	x	x								
Echinoidea	Arbacioida	Toxopneustidae	<i>Lytechinus variegatus</i>	x		x		x	x					
			<i>Tripneustes ventricosus</i>	x		x		x		x				
	Cidaroida	Cidaridae	<i>Eucidaris tribuloides</i>	x	x	x		x	x	x				
	Clypeasteroida	Mellitidae	<i>Mellita quinquiesperforata</i>	x										
			<i>Diadema antillarum</i>	x	x	x	x	x						
	Diadematoida	Diadematidae	<i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i>						x					
			<i>Echinometra lucunter lucunter</i>	x	x	x	x	x						
	Echinoida	Echinometridae	<i>Echinometra viridis</i>	x		x			x					
			<i>Brissus unicolor</i>				x							
	Spatangoida	Brissidae	<i>Plagiobrissus grandis</i>										x	

Clase	Orden	Familia	Especie	Arrecifes del PNSAV											
				Sacrificios	La Blanquilla	De Enmedio	Hornos	Verde	Atregada de Afuera	Santiquillo	Pajaros	Ingenieros			
Holothuroidea	Apodida	Chiridotidae	<i>Chiridota rotifera</i>			x									
		Synaptidae	<i>Epitomapta roseola</i>	x											
			<i>Euapta lappa</i>			x									
			<i>Synaptula hidriformis</i>	x		x									
	Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Actynopyga agassizi</i>						x						
			<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i>			x		x							
			<i>Holothuria (Halodeima) grisea</i>	x		x	x	x							
			<i>Holothuria (Platyperona) parvula</i>									x			
			<i>Holothuria (Semperothuria) surinamensis</i>							x		x			
			<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>			x	x								
			<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>			x			x			x			
			<i>Holothuria (Thymiosycia) thomasi</i>	x											
			Stichopodidae	<i>Isostichopus badionatus</i>	x		x								
				<i>Isostichopus macroparentheses</i>			x								x
	<i>Parathyone suspecta</i>			x	x	x									
	Dendrochirotida	Sclerodactylidae	<i>Pseudothyone belli</i>	x		x	x								

A continuación se muestra el listado sistemático actualizado de los equinodermos del estado de Veracruz (modificado de Durán-González *et al.*, 2005 y de Solís-Marín *et al.*, 2007, 2019). Las especies presentes en el PNSAV se encuentran marcadas con un asterisco (*) y los registros para el Arrecife Verde se encuentran marcados con el símbolo de (IV).

CLASE CRINOIDEA

Orden Comatulida A. H. Clark, 1908

Familia Comatulidae Fleming, 1828

Género *Comactinia* A. H. Clark, 1909

Comactinia meridionalis meridionalis (L. Agassiz, 1865)

Género *Davidaster* Hogget y Rowe, 1986

**Davidaster rubiginosus* (Pourtalès, 1869)

CLASE ASTEROIDEA

Orden Paxillosida Perrier, 1884

Familia Luidiidae Sladen, 1889

Género *Luidia* Forbes, 1839

Luidia (Luidia) alternata alternata (Say, 1825)

Luidia (Luidia) clathrata (Say, 1825)

Luidia (Luidia) sarsii elegans Perrier, 1875

Luidia lawrenci Hopkins y Knott, 2010

Familia Astropectinidae Gray, 1840

Género *Astropecten* Gray, 1840

Astropecten articulatus (Say, 1825)

Astropecten americanus (Verrill, 1880)

Astropecten cingulatus Sladen, 1883

Astropecten duplicatus Gray, 1840

Astropecten karankawai Lawrence *et al.*, 2018

Género *Dytaster* Sladen, 1889

Dytaster insignis (Perrier, 1884)

Género *Persephonaster* Wood-Mason y Alcock, 1891

Persephonaster echinulatus H. L. Clark, 1941

Género *Psilaster* Sladen, 1885

Psilaster cassiope Sladen, 1889

Género *Tethyaster* Sladen, 1889

Tethyaster grandis (Verrill, 1899)

Género *Plutonaster* Sladen, 1889

Plutonaster bifrons (Wyviller Thomson, 1873)

Género *Pseudarchaster* Sladen, 1889

Pseudarchaster gracilis gracilis (Sladen, 1889)

Género *Goniopecten* Perrier, 1881

Goniopecten demonstrans Perrier, 1881

Orden Notomyotida Ludwig, 1910

Familia Benthoplectinidae Verrill, 1894

Género *Benthopecten* Verrill, 1884

Benthopecten simplex simplex (Perrier, 1881)

Género *Cheiraster*

Cheiraster (Cheiraster) planus Verrill, 1915

Cheiraster (Christopheraster) mirabilis (Perrier, 1881)

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Odonatsteridae Verrill, 1914

Género *Odontaster* Verrill, 1880

Odontaster cf. *setosus* Verrill, 1899

Familia Asterinidae Gray, 1840

Género *Asterinides* Verrill, 1913

**Asterinides folium* (Lütken, 1860)

Familia Goniasteridae Forbes, 1841

Género *Anthenoides* Perrier, 1881

Anthenoides piercei Perrier, 1881

Género *Circeraster* Koheler, 1909

Circeraster americanus (A.H. Clark, 1916)

Género *Goniaster* L. Agassiz, 1836

Goniaster tessellatus (Lamarck, 1816)

Género *Nymphaster* Sladen, 1889

Nymphaster arenatus (Perrier, 1881)

Género *Plinthaster* Verrill, 1899

Plinthaster dentatus (Perrier, 1884)

Familia Oreasteridae Fisher, 1911

Género *Oreaster* Müller y Troschel, 1842

IV **Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758)

Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870

Género *Linckia* Nardo, 1834

IV **Linckia guildingii* Gray, 1840

**Linckia nodosa* Perrier, 1875

Género *Ophidiaster* L. Agassiz, 1836

IV **Ophidiaster guildingi* Gray, 1840

Familia Asteropseidae Hotchkiss y A. M. Clark, 1976

Poraniella echinulata (Perrier, 1881)

Orden Velatida Perrier, 1884

Familia Pterasteridae Perrier, 1875

Género *Pteraster* Müller y Troschel, 1842

Pteraster personatus Sladen, 1891

Orden Forcipulatida Perrier, 1884
Familia Zoroasteridae Sladen, 1889
Género *Doraster* Downey, 1970
Doraster constellatus Downey, 1970
Género *Zoroaster* Wyville-Thomson, 1873
Zoroaster fulgens Wyville-Thompson, 1873

Familia Asteroiidae Gray, 1840
Género *Coscinasterias* Verrill, 1870
**Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816)

Orden Brisingida Fisher, 1928
Familia Brisingidae G. O. Sars, 1857
Género *Midgardia* Downey, 1972
Midgardia xandaros Downey, 1972

CLASE OPHIUROIDEA

Orden Phrynophiurida Matsumoto, 1915
Familia Gorgonocephalidae Ljungman, 1867
Género *Astrocanneum* Döderlein, 1911
Astrocanneum herrerae (H. L. Clark, 1919)
Género *Astrophyton* Müller y Troschel, 1842
Astrophyton muricatum (Lamarck, 1816)

Orden Ophiurida Müller y Troschel, 1840
Familia Ophiuridae Lyman, 1865
Género *Ophiura* Lamarck, 1801
Ophiura fallax Cherbonnier, 1959
Género *Ophiolepis* Müller y Troschel, 1840
IV**Ophiolepis gemma* Hendler y Turner, 1987
**Ophiolepis impressa* Lütken, 1859
IV **Ophiolepis paucispina* (Say, 1825)

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867
Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836
IV **Ophiocoma echinata* (Lamarck, 1816)
Género *Ophiocomella* A. H. Clark, 1939
IV **Ophiocomella ophiactoides* (H. L. Clark, 1901)
Ophiocomella pumila Lütken, 1859
Género *Breviturma* Störh, Boissin y Hoareau, 2013

**Breviturma paucigranulata* (Devaney, 1974)
Género *Ophiomastix* Müller y Troschel, 1842
IV **Ophiomastix wendtii* (Müller y Troschel, 1842)

Familia Ophionereididae Ljungman, 1867

Género *Ophionereis* Lütken, 1859
**Ophionereis reticulata* (Say, 1825)
Género *Ophiochiton* Lyman, 1878
Ophiochiton ternispinus Lyman, 1883

Familia Ophiodermatidae Ljungman, 1867

Género *Ophioderma* Müller y Troschel, 1840
**Ophioderma appressum* (Say, 1825)
**Ophioderma brevicaudum* Lütken, 1856
IV **Ophioderma cinereum* Müller y Troschel, 1842
**Ophioderma guttatum* Lütken, 1859

Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856
**Ophiactis algicola* H. L. Clark, 1933
**Ophiactis quinqueradialia* Ljungman, 1872
IV **Ophiactis savignyi* (Müller y Troschel, 1842)

Familia Amphiuroidae Ljungman, 1857

Género *Amphiodia* Verrill, 1899
Amphiodia trychna H. L. Clark, 1918
Género *Amphioplus* Verrill, 1899
Amphioplus (Amphioplus) sepultus Hendler, 1995
Amphioplus coniertodes H. L. Clark, 1918
Género *Amphipholis* Ljungman, 1866
Amphipholis januarii Ljungman, 1866
**Amphipholis squamata* (Delle Chiaje, 1828)
Género *Ophiostigma* Lütken, 1856
**Ophiostigma isocanthum* (Say, 1825)
Género *Amphiura* Lütken, 1859
**Amphiura stimpsonii* Lütken, 1859
Género *Ophiocnida* Lyman, 1865
Ophiocnida scabriuscula (Lütken, 1859)
Género *Ophiophragmus* Lyman, 1865
Ophiophragmus moorei Thomas, 1965

Ophiophragmus pulcher H. L. Clark, 1918
Género *Microphiopholis* Turner, 1985
**Microphiopholis gracilima* (Stimpson, 1854)

Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1866
Género *Ophiotrix* Müller y Troschel, 1840
IV **Ophiotrix (Ophiotrix) angulata* (Say, 1825)
Ophiotrix (Ophiotrix) orstedii Lütken, 1856
**Ophiotrix (Acanthophiotrix) lineata* Lyman, 1860
Ophiotrix suensonii Lütken, 1856

CLASE HOLOTHUROIDEA

Orden Dendrochirotida Grube, 1840
Familia Cucumariidae Ludwig, 1894
Género *Euthyonacta* Deichmann, 1954
Euthyonacta solida (Deichmann, 1930)
Género *Thyonella* Verrill, 1872
Thyonella pervicax (Théel, 1886)
Género *Parathyone* Deichmann, 1857
**Parathyone suspecta* Ludwig, 1875

Familia Sclerodactylidae Panning, 1949
Género *Pseudothyone* Ludwig, 1886
**Pseudothyone belli* Ludwig, 1886

Orden Aspidochirotida Grube, 1840
Familia Holothuriidae Ludwig, 1894
Género *Actinopyga* Bronn, 1860
IV **Actinopyga agassizi* (Selenka, 1867)
Género *Holothuria* Linnaeus, 1767
Subgénero *Cystipus* Haackel, 1880
IV **Holothuria (Cystipus) cubana* Ludwig, 1875
Subgénero *Halodeima* Pearson, 1914
IV **Holothuria (Halodeima) grisea* Selenka, 1867
Subgénero *Platyperona* Rowe, 1969
**Holothuria (Platyperona) parvula* (Selenka, 1867)
Subgénero *Selenkothuria* Deichmann, 1958
Holothuria (Selenkothuria) glaberrima (Selenka, 1867)
Subgénero *Semperothuria* Deichmann, 1958
IV **Holothuria (Semperothuria) surinamensis* Ludwig, 1875

Subgénero *Theelothuria* Deichmann, 1958

Holothuria (Theelothuria) princeps Selenka, 1867

Subgénero *Thymiosycia* (Forskaal, 1775)

IV **Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forskaal, 1775)

**Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868

**Holothuria (Thymiosycia) thomasi* Pawson y Caicedo, 1980

Familia Stichopodidae Haeckel, 1896

Género *Isostichopus* Deichmann, 1958

**Isostichopus badionotus* (Selenka, 1867)

**Isostichopus macroparentheses* (H. L. Clark, 1922)

Orden Synallactida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal y
Rouse, 2017

Familia Synallactidae Ludwig, 1894

Género *Bathyplores* (Östergren, 1896)

Bathyplores natans (M. Sars, 1868)

Orden Molpadiida Haeckel, 1896

Familia Molpadiidae J. Müller, 1850

Género *Molpadia* Risso, 1826

Molpadia musculus Risso, 1826

Molpadia parva (Théel, 1886)

Orden Apodida (Brandt, 1835)

Familia Synaptidae Burnmeister, 1837

Género *Euapta* Östergren, 1898

**Euapta lappa* (J. Müller, 1850)

Género *Epitomapta* (Verrill, 1873)

**Epitomapta roseola* (Verrill, 1874)

Género *Synaptula* Östred, 1849

**Synaptula hydriformis* (Lesueur, 1824)

Familia Chiridotidae Östergren, 1898

Género *Chiridota* Eschscholtz, 1829

**Chiridota rotifera* (Pourtalès, 1851)

CLASE ECHINOIDEA

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidariidae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

IV **Eucidaris tribuloides tribuloides* (Lamarck, 1816)

Género *Cidaris* Leske, 1778

Cidaris abyssicola (A. Agassiz, 1869)

Género *Stylocidaris* Mortensen, 1909

Stylocidaris lineata Mortensen, 1910

Orden Echinothuroida

Familia Phormosomatidae M. Jensen, 1981

Género *Phormosoma* Wyville-Thomson, 1872

Phormosoma placenta placenta Wyville-Thomson, 1872

Orden Diadematoidea Duncan, 1889

Familia Diadematidae Gray, 1855

Género *Diadema* Gray, 1825

IV **Diadema antillarum* (Philippi, 1845)

Género *Astropyga* Gray, 1825

Astropyga magnifica A. H. Clark, 1934

Género *Centrostephanus* Peters, 1855

IV * *Centrostephanus longispinus rubicingulus* (H. L. Clark, 1921)

Orden Arbacioida Gregory, 1900

Familia Arbaciidae Gray, 1855

Género *Arbacia* Gray, 1835

Arbacia punctulata (Lamarck, 1816)

Orden Temnopleuroidea

Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

Género *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

IV **Lytechinus variegatus variegatus* (Lamarck, 1816)

Lytechinus williamsi Chesher, 1968

Género *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

IV **Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

Orden Echinoida Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Género *Echinometra* Gray, 1825

IV * *Echinometra lucunter lucunter* (Linnaeus, 1758)
IV * *Echinometra viridis* A. Agassiz, 1863

Orden Clypeasteroidea A. Agassiz, 1872
Familia Clypeasteridae L. Agassiz, 1835

Género *Clypeaster* Lamarck, 1801
Clypeaster ravenelii (A. Agassiz, 1869)
Clypeaster subdepressus (Gray, 1825)

Familia Mellitidae Stefanini, 1911

Género *Mellita* Klein, 1734
**Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778)
Género *Encope* L. Agassiz, 1840
Encope michelini L. Agassiz, 1841

Orden Spatangoida Claus, 1876
Familia Brissidae Gray, 1855

Género *Brissus* Gray, 1825
**Brissus unicolor* (Leske, 1778)
Género *Brissopsis* L. Agassiz, 1840
Brissopsis alta Mortensen, 1907
Brissopsis atlantica Mortensen, 1907
Género *Meoma* Gray, 1851
Meoma ventricosa ventricosa (Lamarck, 1816)
Género *Plagiobrissus* Pomel, 1883
**Plagiobrissus grandis* (Gmelin, 1791)
Género *Moira* A. Agassiz, 1872
Moira atropos (Lamarck, 1816)
Género *Hypselaster* H. L. Clark, 1917
Hypselaster limicolus (A. Agassiz, 1878)

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo tiene por objetivo recopilar la información existente, hasta el momento, de los equinodermos de Veracruz, del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y del Arrecife Verde, para ello fue necesario consultar la literatura concerniente al área. La fuente principal de información proviene de Carrera-Parra (1993), Solís-Marín *et al.* (1993), Durán-González *et al.* (2005), Laguarda-Figueroa *et al.* (2005), Celaya-Hernández (2006), Solís-Marín *et al.* (2007, 2019), Celaya-Hernández *et*

al. (2008), Laguarda-Figueras *et al.* (2009), Bribiesca-Contreras (2010) y Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2011).

Para la identificación o revisión de las especies se utilizaron claves y diagnósticos de Clark (1947, 1950), Caso (1961), Chesher (1970), Kier (1975), Gamboa-Contreras (1978), Serafy (1979), Worbis-Torres (1986) y Gallo (1988), teniendo en cuenta las observaciones de Hendler *et al.* (1995).

Se incluyen, asimismo, los registros de equinodermos de la Colección Nacional de Equinodermos (CNE) Dra. María Elena Caso Muñoz, del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la UNAM, recolectados en la zona, los cuales datan de 1946. Adicionalmente, se anexó la información de los registros existentes de los equinodermos recolectados en la zona de estudio desde el año de 1954 pertenecientes a la colección científica del United States National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (USNM), Washington D. C., EUA.

Para la organización taxonómica general del listado presentado se siguieron los criterios de los siguientes autores: para la clase Crinoidea: Clark (1947, 1950); para la Asteroidea: Clark y Downey (1992), Clark (1989, 1993, 1996); para la Ophiuroidea: Matsumoto (1915), Fell (1960); para la Echinoidea: Mortensen (1928, 1935, 1940, 1943, 1948, 1950, 1951) y para la Holothuroidea: Deichmann (1954), Pawson y Fell (1965).

EQUINODERMOS DEL ARRECIFE VERDE

Clase Asteroidea

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Oreasteridae Fisher, 1911

Oreaster reticulatus (Linnaeus, 1758)

Asterias reticulata Linnaeus, 1758: 661.

Descripción. Estrella de mar de cuerpo robusto, puede alcanzar un diámetro de 50 cm. El disco central es robusto y elevado. Cinco o seis brazos robustos se conectan al disco en su base ancha; las puntas de los brazos son obtusas. El disco de los juveniles es más aplanado que el de los adultos. La ornamentación abactinal del cuerpo es reticulada con tubérculos romos, cortos y de base ancha. La superficie actinal es plana, salvo por una ligera concavidad cerca de la boca cubierta por placas granuladas de tubérculos más cortos que los actinales. Los surcos ambulacrales están cubiertos por una serie de espinas planas, de punta obtusa.

Hábitat. Esta especie prefiere las aguas someras, de baja energía, lagunas arrecifales y canales de mangle. Generalmente habita sobre

praderas de *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme* (Hendler *et al.*, 1995). Aunque también se le ha observado en arenales sin vegetación (Solís Marín *et al.*, 2007). De 1-37 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. A ambos lados del Atlántico, desde Carolina del Norte (Cabo Hatteras) y Bermudas, sur de Florida, Islas Bahamas, Brasil, Caribe Mexicano. En Cabo Verde, frente al oeste de África (Hendler *et al.*, 1995).

Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870

Linckia guildingii Gray, 1840

Linckia guildingii Gray, 1840: 285.

Descripción. Estrella de mar de disco pequeño y brazos delgados, el largo de éstos es casi siempre desigual. De cuatro a siete brazos. La mayoría de los ejemplares suelen ser pequeños y muchas veces con un brazo más largo que el resto. Los brazos vistos desde arriba se ven cilíndricos; la superficie actinal es plana y cóncava a lo largo de los surcos ambulacrales. El ancho de los brazos varía muy poco desde su base a la punta. La ornamentación abactinal consiste en pequeños gránulos lisos. Las áreas papulares están localizadas en depresiones someras entre las placas hundidas de las superficies superior y lateral de los brazos. De una a cinco madreporitas. Los gránulos que cubren la superficie inferior de los brazos incrementan su talla hacia el ambulacro. Las espinas que bordean los surcos ambulacrales son más bien gránulos grandes de puntas obtusas.

Hábitat. Generalmente sobre fondos duros en arrecifes de coral, también sobre arena entre parches de arrecife; generalmente de 1-2 m. Reportada en Florida de 18-27 m (Hendler *et al.*, 1995). En los arrecifes Sacrificios y De Enmedio fue recolectada a profundidades que van de 0 a 2.3 m.

Distribución. En el Atlántico oeste se reporta para Bermudas, desde Florida a Brasil; de las islas Bahamas a México, en numerosas islas caribeñas y dentro de los complejos arrecifales del Golfo de México (Hendler *et al.*, 1995) tales como el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV).

Ophidiaster guildingii Gray, 1840

Ophidiaster guildingii Gray, 1840: 248.

Descripción. Estrella de mar con disco pequeño, cinco brazos delgados, de igual tamaño, de tres a cuatro veces el diámetro del disco. Siete hileras longitudinales de placas planas que alternan con ocho hileras

de áreas papulares. Las placas están cubiertas con granulos extremadamente pequeños. Las áreas papulares con 15 o menos perforaciones. Placas oculares prominentes y conspicuas colocadas en la punta de los brazos. Dos hileras de espinas al borde de los surcos ambulacrales, la hilera externa con las espinas más largas y puntiagudas.

Hábitat. Arrecifes de coral, sobre fragmentos de coral y piedra; de 0 a 6 m (Hendler *et al.*, 1995). También registrada en los arrecifes de Sacrificios y De Enmedio donde fue recolectada a 4 m de profundidad.

Distribución. Florida, México, Belice y Brasil (Hendler *et al.*, 1995).

Clase Ophiuroidea

Orden Ophiurida Müller y Troschel, 1840

Familia Ophiuridae Lyman, 1865

Ophiolepis gemma (Hendler y Turner, 1987)

Ophiolepis gemma Hendler y Turner, 1987: 4-9; Hendler *et al.*, 1995: 106-107, fig. 39; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009: 94, lám. 29.

Ophiozona impressa Lyman, 1883: 235; Verrill, 1899: 8; Clark, H. L., 1915: 337.

Descripción. Superficie dorsal del disco convexa; cubierta por placas poligonales y delgadas, con márgenes ligeramente distendidos y levantados sobre las escamas pequeñas, intercaladas y planas. Las placas de la roseta central se encuentran separadas por varias escamas en forma de cuña. Presenta escudos radiales delgados. Los escudos orales son tan anchos como largos. Las placas dorsales de los brazos se encuentran separadas por placas laterales en los segmentos 3-19. Presentan placas dorsales accesorias sólo en pocos segmentos proximales de los brazos; la espina ventral es más larga que la dorsal. Las escamas tentaculares adradiales son más pequeñas que las abradiales en los segmentos cercanos al disco (Bribiesca-Contreras, 2010).

Hábitat. Habita en arrecifes y en algas, se encuentra conviviendo con especies más grandes tales como *Ophiomastix wendtii*, *Ophiolepis impressa* y *Ophioderma rubicundum*. Esta especie alberga a sus crías durante un tiempo, las cuales se localizan en las hendiduras genitales. Se han encontrado individuos con cinco crías en el mismo estadio de desarrollo en un solo interrradio (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Sur del Golfo de México, Arrecife Verde, Veracruz, Banco Chinchorro, Cayo Central, Cozumel, Puerto Morelos, Quintana Roo, México; Belice y Barbados (Hendler *et al.*, 1995).

Observaciones. En el Arrecife Verde se amplía la distribución batimétrica hacia la parte más somera (0.88 m) (Bribiesca-Contreras, 2010). *Ophiolepis paucispina* (Say, 1825)

Ophiura paucispina Say, 1825: 149.

Ophiolepis paucispina Rathbun, 1879: 151; Koehler, 1914: 11; A. H. Clark, 1954: 376; Parslow y A. M. Clark, 1963: 48; Tommasi, 1970: 73; Hendler *et al.*, 1995: 109, 110 fig. 41; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004: 16; 2005: 114; Abreu-Pérez *et al.*, 2005: 37; Solís-Marín *et al.*, 2007: 79; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 105, fig. 4 g-h.

Descripción. Ofiuroido de disco convexo, áspero. Superficie dorsal del disco con escamas grandes, completa o incompletamente rodeadas de numerosas y pequeñas escamas intercaladas. Placas central y radial incluidas en una roseta central bien definida. Superficie dorsal del disco con tres o más columnas de escamas mayores en cada área interradial, una o dos espinas diminutas cortas, cónicas sobre las placas laterales del brazo. Una fila continua de pequeñas escamas intercaladas rodeando las escamas mayores del disco. Segmentos dorsales del brazo con placas suplementarias excepto cerca de la punta. Pies ambulacrales pequeños, lisos y retraídos en el poro ambulacral, los cuales tienen forma opercular. El disco es ligeramente pentagonal, el borde superior no interrumpido por los radios. La cara aboral está compuesta por muchas placas redondas y gruesas, cada una ligeramente cóncava, están rodeadas por un camino de escamas más pequeñas. En la parte central del disco se encuentra una escama grande y gruesa rodeada de cinco iguales a la central y de cinco pequeñas y alargadas. Los escudos radiales están separados por pequeñas escamas en la parte proximal, una más grande en la parte distal, y son igual de anchos que de largos. Los escudos orales son casi pentagonales, más largos que anchos. Las placas adorales son alargadas, anchas en la parte distal y puntiagudas y curvas en la parte proximal. Las placas orales son alargadas, en forma de barra. Cada mandíbula sostiene cuatro o cinco papilas orales de más o menos el mismo tamaño. Las hendiduras genitales son alargadas. Los brazos presentan dos escamas tentaculares ovaladas en la parte ventral, al lado de la placa ventral que tiene forma de abanico. La placa dorsal es más pequeña que la ventral y también en forma de abanico. La placa lateral es más ancha que larga y cubre aproximadamente la mitad de la parte ventral y dorsal, presenta de dos a cuatro espinas cónicas en la parte distal (Solís-Marín *et al.*, 2007, Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

Hábitat. Se encuentran en aguas someras sobre llanos de arena arrecifal, manglar, lagunas y ambientes de pastos marinos; bajo losas de corales y sobre arena de cuarzo, sobre algas calcáreas tales como *Halimeda* y entre restos de algas y pastos marinos; de 1-37 m de profundidad

(Hendler *et al.*, 1995). En los arrecifes de Sacrificios y De Enmedio se recolectó a profundidades de 0 a 2 m (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Distribución. Bermudas, Islas Bahamas, Cayos de Florida y Dry Tortugas, Texas, Estados Unidos de América; Jamaica; Haití; Puerto Rico; St. Thomas; St. Bartolomé; Antigua; Barbados; Tobago; Trinidad; Curazao; Aruba; Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, cerca de arrecife Alacranes, Yucatán y Cozumel, Quintana Roo, México, Belice, Panamá, Colombia, Brasil, incluyendo Isla de Trinidad, Islas Canarias, Isla Guadalupe y Cuba (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Ophiocoma echinata (Lamarck, 1816)

Ophiura echinata Lamarck, 1816: 543.

Ophiocuma echinata Rathbun, 1879: 152; Verrill, 1899: 22; Koehler, 1914: 117; A. H. Clark, 1954: 376, Parslow y A. M. Clark, 1963: 46; Tommasi, 1970: 81, 82; Devaney, 1974: 132, Hendler *et al.*, 1995: 111-113, figs. 30 c-1, 32-6, 42, 43; Abreu-Pérez *et al.*, 2005: 37; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004: 16; 2005: 114; Solís-Marín *et al.*, 2007: 79; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007: 196; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 117. Fig. 8 a-b.

Ophiocoma crassispina Say, 1825: 147.

Descripción. Ofiuroideo con el disco cubierto por gránulos microscópicos, casi esféricos. Las mandíbulas presentan papilas orales y dentales. Las espinas del brazo son lisas y sólidas; de éstas, las más dorsales del brazo pueden ser más largas o más cortas que las espinas adyacentes al disco, que son las espinas más largas cerca de la punta del brazo; tres espinas en la primera y segunda placa lateral del brazo y diferentes números de espinas en las placas laterales de los brazos más allá del disco. Presentan dos escamas tentaculares; pies ambulacrales son blancos. Los juveniles son casi completamente negros con bandas en los escudos radiales y varias bandas blancas en los brazos (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Hábitat. Se puede encontrar en todas las zonas del arrecife, pero es más común hacia las partes bajas de éste, sobre arena, bajo corales o losas de corales y rocas y en algunos casos sobre algas. De intermarea a 24 m (Hendler *et al.*, 1995). En los arrecifes Sacrificios y De Enmedio se recolectó de 0-2 m (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Distribución. Bermudas, Bahamas, Cayos de la Florida, Dry Tortugas, Texas, Estados Unidos de América, Paraiba, Liberia, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, St. Thomas, St. Croix, Guadalupe, Barbados, Antigua y Barbuda, Curazao, Belice, Panamá, Haití, Colombia, Venezuela, Brasil,

Dominicana, Sta. Lucía, San Vicente, Granadinas, Sistema Arrecifal Veracruzano-Veracruz, Cayo Arenas-Campeche, Arrecife Alacranes-Yucatán, Bahía Ascensión, Cozumel, Isla Mujeres, Majahual y Banco Chinchorro-Quintana Roo, México (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda Figueras *et al.*, 2009).

Ophiomastix wendtii Müller y Troschel, 1842

Ophiocoma wendtii Müller y Troschel, 1842: 99; Devaney, 1974: 140-141; Hendler *et al.*, 1995: 116-118, figs. 30 d-12, 46; Abreu-Pérez *et al.*, 2005: 35; Laguarda-Figuera *et al.*, 2004: 16; 2005: 114; Solís-Marín *et al.*, 2007: 80; Solís-Marín y Laguarda-Figuera, 2007: 197; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 120, fig. 8 g-h.

Descripción. Ofiuroideo con el disco cubierto completamente por gránulos y con pocas escamas cerca de la hendidura genital. En la cara oral, el disco está densamente cubierto por gránulos. Presenta papilas orales y dentales en las mandíbulas. Las espinas más dorsales de las placas laterales de los brazos son las más largas, generalmente su longitud es de cuatro a cinco el tamaño de los segmentos del brazo; las espinas son finas, irregularmente cilíndricas y marcadamente romas hacia las puntas. Dos espinas en la primera placa lateral del brazo y tres en la segunda, y números alternos de espinas en lo sucesivo, una escama tentacular (Solís-Marín *et al.*, 2007; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009).

Hábitat. Esta especie se puede encontrar en todas las zonas del arrecife, manglares y parches de pastos marinos, bajo las rocas y los corales, en colonias de corales, algas y bajo esponjas; usualmente de 1-27 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995), también ha sido reportada a 384 m. En el área de estudio fue recolectada de 0 a 7 m (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Distribución. Bermudas, Bahamas, Cayos de Florida, Dry Tortugas, por fuera de los arrecifes de Texas, Estados Unidos de América, Cuba, Jamaica, Haíti, Puerto Rico, islas Vírgenes, islas Sotavento y Barlovento, Tobago, Tamiahua y Sistema Arrecifal Veracruzano-Veracruz, Cayo Arenas-Campeche, Puerto Morelos, Cozumel y Banco Chinchorro-Quintana Roo, México y Costas de Centro y Sudamérica a Brasil (Hendler *et al.*, 1995, Laguarda-Figuera *et al.*, 2009).

Ophiocomella ophiactoides (H. L. Clark, 1901)

Ophiocantha ophiactoides H. L. Clark, 1901: 249, lám. 15, fig. 5-8.

Ophiacantha oligocantha H.L. Clark, 1918: 265-266, lám. 7, fig. 5.

Ophiocomella ophiactoides Hendler *et al.*, 1995: 118-119, fig. 47; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 121; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009: 128, lám. 46.

Descripción. Presenta seis brazos pequeños y delgados. Disco hexagonal; cubierto por escamas gruesas y porta pequeñas espineletas. Escudos radiales muy separados y sólo expuestos en las puntas. Placas dorsales de los brazos ovaladas que se vuelven triangulares hacia la punta de los brazos, se encuentran completamente separadas por las placas laterales de los brazos. Presenta cuatro espinas laterales, las cuales son aserradas. Las placas orales de los brazos son pentagonales, con esquinas redondeadas; únicamente tienen una escama tentacular pequeña. Escudos orales grandes, redondeados en el extremo distal y puntiagudos hacia el extremo proximal; más anchos que largos. Placas adorales largas y angostas, más anchas en el extremo distal. Papilas orales no muy largas, tres en cada lado y dos en la punta de la mandíbula. Presenta dos pares de hendiduras genitales por cada interrradio (Bribiesca-Contreras, 2010).

Hábitat. Habita en escombros, entre coral y algas. Es una especie abundante que se encuentra asociada a otras pequeñas especies fisíparas de los géneros *Ophiactis* y *Ophiostigma* (Bribiesca-Contreras, 2010).

Distribución. Bermuda, Puerto Rico, Belice, Trinidad y Tobago, Islas Vírgenes Británicas, Panamá, Brasil, en el Sistema Arrecifal Veracruzano, en los arrecifes De Enmedio, Sacrificios y Verde Bahía de la Ascensión, Banco Chinchorro, Isla Contoy y Puerto Morelos-Quintana Roo, México (Hernández-Herrejón, 2007).

Familia Ophiidermatidae Ljungman, 1867

Ophioderma cinereum Müller y Troschel, 1842

Ophioderma cinereum Müller y Troschel, 1842: 87; A. H. Clark, 1954: 377; Caso, 1951: 243-249, figs. 11-14; Zieshenne, 1955: 192; Parslow y A. M. Clark, 1963: 48; Daveney, 1974: 143; Gallo, 1988: 391; Abreu-Pérez *et al.*, 2005: 41; Laguarda-Figueras *et al.*, 2004: 17; 2005: 114; Solís-Marín *et al.*, 2007: 81; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 129. fig. 11 c-d; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009: 152, lám. 58.

Ophioderma cinerea Koehler, 1914: 6.

Ophioderma antillarum Lütken, 1859: 190.

Descripción. Ofiuroideo con la parte superior del disco densamente cubierta de gránulos microscópicos redondeados que ocultan las escamas basales; escudos radiales desnudos. Cuatro hendiduras genitales en cada área interbranquial. Placas orales redondeadas-triangulares; el borde distal no es muy convexo. Las espinas de las placas laterales de los brazos son pequeñas y dan la apariencia de estar prensadas, su

punta es roma y se incrementa gradualmente su tamaño hacia la superficie ventral. Color gris o gris castaño con frecuencia oscuro. La mayoría de los ejemplares de esta especie presenta una línea oscura alrededor de los escudos radiales, los brazos están bandeados (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Hábitat. En todas las zonas del arrecife, incluyendo zonas de manglares y pastos marinos; de 0 a 24 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995). En los arrecifes de Sacrificios y Enmedio fue recolectada a 0-2.3 m (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Distribución. islas de Barbados, Cayos de la Florida, Dry Tortugas, Estados Unidos de América, Bahamas, Panamá, Fernando de Noronha, Paraida, Abrollos, Cuba, Jamaica, Haití, Puerto Rico, islas de Barlovento y Sotavento, Barbados, Tobago, Curazao, Aruba, Caribe mexicano, Tamiahua, Sistema Arrecifal Veracruzano-Veracruz, Laguna de Términos y Cayo Arenas-Campeche, Ría Lagartos-Yucatán, Cabo Catoche, Puerto Morelos, Cozumel, Bahía de la Ascensión, Isla Contoy-Quintana Roo, México y las costas de Centro y Sudamérica a Brasil, Antillas Holandesas, Santo Tomás, Antigua y Barbuda, Venezuela, Belice y Santa Lucía (Hendler *et al.*, 1995; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009).

Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915

Ophiactis savignyi (Müller y Troschel, 1842)

Ophiolepis savignyi Müller y Troschel, 1842: 95.

Ophiactis savignyi Hendler *et al.*, 1995: 148-150, fig. 70; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 135-136; Laguarda-Figuera *et al.*, 2009: 178, lám. 71.

Ophiactis quadripinna H. L. Clark, 1915: 264-265, lám. 10, figs. 9-10.

Ophiactis versicolor A. M. Clark, 1967: 43-44, fig. 4 (como *Ophiactis carnea* Ljungman, 1867).

Descripción. Presenta un disco cubierto en su mayoría por los escudos radiales, los cuales son más largos que la mitad del radio del disco; presenta espineletas esparcidas por todo el disco. Presenta seis brazos; con cinco o seis espinas laterales, similares en tamaño, excepto por la espina ventral que es relativamente pequeña y casi tan ancha en la punta como en la base; la punta de las espinas es delgada, con pequeños dientes. Cada mandíbula posee dos pares de papilas orales (puede ser de uno a tres) parecidas a una escama y son aplanadas (Bribiesca-Contreras, 2010).

Distribución. Indo-Pacífico, Pacífico Sur, Atlántico, costa este de América, desde Carolina del Sur y Bermuda, pasando por el Caribe y el Golfo de México, hacia el sur de Brasil, Golfo de California, Panamá,

Costa Rica, Cuba, Francia, Japón, Corea, Malasia, Australia, Isla Sandwich e Indias Occidentales, Veracruz (Actopan, arrecife Lobos, San Andrés Tuxtla, arrecifes Sacrificios, De Enmedio, Hornos y Verde), Tabasco (Dos Bocas), Campeche (Ciudad del Carmen y Laguna de Términos), Yucatán (Cayo Arenas), Quintana Roo (Puerto Morelos), Oaxaca (Huatulco), Guerrero (Acapulco y Zihuatanejo), Michoacán (Aguila, Faro de Bucerías y Lázaro Cárdenas), Colima (Archipiélago Revillagigedo y Manzanillo), Jalisco (Bahía de Chamela y Puerto Vallarta), Nayarit (Archipiélago Marías, Archipiélago Marietas e isla Peña), Sinaloa (Mazatlán, Bahía Adair y Bahía Choya), Sonora (Guaymas, Playa Nore y Punta Pelicano), Baja California Norte (Isla Coronados, Bahía de los Ángeles y Punta San Miguel) y Baja California Sur (Bahía Ballenas, Los Cabos, Bahía Agua Verde, Bahía Concepción, Bahía de la Paz, Bahía Ventana, Isla Ballena, Isla Cerralvo, Isla del Carmen, Isla San José y Punta San Marcial), en México (Bribiesca-Contreras, 2010).

Familia Ophiothrichidae Ljungman, 1866

Ophiothrix angulata (Say, 1825)

Ophiura angulata Say, 1825: 145-146.

Ophiothrix angulata Hendler *et al.*, 1995: 180-182, fig. 95; Koehler, 1914: 118-120; H. L. Clark, 1918: 312-313; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008: 157-158; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009: 224, lám. 94.

Descripción. Disco orbicular, ligeramente pentagonal, cubierto por espinas bífidas o trifidas en la punta y pequeñas en comparación a las de los brazos. Presenta cinco brazos con numerosos espinas puntiagudas, las cuales son casi del doble de largo que el diámetro transversal del brazo (Bribiesca-Contreras, 2010).

Hábitat. Habita en zonas de arrecife, escombros, comunidades incrustantes, pastos marinos, esponjas, ostras y algas (Bribiesca-Contreras, 2010).

Distribución. Carolina del Norte hasta Dry Tortugas y la costa del Golfo de Florida, costa de Texas y arrecifes cercanos a ésta, Estados Unidos de América, Bermuda, Islas Bahamas, Antillas Mayores y Menores, de Centro y Sudamérica a Uruguay, Puerto Rico, Colombia, Cuba, Variaba, Río de Janeiro; en México: Veracruz (Coatzacoalcos, y en los arrecifes Lobos, De Enmedio, Anegada de Afuera, Sacrificios, Verde y Hornos), Tabasco (Cayo Arcas, Dos Bocas y Laguna Carmen Machona), Campeche (Banco de Campeche, Isla Aguada, Isla del Carmen, Laguna de Términos y arrecife Triángulos) y Yucatán (Cabo Catoche, Cayo Arenas y Progreso) (Bribiesca-Contreras, 2010).

Clase Holothuroidea

Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Ludwig, 1894

Actynopyga agassizi (Selenka, 1867)

Mülleria agassizii Selenka, 1867: 311, pl. 17, figs. 10-12; Voss, 1976: 145; Pawson 1986: 540, pl. 178.

Descripción. Pepino de mar de cuerpo robusto, talla mediana, con 20 o 30 tentáculos peltados, los cuales se extienden prominentemente. La característica principal de esta especie es la presencia de cinco dientes calcáreos conspicuos y blancos que rodean al ano. Las espículas de la pared corporal son rosetas. La coloración de este organismo puede ser variable: blanco y café, naranja y amarillo, etc. Los pies ambulacrales y los tentáculos son naranjas y amarillos con blanco.

Hábitat. Arrecifes de coral, áreas con rocas y pasto marino; de 0-54 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Bermudas, Florida, Dry Tortugas, Bahamas, Cuba, México, Belice, Jamaica y Barbados (Hendler *et al.*, 1995).

Holothuria (Cystipus) cubana Ludwig, 1874

Holothuria cubana Ludwig 1875: 104, pl. 7, figs. 34; Deichmann, 1954: 394, figs. 66: 24-28; Rowe, 1969: 156; Pawson 1986: 538, pl. 178.

Descripción. Se trata de una especie de pepino de mar relativamente pequeña, los ejemplares adultos alcanzan los 15 cm de largo. La boca es ventral rodeada por 20 pequeños tentáculos. Los pies ambulacrales son pequeños y numerosos en la superficie ventral. Las espículas de la pared del cuerpo son en forma de botones y tablas robustas con ápices densamente cubiertos por espinas.

Hábitat. En varios tipos de sedimento de zonas mareal e intermareal, hasta 7 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Bermudas, Cuba, Puerto Rico, Antigua, Barbados, Curazao, México, Venezuela. Localidades previas incluyen: islas Bahamas, Dry Tortugas y Florida (Bahía Vizcaina, el Indian River, cerca de Fort Pierce, y el sur de St. Lucie, Stuart) (Hendler *et al.*, 1995).

Holothuria (Halodeima) grisea Selenka, 1867

Holothuria grisea Selenka, 1867: 328, pl. 18, figs. 55, 56; Deichmann 1930: 77, pl. 5, figs. 1-4; 1957: 11; Caycedo 1978: 168, pl. 6.

Descripción. Pepino de mar de cuerpo subcilíndrico, con numerosos pies ambulacrales cilíndricos. La superficie del cuerpo tiene 6 líneas de papilas. La boca está rodeada de 20-25 tentáculos peltados.

Las espículas de la pared del cuerpo son tablas con 12 espinas marginales en el disco.

Hábitat. Pastos marinos, pero en Florida es comúnmente asociada a *Phargmatopoma lapidosa*, gusanos de arrecife y fondos de arena; de 0 a 5 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Florida (pero no está reportada para las bahías de Florida), Bahamas, México, Puerto Rico, Jamaica, Antillas Menores, Curazao, Panamá, Colombia, sureste de Brasil (Hendler *et al.*, 1995).

Holothuria (Semperothuria) surinamensis Ludwig, 1874

Holothuria surinamensis Ludwig 1875: 111; Miller y Pawson, 1984: 57, figs. 46, 47; Pawson 1986: 540.

Descripción. Pepino de mar con pies ambulacrales no muy abundantes. Dorsalmente poseen papilas. La boca se encuentra en el extremo anterior del cuerpo y está rodeada por 10-20 tentáculos cortos y en forma de flor. Las espículas de la pared del cuerpo son tablas o botones y rosetas. Su coloración varía con respecto al medio, desde amarillo, café, marrón a café-chocolate.

Hábitat. En bahías protegidas, asociados con pastos marinos, algas coralinas, especialmente *Penicillus*, de 0-42 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Florida (Hendler *et al.*, 1995), Miami (Deichmann, 1939), Bermudas, Jamaica, Cuba, Puerto Rico, Antillas Menores, México, Colombia, Venezuela, Surinam y sureste de Brasil (Hendler *et al.*, 1995).

Holothuria (Thymiosycia) impatiens (Forskaal, 1755)

Fistularia impatiens Forskal, 1775: 121.

Holothuria impatiens Deichmann, 1930: 64.

Brandothuria impatiens Rowe, 1969: 145; Martínez de Rodríguez y Mago-Herminson, 1975: 190.

Descripción. Pepino de mar de talla mediana ~15-20 cm. La forma del cuerpo es alargada. Relativamente pocos pies ambulacrales, en líneas longitudinales a lo largo del cuerpo. La boca está rodeada por 20 tentáculos medianos. Las espículas del cuerpo son tablas y botones.

Hábitat. En charcas intermareales, pastos marinos, complejos arrecifales, debajo de piedras y trozos de coral; de 0.25 a 27 m de profundidad (Hendler *et al.*, 1995).

Distribución. Reportada para las regiones tropicales: Antillas Menores y Mayores, Dry Tortugas, Bahamas, México, Belice, Panamá, Colombia y Venezuela (Hendler *et al.*, 1995).

Clase Echinoidea

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidariidae Gray, 1825

Eucidaris tribuloides tribuloides (Lamarck, 1816)

Cidarites tribuloides Lamarck, 1816: 56.

Cidaris tribuloides A. Agassiz y Dèsor, 1846: 326; Stewart, 1865: 366.

Cidaris anulata Gray, 1855: 37; A. Agassiz, 1867: 122.

Cidaris metularia Lütken, 1863: 79.

Cidaris (*Gymnocidaris*) *tribuloides* Döderlein, 1906: 101.

Cidaris minor Koehler, 1908: 302.

Eucidaris tribuloides var. *africana* Mortensen, 1909: 40.

Eucidaris tribuloides Jackson, 1914: 141; H. L. Clark, 1925: 21; Engel, 1927: 163; Mortensen, 1927: 24; Caso, 1948: 206-210; 1961: 226-230; Kier, 1975: 16-17; Worbis-Torres, 1986: 18-20; Gallo, 1988: 100-101; Hendler *et al.*, 1995: 206-208; Espinosa, Abreu y Gómez, 1997: 62; Solís Marín *et al.*, 2007: 85.

Eucidaris tribuloides tribuloides Celaya-Hernández, 2006: 65 y 89; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) reportaron que durante los muestreos (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02 y cuarta recolecta 10 y 11/10/02), se observaron siete especímenes en siete sitios de muestreo. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.35 a 1.30 m, y la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C; su distribución fue en la parte suroeste de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 56.1" y 19° 12' 07.4" N y 96° 03' 50.5" y 96° 04' 08.9" W, a una distancia aproximada de 50 a 350 m del cayo de arena; su distribución estuvo asociada en un 85.72% a sustratos coralinos-rocosos y un 14.28% a sustratos rocosos. La especie se encontró siempre dentro de oquedades profundas, en los sustratos a los que se encontraba asociada. Los adultos de esta especie presentaron espinas impregnadas con algas calcáreas y briozoos. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *D. antillarum*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* y sus poblaciones presentaron escasos individuos en comparación con las poblaciones de *E. lucunter lucunter*. El número de individuos de *E. tribuloides tribuloides* se mantuvo bajo durante el tiempo de muestreo, teniendo un máximo de tres ejemplares durante la recolecta de abril del 2002, en el otoño del 2000 y 2002 solo se registró un individuo, en la segunda recolecta se halló a un individuo más que en la primera y cuarta recolecta.

Descripción. Erizo de mar regular con caparazón grueso, circular, en forma de turbante, testa aplanada aboralmente, con tubérculos no

crenulados, pedicelarios globosos sin diente terminal simple; línea media ambulacral con tubérculos; espinas primarias cortas, gruesas, cilíndricas, escasas, iguales o menores que el diámetro de la testa, con una corona de placas en forma de puntos en su extremo; suturas interambulacrales no desnudas; espinas secundarias amplias, despuntadas y rayadas. Ejemplares jóvenes con hileras de cuatro a cinco espinas primarias frecuentemente bandeadas, y adultos con hileras de 10 espinas casi siempre incrustados con colonias de briozoarios. Anillo de la espina primaria pequeño, con collar muy desarrollado, con cuello corto, en ocasiones no aparente. Grosor y longitud de las espinas variable. Espinas secundarias cortas, aplanadas, rectangulares lateralmente, de color amarillo con estrías longitudinales y extremos pardos, ligeramente truncados. En la región del sistema apical, las espinas miliarias son escasas, triangulares, estriadas, angostas y alargadas, en la zona aboral son alargadas, con los extremos distales más anchos que los proximales, de mayor talla las del perímetro del peristoma. Pedicelarios tridentados, globíferos grandes y pequeños. La diagnosis taxonómica fue basada en H. L. Clark (1925), Caso (1961) y Serafy (1979).

Hábitat. Especie habitante de sustratos areno-rocosos, praderas de *Thalassia testudinum*, coral y rocas; de 0 a 800 m (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999), aunque normalmente se le encuentra asociada en la laguna del Arrecife Verde a sustratos coralino-rocosos o rocosos, a profundidades de 0.35 a 1.30 m (Celaya-Hernández, 2006; Celaya-Hernández *et al.*, 2008). En los arrecifes de Sacrificios y De Enmedio (SAV) fue recolectada de 0 a 7 m (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Distribución. Especie atlántica distribuida en las costa oeste, desde Cabo Hatteras, Carolina del Norte y del Sur, y Florida en EUA, Cayo en Carrie Bow en Belice, Cuba, Puerto Rico, Las Bermudas, Antillas Mayores y Menores, Panamá, Neguanje, Punta de Betún y Bahía Concha en Colombia, playa de Quetepe, el Peñón, Bahía Mochima, Golfo de Paria, isla Cubagua, Playa Grande, Los Totumos, isla La Tortuga y Archipiélago Los Roques en Venezuela, São Sebastião, frente a Cachoeiro do Itapemirim y el Sur de Río de Janeiro en Brasil. En las costas de México se ha reportado previamente en el Golfo de México, para el estado de Veracruz en el SAV en los arrecifes Verde, Sacrificios, Santiaguillo, De Enmedio, La Blanquilla, Anegada de Adentro y Anegada de Afuera, Arrecife de Lobos en Tuxpan y Playa Norte, Barra de Morón en Tamaulipas, frente a la laguna Tupilco y Paraíso en Tabasco, y frente a la laguna de Términos en Campeche, y en el mar Caribe se ha registrado en Isla Mujeres, Puerto Morelos, Cozumel en Quintana Roo, en

Cabo Catoche en Yucatán (Celaya-Hernández, 2006). A las poblaciones de esta especie que se distribuyen en el ambiente litoral de la costa oeste del Océano Atlántico, sistemáticamente se les ha identificado como la subespecie *Eucidaris tribuloides tribuloides*, y a las poblaciones que son conocidas para el Golfo de Guinea y el Cabo de Isla Verde (Serafy, 1979) en la costa este del Océano Atlántico, se les identifica como la subespecie *Eucidaris tribuloides africana* (Celaya-Hernández, 2006).

Orden Diadematoida Duncan, 1889

Familia Diadematidae Gray, 1855

Diadema antillarum (Philippi, 1845)

Cidaris (*Diadema*) *antillarum* Philippi, 1845: 355.

Diadema setosum A. Agassiz, 1872-1874: 274; Rathbun, 1879: 143; Verrill, 1907: 323.

Centrechinus setosus Jackson, 1914: 28, 76, 104-109.

Centrechinus antillarum H. L. Clark, 1922: 57, 361; 1933: 78; A. H. Clark, 1939: 86, 453.

Diadema antillarum Lütken, 1863: 83; Mortensen, 1921: 25; 1931: 17; A. Agassiz y H. L. Clark, 1908: 112; Koehler, 1914: 218; H. L. Clark, 1925: 42; Boone, 1933: 129; A. H. Clark, 1954: 374; Caso, 1961: 235-237; Kier, 1975: 17; Worbis-Torres, 1986: 21-22; Gallo, 1988: 101; Hendler *et al.*, 1995: 210-213; Celaya-Hernández, 2006: 67 y 104; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) reportaron 10 especímenes en 10 sitios de muestreo en cuatro periodos de recolecta (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02). La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.35 a 2.50 m, la temperatura del fondo varió de 27 a 29.5 °C. Los organismos se distribuyen en la parte sureste, sur y suroeste de la laguna arrecifal, entre los 19° 12' 02.4" y 19° 12' 06.0" N y 96° 03' 53.2" y 96° 04' 07.1" W, a una distancia aproximada de 25 a 250 m del cayo de arena; esta especie se encontró asociada en un 40% a sustrato rocoso-arenoso, 30% a sustrato coralino-rocoso, 20% a sustrato arenoso con pedacería de conchas y un 10% a sustrato rocoso. La distribución se encontró relacionada en cercanía con la zona noreste, norte y noroeste del cayo de arena. A esta especie se le encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis*. Posee poblaciones con escasos individuos en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. Se observó que los ejemplares de *D. antillarum* son de gran

tamaño, en comparación con las otras seis especies de erizos regulares mencionadas en este trabajo, ya que el diámetro de la testa, medido de cinco ejemplares, mostró una media de 12 cm, a diferencia del diámetro de la testa de las otras especies que no rebasan los 6 cm. Asimismo, esta especie presenta un rápido movimiento de sus espinas y se traslada con rapidez, aproximadamente 10 cm de distancia en 8 segundos. Los especímenes de *D. antillarum* fueron observados aproximadamente entre las 15 y las 17 horas del día (apegándose más a las 17 horas), en la cercanía de alguna oquedad de alguna roca o coral, dependiendo del tamaño del individuo, o plenamente descubierta en algún arenal. No se localizó ningún individuo de *D. antillarum* en el otoño del 2000, en la segunda recolecta se localizaron dos ejemplares, en la tercera (primavera) se hallaron tres individuos más que la segunda recolecta, siendo la recolecta en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2002 se localizó un individuo más que en la segunda recolecta.

Descripción. Erizo regular de testa baja (menos del 50% del diámetro de la misma); tubérculos crenulados, perforados; espinas primarias huecas y verticiladas, con 20 o más series de espinas dispuestas longitudinalmente; placas ambulacrales compuestas; espinas ausentes en las placas bucales; tubérculos primarios del ambulacro en dos series regulares; espinas bandeadas únicamente en ejemplares juveniles; hendiduras actinales profundas y angostas; diámetro del sistema abactinal igual o mayor que la mitad del diámetro del actinostoma. Peristoma ligeramente hundido, tapizado por tejido membranoso y cinco pares de pies bucales. Espinas primarias largas, delgadas, huecas, cubiertas con pequeñas espinas dispuestas en verticilo formando hileras longitudinales hasta sus extremos distales, con la parte terminal dirigida hacia el extremo final de la espina principal con una terminación aguda en los extremos distales. Valvas de los pedicelarios tridentadas, ligeramente aplanadas, casi rectas, con apófisis terminadas en "T" (Clark H. L., 1925; Caso, 1961; Serafy, 1979; Celaya-Hernández, 2006; Solís Marín *et al.*, 2007).

Hábitat. Habita en sustratos areno-rocosos con parches de *Thalassia testudinum*, entre corales y rocas; de 0 a 400 m de profundidad (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999). En los arrecifes de Sacrificios y De Enmedio fue recolectada de 0 a 2.3 m (Solís Marín *et al.*, 2007). En el Arrecife Verde se le encontró asociada en un 40% a sustrato rocoso-arenoso, 30% a sustrato coralino-rocoso, 20% a arenoso con pedacería de conchas y 10% a sustrato rocoso (Celaya-Hernández, 2006; Celaya-Hernández *et al.*, 2008).

Distribución. Especie atlántica distribuida en el sureste de Florida y en las Bermudas en EUA, St. Croix en Jamaica, Islas Caimán, Barbados,

Cuba, Antillas Mayores y Menores, en las costas de Belice, Neguange, Bahía Concha, Punta Betín, Chengue y Granate en Colombia, Quetepe, El Peñón, Los Totumos, isla La Tortuga, Cayo Sal, Archipiélago Los Roques, Barrera Coralina del Archipiélago Los Roques, playa frente al aeropuerto de Maiquetía, Playa Grande, Playa El Caribe, Los Arrecifes, Punta Tiburón y Caraballeda en Venezuela, Surinam en Brasil. En las costas de México se ha reportado previamente para Veracruz, en los arrecifes de Lobos en Tuxpan y en el Sistema Arrecifal Veracruzano en Sacrificios, Verde, De Enmedio, La Blanquilla, Anegada de Adentro y Hornos, y en Quintana Roo en Puerto Morelos (Celaya-Hernández *et al.*, 2008). *Diadema antillarum* var. *africana*, es una variedad de *D. antillarum* que habita el Atlántico Este, en Azores y Madeira en Portugal, Canarias en España, Cabo Verde e Islas Annobon de Guinea Ecuatorial (Serafy, 1979).

Centrostephanus longispinus rubicingulus (H. L. Clark, 1921)

Centrostephanus rubicingulus Clark, H.L. 1921: 108

Centrostephanus rubicingulus Clark, H.L. 1925: 52; Mortensen, 1940: 308; Clark, H.A., 1954: 374; Lewis, 1961: 53; Fell, 1975: 180.

Centrostephanus besnardi Bernasconi, 1955a: 92; 1955b: 56; Brito, 1962: 5; 1968: 20; Tommasi, 1967: 10.

Centrostephanus longispinus rubicingulus Serafy, 1979: 28.

Centrostephanus longispinus rubicingulus Pawson y Miller, 1983: 4; Borrero-Pérez y Benavides-Serrato, 2004: 280; Celaya-Hernández, 2006: 70 y 119; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) durante sus muestreos, observaron tres especímenes en tres sitios de muestreo durante cuatro periodos de recolecta (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02). La profundidad de los sitios de muestreo varió de 1.10 a 1.30 m, la temperatura fue de 27 °C. Los organismos se distribuyen en la parte sureste de la laguna arrecifal (en la parte interna de la cresta arrecifal, hacia la laguna arrecifal, no del lado de la pendiente del barlovento), entre los 19° 12' 05.4" y 19° 12' 09.7" N y 96° 03' 49.5" y 96° 03' 51.8" W, a una distancia aproximada de 280 a 377 m del cayo de arena; su distribución se encontró asociada en un 66.67% a sustrato coralino-rocoso y en un 33.33% a sustrato rocoso. La especie se encontró el 100% de las veces dentro de oquedades no muy profundas. Esta especie se encontró acompañada por el erizo *E. lucunter lucunter*. Posee poblaciones con escasos individuos en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. Para *C. longispinus*

rubicingulus no se localizó ningún ejemplar en la primera, segunda y cuarta recolecta (otoño), solamente se registraron tres individuos en la primavera del 2002.

Descripción. Erizo regular de testa baja (menos del 50% del diámetro de la testa), aplanada oral y aboralmente. Placas ambulacrales compuestas. Tubérculos primarios crenulados y perforados; en la región ambulacral, los tubérculos son grandes, casi del mismo tamaño que los de las regiones interambulacrales y presentes en dos series regulares desde la parte oral hasta el ámbito. En los interambulacros, algunas veces uno de los tubérculos secundarios de la parte externa de cada placa incrementa considerablemente de tamaño para formar una serie longitudinal paralela a la serie primaria, observándose dos series horizontales en cada placa. Parte aboral de la testa casi desnuda. Presenta espinas sobre las placas bucales. Espinas primarias huecas y con un patrón de coloración bandado, rojo-café sobre blanco; espinas orbitales y supraborbitales con una longitud de casi dos veces el diámetro de la testa. En ejemplares adultos (DT: >25 mm) las espinas pueden presentar bandas café sobre café claro o pueden ser de color negro uniforme. Testa de color amarillo-café uniforme. Talla máxima registrada 38 mm DT (Mortensen, 1940; Pawson y Miller, 1983; Serafy, 1979; Borrero-Pérez y Benavides-Serrato, 2004).

Hábitat. En el Arrecife Verde se le encontró asociada en un 66.67% a sustrato coralino-rocoso y en un 33.33% a sustrato rocoso (Celaya-Hernández, 2006; Celaya-Hernández *et al.*, 2008).

Distribución. Especie con distribución Atlántica, se ha registrado para San Petersburgo y Miami en Florida, EUA, a través de las Antillas Mayores y Menores hasta Venezuela (Serafy, 1979), alcanzando las aguas tropicales del Atlántico Sur (Turner y Graham, 2003). Reportada para Cuba (Suárez, 1974). En México, se ha obtenido frente a Río Champotón en el estado de Campeche (Vázquez-Bader, 1988), asimismo, se ha registrado para Veracruz, Campeche y en Quintana Roo (Dúran-González *et al.*, 2005).

Orden Arbacioida Gregory, 1900

Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

Lytechinus variegatus variegatus (Lamarck, 1816)

Echinus variegatus Lamarck, 1816: 48.

Echinus excavatus Blainville, 1825: 83.

Echinus blainvillei Des Moulins, 1837: 122.

Psammechinus excavatus A. Agassiz y Desor, 1846: 368.

Lytechinus carolinus A. Agassiz, 1863: 24.

Lytechinus atlanticus A. Agassiz, 1863: 24.
Pslechinus variegatus Lütken, 1863: 93.
Schizechinus variegatus Pomel, 1869: 12.
Toxopneustes variegatus A. Agassiz, 1872-1874: 68, 298; Jackson, 1912: 84, 121, 161; 1914: 147.
Toxopneustes atlanticus Jackson, 1912: 121-123, 161.
Lytechinus variegatus typicus H. L. Clark, 1912: 247.
Lytechinus variegatus carolinus H. L. Clark, 1912: 247; 1918: 30.
Lytechinus variegatus atlanticus H. L. Clark, 1912: 247.
Lytechinus variegatus A. Agassiz, 1863: 24; H. L. Clark, 1918: 30; 1919: 73; Engel, 1927: 163; Boone, 1928: 21; Galtsoff, 1954: 373-410; Caso, 1961: 254-257; Kier, 1975: 17; Gallo, 1988: 103; Ruiz, 1988: 35-57; Celaya-Hernández, 2006: 79 y 154; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295.
Lytechinus variegatus variegatus Worbis-Torres, 1986: 29-31; Hendlar *et al.*, 1995: 216-218; Solís-Marín *et al.*, 2007: 73-100.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) observaron 10 especímenes en 10 sitios de muestreo durante cuatro periodos de recolecta (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02). La profundidad de dichos sitios varió de 0.3 a 1.0 m, en una temperatura del agua de 27 a 28 °C. Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sur de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 57.6" y 19° 12' 00.4" N y 96° 03' 57.2" y 96° 04' 08.9" W, los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 20 a 130 m del cayo de arena; su distribución se encontró asociada en un 80% a la presencia de *Thalassia testudinum* y un 20% a sustratos arenosos. A los ejemplares de esta especie se les encontró, la mayoría de las veces, cubiertos con restos de conchas, pasto marino o pequeñas piedras, por lo que resultaba difícil su observación. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *T. ventricosus* y *E. viridis*. Posee poblaciones reducidas en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. En la recolecta de otoño del 2000 se localizaron 4 individuos de *L. variegatus*; en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron 2 individuos más que la primera, siendo en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2001 y 2002 no se localizó ningún individuo.

Descripción. Erizo de testa circular, generalmente de color verde; membrana bucal fuertemente laminada; espinas cortas y afiladas con 24 aristas de color verde, amarillo o violeta; tres pares de arcoporos. Periprocto cubierto por varias placas con pedicelarios globosos y espinas; ano excéntrico. Peristoma cubierto por placas, cinco pares de pies

bucales. Hendiduras actinales o branquiales pequeñas, con un labio grueso. Espinas finas, cortas y afiladas.

Hábitat. Sobre sustratos areno-rocosos, praderas de *Thalassia testudinum*, también se le puede encontrar bajo fragmentos de algas y/o trozos de conchas; de 0 a 250 m (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Distribución. Especie atlántica distribuida en las costas de Santa Catarina, isla de Fernando Noronha, Brasil, Carolina del Norte, Florida en los EUA, México, Belice y Cuba (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Tripneustes ventricosus (Lamarck, 1816)

Echinus ventricosus Lamarck, 1816: 44.

Hipponoë esculenta A. Agassiz, 1872-1874: 135, 301; Rathbun, 1879: 144.

Tripneustes esculentus Bell, 1879: 657-662; Mortensen, 1921: 32; Jackson, 1914: 149.

Tripneustes esculenta Verrill, 1907: 324.

Tripneustes ventricosus A. Agassiz y Désor, 1846: 363; A. H. Clark, 1954: 374; Galtsoff, 1954: 373-410; Caso, 1961: 257-259; 1974: 1-23; Kier, 1975: 18; Gamboa-Contreras, 1978: 67-70; Worbis-Torres, 1986: 26-28; Gallo, 1988: 103; Ruiz, 1988: 11-34; Hendler *et al.*, 1995: 220-222; Celaya-Hernández, 2006: 81 y 168; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295; Solís Marín *et al.*, 2007: 73-100.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) observaron 16 especímenes en 16 sitios de muestreo durante cuatro periodos de recolecta (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02). La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.30 a 2.50 m, en una temperatura del agua de 27 a 29 °C. Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sur de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 56.2" y 19° 12' 05.4" N y 96° 03' 57.6" y 96° 04' 06.9" W; fueron recolectados a una distancia aproximada de 50 cm a 60 m del cayo de arena; su distribución se encontró asociada en un 87.5% a *Thalassia testudinum* y 12.5 % a sustratos arenosos. A los ejemplares de esta especie se les encontró algunas veces cubiertos con restos de conchas, pasto marino o pequeñas piedras, por lo que resultaba difícil su observación. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *L. variegatus* y *E. viridis*. Sus poblaciones son reducidas en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. En el otoño del 2000 se localizaron 4 individuos de *T. ventricosus*; en el otoño del 2001 se ubicó un individuo menos que en la primera recolecta; en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron 2 individuos más que en la primera recolecta, siendo

en la que se encontraron más individuos; y en el otoño del 2002 se localizó el mismo número de ejemplares que en la segunda recolecta.

Descripción. Erizo de mar de testa grande y circular, zonas ambulacrales anchas, parte central con dos hileras de tubérculos primarios; membrana bucal no laminada; espinas cortas; pares de arcoporos en tres filas longitudinales. Periprocto con placas multisegmentadas, cubierto de pedicelarios globosos y espinas. Peristoma pentagonal, cubierto por una membrana no laminada; cinco pares de pies bucales rodeados por manojos de pedicelarios globulosos, cuya distribución asemeja a un anillo. Espinas primarias blancas, pequeñas, robustas, afiladas, estriadas longitudinalmente, con terminación aguda en los extremos distales. Pedicelarios de la zona interambulacral globosos y tridentes.

Hábitat. Especie habitante de sustratos rocosos con algas y corales. Crece sobre pastos de *Thalassia testudinum*; de 0 a 55 m (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Distribución. Especie atlántica distribuida en las costas de Neguanje, punta de Betín, Colombia, México y Cuba (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Orden Echinoida Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Echinometra lucunter lucunter (Linnaeus, 1758)

Echinus maugaei Blainville, 1825: 93.

Echinus lucunter Linnaeus, 1758: 665; Say, 1825: 226; Blainville, 1825: 95.

Cidaridaris lucunter Leske, 1778: 107-109.

Echinus lobatus Blainville, 1825: 95.

Echinometra lucunter Gray, 1825: 427; A. Agassiz y Desor, 1846: 372; Lütken, 1863: 21; Lovén, 1887; Mortensen, 1933: 468; 1943: 357-368; 1951: 298; H. L. Clark, 1918: 34; Caso, 1953: 222; 1961: 338; Bernasconi, 1955: 51-78; Kier, 1975: 1-20; Worbis-Torres, 1986: 32-33; Gallo, 1988: 99-110.

Echinometra lobata Des Moulins, 1837: 108.

Echinometra michelini A. Agassiz y Desor, 1846: 373; A. Agassiz, 1863: 21.

Heliocidaridaris mexicana A. Agassiz y Desor, 1846: 372.

Toxocidaridaris mexicana Martens, 1865: 14.

Echinometra subangularis A. Agassiz, 1872-1874: 2-4.

Echinometra lucunter lucunter Hendler *et al.*, 1995: 222-225; Celaya-Hernández, 2006: 72 y 130; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295; Solís Marín *et al.*, 2007: 73-100.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) contabilizaron un total de 1 328 especímenes durante las cuatro recolectas (primera recolecta 28 y 29/10/00,

segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02), obteniendo mayor abundancia en la recolecta realizada para abril del 2002. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.40 a 1.40 m, la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C. Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sureste de la laguna arrecifal, entre los 19° 12' 01.1" y 19° 12' 06.0" N y 96° 03' 51.1" y 96° 04' 09.2" W, los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 42 a 334 m del cayo de arena; su distribución se encontró asociada en un 53.13% a sustratos rocosos, 37.50% a sustratos coralinos-rocosos y 9.37% a sustratos rocosos-arenosos. La especie se encontró 90.63% encima del sustrato o en oquedades muy someras o profundas, y 9.37% en oquedades hechas en el sustrato a ras del piso arenoso, en contacto con el sustrato sólido y en parte con piso arenoso. A los ejemplares de esta especie nunca se les observó sobre sustratos meramente arenosos o con pedacería de conchas, 100% de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos. Los ejemplares de esta especie presentaron gran diversidad de colores en sus espinas y en sus testas; colores que iban desde los negros, cafés oscuros y claros, rojos fuertes y tenues, a rojizos-rosados. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum* y *E. viridis*, las poblaciones de estas especies son más abundantes que las poblaciones del resto de los erizos regulares aquí reportados, ya que ésta presenta poblaciones abundantes y dominantes en comparación con la de las otras especies aquí estudiadas.

Descripción. Erizo con sistema apical generalmente con cinco o más tubérculos secundarios en cada placa genital u ocular. Mayor número de espinas en el sistema abactinal que *Echinometra viridis*, las cuales son de color rojo oscuro a negro, testa más grande con coloración negra a roja. Seis pares de arcoporos, rara vez cinco o siete; membrana actinal de color rojo brillante. Espinas primarias largas, afiladas, estriadas longitudinalmente, de color café claro u oscuro; en algunos ejemplares, la punta de las espinas primarias es de color más oscuro. Pedicelarios tridentes.

Hábitat. Sustratos arenoso-rocosos con *Thalassia testudinum*, de 0 a 45 m (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Distribución. Especie atlántica distribuida en las costas de Neguanje, punta de Betín, Chengue, bahía Concha, Colombia, Florida, México, Belice y Cuba (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Echinometra viridis (A. Agassiz, 1863)

Echinometra plana A. Agassiz, 1863: 21.

Echinometra michelini Lütken, 1863: 91.

Echinometra viridis A. Agassiz, 1863: 22; 1869: 261; Galtsoff, 1954: 373-410; Kier, 1975: 17; Gamboa-Contreras, 1978: 75-76; Serafy, 1979: 57; Worbis-Torres, 1986: 34-35; Gallo, 1988: 99-110; Hendler *et al.*, 1995: 210-213; Celaya-Hernández, 2006: 76 y 143; Celaya-Hernández *et al.*, 2008: 281-295; Solís Marín *et al.*, 2007: 73-100.

Observaciones en el Arrecife Verde. Celaya-Hernández (2006) y Celaya-Hernández *et al.* (2008) observaron 20 especímenes en 20 sitios de muestreo en cuatro periodos de recolecta (primera recolecta 28 y 29/10/00, segunda recolecta 12 y 13/10/01, tercera recolecta 18 y 19/04/02, cuarta recolecta 10 y 11/10/02). La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.60 a 1.30 m, la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C. Los organismos se distribuyen en la parte suroeste, sur y sureste de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 59.3" y 19° 12' 05.7" N y 96° 03' 51.6" y 96° 04' 09.6" W; los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 15 a 270 m del cayo de arena; su distribución se encontró asociada en un 55% a sustratos rocosos, 40% a sustratos coralinos-rocosos y 5% a sustratos rocosos-arenosos. La especie se encontró 95% de la veces sobre el sustrato y 5% escondida en oquedades que estaban hechas a ras del piso arenoso, parte en contacto con el sustrato sólido y parte con el piso arenoso; a los ejemplares de esta especie nunca se les observó sobre sustratos meramente arenosos o con pedacería de conchas; 100 % de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum* y *E. lucunter lucunter*, y presenta poblaciones de tamaño reducido. En el otoño del 2000 se localizaron cuatro individuos de *E. viridis*. En la segunda recolecta se ubicaron tres ejemplares menos que en la primera recolecta (otoño del 2001); en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron cuatro individuos más que en la primera recolecta, siendo la vez en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2002 se localizaron tres individuo más que en la primera recolecta.

Descripción. Erizo de testa elíptica de color pardo o negra. Cinco pares de arcoporos, ocasionalmente seis; sistema apical con sólo uno o dos tubérculos en cada placa genital y ocular. Espinas claras o verdes con la punta violeta, azul o gris, base de la espina con un anillo de color blanco o amarillo. Pedicelarios tridentes.

Hábitat. Habitante de sustratos arenoso-rocosos con *Thalassia testudinum*, de 0-40 m (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

Distribución. Especie atlántica distribuida en las costas de Neguanje, Punta de Betún, Chengue, Bahía Concha y Cinto en Colombia, Florida, México, Belice, Cuba, Colombia y Venezuela (Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999).

CONSIDERACIONES FINALES

En este primer trabajo sobre todos los equinodermos del Arrecife Verde, se reportaron 23 especies. Esta información confirma la presencia de dichas especies tanto en el PNSAV como en el Golfo de México, subsanando parcialmente el hueco relativo manifestado por Solís-Marín *et al.* (1993) sobre la poca información que se tenía respecto de los equinodermos presentes en las costas del estado de Veracruz.

Lara *et al.* (1992) mencionan la existencia de algunas especies de equinodermos en la zona (*Davidaster rubiginosa*, *Ophiocoma echinata*, *Diadema antillarum*, *Tripneustes ventricosus*, *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides* y *Euapta lappa*); sin embargo, no especifican en qué arrecife del PNSAV fueron encontrados. Sánchez (1993) reporta al equinoideo irregular *Encope michelini* para el arrecife De Enmedio. Es posible que esta especie se encuentre presente en las zonas arenosas someras del sistema arrecifal, sin embargo, su existencia dentro del PNSAV debe ser corroborada, ya que no existen ejemplares que respalden tal registro. Por otro lado, Lara *et al.* (1992) y Gutiérrez *et al.* (1993) reportan la existencia del "erizo verde": *Strongylocentrotus droebachiensis* dentro del PNSAV, esta información es errónea, ya que este erizo se distribuye únicamente al norte de las Islas Británicas, Escocia y Mar del Norte, en el Atlántico noreste; es muy probable que este registro está confundido con *Lytechinus williamsi* Chesher, una especie de erizo habitante de Veracruz muy parecida al "erizo verde".

Ninguna de las especies aquí reportadas se puede considerar como endémica o de distribución restringida para las costas del estado de Veracruz. La fauna de equinodermos del PNSAV está compuesta por especies de amplia distribución dentro del Golfo de México, Gran Caribe y las Antillas Menores, como es de esperarse, dada la circulación de las corrientes marinas que bañan esas áreas a través del Caribe (Duncan *et al.*, 1977; Metcalfe *et al.*, 1997).

Los patrones de distribución geográfica mejor representados en estos nuevos registros son: el Atlántico y Anfiatlántico. La fauna de equinodermos del PNSAV incluye un importante grupo de especies tropicales caribeñas. De manera preliminar, podría pensarse que la baja o nula representatividad de especies cosmopolitas, circumtropicales y anfiamericanas es producto del bajo esfuerzo de recolectas realizadas hasta el momento en el PNSAV, razón por la cual muchas especies comunes potenciales aún no han sido registradas. El PNSAV posee 39.6% de las especies reportadas para el estado de Veracruz, lo cual, si bien representa un porcentaje bajo, se debe considerar que el esfuerzo de recolecta ha sido también bajo.

Para conocer mejor la composición faunística de los equinodermos del PNSAV, será necesario efectuar recolectas más completas, así como revisar el material depositado en las otras colecciones científicas a fin de enriquecer la información obtenida.



Figura 1. *Oreaster reticulatus*. (Econatura, A. C.)



Figura 2. *Linckia guildingii*. (Econatura, A. C.)



Figura 3. *Ophiolepis paucispina*. (Econatura, A. C.)



Figura 4. *Ophiocoma echinata*. (Econatura, A. C.)



Figura 5. *Ophioderma cinereum*. (Econatura, A. C.)



Figura 6. *Eucidaris tribuloides tribuloides*. (Econatura, A. C.)

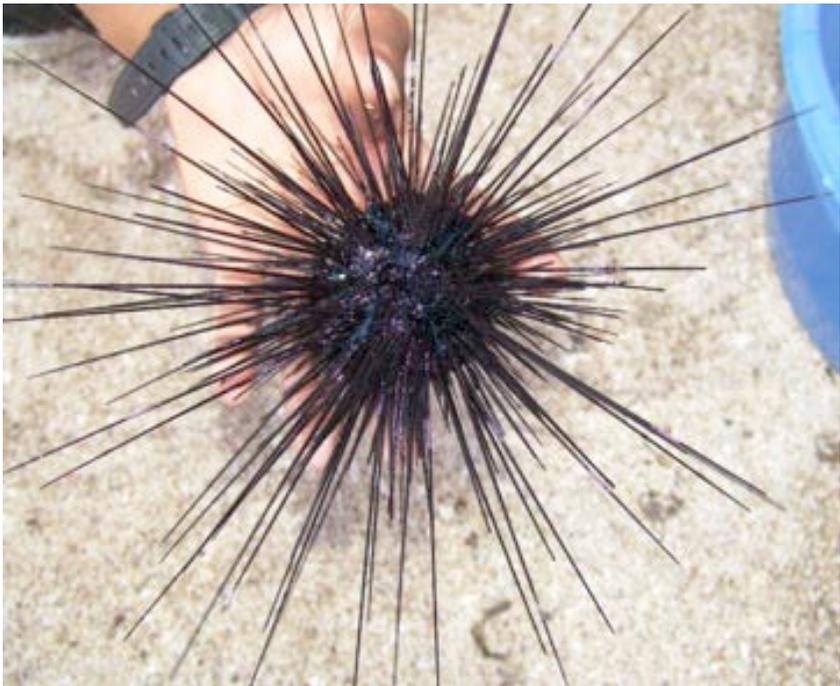


Figura 7. *Diadema antillarum*. (Econatura, A. C.)



Figura 8. *Centrostephanus longispinus rubicingulus*. (Econatura, A. C.)



Figura 9. *Tripneustes ventricosus*. (Econatura, A. C.)



Figura 10. *Echinometra lucunter lucunter*. (Econatura, A. C.)



Figura 11. *Echinometra viridis*. (Econatura, A. C.)

Literatura citada

- ABREU-PÉREZ, M., F. A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figuerras. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Ophiuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Rev. Biol. Trop.*, 53 (Supl. 3): 29-52.
- AGASSIZ, A. 1863. List of echinoderms sent to different institutions in exchange for other specimens, with annotations. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 1: 17-28.
- _____. 1867. Preliminary report on the echinoids from deep water between Cuba and Florida reef. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 2: 253.
- _____. 1872-74. Revision of the echini. Illustrated catalogue of the museum of Comparative Zoology at Harvard University. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 7(1): 1-242.
- AGASSIZ, A. y E. Désor. 1846. *Catalogue raisonné des Échinoderme*, 22: 1-326.
- AGASSIZ, A. y G. Valentin, 1838-1842. *Monographies d'Echinodermes vivants et fossiles*, núms. 1-4, 155 pp.
- AGASSIZ, A. y H. L. Clark. 1908. Hawaiian and other Pacific Echini. The Salenidae, Arbaciadae, Aspidodiadematidae and Diadematidae. *Memoirs Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 34(2): 92.
- BAKUS, G. J. 1968. Defense mechanisms and ecology of some tropical holothurians. *Marine Biology*, 2(1): 23-32.
- BELL, F. J. 1879. Observations on the characters of Echinoidea. I. On the species of the genus *Brissus*, and on the allied forms *Meoma* and *Metalia*. *Proc. Zool. London*, 1879: 249-255.
- BERNASCONI, I. 1955. Una nueva especie de *Diadematidae* tropical. *Neotropica*, 1: 92.
- _____. 1955b. Equinoideos y asteroideos de la Colección del Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo. *Bolm. Do Inst. Oceanogr. São Paulo*, 6(1-2): 51-78.
- BIRKELAND, C. 1987. Nutrient availability as a major determinant of differences among coastal hard substratum communities in different regions of the tropics. Pp. 45-97. En: C. Birkeland (Ed.). *Comparison between Atlantic and Pacific tropical marine coastal ecosystems: community structure, ecological processes, and productivity*. UNESCO.
- _____. 1989. The influence of echinoderms on coral reef communities. Pp. 1-79. En: M. Jangoux y J. M. Lawrence (Eds.). 1989. *Echinoderm Studies*. Balkema, Rotterdam, Brookfield. Vol. 3, 383 pp.
- BLAINVILLE H., M. D. 1825. *Dictionnaire des Sciences Naturelles*, 83 pp.
- BOONE, L. 1928. Scientific results of the first oceanographic expedition of the "Pawnee", 1925. Echinodermata from tropical East American seas. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection Yale University*, 1: 1-22.

- _____. 1933. Scientific results of cruises of the Yachts "Eagle" and "Ara", 1921-1928, William, K. Vanderbilt, Commanding. Coelenterata, Echinodermata and Mollusca. *Bull. Of the Vanderbilt Marine Museum*, 4: 1-217.
- BORRERO-PÉREZ, G. H. y M. Benavides-Serrato. 2004. Primer registro de *Clypeaster ravenelii* y *Centrostephanus longispinus rubricingulus* (Echinodermata: Echinoidea) para el caribe colombiano. *Boletín de Investigación Marina y Costera*, 33: 279-284.
- BRAVO-TZOMPANTZI, D., F. A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras, M. Abreu-Pérez y A. Durán González. 1999. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 10(1): 43-72.
- BRIBIESCA-CONTRERAS, G. 2010. *Biodiversidad de ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) del arrecife Isla Verde y análisis de registros históricos para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 193 pp.
- BRITO, I. M. 1962. *Ensaio de catálogos dos equinodermas do Brasil*. Avulso Centro de Estudos Zoológicos, Universidade do Brasil, 13: 1-11.
- _____. 1968. Asteróides e equinóides do Estado de Guanabara e adjacências. *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro, new series (Zoología)*, 260: 1-51.
- BRUSCA, R., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. *Invertebrates*. Sundeerland (Massachusetts): Sinaeur Associates. 1104 pp.
- BUITRÓN-SÁNCHEZ, B. E. y F. A. Solís-Marín. 1993. La biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol. esp., 44: 209-231.
- CARRERA-PARRA, L. F. 1993. *Estructura de la comunidad críptica asociada a las esponjas del arrecife de Isla de Enmedio, Veracruz, México*. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Tesis de Licenciatura. Xalapa, Veracruz, México. 53 pp.
- CASO, M. E. 1953. *Estado actual de los conocimientos de la fauna de equinodermos de México*. Memorias del Congreso Científico Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México, 3-16 pp.
- _____. 1974. Contribución al conocimiento de los equinoideos de México. El género *Tripneustes* A. Agassiz. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 1(1): 1-24.
- _____. 1996a. Las especies del género (*sic*) *Luidia forbes* y *Astropecten gray* del Caribe mexicano, colectados en las campañas oceanográficas PROIBE II, III, IV, v a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicaciones Especiales 22(1): 1-25.

- _____. 1996b. III Asteroideos del Caribe Mexicano colectados en las campañas oceanográficas PROIBE II, III, IV Y V a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM, Publicaciones Especiales 22(1): 27-57.
- _____. 1961. *Los equinodermos de México*. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias, UNAM, México, 338 pp.
- _____. 1941. Contribución al conocimiento de los asteroideos de México. I. La existencia de *Linckia guildinguii* Gray, en la costa pacífica. *An. Inst. Biol. UNAM*, 12: 155-160.
- _____. 1951. Contribución al conocimiento de los ofiuroides de México. 1. Algunas especies de ofiuroides litorales. *An. Inst. Biol. Univ. UNAM*, 22(1): 219-312.
- _____. 1978. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Órdenes Cidarioidea y Aulodonta; Parte 2. Órdenes Stiridonta y Camarodonta. *Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. Publicación Especial, (1): 1-244.
- _____. 1980. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte Tercera. Orden Clypeasteroidea. *Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. Publicación Especial, (4): 1-252.
- _____. 1983. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte Cuarta. Órdenes Cassiduloidea y Spatangoida. Instituto Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Publicación Especial, (6): 1-200.
- CAYCEDO, I. E. 1978. Holothuroidea (Echinodermata) de aguas someras en la costa norte de Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín*, 10: 149-198.
- CELAYA-HERNÁNDEZ, E. V. 2006. *Erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) de la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver., México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 235 pp.
- CELAYA-HERNÁNDEZ, E. V., F. A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras, A. de la L. Durán-González y T. Ruiz-Rodríguez. 2008. Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México, pp. 281-295. En: Alvarado, J. J. y J. Cortés (Eds.). 2008. Estudios Latinoamericanos en Equinodermos II. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (Suppl. 3): 364 pp.
- CHESHER, R. H. 1970. Evolution in the genus *Meoma* (Echinoidea: Spatangoida) and a description of a new species from Panama. Biological Results of the University of Miami Deep-Sea Expedition. *Bulletin of Marine Sciences*, 20 (3): 731-761.

- CLARK, A. H. 1939. Echinoderms of the Smithsonian Hartford Expedition, 1937 with other West Indian records. *Proceedings of the United States National Museum*, 86: 441-456.
- _____. 1954. Echinoderms (other holothurians) of the Gulf of Mexico. Pp. 373-379. En: P. S. Galtsoff, (Ed.). Gulf of Mexico. Its origin, waters and marine life. U. S. Fish and Wildlife Services. *Fishery Bulletin*, 55(89): 604.
- _____. 1947. A monograph of the existing crinoids. Vol. 1. The Comatulids. Part 4b. Superfamily Mariametrida (Concluded. The family Colobometridae) and Superfamily Tropiometrida (Except the families Thalassometridae and Charimetridae). *Smiths. Inst. Unit. Stat. Nat. Mus. Bull.* 473 pp.
- _____. 1950. A monograph of the existing crinoids. The Comatulids. Superfamily Tropiometrida (the families Thalassometridae and Charimetridae). *Smiths. Inst. Unit. Stat. Nat. Mus.* 371 pp.
- CLARK, A. M. y M. E. Downey, 1992. Starfishes of the Atlantic. *Nat. Hist. Mus. London.* 779 pp.
- CLARK, A. M. 1967. Echinoderms from the Red Sea, part 2 (Crinoids, Ophiuroids, Echinoids and more Asteroids). *Israel South Red Sea Expedition 1962, Reports*, 21: 26-58.
- _____. 1989. An index of names of recent Asteroidea. Part. 1: Paxillosida and Notomyotida. Pp. 225-347. En: M. Jangoux y J. M. Lawrence (Eds.). *Echinoderm Studies*. A. A. Balkema. Rotterdam. Brookfield. Vol. 3, 383 pp.
- _____. 1993. An index of names of recent Asteroidea. Part 2: Valvatida. Pp. 187-366. En: M. Jangoux y J. M. Lawrence (Eds.). *Echinoderm Studies*. A. A. Balkema Rotterdam Brookfield.
- _____. 1996. An index of names of recent Asteroidea. Part 3: Velatida and Spinulosida. Pp. 183-250. En: M. Jangoux y J. M. Lawrence (Eds.). *Echinoderm Studies*. Balkema Rotterdam Brookfield.
- CLARK, H. L. 1901. The Echinoderms of Puerto Rico. *U. S. Commission of Fish and Fisheries Bulletin for 1900*, 2: 231-263.
- _____. 1912. Hawaiian and other Pacific Echini. The Pedinidae, Phymosomatidae, Stomopneustidae, Echinidae, Temnopleuridae, Strongylocentrotidae and Echinometridae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 34(4): 108.
- _____. 1915. Catalogue of recent Ophiurans, based on the collections of the Museum of Comparative Zoology. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 25(4): 165-376.
- _____. 1918. Brittle-Stars, New and Old. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College*, 62(6): 265-338.

- _____. 1918. Report on the Crinoidea and Echinoidea collected by the Bahama Expedition from the University of Iowa in 1893. Iowa. *Monogr. Bulletin of Natural History*, 7(5): 1-37.
- _____. 1919. The distribution of the littoral Echinoderms of the West Indies. *Carnegie Institution of Washington*, 281(13): 49-74.
- _____. 1921. Report of the Echinoidea collected by the Barbados-Antigua Expedition from the University of Iowa in 1918. *University of Iowa Studies in Natural History*, 9(5): 103-121.
- _____. 1922. Echinoids of Challenger Bank, Bermuda. *Proceeding of American Academy of Arts and Sciences*, 57: 361.
- _____. 1925. Catalogue of the recent sea urchins. *British Museum of History. London*, pp. 1-250.
- DEICHMANN, E. 1930. The holothurians of the western part of the Atlantic Ocean. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 71: 43-226.
- _____. 1939. Holothurian from Biscayne Bay, Florida. *Proceedings of the Florida Academy of Sciences*, 3: 128-137.
- _____. 1954. The holothurians of the Gulf of Mexico. En: P. S. Galtsoff (coord.). 1954. Gulf of Mexico, its origin, waters, and marine life. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 55(89): 381-410.
- DES MOULINS, C. 1837. Études sur les Échinides Pt. III *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, (7-9): 520.
- DEVANEY, D. M. 1974. Shallow water echinoderms from British Honduras, with a description of a new species of *Ophiocoma* (Ophiuroidea). *Bulletin of Marine Science*, 24: 122-164.
- DÖDERLEIN, L. 1906. *Die Echinoiden der deutschen Tiefsee-Expedition*. Wissensch. *Ergebn. Dtsch. Tiefsee-exped. Valdivia* 5, Lief 2. 101 pp.
- DUNCAN, C. P. D. K., A. J. R. Duncan y P. N. Froelich. 1977. Drift bottle returns from the Caribbean. *Bull. Mar. Sci.*, 27(3): 580-586.
- DURÁN-GONZÁLEZ, A., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón-Sánchez, C. A. Gust y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de la zona marina económica exclusiva del Golfo de México. *Biología Tropical*, 53 (Supl. 3): 53-68.
- ENGEL, H. 1927. Echinoidea (v. Curacao). *Bijdr. Tot de dierk*, 25: 193.
- ESPINOSA, J., M. Abreu y O. Gómez. 1997. Adiciones a la fauna de equinodermos de Cuba. *Avicennia*, 6(7): 61-64.
- FELL, F. J. 1975. The echinoid genus *Centrostephanus* in the south Pacific Ocean with a description of a new species. *J. R. Society of Natural Zoology*, 5(2): 179-193.
- FELL, H. B. 1960. Synoptic keys to the genera of *Ophiuroidea*. *Zool. Pub. Victoria Univ. Wellington*, 26: 1-44.

- FORSKAL, P. 1775. *Descriptiones Animalium, Avium, Amphibiorum, Piscium, Insectorum, Vernium; quae in itinere Orientali observavit Petrus Forskal*. Port mortem auctoris edidit Carsten Niebuhr. Adjuncta est material medica Kahirina atque tabula Maris Rubri geographica. Hauniae.
- GALLO, J. N. 1988. Contribución al conocimiento de los equinodermos del Parque Nacional, Natural Tayrona. I. *Echinoidea*. *Trianea*, 1: 99-110.
- GALTSOFF, P. S. 1954. Historical sketch of the explorations in the Gulf of Mexico. Pp. 3-36. En: P. S. Galtsoff, (Ed.). *Gulf of Mexico. Its origin, waters and marine life*. U. S. *Fish Wildlife Service, Fish Bulletin*, 55(89): 604.
- GAMBOA-CONTRERAS, J. A. 1978. *Estudio preliminar acerca de la fauna de equinodermos de la costa norte del estado de Veracruz*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Autón. Nvo. León. 121 pp.
- GRAY, J. E. 1825. An attempt to divide the Echinida, or sea-eggs, into natural families. *Annals of Philosophy*, 26: 423-431.
- _____. 1855. An arrangement of the families of Echinida, with descriptions of some new genera and species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1855: 35-39.
- GUTIÉRREZ D., M. García-Sáenz, C. Lara y C. Padilla, 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. Pp. 787-806. En: S. I. Salazar Vallejo y N. E. González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. Conabio y Ciqro. 865 pp.
- HENDLER, G. y R. L. Turner. 1987. Two new species of *Ophiolepis* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico: With notes on ecology, reproduction and morphology. *Contributions in Science (Los Angeles)*, 395: 1-14.
- HENDLER, G., J. E. Miller, D. L. Pawson y P. M. Kier. 1995. *Sea Stars, sea urchins and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smith. Inst. Press. EUA. 390 pp.
- HENKEL, D. H. 1982. *Echinoderms of Enmedio Reef, southwestern Gulf of Mexico*. M.S. Thesis. Corpus Christi State University, Corpus Christi, Texas. 78 pp.
- HERNÁNDEZ-AGUILERA, J. L., R. E. Toral-Almazán, J. A. Ruiz-Nuño y V. Arenas-Fuentes. 2004. *Avances en el conocimiento de la biodiversidad de los arrecifes coralinos de las islas Verde y Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. En: IV Reunión Internacional Alejandro Villalobos, 21-22 de octubre, Samuel Gómez (coordinador del comité), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- HERNÁNDEZ-HERREJÓN, L. A., F.A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figueras. 2008. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Suppl. 3): 83-167.
- HUNTE, W., I. Coté y T. Tomasick. 1986. On the dynamics of the mass mortality of *Diadema antillarum* in Barbados, *Coral Reefs*, 4: 135-139.

- JACKSON, R. T. 1912. Phylogeny of the Echini, with a revision of Paleozoic species. *Memories of Boston Society of Natural History*, 7: 460.
- _____. 1914. *Studies of Jamaica Echini*. Publications of the Carnegie Institute. Washington, 182: 139-162.
- KIER, P. M. 1975. The echinoids of Carrie Bow Cay, Belize. *Smith. Cont. Zool.*, 206: 1-20 pp.
- KOEHLER, R. 1908. Astéries, Ophiures et Echinides. *Rep. "Scotia"*, 5: 302.
- _____. 1914. A contribution to the study of the ophiurans of the United States National Museum. *Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin*, 84: 1-173.
- _____. 1914. *Echinoderm fauna of West Africa*, 218 pp.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., A. I. Gutiérrez-Castro, F. A. Solís-Marín, A. Durán-González y J. Torres-Vega. 2005. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 53(Suppl. 3): 69-108.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn, B. E. Buitrón-Sánchez y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista Biología Tropical*, 53(Suppl. 3): 109-122.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, P. Hernández-Pliego y R. del Valle-García. 2001. Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos. *Avicennia*, 14: 7-46.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., J. Torres-Vega, F. A. Solís-Marín, E. Mata-Pérez, A. Durán-González y M. Abreu. 2002. Los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) del Caribe Mexicano: Incluyendo comentarios sobre su zoogeografía. *Avicennia*, 15: 1-8.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., L. A. Hernández-Herrejón, F. A. Solís-Marín y A. Durán-González. 2009. *Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México*. Conabio, ICMYL, UNAM: 1-246.
- LAGUARDA-FIGUERAS, A., M. Abreu, J. Torres-Vega, F. A. Solís-Marín y A. Durán-González. 2004. Los ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos. *Avicennia*, 17: 13-34.
- LAMARCK, J. B. A. De. 1816. *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres, présentant les caractères généraux et particulieres de ces animaux, leur distribution, leur classes, leur familles, leur genres, et la citation des principales espèces qui s' rapportent; Précédés d'une Introduction offrant la Détermination des caractères essentiels de l'Animal, sa distinction du végétal et des autres corps naturels, en fin, l'Exposition des Principes fondamentaux de la Zoologie*. Tome Second. Libraire Verdière, Paris, III + 568 pp.

- LARA, M., C. Padilla, C. García y J. J. Espejel, 1992. Coral Reef of Veracruz México. I. Zonation and Community. Proc. of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam., 1: 535-544.
- LESKE, N. G. 1778. Additamenta ad Jacob Theodory Klein Naturalem Dispositionem Echinodermatum et Lucubrationum des Aculeis Echinorum Marinorum. *Upsala*. 216 pp.
- LESSIOS, H. A., D. R. Robertson y J. D. Cubitt. 1984. Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean, *Science*, 226: 335-337.
- LEWIS, J. B. 1961. List of the Echinoidea of Barbados. *Journal of the Barbados Museum of Natural History Society*, 28(2): 52-53.
- LINNAEUS, C. 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. Tomus I. Editio Decima, Reformata. Impensis Direct. Laurentii Salvii, Holmiae, IV + 824 pp.
- LJUNGMAN, A. 1867. Om några nya arter af Ophiurider. Öfversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 23(6): 163-166.
- LOVÉN, S. 1887. On the Echinoidea described by Linnaeus. *Bihang. Sv. Vetensk. Akad. Handl. N., Ser. 13*: 153-157.
- LUDWIG, H. 1875. Beiträge zur Kenntniss der Holothurien. *Arbeiten aus dem Zoologisch-zootomisches Institut in Würzburg*, 2: 77-120.
- LÜTKEN, C. F. 1859. Additamenta ad historiam Ophiuridarum. Beskrivesler af nye eller hidtil kun ufuldstændigt kjendte Arter af Slangestjerner. Anden Afdeling. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter*, 5(1861): 177-271.
- _____. 1863. Bidrag til Kundskab om Echiniderne. *Vid. Medd. Nat. Foren. Kjøbenhavn*, 139 pp.
- LYMAN, T. 1883. XX Report on the Ophiuroidea. Reports on the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Caribbean sea (1878-79), and on the east coast of the United States, during the summer of 1880, by the U. S. Coast survey Steamer "Blake", commander J. R. Bartlett, U. S. N. Commanding. *Bulletin of the Museum Of Comparative Zoölogy at Harvard College*, 10(6): 227-287.
- MARTENS, E. Von. 1865. Über *Toxocidaris mexicana* u. ihre individuelle Verschiedenheiten. *Abhandl. D. Ges. Naturf. Freunde. Berlin*, 14 pp.
- MARTÍNEZ DE RODRÍGUEZ, A. y A. Mago-Herminson. 1975. Contribución al conocimiento de los holouroides (Holothuroidea: Echinodermata) de la región oriental de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente Cumana*, 14: 187-197.
- MATSUMOTO, H. 1915. A new classification of Ophiuroidea with descriptions of new genera and species. *Nat. Sci. Phil.*, 67: 43-93.

- MAYA-VILCHIS, P. 1993. *Distribución, abundancia y algunos aspectos de la biología del erizo Lytechinus variegatus en el arrecife Hornos del puerto de Veracruz, Ver., México*. Tesis. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. México. 92 pp.
- MILLER, J. E. y D. L. Pawson. 1984. Holothurians (Echinodermata: Holothuroidea). *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 7: 1-79.
- MORTENSEN, Th. 1909. Echinodermen. *Deutsche Südpolar Exp.*, 6: 1-40.
- _____. 1921. *Studies of the Development and Larval Forms of Echinoderms*. G. E. C. Gad, Copenhagen, Denmark, 266 pp.
- _____. 1927. *Échinodermen*. Travailleur et Talisman, 24 pp.
- _____. 1931. Contribution to the study of the development and larval forms of some echinoderms. I. The development and larval forms of some tropical echinoderms. II. Observation on some Scandinavian echinoderm larvae. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Skrifter Naturvidenskabelig og Mathematisk*, 41: 1-39.
- _____. 1933. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition, 1914-1916. LXVI. The echinoderms of Sta. Helena (other than crinoids). *Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistorisk Forening i Kjobenhavn*, 93: 401-472.
- _____. 1928. *A monograph of the echinoidea. I. Cidaroida*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 551 pp.
- _____. 1935. *A monograph of the Echinoidea. II. Bothriocidaroida, Melonechinoidea, Lepidocentrotida and Stirodonta*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 647 pp.
- _____. 1940. *A monograph of the Echinoidea. III. 1. Aulodonta*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 370 pp.
- _____. 1943. *A monograph of the Echinoidea. III. 2,3. Camarodonta*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 553 pp.
- _____. 1948. *A monograph of the Echinoidea. IV. 1. Holoctypoida, Cassiduloida*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 371 pp.
- _____. 1950. *A monograph of the Echinoidea. V. 1. Spatangoida 1*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 371 pp.
- _____. 1951. *A monograph of the Echinoidea. V. 2. Spatangoida 2*. C. A. Rietzel, Copenhagen. 593 pp.
- MÜLLER, J. y F. H. Troschel. 1842. *System der Asteriden*. Mit Swolf Kupfertafeln, Fiedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig, Germany, 134 pp. 12 pls.
- NISHIMURA-MURAKAMI, M. 2005. *Distribución y abundancia del erizo blanco Tripneustes ventricosus (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife Isla Verde, Veracruz, México*. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 113 pp.
- PARSLOW, R. C. y A. M. Clark. 1963. Ophiuroidea of the Lesser Antilles. *Studies on the fauna of Curacao and other Caribbean islands*, 15(67): 24-50.

- PAWSON, D. L. y J. Miller. 1983. Systematics and ecology of the sea-urchin genus *Centrostephanus* (Echinodermata: Echinoidea) from the Atlantic and Eastern Pacific Oceans. *Smithsonian Contribution to Marine Sciences*, 20: 1-15.
- PAWSON, D. L. 1986. Phylum Echinodermata. 522-541 En: W. Sterrer (Ed.). *Marine Fauna and Flora of Bermuda: A systematic guide to the Identification of Marine Organisms*. John Wiley y Sons, Nueva York.
- PAWSON, D.L. y H. B. Fell. 1965. A revised classification of the dendrochirote holothurians. *Brev.*, 214: 1-7.
- PHILIPPI, D. 1845. Beschreibung einiger neuen Echinodermen. *Arch. F. Naturgesch*, 1: 1-355.
- POMEL, A. 1869. *Revue des Echinodermes et de leur classification pour servir d'introduction a l'étude des fósiles*. París, 67 pp.
- RATHBUN, R. 1879. List of Brazilian echinoids. *Trans. of the Connecticut Academy of Sciences*, 5: 1-143.
- ROWE F., W. E. 1969. A review of the family holothuriidae (Holothurioidea: Aspidochirotida). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 18: 119-170.
- RUIZ, S. S. 1988. *Estudio descriptivo de la morfología externa de Tripneustes ventricosus (Lamarck) y Lytechinus variegatus (Lamarck), (Echinoidea: Echinodermata), colectados en el Arrecife de Lobos, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, 67 pp.
- SÁNCHEZ, D. C. 1993. *Taxocenosis y estructura de la comunidad de equinodermos del arrecife de Isla de Enmedio, Ver. (Stelleroidea, Crinoidea, Equinoidea: Echinodermata)*. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. México, 49 pp.
- SAY, T. 1825. On the species of the Linnean genus *Asterias*, inhabiting the coast of the United States. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 5: 141-154.
- SELENKA, E. 1867. Beitrage zur Anatomie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift fur wissenschaftliche Zoologie*, 17: 291-374.
- SERAFY, D. K., 1979. *Memoirs of the Hourglass Cruises. V (III): Echinoids (Echinodermata: Echinoidea)*. St. Petesburg, Florida: Florida Department of Nat Res. EUA. 120 pp.
- SMITH, A. B. 1984. *Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology*. George Allen y Unwin, London, 190 pp.
- SOLÍS-MARÍN, F. A. y A. Laguarda-Figueras. 1998. Los equinodermos de México. *Biodiversitas*, 4(18): 2-7.
- _____. 2007. Cap. 11. Equinodermos: 187-214. En: L.M. Mejía-Ortiz (Ed.). *Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel*. Universidad de Quintana Roo, Plaza y Valdés México. 422 pp.

- _____. 2011. Crinoideos, estrellas, ofiuros, erizos y pepinos de mar (Echinodermata). Pp. 222-234. En: A. Cruz-Angón (Ed.), F. G. Lorea-Hernández, V. Hernández-Ortiz y J. E. Morales-Mávil (comps.). *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de estado. Diversidad de especies: conocimiento actual*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México.
- _____. 2007. Phylum Echinodermata. Pp. 307-322. En: Fernández-Álamo Ma., A. y G. Rivas (Eds.). *Niveles de organización en animales*. Facultad de Ciencias UNAM, Las Prensas de Ciencias. 432 pp.
- SOLÍS-MARÍN, F. A., A. Laguarda-Figueras y M. A. Gordillo-Hernández. 2007. Estudio taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 73-100. En: A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (Eds.). *Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- SOLÍS-MARÍN, F. A., M. D. Herrero-Pérezrul, A. Laguarda-Figueras y J. Torres-Vega. 1993. Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). Pp. 91-105. En: S. Salazar-Vallejo, y N.E. González (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Conabio-CIQRO, México. 865 pp.
- SOLÍS-MARÍN, F. A., A. Laguarda-Figueras, M. B. I. Honey-Escandón, L. López Luján, B. Zúñiga-Arellano, A. A. Caballero Ochoa, C. A. Conejeros Vargas, C. Martín-Cao-Romero, A. Durán-González, A. y Ma. E. Diupotex Chong. 2018. Equinodermos (Echinodermata) de México: Estado actual del conocimiento de su biodiversidad, biogeografía, estudios bioquímicos y nuevos descubrimientos arqueozoológicos. *Revista Biología y Sociedad*, 2: 6-21.
- SOLÍS-MARÍN, F., B. Esteban-Vázquez y A. Laguarda-Figueras, 2019. Estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) de Veracruz. Pp. 75-98. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara y D. Salas-Monreal (Eds.). *Estudios científicos en el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche, México. 376 pp.
- TOMMASI, L. R. 1966. Sobre algunos equidermas da Região do Golfo de México e do mar das Antilhas. *Anales del Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México, 37(1-2): 155-165.
- _____. 1970. Os Ofiuróides Recentes do Brasil e de Regioes Vizinhas. *Contrib. Instit. Oceanog. Univ. S. Paulo. Sér. Ocean. Biol.* (20): 1-146.
- _____. 1967. Lista dos Equinoides recentes de Brasil. *Cont. Avulsas Inst. Ocean.*, Univ. São Paulo, 11: 1-50.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 559-575. En: S. Salazar Vallejo y N.E.

- González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. Conabio-Ciqro, México. 865 pp.
- VÁZQUEZ-BADER, A. R. 1988. *Comunidades de macroinvertebrados béticos de la plataforma continental del suroeste del Golfo de México: abundancia, distribución y asociaciones faunísticas*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar, del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México, 150 pp.
- VERRILL, A. E. 1907. The Bermuda Island. *Transactions of the Connecticut Academy of Sciences*, 12: 323.
- _____. 1899. Report on the Ophiuroidea collected by the Bahama Expedition in 1893. *Bull. Lab. Nat. Hist. State University Iowa*, 5(1): 1-86.
- VILLALOBOS, F. A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. *Coloquio sobre investigaciones y recursos del mar Caribe y regiones adyacentes*, UNESCO, 1: 531-545.
- VOSS, G. L. 1976. *Seashore Life of Florida and the Caribbean: a Guide to the Common Marine Invertebrates of the Atlantic from Bermuda to the West Indies and of the Gulf of Mexico*. E. A. Seemann Publishing, Miami, Florida. 168 pp.
- WORBIT-TORRES, H. 1986. *Introducción al conocimiento de los equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) de la costa de Tamaulipas y norte del estado de Veracruz, México*. Tesis. Escuela de Ciencias Biológicas, Univ. del Noreste. 59 pp.
- ZIESENHENNE, F. C. 1955. *A review of the genus Ophioderma Müller y Troschel. Essays in the Natural Sciences in honor of Captain Allan Hancock, on the occasion of his birthday*. Los Ángeles, University of Southern California Press.

ASCIDIAS

Lilian Abigail Palomino-Álvarez,¹ José Luis Tello Musi¹

Los invertebrados marinos forman un grupo taxonómico muy amplio y variado que, si bien tiene mucha importancia ecológica para el buen estado ambiental de los ecosistemas, es muy poco conocido y sufre una gran presión por diferentes actividades humanas. Dentro de los invertebrados marinos se encuentra el subphylum de los Tunicados (Canon *et al.*, 2016), representado por organismos exclusivamente marinos, repartidos por todos los mares (desde los trópicos hasta los polos), y en profundidades desde la franja litoral hasta las trincheras hadales (Sanamyan y Sanamyan, 2006). Los individuos de este grupo son triblásticos, celomados, deuterostomados y con simetría bilateral; y al pertenecer al phylum de los Cordados, poseen al menos en alguna etapa de su ciclo de vida notocorda, tubo neural dorsal y faringe (hendiduras faríngeas).

Los tunicados o urocordados comprenden tres clases: Appendicularia, Thaliacea y Ascidiacea (Margulis *et al.*, 1998) y se encuentran dentro de los dos grupos ecológicos importantes según su etapa adulta: pelágicos y bentónicos (Millar, 1971). En el caso de la clase Ascidiacea, la etapa adulta se desarrolla específicamente en el bentos; se encuentran, principalmente, distribuidos a lo largo de las costas rocosas (Figura 1), raíces de mangles, formaciones coralinas y bancos de moluscos, generalmente bivalvos (Carballo-Pérez y Díaz, 2011). Las ascidias constituyen dentro de los cordados marinos uno de los grupos más conspicuos, dominantes en cuanto a riqueza de especies (Lambert, 2005) y de amplia distribución a nivel global. Se conocen alrededor de 3,000 especies (Shenkar y Swalla, 2011) y dos tipos principales: ascidias solitarias y coloniales. Estos ani-

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. lily.drgalvar91@gmail.com

males se alimentan por filtración, lo que los convierte en organismos ideales como bioindicadores o biomonitores de la calidad de agua. Por otro lado, algunas especies contienen metabolitos secundarios con acción bioactiva y antitumoral, de allí el creciente interés de la industria farmacéutica en estos organismos (Menna, 2009).



Figura 1. Distribución de ascidias en el bentos. (Fotografía: J. L. Tello Musi)

MORFOLOGÍA DE LAS ASCIDIAS

Las larvas de las ascidias son planctónicas compuestas por una cauda, papilas adhesivas, ámpulas ectodérmicas y vesículas sensoriales (Figura 2). Dicha larva sufre metamorfosis hacia el estado adulto. La metamorfosis comienza con la fijación al sustrato mediante las papilas adhesivas; la cauda desaparece, la notocorda y el tubo neural se reabsorben, los sífonos se desplazan en posición superior y giran 180° hasta quedar en la zona opuesta a la de fijación. El atrio se expande formando una cavidad que rodea completamente la faringe y alcanza el ano. El número de hendiduras branquiales de la faringe aumenta y los dos sífonos se abren al exterior.

En su fase adulta, estos organismos tienen como exoesqueleto una cubierta protectora denominada túnica, compuesta por tunicina, un polisacárido; la forma del cuerpo de las ascidias solitarias varía desde esférica o cilíndrica hasta formas totalmente irregulares, en el caso de las especies coloniales, los zooides son pequeños y ocasionalmente integrados en sistemas organizados (Brusca y Brusca, 2005). Las ascidias presentan adicionalmente dos aperturas: el sífon oral y el sífon atrial; una faringe amplia con función filtradora, un tracto digestivo completo

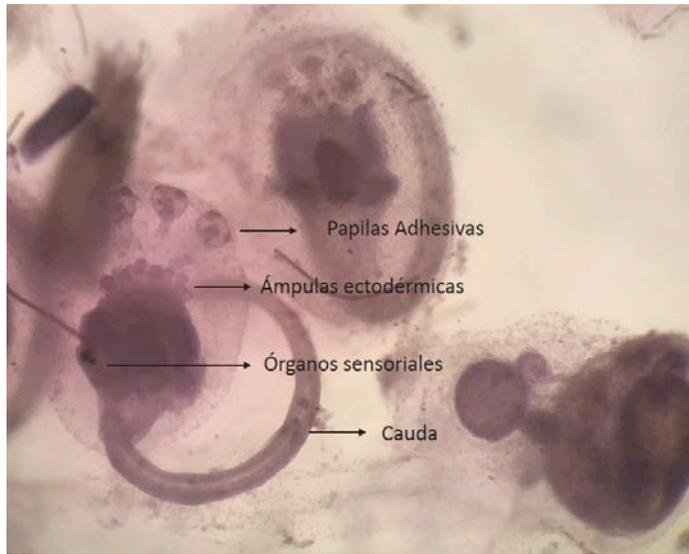


Figura 2. Componentes principales de las larvas de ascidias (en *Lissiclinum* sp.). (Fotografía: L. A. Palomino-Álvarez)

y un sistema circulatorio que incluye células transportadoras de varios elementos químicos, entre otros el vanadio. Son hermafroditas y tienen reproducción sexual y asexual (Berril, 1932, 1950). Cuando las células sexuales están maduras salen por el sifón atrial hacia el exterior, donde ocurre la fecundación (en organismos coloniales puede ocurrir dentro la colonia), formándose posteriormente la larva. La reproducción asexual involucra brotes o yemas, brindando un método de propagación rápido cuando las condiciones mejoran.

ESTUDIOS PREVIOS DE ASCIDIAS EN EL ARRECIFE VERDE

De acuerdo con la sistemática de Lahille (1886) y actualización de sinonimias, existen 69 especies de la clase Ascidiacea en el Golfo de México, contenidas en 12 familias (Cole y Lambert, 2009). El único estudio realizado para el sur del Golfo de México registra 29 especies de ascidias en 38 puntos de muestreo (Palomino-Álvarez 2017). Siendo Styelidae y Didemnidae las familias con más especies presentes, haciendo de las costas mexicanas un ambiente con gran potencial para incrementar el número de especies.

Previo al presente trabajo, dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano, en el Arrecife Verde únicamente se cuenta con registros fotográficos de

ascidias; sin embargo, a través del material fotográfico no es posible determinar a nivel de especie o incluso género, debido a la complejidad taxonómica que presentan (ver apartado Problemática de estudio).

ESPECIES CON RELACIÓN AL SUSTRATO

De los registros aportados en el sur del Golfo de México, la mayor parte de los especímenes se encontraron sobre sustratos naturales (rocas, corales y algas), la minoría sobre sustratos artificiales (plataformas petroleras, muelles y barcos hundidos) y algunos en asociaciones con otros organismos, tales como crustáceos, hidrozoarios y moluscos. Por tanto, a medida del incremento en los esfuerzos de muestreo enfocados en ascidias se espera un número elevado de registros de especies dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano, debido a la variedad de sustratos que presenta (arrecifes de coral, muelles, puertos, estructuras artificiales, etcétera).

PROBLEMÁTICA EN EL ESTUDIO DE ASCIDIAS

Las ascidias se han considerado como animales difíciles de determinar, ya sea a nivel de género o especie, debido a que los organismos son tan plásticos y cambiantes que relativamente proporcionan poca información acerca de su sistemática, por lo que es necesario la disección para, inclusive, tener únicamente un enfoque aproximado (Monniot y Monniot, 1972).

La determinación taxonómica a nivel de especie se encuentra condicionada por la presencia de gónadas maduras, ya que elementos como la posición de las gónadas, número de los folículos masculinos, ovarios y la larva, son indispensables incluso para la determinación del género. Por otra parte, el tamaño de los zooides en algunas ocasiones dificulta la observación de los mismos, por lo que es indispensable la aplicación de técnicas para la observación, como la inclusión de los zooides en preparaciones permanentes para su observación en microscopio óptico. Otra de las herramientas importantes es la microscopía electrónica de barrido sobre estructuras duras como las espículas, presentes en algunas familias como Didemnidae, ya que las diferencias en los caracteres morfológicos del zooides son mínimos (Kott, 2001), a veces imperceptibles y no siempre se encuentra presente la larva dentro de la colonia, por lo que es necesario el aislamiento y observación de las espículas para la diferenciación entre especies.

Por otro lado, la correcta determinación taxonómica se condiciona por un buen dominio y conocimientos en los caracteres taxonómicos, apoyo de la literatura adecuada, el respaldo y corroboración de un experto en taxonomía del grupo y la comparación de ejemplares con los de otras colecciones científicas. Otro aspecto de importante consideración en la determinación taxonómica es la enorme variación intraespecífica, lo que ocurre en otros invertebrados sésiles, como por ejemplo las esponjas. Algunas especies sufren modificaciones por la variedad de los ambientes en las que se encuentran y por consecuencia variaciones morfológicas (López-Legentil *et al.*, 2006) que conllevan a confusiones en la delimitación de especies. En este sentido, los caracteres descriptivos utilizados en la taxonomía no siempre resultan concluyentes, por lo que es necesario el apoyo en técnicas moleculares.

EXPECTATIVAS

Pese a la gran importancia de las ascidias, desde el punto de vista ecológico y biotecnológico, los estudios en México sobre este grupo son prácticamente inexistentes y actualmente el número de especies registradas en nuestras costas es muy inferior a lo que se esperaría por la gran diversidad de ambientes y de hábitats que en ellas encontramos.

Por otra parte, el SAV es un sistema arrecifal bien estructurado, desde el punto de vista geológico, ya que las zonas arrecifales típicas de los arrecifes de tipo costero y/o plataforma se encuentran bien desarrolladas. En especial, el Arrecife Verde cuenta con gran variedad de sustratos duros (en especial el porcentaje de cobertura de coral es alto), donde las larvas de ascidias pueden fijarse y desarrollarse óptimamente. Al ser una zona con múltiples tipos de sustrato y zona de incidencia de un puerto, se espera un incremento en los registros de especies a medida del aumento en los esfuerzos de muestreo.

Las ascidias presentan asociaciones con otros organismos, como por ejemplo con los crustáceos, hidrozoarios y moluscos. Algunos crustáceos de la familia Palaemonidae se encuentran únicamente en la faringe de ascidias solitarias; hasta el momento se cuenta con registros al este del sur del Golfo de México (Duarte *et al.*, en proceso). Por ello, el estudio de las ascidias en estas zonas no solo aportaría un incremento en la riqueza de especies de la clase, sino potencialmente nuevos registros en especies de crustáceos dependientes de la presencia de especies de ascidias.

FICHAS TÉCNICAS DE ASCIDIAS COMUNES EN ARRECIFE VERDE

Didemnidae sp. 1 Lám. 1 A-B.

Diagnosis externa. Organismos coloniales en forma globular o racimo de uvas incrustadas en la parte basal de coral, con presencia de zooides acomodados en sistemas. Presencia de cloaca y túnica translúcida.

Distribución geográfica general. La familia *Didemnidae* se encuentra representada por cinco géneros con 23 especies distribuidas en todo el Golfo de México.

Registros en México y en el PNSAV. De los registros actuales, la familia *Didemnidae* se encuentra distribuida en Campeche y Yucatán (Palomino-Álvarez, 2017). En el SAV es el primer registro.

Ambiente. Arrecifes de coral, raíces de mangle, puertos, aguas esteroestuarinas, sustratos artificiales y rocas.

Relevancia de la especie. Importante componente bentónico en referencia a su biomasa.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

Didemnidae sp. 2

Diagnosis externa. Organismos coloniales en forma de tapete, zooides organizados en numerosos sistemas, presencia de cloaca. Túnica de color blanca y morada.

Distribución geográfica general. La familia *Didemnidae* se encuentra representada por cinco géneros en el Golfo de México, con 23 especies distribuidas en todo el Golfo de México.

Registros en México y PNSAV. De los registros actuales la familia *Didemnidae* se encuentra distribuida en Campeche y Yucatán.

Ambiente. Arrecifes de coral, raíces de mangle, puertos, aguas esteroestuarinas, sustratos artificiales y rocas.

Relevancia de la especie. Importante componente bentónico en referencia a su biomasa.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

Botrylloides nigrum (Herdman, 1886) Lám. 1 C.

Principales sinonimias. *Botrylloides chazaliei* Sluiter, 1898; *Botrylloides niger* Herdman, 1886; *Botryllus niger* (Herdman, 1886); *Botryllus nigrum* (Herdman, 1886); *Metrocarpa nigrum* (Herdman, 1886).

Diagnosis externa. Colonias adheridas sobre pasto marino y debajo de rocas. Sistemas elongados formados por hileras de aproximadamente 25 zooides. La colonia viva es de color negro y coloración naranja en el borde de los sifones. Túnica transparente y frágil. Los zooides de aproximadamente 1 mm, células pigmentarias a lo largo del endóstilo. Borde de ambos sifones liso. Ocho tentáculos orales de dos tamaños intercalados. De 7 a 9 filas de estigmas (la segunda fila no llega al margen dorsal).

Distribución geográfica general. Bermudas (Monniot, 1972; Van Name, 1902, 1945), Mar Caribe (Goodbody, 1984), Cayos Pelícanos (Goodbody, 2000), Isla Margarita, Venezuela (Rocha *et al.*, 2010), Tobago (Cole, 2012), Puerto Royal, Jamaica (Goodbod, 2003), Golfo Cariaco, Venezuela (Carballo-Pérez y Díaz, 2011), Brasil, San Sebastián (Dias *et al.*, 2012), Bahía Paranagua (Rocha y Kremer, 2005), Río de Janeiro (Rocha y Costa, 2005), Sao Paulo (Rocha y Bonnet, 2009). África: región sur (Millar, 1988); Puerto Papeete, Polinesia (Monniot *et al.*, 1985), Dakar, Senegal (Monniot F. 1969), Australia (Kott, 1952), Gawler, Carickalinga, Puerto este, Puerto Filipinas (Kott, 1985).

Registros en México y en el PNSAV: Zona nerítica del interior de Campeche y Yucatán (Palomino-Álvarez, 2017). Es el primer registro en el SAV.

Ambiente. Arrecifes de coral, puertos y lagunas costeras.

Relevancia de la especie: Importante componente bentónico en referencia a su biomasa e indicador en calidad ambiental.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

***Phallusia nigra* Savigny, 1816 Lám. 1 D.**

Principales sinonimias. *Ascidia atra* Lesueur, 1823; *Ascidia nigra* (Savigny, 1816); *Ascidia somalensis* Sluiter, 1905; *Ascidia somaliensis* (Sluiter, 1905); *Phallusia atra* (Lesueur, 1823); *Phallusia violacea* (Gould, 1852); *Phallusiopsis nigra* (Savigny, 1816); *Thallusia nigra* (Savigny, 1816); *Tunica nigra* (Savigny, 1816).

Diagnosis externa. Túnica de color negro de aproximadamente 5 cm de longitud. Musculatura en forma de red del lado derecho. De 40 a 50 tentáculos orales simples de 4 tamaños diferentes. Tubérculo dorsal simple, 5 a 8 estigmas por malla.

Distribución geográfica general. Mar Aegean (Molnar *et al.*, 2008). Grecia: costa este de isla Rhodes y Rhodes (Kondilatos y Corsini-foka, 2010); Israel: (Pérès, 1958). Brasil: diversas zonas costeras (Bonnet y

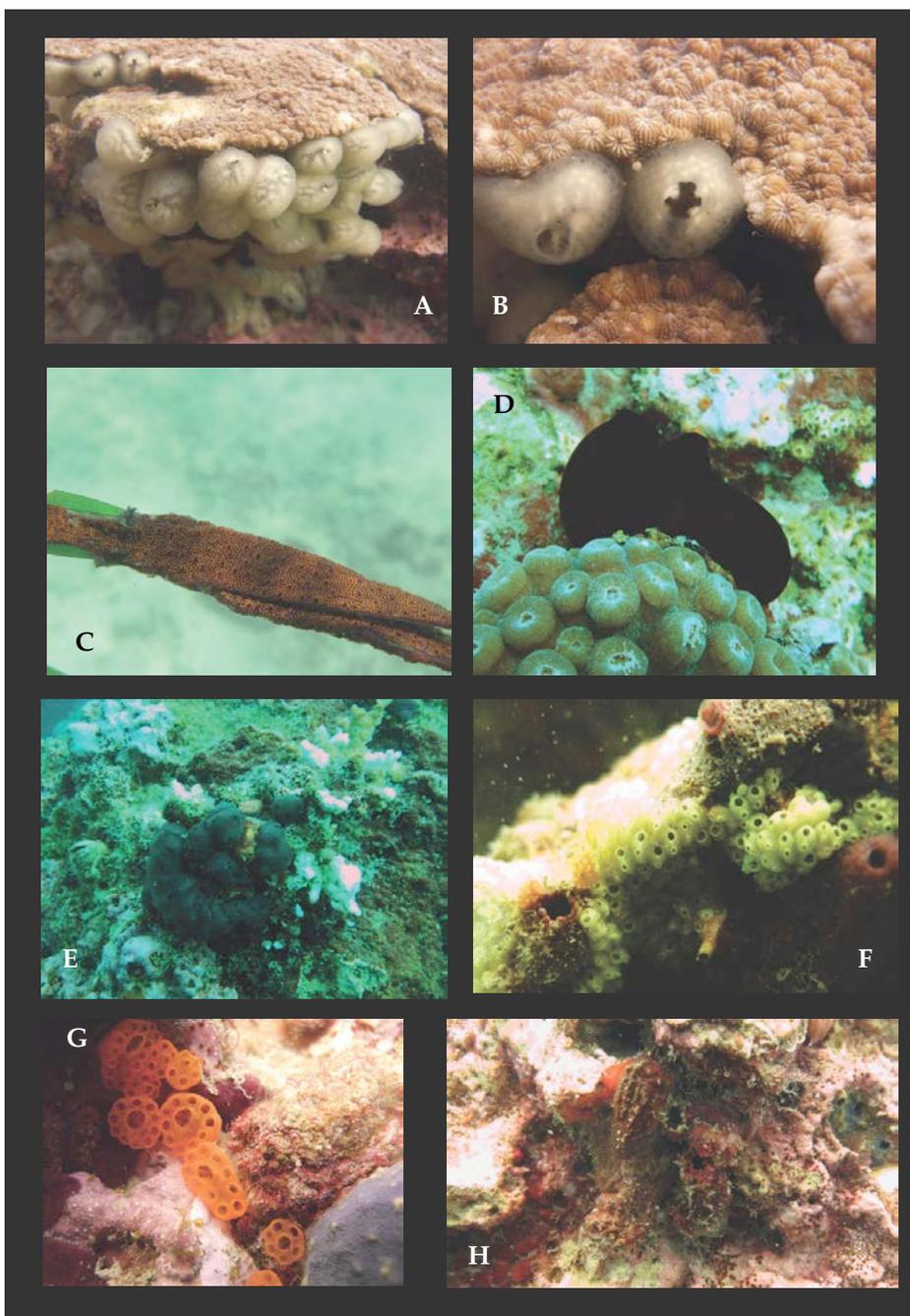


Lámina 1. A-B. *Didemnidae* sp. C. *Botrylloides nigrum*. D. *Phallusia nigra*. E. *Stomoza* sp. F. *Perophora* sp. G. *Distaplia* sp. H. *Polycarpa* sp. (Fotografías: J. L. Tello Musi)

Rocha, 2011), Río Amazonas (Van Name, 1921), Puerto de Salvador (Rocha *et al.*, 2012), San Sebastián (Dias *et al.*, 2012). Mar Caribe: Jamaica y Curacao (Fofonoff *et al.*, 2013), Bocas del Toro, Panamá (Rocha *et al.*, 2005); Antillas (Gravier, 1955; Van Name, 1930). Golfo de México: costa Atlántica de Florida (Van Name, 1921; 1945) y Florida (Weiss, 1948). Bermudas (Berril, 1932; Herdman, 1880, 1882; Van Name, 1945; Verrill 1900).

Registros en México y PNSAV. Florida, Cuba, Campeche, Yucatán y Veracruz (Palomino-Álvarez 2017).

Relevancia de la especie. Clasificada como una especie criptogénica debido a que su distribución geográfica original no es conocida (Rocha *et al.*, 2012).

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

***Stomoza* sp. Lám. 1E.**

Diagnos externa. Colonias en forma de almohada de color morado oscuro, los zooides no forman sistemas. La túnica es firme, gelatinosa y translúcida, lisa y sin incrustaciones. Los zooides son de 1 cm aproximadamente, con dos aperturas, embebidos en la túnica común.

Distribución geográfica general. EUA (Florida), México, Guyana, Suriname, Brazil (Pará to Bahía), Sur de África.

Registros en México y PNSAV. Yucatán y Veracruz (Palomino-Álvarez, 2017)

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

***Perophora* sp. Lám. 1F.**

Diagnos externa. Organismos coloniales de 1 cm de longitud, unidos entre sí mediante estolones. Túnica de color amarilla y cuerpo globular.

Distribución geográfica general. México, Florida y Jamaica.

Registros en México y PNSAV. Yucatán y Veracruz (Palomino-Álvarez, 2017).

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

***Distaplia* sp. Lám. 1G.**

Diagnos externa. Organismos coloniales organizados en sistemas circulares. Túnica translúcida de color naranja.

Registros en México y PNSAV. Veracruz en este estudio.

Ambiente. Arrecifes de coral.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

Polycarpa sp. Lám. 1H.

Diagnosis externa. Organismos solitarios de aproximadamente 15 cm de longitud y adheridos al sustrato por su lado izquierdo. Túnica cartilaginosa de color café a naranja. Radios de color blanco en el borde del sifón oral.

Registros en México y PNSAV. Yucatán y Veracruz. En el Arrecife Verde es el primer registro.

Ecología poblacional. Filtrador. Fecundación externa. Agregaciones sobre sustrato duro.

Literatura citada

- BERRIL, N. J. 1932. Ascidians of the Bermudas. *Biological Bulletin*, 62: 77-88.
- _____. 1950. *The Tunicata*. Ray Society Publications, 133: 1-354.
- BRUSCA R. C. y G. J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw Hill, Interamericana de España, S. A. 1005 pp.
- CANON, J. T., B. C. Vellutini, J. Smith, F. Ronquist, U. Jondelius y A. Hejnol. 2016. *Xenacoelomorpha is the sister group to Nephrozoa*. MacMillan Publishers Limited, 530: 8-100.
- CARBALLO-PÉREZ, V. y Díaz, O. 2011. Ascidiias (Tunicata: Ascidiacea) del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín Instituto de Oceanografía*, 2, 50(2), 233-244.
- COLE, L. L. 2012. Diversity and Distribution of Tunicata (Urochordata) in Tobago. *Journal of Sciences*, 6, 221-232.
- DIAS, G. M., R. M. Rocha, T. M. C. Lotufo y L. P. Kremer. 2012. Fifty years of ascidian biodiversity research in São Sebastião, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(1), 273-282
- GOODBODY, I. 1984. Ascidiias from Caribbean Shallow Water Localities. *Studies on the Fauna of Curacao and Other Caribbean Islands*, LXVII, 1-16
- _____. 2000. *Diversity and distribution of ascidiias (Tunicata) in the pelican Cays, Belize*. University of the West Indies.
- _____. 2003. The ascidian fauna of Port Royal, Jamaica I. Harbor and mangrove dwelling species. *Bulletin of Marine Science*, 73(2), 457-476.
- HERDMAN, W. A. 1880. Preliminary report on the Tunicata of the Challenger expedition. Part. 2. *Proc. R. Soc. Edinburgh*, 10(2), 714-726.

- _____. 1882. Report on the tunicata collected during the voyage of H. M. S. "Challenger" during the years 1873-1876. Part. I. Ascidiæ simplices. *Rep. Voy. Challenger*, 6, 1-285.
- KONDILATOS, G. y M. Corsini-foka. 2010. Occurrence of the first non-indigenous ascidian *Phallusia nigra* Savigny, 1816 (Tunicata : Ascidiacea) in Greek waters, 5(2): 181-184.
- KOTT, P. 1952. The Ascidiæ of Australia. I. Stolidobranchiata Lahille and Phlebobranchiata Lahille. *Marine and Freshwater Research*, 3: 205.
- _____. 1985. *Memoirs of the Queensland Museum*. Queensland Museum, 23: 1-440.
- _____. 2001. The Australian Ascidiacea Part 4, Aplousobranchia (3), Didemnidae. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47: 1-408.
- LAHILLE, F. 1886. *Sur la classification des tuniciers*. C. R. Acad. Sci. Paris. Pp. 1513, 1573-1575.
- LAMBERT, G. 2005. Ecology and natural history of the protochordates. *Canadian Journal of Zoology*, 83: 34-50.
- LÓPEZ-LEGENTIL, S., X. Turon y P. Schupp. 2006. Chemical and physical defenses against predators in Cystodytes (Ascidiacea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 332(1): 27-36.
- MARGULIS, L. y K. V. Schwartz. 1998. *Five Kingdoms: an illustrated guide to the Phyla of life on earth*. Freeman, Nueva York. 520 pp.
- MENNA, M. 2009. Antitumor potential of natural products from Mediterranean ascidiæ. *Phytochemistry Reviews*, 8(2): 461-472.
- MILLAR R, H. 1971. The Biology of Ascidiæ. *Adv. Mar. Biol.*, 9: 1-100.
- _____. 1988. Ascidiæ collected during the International Indian Ocean Expedition. *Journal of Natural History*, 22(3): 823-848.
- MOLNAR, J. L., R. L. Gamboa, C. Revenga y M. D. Spalding. 2008. *Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity In a nutshell*.
- MONNIOT, C. y F. Monniot. 1972. Clé mondiale des genres d'ascidies. *Archives de Zoologie Expérimentable et Générale*, 113: 311-367.
- MONNIOT, C., F. Monniot y P. Laboute. 1985. Ascidiæ du port de Papeete (Polynésie française): relations avec le milieu naturel et apports intercontinentaux par la navigation. *Bulletin Du Muséum National D'Histoire Naturelle, Paris*, 7A(3): 481-495.
- MONNIOT, F. 1969. Sur une collection d'ascidies composees de Dakar. *Bulletin Du Museum National d'Histoire Naturelle Section A Zoologie Biologie et Ecologie Animales*, 41(2): 426-457.
- PALOMINO-ÁLVAREZ. 2017. *Ascidiæ (Tunicata: Ascidiacea) de zonas costeras del sur del Golfo de México*. Tesis de Maestría. UNAM.
- PÉRÈS, J. M. 1958. Ascidiæ récoltées sur les cotes Mediterraneennes D'Israel. *Bulletin of the Research Council of Israel*, 7, 143-150.

- ROCHA, R. M., N. Y. K. Bonnet, M. S. Baptista y F. S. Beltramin. 2012. Introduced and native Phlebobranch and Stolidobranch solitary ascidians (Tunicata: Ascidiacea) around Salvador, Bahia, Brasil. *Zoologia (Curitiba)*, 29(1): 39-53.
- ROCHA, R. M. y L. V. G. Costa. 2005. Ascidians (Urochordata: Ascidiacea) from Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Sér. Zoologia*, 95(1): 57-64.
- ROCHA, R. M., E. Guerra-Castro, C. Lira, S. M. Pauls, I. Hernández, A. Pérez y J. J. Cruz-Motta. 2010. Inventory of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. *Biota Neotropica*, 10(1): 209-218.
- ROCHA, R. M. y L. P. Kremer. 2005. Introduced ascidians in Paranaguá Bay, Paraná, southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4): 1170-1184.
- SANAMYAN, K. E. y N. P. Sanamyan. 2006. Deep-water ascidians (Tunicata: Ascidiacea) from the northern and western Pacific. *Journal of Natural History*, 40: 307-344.
- SHENKAR, N. y B. J. Swalla. 2011. Global Diversity of Ascidiacea. *PLoS ONE*, 6(6): e20657.
- VAN NAME, W. G. 1902. The ascidians of the Bermuda Islands. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 11: 325-412.
- _____. 1921. Ascidians of the West Indian region and Southeastern United States. *Bulletin American Museum of Natural History*, 1(729): 283-490.
- _____. 1945. The North and South American. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 84: 1-476.
- VERRILL, A. E. 1900. Additions to the tunicata and molluscoidea of the Bermudas. Tr. Connect. Acad. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 10(2): 588-594.
- WEISS, C. M. 1948. The Seasonal Occurrence of Sedentary Marine Organisms in Biscayne Bay, Florida. *Ecology*, 29(2): 153-172.

POLIQUETOS (ANNELIDA) CRÍPTICOS: UN ESTUDIO DE CASO

Jesús Ángel de León González,¹ María Elena García Garza,¹ María Ana Tovar Hernández,¹ Luis Fernando Carrera-Parra,² Joel Ortega Pimienta¹

INTRODUCCIÓN

En las comunidades arrecifales existen organismos que tienen la capacidad de perforar u horadar en sustratos de coral, ya sea mediante mecanismos químicos o mecánicos, en general estos se conocen como organismos bioerosionadores e incluyen a macro y microhoradores (Hutchings, 2011).

¿Cómo llegan los bioerosionadores a establecerse en el coral? Los corales constructores de arrecifes tienen un delgado recubrimiento de pólipos de coral vivo sobre el esqueleto de coral. Los pólipos son carnívoros activos que pueden capturar larvas de organismos perforadores para su alimentación; sin embargo, algunas larvas de organismos macrohoradores pueden establecerse en los pólipos vivos, y otras se establecen en pólipos dañados o en cualquier parte muerta de la colonia, particularmente en la base de la colonia, donde típicamente no hay recubrimiento de coral vivo (Hutchings, 2011).

Los macrohoradores están representados principalmente por anélidos (poliquetos y sipúnculos), esponjas y moluscos (Hutchings, 2008, 2011).

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. jesus.deleongn@uanl.edu.mx

² El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Departamento de Sistemática y Ecología Acuática.

Una vez que la colonia de coral muere, el sustrato es colonizado rápidamente por los microhoradadores (cianobacterias, algas y hongos) que penetran por disolución bioquímica (Hutchings, 2011). Estos dan lugar, después, a la presencia de diversos organismos oportunistas que aprovechan las galerías y huecos vacíos en la colonia de coral.

Entre los anélidos hay varias familias representativas de los organismos macrohoradadores, incluyendo Eunicidae, Sabellidae, Spionidae y Cirratulidae (Hutchings, 2011). A excepción del sabélido *Anamobaea* que se encuentra en coral vivo (Hoeksema *et al.*, 2021) y de algunas especies de Flabelligeridae, la mayoría de los anélidos se encuentran en coral muerto (Hutchings, 2011).

El presente capítulo se enfoca en el estudio de anélidos encontrados en coral muerto en una isla del estado de Veracruz (México). Hablar sobre el conocimiento de los anélidos del estado de Veracruz podría ser fascinante, pues se remonta a 1886, cuando Benedict reportó el primer anélido *Spirobranchus incrassatus* para “Vera Cruz”, como se le conocía antaño al puerto de Veracruz. Sin embargo, en Granados-Barba (2011) se encuentra una compilación de los trabajos sobre anélidos en Veracruz hasta 2007, que suman 52 contribuciones en las que reportan poliquetos en más de 79 sitios a lo largo del estado, por lo que no profundizaremos en ellos, únicamente nos enfocaremos en los reportes de anélidos en Isla Verde, pues es el área que motivó este libro.

Enrique Rioja hizo los primeros reportes de poliquetos para Isla Verde. En un trabajo reportó 50 especies pertenecientes a 16 familias (Rioja, 1958) y poco más tarde reportó cuatro especies de serpúlidos previamente conocidos para la isla (Rioja, 1960). Es de esperar, sin embargo, que varias de esas especies hayan cambiado de nombre hoy en día, o que la presencia de algunas en Isla Verde sea todavía cuestionable.

Posteriormente, Horta Puga (1982) en su tesis de licenciatura reportó la presencia de 16 familias, 31 géneros y 22 especies de poliquetos para la zona de pastos marinos y zonas arrecifales de Isla Verde.

En un estudio más reciente, Acevedo-Barradas *et al.* (2019) reportaron 19 familias en Isla Verde, cinco de ellas no reportadas por Horta Puga (1982): Chrysopetalidae, Opheliidae, Orbiniidae, Polynoidae y Sabellariidae; en cambio, Chaetopteridae y Lacydoniidae no fueron reportadas por Acevedo-Barradas *et al.* (2019) pero sí por Horta Puga (1982). Además, también existen registros aislados de poliquetos de Isla Verde dentro de revisiones taxonómicas, como el del sabélido *Anamobaea orstedii* Krøyer, 1856, reportado en fragmentos de coral muerto por Tovar-Hernández *et al.* (2020).

Si bien Isla Verde ha sido explorada con anterioridad, el presente estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de los poliquetos que forman parte de la comunidad de coral muerto en el arrecife, con muestras recolectadas en el 2005.

MATERIAL Y MÉTODO

Se establecieron seis sitios de muestreo representando el barlovento, sotavento y las zonas aledañas a la porción emergida del arrecife de Isla Verde. Sin embargo, con base en la accesibilidad y disponibilidad del material, se tomaron solo las muestras correspondientes a cinco de los seis sitios (Tabla 1, figura 1). Las coordenadas de los sitios de extracción se tomaron directamente con un sistema de posicionamiento global (GPS).

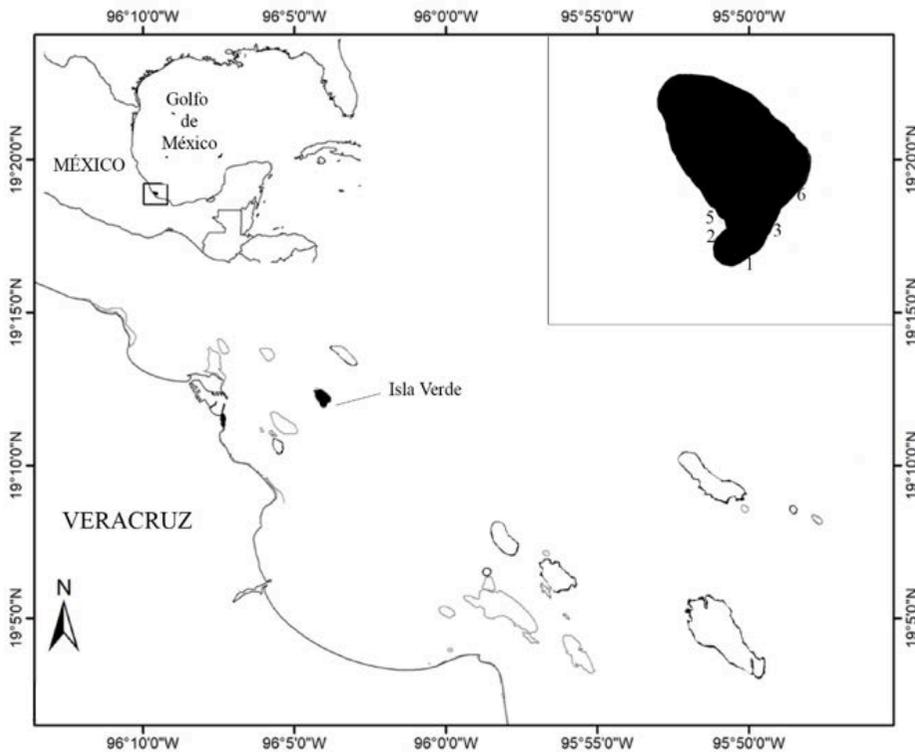


Figura 1. Mapa de la zona de estudio, mostrando los sitios de recolecta. (Elaborado por Ma. E. García Garza)

Tabla 1. Posición geográfica de los sitios de muestreo.

Localidad	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
IV-01	19°12'0.3"	96°4'0"	0.2
IV-02	19°11'55.6"	96°3'57.4"	0.2
IV-03	19°11'52.4"	96°4'0.2"	0.2
IV-05	19°11'59.3"	96°4'10"	2
IV-06	19°11'59.5"	96°03'51.5"	3.5

En cada sitio se recogieron trozos del coral muerto de un tamaño aproximado a 20 cm² de largo. En las estaciones IV-01, IV-02 y IV-03, la recolecta fue en la zona de entremareas del coral "cuerno de alce" *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), mientras que en las estaciones IV-05 y IV-06, la recolecta de fragmentos de *Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767) se llevó a cabo mediante buceo autónomo a profundidades de 2 y 3.5 m. En la estación IV-04 no se logró recolectar ejemplares de poliquetos por lo que no se tomó en cuenta.

La separación de material biológico consistió en dos fases. Inmediatamente después de la recolecta se procedió a la relajación de los organismos mediante choque osmótico, colocando los organismos en agua dulce (Harris *et al.*, 2021). Este procedimiento facilita que algunas estructuras de importancia taxonómica queden visibles o expuestas después de la fijación, por lo que su identificación taxonómica en laboratorio se ve facilitada. Pasados 15 minutos en agua dulce las muestras se lavaron sobre un tamiz de malla de 0.5 mm. Los organismos recuperados en el tamiz se colocaron en frascos de vidrio junto con los fragmentos de coral para su preservación en formaldehído al 10% con agua de mar. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio, donde semanas más tarde cada una de ellas fue lavada en agua corriente para eliminar el formaldehído. Los trozos de coral fueron fragmentados en pequeñas piezas con ayuda de un martillo y un cincel para extraer la fauna críptica que no pudo salir con el choque osmótico.

En la segunda fase, se procedió a separar los especímenes a nivel familia con las claves de Harris *et al.* (2021). Luego, la identificación a nivel específico se hizo con base en las claves taxonómicas contenidas en los diferentes capítulos del libro *Anélidos marinos de México y América Tropical*, editado por León-González *et al.* (2021), y en algunos casos utilizando literatura especializada.

En la sección taxonómica las familias se presentan en orden alfabético, así como las especies contenidas en cada una de ellas. Se incluye la

cita nomenclatural y una selección de trabajos relevantes para la región donde cada especie es reportada, preferencialmente aquellos que contengan ilustraciones o diagnosis de las especies. Se incluyen diagnosis de especies e información sobre su distribución y hábitat, excepto para los géneros en los que no se pudo identificar a nivel de especie. En la sección de distribución solo se incluyen los países del Atlántico, donde ha sido reportada la especie en cuestión (Caribe y Golfo de México). En algunas especies que así lo ameriten se incluyen comentarios. Se anexaron fotografías de la parte anterior de las especies más representativas (láminas 1 y 2).

Se hizo un análisis de asociación de Olmstead y Tukey (Steel y Torrie, 1981) para categorizar las especies de poliquetos de forma gráfica en función de su abundancia y prevalencia, ubicando a las especies en los siguientes cuadrantes: cuadrante I muestra especies dominantes; cuadrante II especies locales; cuadrante III especies raras u ocasionales; cuadrante IV especies frecuentes pero poco dominantes.

En la sección de referencias no se incluyen las citas nomenclaturales de las familias y especies.

RESULTADOS

Se examinaron 199 ejemplares habitando el coral muerto, los cuales se agruparon en 19 familias, 32 géneros y 35 especies. Se encontró que, de las seis estaciones, las correspondientes a los alrededores de la isla (1-3) poseían poca diversidad y abundancia. Sólo aquellas en que el material fue recolectado a una profundidad mayor de 1 metro (estaciones 5-6), la diversidad y abundancia fue mayor (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies por estación de muestreo.

<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	IV-01	IV-02	IV-03	IV-05	IV-06	<i>Total</i>
Amphinomidae	<i>Eurythoe complanata</i>				4	1	5
	<i>Hipponoe gaudichaudi</i>				1		1
Chrysopetalidae	<i>Chrysopetalum elegans</i>					5	5
Cirratullidae	<i>Timarete punctata</i>	3					3
Eunicidae	<i>Eunice</i> sp.					2	2
	<i>Lysidice adrianae</i>					2	2
	<i>Marphysa</i> sp.					2	2

continúa Tabla 2

<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	IV-01	IV-02	IV-03	IV-05	IV-06	Total
Eunicidae	<i>Nicidion obtusa</i>				14		14
Flabelligeridae	<i>Semiodera caribea</i>				2		2
Hesionidae	<i>Oxydromus obscurus</i>				2	5	7
	<i>Podarkeopsis</i> cf. <i>brevipalpa</i>		1			1	1
Lumbrineridae	<i>Lumbrineris perkinsi</i>				2	2	4
Nereidae	<i>Nereis panamensis</i>				4	52	56
	<i>Nereis riisei</i>				20	12	32
Oeonidae	<i>Arabella</i> (Cenothrix) <i>multidentata</i>				3		3
Opheliidae	<i>Armandia agilis</i>				2		2
Orbiniidae	<i>Protoariciella</i> sp.			1			1
Phyllodocidae	<i>Pterocirrus</i> cf. <i>macroceros</i>					4	4
Polynoidae	<i>Lepidonotus sublevis</i>					2	2
	<i>Chaetacanthus</i> <i>brasiliensis</i>					1	1
Sabellariidae	<i>Phragmatopoma</i> <i>caudata</i>					1	1
Sabellidae	<i>Acromegalomma</i> <i>heterops</i>				1		1
	<i>Notaulax nudicollis</i>				2	1	3
	<i>Pseudopotamilla</i> <i>fitzhughii</i>				12		12
Serpulidae	<i>Hydroides mucronata</i>					1	1
	<i>Pyrgopolon ctenactis</i>					1	1
Spionidae	<i>Malacoceros</i> cf. <i>indicus</i>					3	3
	<i>Polydora websteri</i>	1					1
Syllidae	<i>Haplosyllis</i> cf. <i>spongicola</i>					1	1
	<i>Syllis corallicola</i>					6	6
	<i>Syllis</i> cf. <i>hyalina</i>					1	1
	<i>Syllis lagunae</i>					1	1

concluye Tabla 2

Familia	Especie	IV-01	IV-02	IV-03	IV-05	IV-06	Total
Syllidae	<i>Parasphaerosyllis</i> cf. <i>indica</i>					1	1
Terebellidae	<i>Eupolymnia magnifica</i>				11	3	14
	<i>Loimia bermudensis</i>				2		2
núm. de organismos		4	1	1	82	111	199
núm. de especies		2	1	1	15	24	
núm. de familias		2	1	1	10	14	

El análisis de los materiales evidencia que las estaciones que presentaron una mayor abundancia en este estudio son IV-05 y IV-06, con 41.98% y 54.72%, respectivamente; las primeras tres estaciones mostraron la menor abundancia, presentando 1.89% en IV-01, 0.94% en IV-03 y 0.47% en IV-02 (Figura 2).

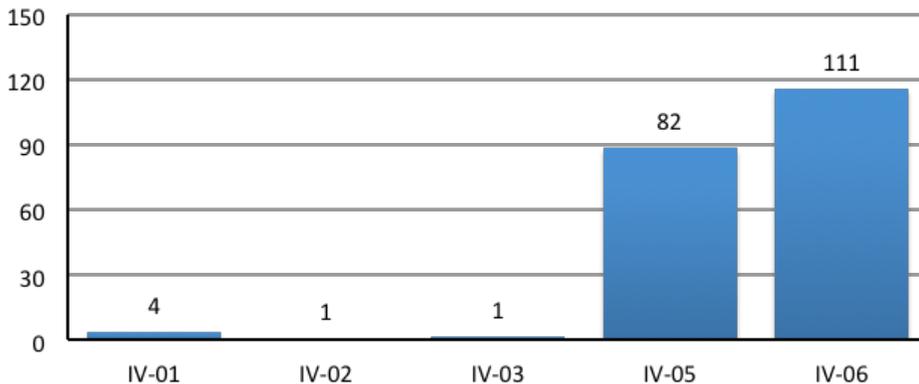


Figura 2. Abundancia total de ejemplares por estación.

En cuanto al número de familias distribuidas por estación, se encontró que la estación IV-06 fue la que presentó una mayor riqueza, con 14 familias; seguida de la estación IV-05 con 11 familias. Las estaciones IV-01 y IV-03 con dos familias y la estación IV-02 con sólo una familia (Figura 3).

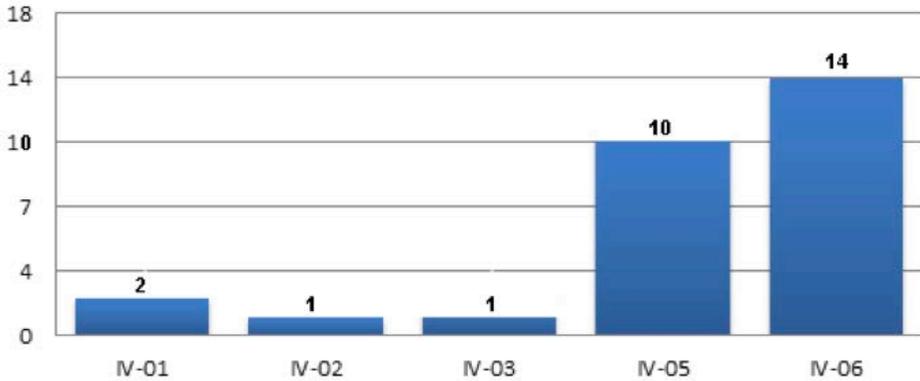


Figura 3. Número de familias observadas por estación.

En cuanto a la riqueza de cada estación, se evidencia un patrón similar al encontrado para el número de familias; la estación IV-06 presenta el mayor número de especies, seguida por la estación IV-05. Las estaciones IV-01 y IV-03 presentaron dos especies y la estación IV-02 una sola familia (Figura 4).

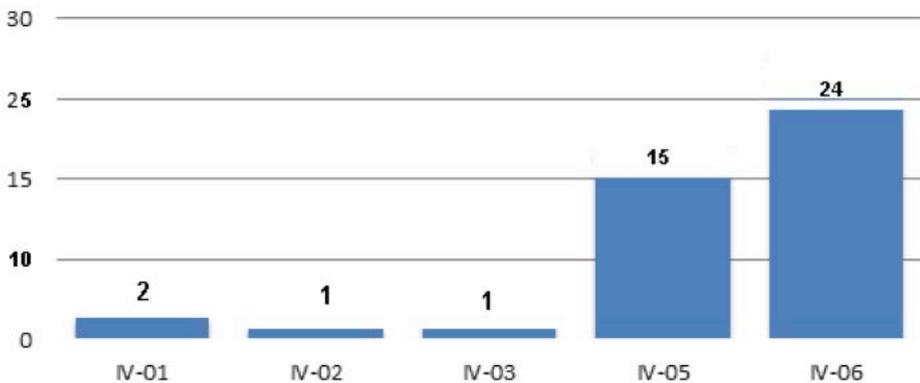


Figura 4. Número de especies encontradas por estación.

De las 19 familias recolectadas, se observó que Nereididae presentó la mayor abundancia con 88 ejemplares; seguida de Eunicidae con 20 ejemplares y Sabellidae y Terebellidae con 16. Las familias restantes exhibieron entre 1 y 10 ejemplares (Figura 5).

La familia con la mayor riqueza fue Syllidae con cinco especies, seguidas de Eunicidae con cuatro especies y Sabellidae con tres especies. El resto de las familias presentaron entre una y dos especies (Figura 6).

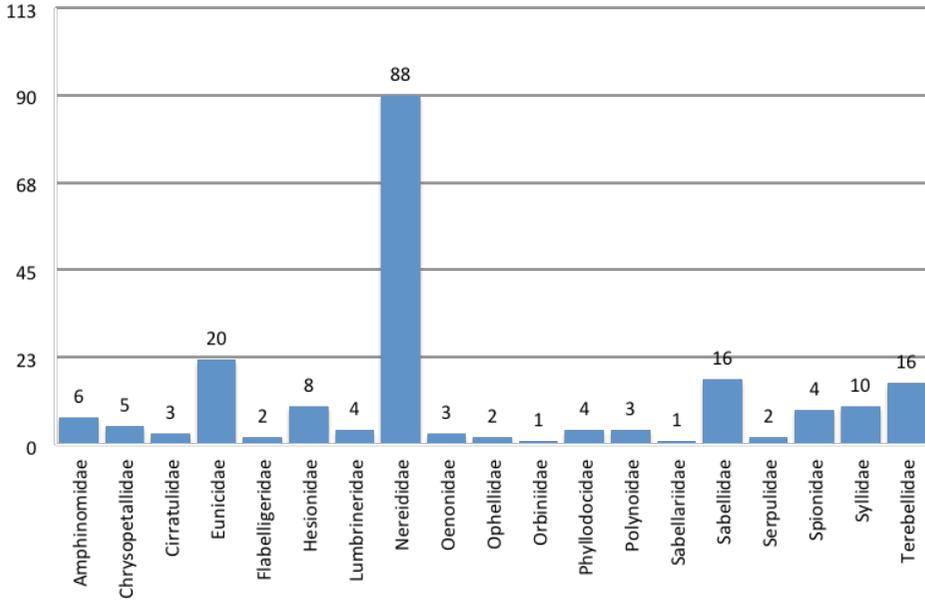


Figura 5. Número de ejemplares por familia.

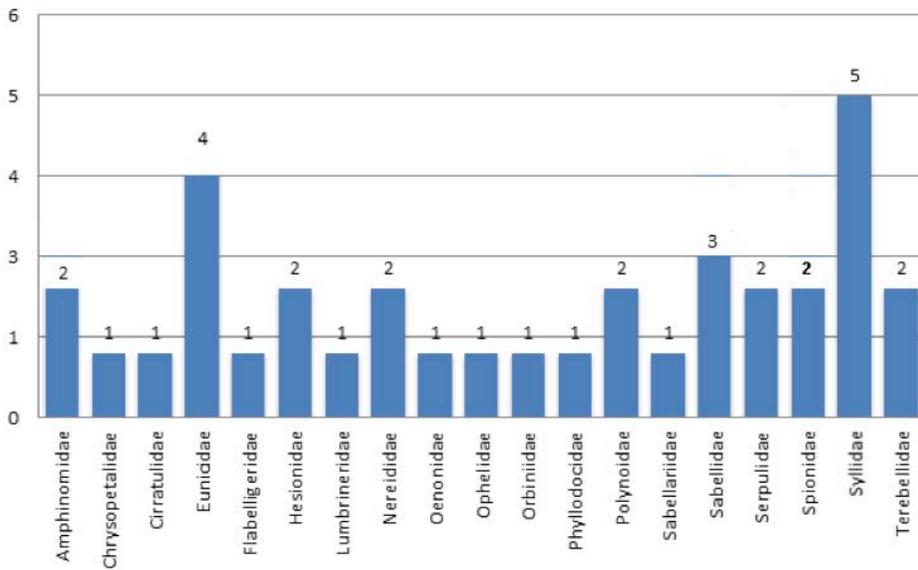


Figura 6. Número de especies encontradas por cada familia.

De las 37 especies encontradas en este estudio, las más abundantes fueron *Nereis panamensis* con 57 individuos y *Nereis riseii* con 33 (Nereididae), seguidas por *Eupolymnia magnifica* (Terebellidae) y *Nicidion*

obtusa (Eunicidae) con 14 individuos ambas especies. Otra especie con abundancia considerable fue *Pseudopotamilla fitzhughi* (Sabellidae) con 12 especímenes. Las especies restantes presentaron una abundancia menor al 7% del total de las especies registradas (Figura 7).

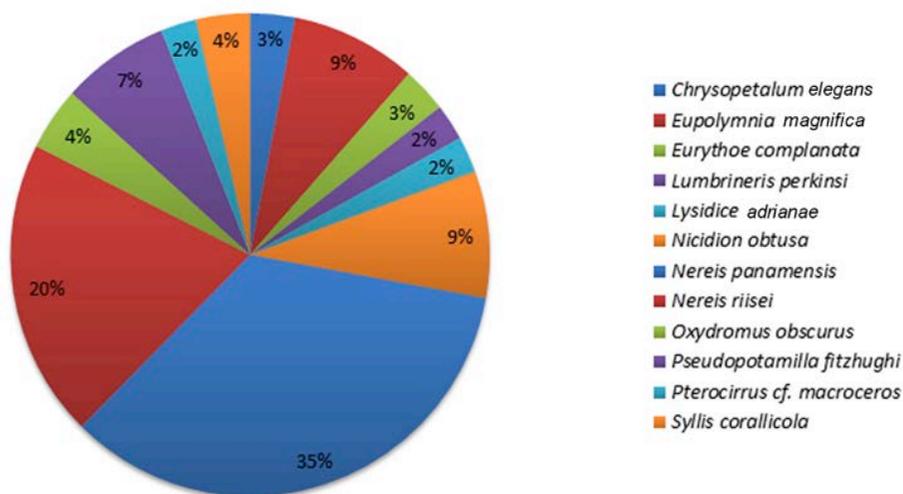


Figura 7. Porcentajes de la abundancia por especie, presentando solo las que mostraron más de cuatro ejemplares.

Mediante el análisis de Olmstead y Tukey, en el cual se analiza la frecuencia de aparición y la abundancia por especie, se encontró como especies dominantes a *Nereis panamensis* (1), *Eupolymnia magnifica* (3), *Notaulax nudicollis* (9), *Nereis riseii* (2), *Podarkeopsis brevipalpa* (8), *Oxydromus obscurus* (4), *Lysidice adrianae* (7), *Eurythoe complanata* (5) y *Lumbrineris perkinsi* (6). Las especies abundantes pero poco frecuentes, incluidas en el Cuadrante II, son *Chrysopetalum elegantum*, *Marphysa* sp., *Pterocirrus* cf. *macroceros*, *Pseudopotamilla fitzhughi*, *Syllis corallicola* y *Lepidonotus sublevis* (Figura 8).

Las especies ocasionales caracterizadas por presentar la menor frecuencia y menor abundancia fueron *Hipponoe* sp., *Hipponoe gaudichaudi*, *Eunice* sp., *Marphysa* sp., *Semiodera caribea*, *Armandia agilis*, *Chaetacanthus brasiliensis*, *Phragmatopoma caudata*, *Acromegalomma heterops*, *Acromegalomma* sp., *Hydroides mucronata*, *Pyrgopolon ctenactis*, *Polydora websteri*, *Haplosyllis* cf. *spongicola*, *Syllis* cf. *hyalina*, *Syllis lagunae*, *Parasphaerosyllis indica* y *Loimia bermudensis*.

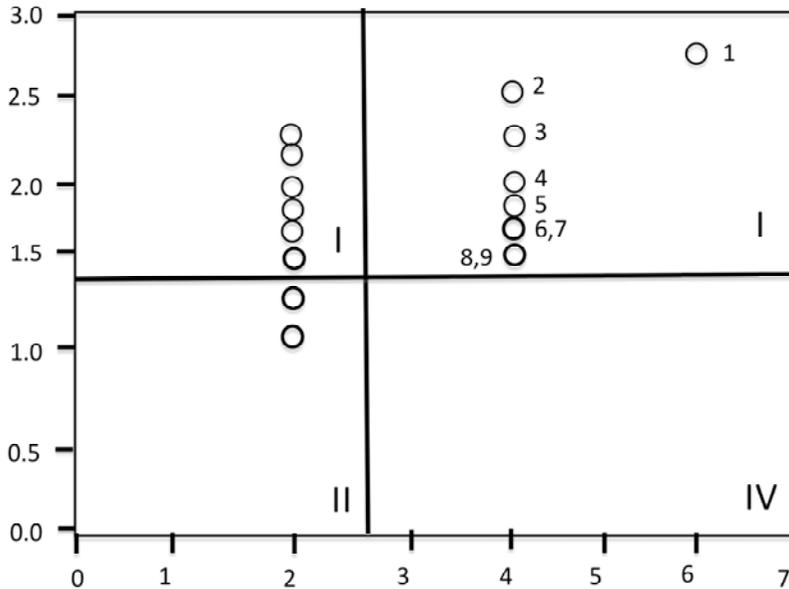


Figura 8. Diagrama de Olmstead y Tukey. Importancia de las especies en la comunidad. I muestra especies dominantes; II especies locales; III especies raras u ocasionales; IV especies frecuentes pero poco dominantes.

APUNTES TAXONÓMICOS

En esta sección se incluyen las diagnós de especies. El arreglo es presentado alfabéticamente por nombre de cada familia.

Amphinomidae Savigny in Lamarck, 1818

Eurythoe complanata (Pallas, 1766)

Aphrodita complanata Pallas, 1776: 109-112, lám. 8, figs. 19-26.

Eurythoë complanata.— Hartman, 1951: 25, lám. 4, fig. 2

Eurythoe complanata.— Salazar-Vallejo, 1997: 381, 383, figs. 2, 8, 11.— Dean, 2017: 130.— Hernández-Alcántara *et al.*, 2019: 21-22.

Material examinado. 5 especímenes, IV-05 (4), IV-06 (1).

Diagnosis. Prostomio redondeado, dos pares de ojos en arreglo cuadrangular, los anteriores de mayor tamaño. Con tres antenas; un par de palpos simples laterales, distalmente romos. Carúncula conspicua, más larga que ancha, dorsalmente abultada y lisa, con pliegues o canales laterales en la parte inferior, redondeada posteriormente, llegando hasta el setígero 3. Parápodos birrámeos, con branquias arborescentes originadas en un solo pedúnculo, desde el setígero 2 hasta la parte posterior del cuerpo. Noto y neurópodos como conos cortos truncados, neurópodo

ligeramente mayor. Cirro dorsal simple en la parte media del cono notopodial. Cirro ventral de menor tamaño que el dorsal. Notosetas capilares de 3 tipos: delgadas, distalmente aguzadas; gruesas, con punta roma; y gruesas, denticuladas. Neurosetas en cúmulos de 5 a 6 hileras con 5 a 8 setas cada una; distalmente bifurcadas, con pigmentación oscura en la parte distal. Pigidio con un ano dorsoterminal, hendidura longitudinal, con una papila redondeada sita en la parte posterior del ano.

Distribución y hábitat. Atlántico americano tropical. En zonas rocosas o coralinas, reptando sobre y bajo piedras en la zona litoral.

Comentario. Por mucho tiempo se consideró cosmopolita en arrecifes de los trópicos, pero un análisis molecular por Barroso *et al.* (2010) encontró que existen tres especies crípticas bajo el nombre de *Eurythoe complanata*. Sin embargo, la especie nominal fue descrita para el Caribe, por lo que el registro en Isla Verde es apropiado.

Hipponoe gaudichaudi Audouin y Milne-Edwards, 1830

Hipponoe gaudichaud Audouin y Milne-Edwards, 1830: 159, lám 3, figs. 1-8.

Hipponoë gaudichaudi.— Rioja, 1960: 289-291, figs. 1-3.

Hipponoa gaudichaudi.— Salazar-Vallejo, 1997: 383-384, figs. 4, 13.

Hipponoe gaudichaudi.— Yáñez-Rivera y Borda, 2021: 112.

Material examinado. 1 espécimen, IV-05.

Diagnosis. Cuerpo fusiforme, plano dorsalmente, cóncavo en la parte ventral. Prostomio redondeado, con dos pares de ojos circulares en arreglo cuadrangular; con tres antenas, la media situada entre los ojos, las laterales cortas, situadas en la parte anterodistal del prostomio. Sin carúncula. Branquias desde el setígero 3. Parápodos birrámeos, con branquias arborescentes ramificadas, claramente visibles en los parápodos anteriores y medios. Cirro dorsal filiforme, casi tan largo como las setas; Notópodos con rebordes bajos laterodorsales. Cirro ventral corto, papiliforme, neurópodos reducidos. Notosetas capilares aguzados, denticulados en la parte basal, distalmente lisos. Neurosetas con un grupo de ganchos bidentados, curvos. Pigidio cónico, con ano dorsoterminal y una pequeña papila ventral, sin cirros anales.

Distribución y hábitat. Cuba y México (Salazar-Vallejo, 1997; Dean, 2012; Yáñez-Rivera y Borda, 2021). Asociada a percebes y en zonas coralinas.

Chrysopetalidae Ehlers, 1864

Chrysopetalum elegans Bush in Verrill, 1900

Chrysopetalum elegans Bush in Verrill, 1900: 668-669.— Perkins, 1985: 871, figs. 5-7.

Material examinado. 5 especímenes, IV-06.

Diagnosis. Organismos con prostomio más largo que ancho. Con dos pares de manchas oculares en arreglo trapezoidal. Ojos anteriores largos, ovalados, posteriores pequeños, circulares, más separados entre sí. Antena media corta, fusiforme. Notosetas con paleas y espinas. El grupo medio de paleas estrecho en algunos organismos y simétrico en otros; puntas enteras, sin ganchos o remanentes de ellos; superficie dorsal ligeramente redondeada. Grupo medio de paleas en los parápodos medios con costillas internas. Lámina de los falcígeros compuestos ligeramente larga, las superiores más largas que las adyacentes, reduciendo gradualmente se tamaño hacia la parte ventral. Región interrimal de la parte anterior del parápodo con una glándula conteniendo fibras delgadas y alargadas.

Distribución y hábitat. Florida, Bermuda, México. En zonas rocosas y arrecifes de coral (Perkins, 1985).

Cirratulidae Ryckholt, 1851

Timarete punctata (Grube, 1879)

Cirrhatus punctata Grube, 1859: 107.

Cirriformia punctata.— Hartman, 1956: 292; Gibbs, 1971: 179; Fauchald, 1977: 50.

Timarete punctata.— Patersen, 1999: 116; Çinar, 2007: 757, 760-763, figs. 2-5.

Material examinado. 3 especímenes: estación IV-01.

Diagnosis. Cuerpo delgado, con una hendidura ventral poco notoria. Color café oscuro con puntos negros arreglados en forma desordenada a lo largo de la superficie dorsal y ventral. Prostomio triangular, más ancho que largo. Filamentos tentaculares presentes sobre los setígeros 4 y 5, en forma de parche oblicuo con 8-10 filamentos. Branquias presentes desde el setígero 1 hasta la parte final del cuerpo, no evidente en todos los segmentos. Setas capilares presentes en todos los notópodos y neuropodos. Espinas aciculares notopodiales presentes desde el setígero 12-13; las neuropodiales desde el setígero 9-10.

Distribución y hábitat. Esta especie fue originalmente descrita para Isla St. Croix en las Islas Vírgenes, en el mar Caribe. Sin embargo, se ha reportado para ambas costas del Atlántico, Océano Índico y Pacífico (Çinar, 2007), y es considerada una especie invasora en el Mediterráneo.

Comentarios. Los ejemplares encontrados en Isla Verde varían ligeramente de los descritos por Çinar (2007) en la redescipción de la especie basada en lectotipos, tal como la ubicación y número de filamentos tentaculares, así como la primera aparición de las espinas

aciculares noto y neuropodiales; sin embargo, de acuerdo con Çinar, estas variaciones pueden ser debidas al estado de desarrollo de los especímenes.

Eunicidae Berthold, 1827

Eunice sp. (juvenil)

Material examinado. 2 especímenes: estación IV-06.

Diagnosis. Ambos ejemplares son juveniles con no más de 0.8 mm de longitud. Se caracterizaron por presentar acículas amarillas robustas con el extremo distal ligeramente curvo y ganchos subaciculares amarillos bidentados, con ambos dientes dirigidos ligeramente hacia arriba.

Comentarios. La identificación de ejemplares juveniles a nivel de especies en eunícidos es complicada debido a que muchos de los caracteres de importancia taxonómica varían con respecto al tamaño del ejemplar (Carrera-Parra y Molina-Acevedo, 2021).

Lysidice adrianae Carrera-Parra, Fauchald y Gambi, 2011

Lysidice adrianae Carrera-Parra *et al.*, 2011: 29-31, fig. 1A-H.

Material examinado. 2 especímenes, IV-06.

Diagnosis. Prostomio ligeramente bilobulado, con tres antenas no articuladas que alcanzan el borde anterior del prostomio, un par de ojos conspicuos en el lado externo de los ceratóforos laterales. Parápodos anteriores con lóbulo postsetal redondeado. Todas las acículas negras. Ganchos subaciculares bidentados, primeros translucidos, después negros.

Distribución y hábitat. Golfo de México y Caribe mexicano (Salazar-Vallejo y Carrera-Parra, 1998).

Marphysa sp. (juvenil)

Material examinado. 2 especímenes, IV-06.

Diagnosis. Dorso de color pálido. El mayor con 7 mm de longitud y 95 setígeros. Prostomio entero, redondeado, con un par de ojos pequeños, cinco apéndices prostomiales cortos y delgados. Branquias desde el setígero 12, con hasta seis filamentos branquiales. Neurosetas limbadas, pectinas y falcígeros bidentados, con láminas largas en parápodos anteriores, más cortas en posteriores. Acículas translúcidas. Ganchos subaciculares bidentados, presentes desde el setígero 17.

Comentarios. La identificación a nivel de especies de ejemplares juveniles en eunícidos es complicada, ya que muchos de los caracteres de importancia taxonómica varían con respecto al tamaño del ejemplar

(Carrera-Parra y Molina-Acevedo, 2021), por lo cual, hasta no contar con ejemplares adultos, preferimos dejarlos como *Marphysa* sp.

Nicidion obtusa (Verrill, 1900)

Paramarphysa obtusa Verrill, 1900: 646.— Treadwell, 1921: 76, figs. 269-278.
Marphysa longula.— Salazar Vallejo y Carrera Parra, 1998: 1489, figs. 5 f-j (partim, non Verrill, 1900).— de León-González y Díaz-Castañeda, 2006: 96.
Nicidion obtusa.— Molina-Acevedo y Carrera-Parra, 2017: 38, figs. 21-23.— Hernández-Alcántara *et al.*, 2019: 31.

Material examinado. 14 especímenes, IV-05.

Diagnosis. Cuerpo amarillo pálido. Prostomio ligeramente bilobulado, de similar longitud que el peristomio. Apéndices prostomiales en semicírculo. Palpos alcanzan el primer anillo peristomial; antenas laterales alcanzan el segundo anillo peristomial y la antena media alcanza el primer setífero. Ojos rojizos, reniforme, ubicados entre los palpos y las antenas laterales. Branquias ausentes. Cirro dorsal digitiforme con mayor desarrollo en parápodos anteriores, disminuyendo considerablemente su longitud en parápodos posteriores. Cirro ventral con la base ensanchada en la región anterior; en parápodos medio-posteriores cortos, cónicos. Setas limbadas, pectinas heterodontas, en setíferos anteriores estrechas con dientes cortos, en setíferos medio-posteriores, con anchas, con dientes largos; falcíferos compuestos bidentados. Gancho subacicular bidentado, negro, inician en el setífero 25.

Distribución y hábitat. Colombia, Cuba, México, Venezuela (Dean, 2012). Florida, Golfo de México, Caribe mexicano, Guatemala, Jamaica, NW Pedro Bank, St. Vincent, Barbuda y Venezuela, principalmente en sustrato duro como rocas coralinas o algas calcáreas (Molina-Acevedo y Carrera-Parra, 2017).

Comentarios. La especie fue redescrita por Molina-Acevedo y Carrera-Parra (2017); una detallada descripción del aparato maxilar y las variaciones morfológicas con respecto a la talla de esta especie se pueden revisar en dicho trabajo.

Flabelligeridae de Saint-Joseph, 1894

Semiodera caribea (Grube y Ørsted in Grube, 1859)

Siphonostomun cariboum Grube y Ørsted in Grube, 1859: 4-5.

Semiodera caribea.— Salazar-Vallejo, 2012: 9-12, fig. 1.

Material examinado. 2 especímenes, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta cuerpo gris claro, subcilíndrico, atenuándose posteriormente, porción distal

contraída y doblada hacia el centro, cuerpo impregnado con arena gruesa dorsalmente y fina lateroventralmente, con 35 setígeros. Túnica delgada, integumento arrugado. Papilas corporales redondas y cortas, distribuidas en dos hileras por setígero. Caja cefálica expuesta, formada por los primeros 3 setígeros, con setas hialinas, largas, capilares, pseudo-multiarticuladas, la mayoría rotas. Prostomio con 4 ojos: un par de ojos pardo-oscuros, un par de palpos pardo-negruzcos, gruesos, rugosos, hendidos longitudinalmente. Carúncula reducida. Branquias cirriiformes. Parápodos birrámeos. Notopodio sito laterodorsalmente, notosetas capilares pseudo-multiarticuladas. Neurópodos sitios latero-ventralmente, neurosetas falcígeros simples, pardos, distalmente rectos o recurvados, en grupos de 3 en los primeros setígeros, haces de 4 en los parápodos medios y posteriormente falcígeros hasta el término del cuerpo. Pigidio inconspicuo, ano terminal, cirros anales ausentes.

Distribución y hábitat. St. Croix y México (Salazar-Vallejo, 2012). Perforador de sustratos calcáreos en aguas someras.

Hesionidae Grube, 1850

Oxydromus obscurus (Verrill, 1873)

Podarke obscura Verrill, 1873: 589-590, lám. 12, fig. 61.— Gardiner, 1976: 118, figs. 8i-k.

Oxydromus obscurus.— Villalobos-Guerrero y Harris, 2012: 25.

Material examinado. 7 especímenes, IV-05 (2), IV-06 (5).

Diagnosis. Cuerpo corto. Prostomio redondeado, dos pares de ojos, ocasionalmente con un par de manchas oculares adicionales, en arreglo trapezoidal. Tres antenas localizadas anteriormente en el prostomio; antena media de mucho menor tamaño que las laterales. Palpos biarticulados, con base corta, de similar longitud. Con seis pares de cirros tentaculares. Órganos nucales presentes. Parápodos subbirrámeos a partir del segmento 4, con un par de cirros filiformes, el dorsal mayor que el ventral, con la base del cirróforo sostenida por una acícula delgada y lisa, distalmente recurvada. Notópodos reducidos, notosetas escasas, simples, delgadas, bifurcadas distalmente, con las puntas de tamaño desigual. Neurópodos bien desarrollados, neurosetas falcígeros heterogonfos con hojas de diferentes tamaños. Pigidio atenuado, sin cirros anales, ano circular.

Distribución y hábitat. Belice, Colombia, Jamaica, Venezuela (Dean, 2012; Salazar-Vallejo y Rizzo; 2021). En fondos fango-arenosos, bajo piedras, en pilotes, pastos marinos, conchas de moluscos e hidrozoos.

Podarkeopsis cf. *brevipalpa* (Hartmann-Schröder, 1959)

Oxydromus brevipalpa Hartmann-Schröder, 1959: 105, figs. 38-40.

Gyptis brevipalpa.— Gardiner, 1976: 119, figs. 8q-t, 9a.— Uebelacker, 1984a: 28-27, figs. 28-25, 26a-e.

Material examinado. 1 espécimen, IV-02; 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Prostomio cuadrangular, con dos pares de ojos. Antenas laterales digitiformes; la media más pequeña, clavada. Palpos similares en longitud a antenas laterales. Faringe se extiende de los setígeros 3-11, con el margen rodeado de 10 papilas digitiformes. Cirros dorsales largos, articulados distalmente; cirro tentacular ventral más corto que el ancho del cuerpo, articulado distalmente. Parápodos 1-4 subbirrámicos, a partir del 5 birrámicos con pequeños notópodos. Neuropodio elongado, con lóbulos pre y postsetales cónicos. Notosetas incluyen espinas aciculares, setas furcadas bífidas. Neurosetas con falcígeros bidentados, con láminas largas. Pigidio con dos cirros anales largos, lisos y articulados.

Distribución y hábitat. Trinidad, Venezuela (Dean, 2012), El Salvador (Hartmann-Schröder, 1959), norte del Golfo de México (Gardiner, 1976; Uebelacker, 1984a). En el norte del Golfo de México en arena mezclada con grava y partículas de conchas o arcilla.

Comentario: *Podarkeopsis brevipalpa* fue descrita para El Salvador. Salazar-Vallejo y Rizzo (2021) consideran que los registros de la especie para el Golfo de México son cuestionables. Los ejemplares de Isla Verde se diferencian de la especie nominal por la presencia de un cirro ventral de menor longitud con relación al parapodio; además, estos tienen de 1-2 notoespinas lisas, mientras que los ejemplares del Pacífico tienen una sola espina distalmente denticulada. Por tal motivo, consideramos que los ejemplares del Atlántico corresponden a una especie indescrita, muy similar a *P. brevipalpa* del Pacífico.

Lumbrineridae Schmarda, 1861

Lumbrineris perkinsi Carrera-Parra, 2001

Lumbrineris perkinsi Carrera-Parra, 2001: 607-608, figs. 4k-p.— Carrera-Parra, 2006: 51-52, figs. 17A-D.— Hernández-Alcántara *et al.*, 2019: 32-33.

Material examinado. 4 especímenes, IV-05 (2), IV-06 (2).

Diagnosis. Prostomio globular, tan largo como ancho; un par de órganos nucales. Peristomio menor que el prostomio. Parápodos bien desarrollados, anteriores más largos que los posteriores. Lóbulo presetal corto, redondeado; el postsetal digitiforme elongado. Pigidio con dos pares de cirros anales de la misma longitud. Setas limbadas; ganchos

encapuchados compuestos multidentados del setígero 1 al 11, con una hoja corta; ganchos cubiertos simples multidentados desde el setígero 12. Acícula amarilla. Mandíbulas tan largas como el aparato maxilar, fusionado a lo largo de al menos dos tercios de su tamaño total. Aparato maxilar con cinco pares de maxilas. Portadores maxilares más cortos que MI; MIII con cuatro dientes, el distal más largo; MIV bidentada con diente distal más largo; MV libre.

Distribución y hábitat. Antigua, Cuba, República Dominicana, México, Panamá, Islas Vírgenes (Carrera-Parra, 2001, 2006, 2021). Principalmente en roca coralina.

Nereididae de Blainville, 1818

Nereis panamensis Fauchald, 1977

Nereis panamensis Fauchald, 1977: 29, fig. 6 d-i.— San Martín, 1994: 6, fig. 2.— de León-González *et al.*, 1999: 674, fig. 3a-g.

Material examinado. 56 especímenes, IV-05 (4), IV-06 (52).

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el prostomio más largo que ancho, con un par de antenas digitiformes que rebasan la parte distal del prostomio. Dos pares de ojos redondeados en arreglo rectangular, los posteriores cubiertos por el peristomio. Palpos largos con el palpostilo cónico. Peristomio tan largo como los dos primeros setígeros; con 4 pares de cirros tentaculares, el par mayor alcanza el setígero 3. Faringe con paragnatos en el siguiente orden: I: 0; II: 3 conos en línea; III: 3 en línea; IV: 9 en 2 líneas; V: 0; VI: 3 en una línea; VII-VIII: 6 en una línea. Mandíbulas oscuras con 8 dientes. Parápodos anteriores con el notopodio formado por dos lóbulos, el superior menor, con un pequeño reborde representando el lóbulo acicular. Neuropodio con el lóbulo acicular cónico distalmente, el inferior ancho basalmente. Cirro dorsal y ventral subiguales. Parápodos medios y posteriores con el lóbulo notopodial superior representado sólo por un pequeño reborde asociado a la parte basal del cirro dorsal, el lóbulo notopodial inferior tubulado. Neuropodio con el lóbulo acicular cónico distalmente, el inferior delgado. Parápodos anteriores con espinígeros homogonfos notopodiales, sustituidos en parápodos medios y posteriores por falcígeros homogonfos, con dos dientes romos distales y un pequeño diente en el margen interno del apéndice. Neurópodos con espinígeros homogonfos y falcígeros heterogonfos en posición supracicular en todos los parápodos. Los falcígeros con el apéndice delgado, fuertemente espinulado en el margen interno en parápodos anteriores. Las neurosetas infraciculares con espinígeros y falcígeros heterogonfos, en parápodos anteriores

similares a los supraciculares; en posteriores con el apéndice de menor tamaño y espinulación corta sobre el margen interno. Pigidio con ano terminal, con dos cirros anales largos.

Distribución y hábitat. Aruba, St. Vincent, Jamaica, México (de León-González *et al.*, 1999), Cuba y Panamá (Dean, 2012). Entre los intersticios de rocas coralinas.

Nereis riisei Grube y Ørsted in Grube, 1858

Nereis riisei Grube y Ørsted in Grube, 1858: 5-6.

Nereis riisei.— Hartman, 1951: 46.— Fauchald, 1977: 31, fig. 8c-e.— Gardiner, 1976: 152, fig. 15o-r.—Dean, 2017: 137.

Material examinado. 32 especímenes, IV-05 (20), IV-06 (12).

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo de color amarillento. Prostomio pentagonal, tan largo como ancho, con dos pares de ojos, los posteriores parcialmente cubiertos por el peristomio. Un par de antenas frontales digitiformes. Palpos biarticulados, globosos, palpostílo redondeado. Peristomio con 4 pares de cirros tentaculares, el par mayor se extiende hasta el setígero 7. Fórmula maxilar en el siguiente arreglo; I: 4 conos en línea; II: 18 en un grupo alargado; III: 20 en grupo oval; IV: 19 en grupo creciente; V: 0; VI: 10 pequeños conos en arreglo cuadrangular; VII-VIII: 6 conos en una línea. Parápodos con lóbulos redondeados, cirro dorsal y ventral elongados. Parápodos anteriores con notosetas de tipo espiníferos homogonfos, con el apéndice finamente cerrado en su margen interno. Neurosetas del fascículo supracicular con espiníferos homogonfos y 2-3 falcíferos heterogonfos con el apéndice denticulado, rematado en la parte distal por un diente delgado dirigido hacia abajo hasta fusionarse con el apéndice. Neurosetas del fascículo infracicular con espiníferos y falcíferos heterogonfos. Setas de parápodos medios y posteriores similares a las de parápodos anteriores variando solo en la aparición de un falcífero notopodial con articulación sesquigonfa, el apéndice con hasta 10 dientes insertos en el borde interno, con un diente distal delgado dirigido hacia la parte inferior hasta fusionarse con el apéndice. Pigidio con un par de cirros anales.

Distribución y hábitat. Anguilla, Antigua, Aruba, Barbados, Bonaire, Colombia, Cuba, Curaçao, Granada, Jamaica, México, Panamá, Puerto Rico, St. Croix, St. Eustasius, St. John, St. Thomas, St. Vincent, Venezuela (Dean, 2012). Sustratos blandos, bajo rocas, entre esponjas, sobre raíces de mangle, en los intersticios de la asociación coral-esponja en rizoides de algas.

Oeononidae Kinberg, 1865

Arabella (Cenothrix) multidentata (Ehlers, 1887)

Aracoda multidentata Ehlers, 1887: 112, lám. 34, figs. 8-10, lám. 35, figs. 1-4.

Arabella (Cenothrix) multidentata.— Perkins, 1979: 447, figs. 13a-h.

Material examinado. 3 especímenes, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo delgado, color amarillo brillante. Prostomio tan largo como ancho, con dos pares de ojos, los laterales ligeramente más grandes. Peristomio ligeramente más largo que el prostomio, con dos anillos peristomiales. Parápodos bien desarrollados, Cirro dorsal corto, digitiforme. Lóbulo presetal inconspicuo en todos los parápodos; lóbulo postsetal digitiformes, bien desarrollado, de similar longitud en todos los parápodos. Setas limbadas lisas en todos los parápodos, limbadas con la base transversalmente denticulada desde el setífero 15; seta acicular encapuchada asimétrica desde el setífero 29, siempre una por setífero. Acículas amarillas, muy aguzadas. Pigidio con dos pares de cirros anales muy cortos. Aparato maxilar simétrico. M-I como fórceps con el borde interno medio-posterior multidenticulado (7-8 dientes). M-II simétricas, con 11 dientes, dientes distales más largos. M-III con 5 dientes, distal mayor. M-IV con 4 dientes. M-V con un solo diente. Mandíbulas unidas por la mitad, 3.5-4.6 veces tan largo como ancho.

Distribución y hábitat. Colombia, Panamá, Puerto Rico (Dean, 2012; Carrera-Parra, 2021). Arena calcárea.

Opheliidae Malmgren, 1867

Armandia agilis (Andrews, 1891)

Ophelina agilis Andrews, 1891: 289, lám. 15, figs. 21-26, 28.

Armandia agilis.— Hartman, 1951: 97.— Uebelacker, 1984b: 17.11, figs. 17.7, 17.8a-b.— Jiménez-Cueto y Salazar-Vallejo, 1990: 148.

Material examinado. 2 especímenes, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo moderadamente aplanado ventral y lateralmente. Prostomio largo, cónico con la parte apical acuminada; órganos nucales largos, usualmente evertidos; manchas oculares subdermales. Branquias cirriformes en parápodos anteriores expandidas, parápodos medios basalmente lameliformes, y en parápodos posteriores pequeñas, cirriformes. Parápodos como rebordes redondeados bajos; lóbulos presetales largos, tubulados, disminuyendo gradualmente de tamaño en los primeros 10-20 setíferos; lóbulos postsetales y cirros ventrales pequeños, papiliformes. Ojos

laterales pequeños, presentes en los setígeros 8 al 22. Tubo anal largo, cilíndrico, abierto ventralmente; con un cirro medioventral articulado, inserto internamente, con 7 papilas anales digitiformes.

Distribución y hábitat. Colombia, Cuba, México, Trinidad, Venezuela (Dean, 2012; Lagunas-Pérez *et al.*, 2021). En arena gruesa a muy delgada, arcilla.

Orbiniidae Hartman, 1942

Protoariciella sp.

Material examinado. Un espécimen: IV-03.

Diagnosis. Ejemplar completo, 4.5 mm de largo y 0.4 mm de ancho con 42 setígeros. Diferenciación entre tórax y abdomen sólo aparente por la aparición de las branquias. Prostomio redondeado anteriormente, con un par de ojos en la parte posterior. Peristomio formado por dos anillos asetígeros, no evidenciados en la parte dorsal pero sí en la ventral. Branquias desde el setígero 7. Notosetas en forma de capilares crenulados, largos y delgados. Setas furcadas notopodiales desde el setígero 2, sólo una por parapodio, prolongación larga con 8 espinas extendidas, el extremo corto, con 6 espinas menos desarrolladas. Neurosetas como capilares crenulados, similares a las notopodiales, pero más cortas; uncinos neuropodiales desde el setígero 11, ligeramente curvo anteriormente. Pigidio corto, con dos lóbulos laterales cónicos y un promontorio central bilobulado.

Distribución y hábitat. Isla Verde, Veracruz, entre los intersticios de roca coralina.

Comentario: *Protoariciella* sp. es una especie potencialmente nueva para la ciencia, sólo se encontró un ejemplar en roca coralina de *Acropora palmata*; sin embargo, se localizaron al menos un ciento de ejemplares asociados a formaciones arenosas de *Phragmatopoma caudata* a lo largo de la costa central de Veracruz durante la misma campaña de muestreo. *Protoariciella* es un género que tiene siete especies, seis de estas descritas principalmente para la cuenca del Océano Pacífico, y una más para el suroeste de África. Esas especies difieren entre sí, principalmente en la forma del uncino neuropodial, la seta furcada y la estructura del pigidio. *Protoariciella australiensis*, *P. heterosetosae*, *P. subuluncinata* y *P. tuamotuensis* presentan la parte distal del uncino neuropodial entero, mientras que *P. oligobranchia*, *P. parauncinata* y *P. uncinata* presentan esa estructura parcialmente. La especie de *Protoariciella* de Isla Verde pertenece al primer grupo, pero difiere de *P. subuluncinata* y *P. tuamotuensis* en la ausencia de subuluncinos, de *P. australiensis* y *P. heterosetosae* en el número de lóbulos

pigidiales, dos para la especie de Isla Verde y cuatro para *P. heterosetosae*, así como la forma de las setas furcadas y ganchos neuropodiales.

Phyllodoceidae Örsted, 1843

Pterocirrus cf. *macroceros* (Grube, 1860)

Phyllodoce (*Eulalia*) *macroceros* Grube, 1860: 82-83, lám. III, fig. 4.

Pterocirrus macroceros Gathof, 1984: 19-16, figs. 19-12a-e.

Material examinado. 4 especímenes, IV-06.

Diagnosis. El organismo mejor preservado posee cuerpo largo y delgado, pigmentado con bandas transversas de color café oscuro. Prostomio semiredondeado; cinco antenas, una ubicada en la parte media y dos pares de sitios en el margen anterior del prostomio. Un par de ojos café oscuro, ubicados en la parte media del prostomio. Faringe cilíndrica, papilada. Peristomio no definido, formado por los tres primeros segmentos asetíferos; el primero reducido. Cuatro pares de cirros, primer par localizado sobre el primer segmento, el segundo y tercero sobre el segundo segmento y el cuarto sobre el tercer segmento; todos cirriformes. Cirros ventrales desde el segundo segmento, foliosos. Parápodos unirrámeos desde el segmento 4. Setas espiníferos compuestos, con pequeños dentículos en la unión, la parte distal larga, puntiaguda y con serración fina. Parte posterior atenuada, ano circular en posición terminal.

Distribución y hábitat. Belice, Colombia, Cuba, Guadalupe, Panamá (Dean, 2012). Intermareal, común sobre coral; arena gruesa a fina.

Comentario: Originalmente descrita para el Adriático, aunque los ejemplares de Isla Verde se parecen mucho a la especie nominal, es poco probable que se trate de la misma especie, por lo que es necesaria la comparación con materiales tipo o del Adriático.

Polynoidae Kinberg, 1856

Lepidonotus sublevis Verrill, 1873

Lepidonotus sublevis Verrill, 1873: 581, lám. 10, fig. 42.

Lepidonotus sublevis.— Hartman, 1942: 22-23, figs. 8-12.— Hartman, 1951: 17-18.— Pettibone, 1963: 18, fig. 3e.

Material examinado. 2 especímenes, IV-06.

Diagnosis. El organismo mejor preservado presenta el cuerpo aplastado dorsoventralmente. Región dorsal con dos bandas transversales cafés. Prostomio ligeramente más largo que ancho, con dos lóbulos anteriores terminados en cúspide, con una hendidura entre ellos, que llega hasta la región media del prostomio. Dos pares de ojos redondos

en arreglo trapezoidal, el par posterior localizado en la base del prostomio y el anterior en los bordes medios del prostomio. Un par de palpos digitiformes cubiertos por diminutas papilas. Con tres antenas, la antena media digitiforme, con una banda oscura transversa, más larga que los palpos, con ceratóforo ancho. Antenas laterales delgadas, con una banda transversal oscura en la región media, más cortas que los palpos (menos de la mitad) Segmento tentacular con un par de cirros, tentaculóforos con numerosas setas capilares espinosas dirigidas hacia los palpos. Parápodos birrámeos con el notopodio reducido y el neuropodio globoso. Cirros dorsales con ceratóforos muy largos; cirros ventrales más cortos que el lóbulo neuropodial. Papilas nefridiales inician en el setífero 8 hasta la región terminal del organismo; todas de similar tamaño. Notosetas capilares espinosas. Neurosetas unidentadas, ligeramente curvas en la parte distal, con espinas distribuidas en 5-6 hileras; Neurosetas del setífero 2 rectas, más delgadas que las anteriores, con regiones espinosas más largas que el resto de las neurosetas. Élitros ovales, cubren totalmente el dorso. Con microtubérculos cónicos de tamaño uniforme con puntos oscuros en la región media del élitro; papilas marginales grandes a lo largo de los bordes laterales. Pigidio con dos cirros anales largos y digitiformes; ano dorsal muy grande.

Distribución y hábitat. Colombia, Cuba, Trinidad (Dean, 2012; Salazar-Silva, 2021). Intermareal, comensal de cangrejos ermitaños.

Chaetacanthus brasiliensis (de Quatrefages, 1866)

Polynoe brasiliensis de Quatrefages, 1866: 246-247.

Iphione magnifica Grube, 1876: 51.

Polynoe branchiata Treadwell, 1901: 186.

Lepidonotus branchiatus Treadwell, 1939: 183-184, fig. 16.

Chaetocanthus magnificus.— Amaral y Nonato, 1982: 18.— De Brito *et al.*, 2013: 27-29, figs. 2-6.

Chaetacanthus brasiliensis.— Salazar-Silva *et al.*, 2020: 398-404, figs. 1-6, 7, 8, 13D-F.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Ejemplar con cuerpo robusto, de forma elíptica, completamente cubierto por élitros; con 23 setíferos. Prostomio trilobulado, con un par de ocelos en la parte posterior. Tres antenas lobuladas, insertas sobre ceratóforos conspicuos; antena media mayor. Palpos robustos, bilobulados, con papilas granuladas pequeñas. Antenas, cirros tentaculares y cirros dorsales, con una dilatación terminal. Superficie de los élitros con papilas digitiformes y numerosos microtubérculos globulares

y espinosos; macrotubérculos desde el tercer par de élitros con color ámbar, esclerotizados, deprimidos en grupos en forma de panal de abejas; margen externo con macrotubérculos fusiformes y mucronados, los marginales hemiesféricos, el área interna con abundantes microtubérculos oscuros y cónicos con espinas gruesas. Parápodos birrámeos, altos y comprimidos; notopodio con setas capilares. Primeros neurópodos con setas aciculares alargadas, delgadas, en forma de espiga; las posteriores más gruesas, multidentadas. Filamentos branquiales bifurcados distalmente. Papilas nefridiales ventrales conspicuas, junto a las bases de los parápodos. Pigidio con 4 cirros anales, con forma y pigmentación similar a los cirros dorsales.

Distribución y hábitat. Cuba, Curaçao, República Dominicana, Puerto Rico, St. Thomas, Antillas, Panamá, Trinidad y Brasil (Bahía y Paraíba) (Dean, 2012; Salazar-Silva *et al.*, 2020). En grietas de rocas o corales.

Sabellariidae Johnston, 1865

Phragmatopoma caudata Krøyer in Mörch, 1863

Phragmatopoma caudata.— Kirtley, 1994: 31, figs. 2.3.1 - 2.3.6.— Chávez-López, 2020: 307-308, figs. 4A-K, 12A.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. El ejemplar presenta el margen distal de la palea opercular externa con un pluma media, relativamente ancha. Paleas medias con un sulcus bajo a lo largo de las líneas medias de la superficie basal de la lámina; las cuales son paralelas, con un patrón alveolar rasurado y rugoso en la superficie superior.

Distribución y hábitat. Brasil, Colombia, Puerto Rico, St. Croix, Islas Vírgenes, México (Dean, 2012; Nunes *et al.*, 2017; Chávez-López, 2020).

Sabellidae Latreille, 1825

Acromegalomma heterops (Perkins, 1984)

Megalomma heterops Perkins, 1984: 359, figs. 42-43.— Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006: 40-42, fig. 9.— Tovar-Hernández y Carrera-Parra, 2011: 35-37, figs. 13F-N, 14A-L, 28C, 29C.

Acromegalomma heterops.— Gil y Nishi, 2017: 138.

Material examinado. 1 espécimen, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar presenta el cuerpo alargado. Corona tentacular con dos lóbulos semicirculares. Ojos subdistales en la mayoría de los radiólos, esféricos. El par de radiólos más dorsal es más grueso y largo que el resto. Margen dorsal del collar fusionado al surco fecal. Margen

ventral del collar forma dos lóbulos ventrolaterales, con manchas de color púrpura en el margen anterior de los lóbulos, que se extienden hasta la base de los notopodos de los primeros 3 setígeros. Notosetas torácicas capilares bilimbadas de dos tamaños. Neurosetas torácicas con uncinos aviculares de manubrio largo y numerosas hileras de dentículos sobre el diente principal, setas acompañantes de dos tipos: con membranas en forma de gota de agua (limbos simétricos) y en forma de hoz (limbos asimétricos). Notosetas abdominales con limbos anchos.

Distribución y hábitat. Cuba, Guana, México, Panamá, Puerto Rico, Venezuela (Dean, 2012; Tovar-Hernández y Carrera-Parra, 2008). De fondos duros, litorales y sublitorales.

Notaulax nudicollis (Krøyer, 1856)

Sabella nudicollis Krøyer, 1856: 30-31.

Notaulax nudicollis.— Perkins 1984: 331, figs. 25-28.— Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006: 49-51, fig. 14.— Dean, 2017: 142.

Material examinado. 3 especímenes, IV-05 (2), IV-06 (1).

Diagnosis. Setígero 1 con setas arregladas en hileras en diagonal; margen ventral del collar entero; collar tan largo como el siguiente segmento; radíolos sin extensiones entre la membrana palmada y la parte distal de la zona ocular; con 30-70 ocelos por grupo. Escudo ventral del segmento del collar usualmente rectangular, algunas veces curvo; escudos ventrales de los setígeros torácicos trapezoidales, con margen anterior de mayor tamaño que el posterior, lados laterales cóncavos, rodeando el tori. Uncinos torácicos aviculares, con 17-18 dientes por encima del diente principal. Uncinos abdominales aviculares con manubrio más corto que los del tórax, con hasta 13 dientes por encima del diente principal. Con manchas oculares en el pigidio. Tubo traslúcido, color café rojizo, no cubierto por sedimento, dentro de la roca coralina.

Distribución y hábitat. Colombia, Costa Rica, Cuba, México, Puerto Rico, St. Vincent, Venezuela (Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006; Dean, 2012, 2017). En fondos duros (rocas coralinas, conchas, esponjas).

Pseudopotamilla fitzhughii Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006
Pseudopotamilla fitzhughii Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006: 58-60, figs. 19-21.— Dean, 2017: 142-143.

Pseudopotamilla cf. *reniformis* Uebelacker, 1984c: 54-36, 54-38, figs. 54-29, 54-30.

Material examinado. 12 especímenes, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado con cuerpo delgado. Radiolos con 3 o 4 ojos compuestos por radiolo, excepto en el par más dorsal. Margen dorsolateral del collar entero. Tórax con 9 setíferos. Notosetas torácicas con setas como espinas, paleas arregladas en dos hileras, con un mucrón corto o mediano en la hilera superior, corto en la inferior. Uncinos torácicos aviculares, con 18-22 dientes por encima del principal; setas acompañantes con punta casi simétrica, con forma de lágrima. Setas abdominales en dos hileras transversas, con setas limbadas con limbo ancho y uncinos aviculares con 22-24 dientes por encima del principal.

Distribución y hábitat. Curaçao, México, Costa Rica (Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2006; Dean, 2012, 2017). En fondos duros y mixtos.

Serpulidae Rafinesque, 1815

Hydroides mucronata Rioja, 1958

Hydroides mucronata Rioja, 1958: 254-257, figs. 3a-h.— Read *et al.*, 2017: 27.
Hydroides mucronatus.— Bastida-Zavala y Salazar-Vallejo, 2000: 848-849, figs. 2k, 3a-d.— Bastida-Zavala y ten Hove, 2002: 141, figs. 20A-J, 22.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. El ejemplar presenta un embudo opercular con 14 radios puntiagudos, verticilo pequeño con siete espinas rectas, de similar longitud, con un par de espínulas laterales, algunos con una espínula media interna. Tórax con seis setíferos, notosetas limbadas, neurosetas uncinos en forma de serrucho. Segmentos abdominales anteriores con setas trompetas distalmente dentadas y con diente externo más ancho e incurvado, posteriores setas capilares; uncinos abdominales similares a los torácicos, pero más pequeños.

Distribución y hábitat. Barbados, Bonaire, Cuba, Curaçao, México, Panamá, Puerto Rico (Bastida-Zavala y ten Hove, 2002; Dean, 2012). En aguas someras, sobre algas y roca coralina.

Pyrgopolon ctenactis (Mörch, 1863)

Serpula (Sclerostyla) ctenactis Mörch, 1863: 386.

Sclerostyla ctenactis.— Bush, 1905: 224.— ten Hove 1973: 6-12, figs. 1-4, 7, 20-31, pls. 1, 3a-b, 3, 7.— de León-González, 1990: 335, fig. 2a-f.

Pyrgopolon ctenactis.— Jäger, 1993: 95.— Bastida-Zavala, 2008: 42, fig. 10a-d.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Ejemplar con filamentos branquiales en par, en arreglo circular. Membrana branquial extendida a la longitud de los filamentos.

Opérculo y pedúnculo opercular completamente calcificado, cubierto por una capa delgada que termina en un grupo de áreas glandulares aproximadamente igual al número de dientes marginales. Pedúnculo opercular con cuatro surcos longitudinales. Opérculo termina en forma de cono, rosado a rojizo, con crestas radiales bien desarrolladas y muchos dientes irregulares. Membrana torácica grande, se extiende hasta el séptimo setífero. Collar usualmente bien desarrollado, corto, con apariencia trilobulada (2 laterales, 1 ventral), lóbulo ventral cuadrado, dentado en región media. Setas del collar limbadas. Tórax de 7 segmentos, ej primero usualmente asetífero. Uncinos torácicos en forma de sierra, con 9-10 dientes. Setas abdominales con puntas geniculadas, en segmentos posteriores simples, capilares; uncinos en forma de raspador con 2 hileras de dientes en los segmentos anteriores, 4 en los posteriores. Primeros 5 segmentos abdominales sin uncinos.

Distribución y hábitat. Anfiamericana (Bastida-Zavala, 2008). Barbados, Bonaire, Colombia, Cuba, Curaçao, Dominicana, Jamaica, México, Panamá, Puerto Rico, St. Croix, St. Thomas (Bastida-Zavala, 2008; Dean, 2012). En coral muerto y sustratos de carbonato de calcio.

Spionidae Grube, 1850

Malacoceros cf. *indicus* (Fauvel, 1928)

Scolelepis indica Fauvel, 1928: 93-94, figs. 2g, 3h-i.

Malacoceros indicus.— Kudenov, 1980: 109 fig. 6.34d.— Delgado-Blas y Salazar-Silva, 2011: 46-47.

Malacoceros (Malacoceros) indicus.— Foster, 1971: 50-52, figs. 93-99.

Material examinado. 3 especímenes, IV-06.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta 32 setíferos. Prostomio entero, truncado, distalmente en forma de "T", formando un par de cuernos laterales; dos pares de ojos negros en arreglo trapezoidal, los anteriores más alejados entre sí, los posteriores sitios en las bases de los cirros tentaculares. Peristomio proyectado anteriormente hacia el prostomio, sin formar pliegues o alas. Primer parapodio birrámeo, aunque reducido, con noto y neurosetas. Branquias fusionadas basalmente al lóbulo notopodial, cirriformes, plegadas sobre el dorso, presentes desde el setífero 1 hasta el 32, reduciéndose en longitud y grosor en parápodos mas posteriores. Notosetas capilares limbadas, mayores que las neurosetas en todos los setíferos. Neurosetas limbadas y ganchos cubiertos, en grupos, primeramente de 1-2 y posteriormente de 5-6 por haz, dispuestos en forma de abanico. Ganchos distalmente bidentados, con dentículos de similar tamaño.

Distribución y hábitat. Cuba, Panamá, Puerto Rico (Dean, 2012). La forma cercana a *M. indicus* que estamos reportando aquí, podría estar limitada sólo para el Gran Caribe. Por lo general en lugares arenosos, intermareal hasta 100 m.

Comentario: Al igual que Delgado-Blas y Salazar-Silva (2011) observamos que los especímenes encontrados en este estudio se diferencian a los del Océano Índico en la forma de las lamelas noto y neuropodiales, lo que nos indica que estos ejemplares corresponden a una especie indescripta, muy similar a *M. indicus*. Coincidimos con Delgado-Blas (2021) que la presencia de *M. indicus* en esta región es cuestionable. Un estudio más detallado y con ejemplares en mejores condiciones ayudará a esclarecer el estatus de esta especie.

Polydora websteri Hartman in Loosanoff y Eagle, 1943

Polydora caeca Webster, 1879: 252-253, lám. 9, figs. 119-122 (no Ørsted, 1843).

Polydora websteri Hartman in Loosanoff y Eagle, 1943: 70-72, fig. 1.— Hartman, 1951: 81-82.— Foster, 1971: 26-27, figs. 30-36.— Blake y Kudenov, 1978: 258-259, figs. 43k-n; Laverde-Castillo y Rodríguez-Gómez, 1987: 98.— Delgado-Blas y Salazar-Silva, 2011: 52.

Material examinado. 1 espécimen, IV-01.

Diagnosis. Prostomio frontalmente inciso, carúncula extendida hasta el setígero 3; con 4 ocelos. Espinas modificadas del setígero 5 falcadas, con una lámina lateral. Branquias desde el setígero 7, alcanzando su mayor tamaño en setígeros medios. Setas modificadas ausentes. Pigidio discoidal con el ano en la base del pliegue dorsal.

Distribución y hábitat. Cosmopolita. Cuba, Colombia, Venezuela (Dean, 2012; Delgado-Blas y Salazar-Silva, 2011; Delgado-Blas, 2021). Intermareal hasta los 200 m, forma tubos de gran variedad de sedimentos, arenosos principalmente; horadador de conchas. En este estudio se le encontró en un trozo de coral muerto de *Acropora palmata*.

Comentario: *Polydora websteri* fue descrita para el atlántico estadounidense, Connecticut. Es una especie que ha sido reportada como perforadora de 19 especies de moluscos, principalmente bivalvos y algunos gasterópodos (Martin y Britayev, 1998). Aunque afecta principalmente a *Crassostrea gigas*, también se han registrado daños en los ostiones *C. virginica*, *Saccostrea commercialis*, el mejillón *Mytilus edulis* y las almejas *Mercenaria mercenaria* y *Pecten irradians* (Martin y Britayev, 1998, 2018). En el ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* de la Laguna de Términos, Campeche, también se ha reportado la presencia de *Polydora websteri* (García-Garza, 2015).

Syllidae Grube 1850

Haplosyllis cf. *spongicola* (Grube, 1855)

Syllis spongicola Grube, 1855: 104-105.

Syllis (*Haplosyllis*) *spongicola*.— Gardiner, 1976: 139, fig. 12i-k.

Haplosyllis spongicola.— Hartman, 1951: 41.— San Martín y Bone, 2001: 615.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. cuerpo cilíndrico, prostomio oval, cuatro ojos pequeños. Antena media y laterales articuladas. Palpos delgados y redondeados. Órganos nucales presentes como pequeños rebordes entre el prostomio y el peristomio. Cirro dorsal tentacular articulado, de mayor tamaño que el ventral. Cirros dorsales anteriores articulados el primer par mayor. Cirros dorsales de la parte media del cuerpo alternados en tamaño, los cortos de 4-8 articulaciones, los largos de 8-18. Cirro ventral ovoide, extendiéndose anteriormente más allá del parapodio. Cirro anal largo, liso a indistintamente articulado. Setas simples, distalmente bífidas, aparentemente lisas, con una constricción en la parte subterminal. Faringe se extiende hasta el setífero 7, 10 papilas marginales suaves, diente medio dorsal localizado subterminalmente. Proventrículo extendiéndose desde el setífero 7 al 12, con numerosas filas de células musculares.

Distribución y hábitat. En el Caribe reportada en 18 países (Dean, 2012). En el Golfo de México (Banco de Campeche, Sistema Arrecifal Veracruzano, Sistema Arrecifal de Cozumel), en coral y en sedimentos terrígenos y carbonatados (Granados-Barba *et al.*, 2003).

Comentario: Aunque en el pasado se consideró cosmopolita, estudios recientes demuestran que existen muchas especies crípticas, y la distribución de *H. spongicola* estaría limitada al Mediterráneo y Atlántico europeo (Lattig y Martin, 2009).

Syllis corallicola Verrill, 1900

Syllis (*Typosyllis*) *corallicola* Verrill, 1900: 603.

Typosyllis corallicola.— Hartman, 1942: 47, figs. 68-75.— Jones, 1962: 180, figs. 28-40.— San Martín, 1992: 184, fig. 1a-d.— Granados-Barba *et al.*, 2003: 340.

Syllis corallicola.— Dean, 2017: 145-146.

Material examinado. 6 especímenes, IV-06.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo ensanchado anteriormente, adelgazado hacia el pigidio. Prostomio redondeado a rectangular con dos pares de ojos en arreglo trapezoidal, los

anteriores mayores. Con tres antenas articuladas, la media localizada en medio del par de ojos posterior, con 15 artejos; las laterales más pequeñas, con 11 artejos. Palpos triangulares, globosos. Faringe extendida hasta el setígero 10; con 10 papilas marginales suaves y un diente medio-dorsal subterminal. Cirros dorsales largos. Cirros ventrales digitiformes. Setas incluyen falcíferos compuestos bidentados, lámina larga, dientes semiredondeados, el distal ligeramente más grande que el subdistal, con dentición lateral corta y fina, nunca alcanza el diente subdistal; en parápodos posteriores con lámina corta. Setas simples superiores delgadas y rectas, con la parte distal bífida, dentición poco notoria. En parápodos posteriores, setas inferiores ligeramente más gruesas que las superiores, bidentadas, diente distal más grande que el subdistal. Acículas con el extremo distal ligeramente curvo, nunca sobresalen del lóbulo parapodial. Pigidio con dos cirros anales, con 17 artejos y un cirro medioventral digitiforme pequeño.

Distribución y hábitat. Antigua, Barbados, Bonaire, Colombia, Cuba, Curaçao, Honduras, Jamaica, Martinica, México, Panamá, Puerto Rico, St. Croix, St. Thomas, Venezuela (Dean, 2012, 2017). En el Sistema Arrecifal Veracruzano, Banco de Campeche y Cozumel, se ha reportado en coral y sedimento carbonatado (Granados-Barba *et al.*, 2003). Intermareal, en pastos marinos, esponjas, coral vivo y muerto, lodo.

Syllis cf. *hyalina* Grube, 1863

Syllis hyalina Grube, 1863: 45, lám. 4, fig. 8.— San Martín, 1984: 387, lám. 101.

Typosyllis hyalina.— Granados-Barba *et al.*, 2003: 340.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Cuerpo largo y delgado. Prostomio subpentagonal, con cuatro ojos dispuestos en trapecio, más dos manchas oculares anteriores. Tres antenas, la media inserta en la mitad del prostomio, con 11 artejos; las laterales insertas cerca del borde anterior del prostomio. Segmento bucal algo más corto que el siguiente, formando un borde en la parte posterior del prostomio, con dos pares de cirros tentaculares. Cirros dorsales de los setígeros anteriores largos, disminuyendo en tamaño posteriormente. Neurosetas compuestas fuertemente espinuladas, cortas, bidentadas. Falcíferos simples bidentados, los superiores tenuemente espinulados, los inferiores lisos. Acículas gruesas, con la punta engrosada subdistalmente. En los parápodos posteriores, setas simples, las ventrales claramente bidentada. Faringe larga y delgada,

con el diente situado en la parte anterior. Proventrículo largo, de menor tamaño que la faringe.

Distribución y hábitat. Cosmopolita. Belice, Colombia, Cuba, Guadalupe, Venezuela (Dean, 2012). En el Sistema Arrecifal Veracruzano se reportó en coral (Granados-Barba *et al.*, 2003). En sustratos mixtos o rocosos litorales y sublitorales.

Comentario: Fue descrita para Croacia, y por mucho tiempo se ha considerado cosmopolita (Aguado *et al.*, 2008), aunque es poco probable que la forma caribeña corresponda al taxón nominal.

Syllis lagunae Tovar-Hernández, Hernández-Alcántara y Solís-Weiss, 2008

Syllis lagunae Tovar-Hernández *et al.*, 2008: 339-344, figs. 2-3.

Typosyllis cornuta Granados Barba *et al.*, 2003: 340 [Not Rathke, 1843]

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Cuerpo largo y delgado, con muchos segmentos. Prostomio subpentagonal, con cuatro ocelos pequeños en disposición trapezoidal. Dos palpos gruesos, más largos que el prostomio. Tres antenas, la media inserta entre los ojos posteriores, con aproximadamente 20 artejos; las laterales, insertas por delante de los ojos anteriores, con 18 artejos. Segmento bucal más estrecho que el siguiente, con dos pares de cirros tentaculares, los dorsales con 20 artejos, los ventrales con 10. Cirros dorsales alternados, largos, con 16-20 artejos, cortos con 8-10 artejos. Parápodos anteriores con setas compuestas bidentadas a partir del cuarto setífero. Espiníferos y falcíferos bidentados con serración corta y gruesa. En segmentos posteriores con una seta simple dorsal muy fina, con la punta ligeramente bifida; y una simple ventral un poco más gruesa, bidentada. En parápodos anteriores con hasta tres acículas delgadas, dos de ellas subdistalmente engrosado, distal en punta; la otra con el extremo distal ligeramente engrosado, romo. Últimos parápodos con una acícula. Faringe larga y delgada, empezando en el cuarto setífero, extendida a lo largo de 12 setíferos, con un diente cónico situado en su parte anterior, sobresaliendo del borde. Proventrículo rectangular-ovalado, ocupando seis setíferos, con 37 filas musculares. Faringe retraída, más corta y gruesa.

Distribución y hábitat. Hasta el momento la especie se encuentra restringida al Golfo de México y Cuba. En Laguna de Términos fue encontrada entre raíces de mangle y mantos de *Thalasia testudinum*. En este estudio se le encontró en un trozo de coral muerto de *Montastraea cavernosa*.

Parasphaerosyllis cf. indica Monro, 1937

Parasphaerosyllis indica Monro, 1937: 273-275, text-fig. 8.— Rioja, 1958: 264, fig. 21-31.— Liñero-Arana y Díaz-Díaz, 2011: XX.— San Martín, 1991: 24, figs 4.8-4.10.— Aguado *et al.*, 2015: 49, fig. 5F.

Material examinado. 1 espécimen, IV-06.

Diagnosis. Cuerpo pálido, muy largo. Prostomio oval con un reborde medio-posterior, cuatro ojos en arreglo trapezoidal con la antena media dispuesta entre ellos. Antenas, cirros tentaculares y cirros dorsales multiarticulados. Parápodos con cirros dorsales de dos tipos alternantes: cirriformes con alrededor de 25 artejos, y subsféricos o mamiliformes. Neurosetas falcíferos compuestos bidentados.

Distribución y hábitat. Cuba, Martinica, Venezuela (Dean, 2012). En sustratos blandos entre organismos sésiles de fondos duros sublitorales.

Comentario: La especie fue descrita para el Océano Indico, se ha reportado en el Atlántico y en el Pacífico tropical (San Martín *et al.*, 2008), incluso para la Isla de Pascua en Chile (Cañete, 2017); sin embargo, es poco probable que el ejemplar de Isla Verde se trate de la misma especie nominal. En el Golfo de México no se ha descrito ninguna especie en el género, por lo que puede tratarse de un taxón indescrito, desafortunadamente solo se cuenta con un ejemplar.

Terebellidae Jonston, 1846

Eupolymnia magnifica (Webster, 1884)

Terebella magnifica Webster, 1884: 324, lám. 11, figs. 58-60.

Eupolymnia magnifica.— Treadwell, 1924: 17-18.— Londoño-Mesa, 2009: 28-29, figs. 7D-K.

Eupolymnia nebulosa.— Londoño-Mesa y Carrera-Parra, 2005: 15-17, figs. 4D-F (non Montagu, 1818).

Material examinado. 14 especímenes, IV-05 (11); IV-06 (3).

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo blando, incoloro. Lóbulo tentacular con ocelos, segmentos 2, 3 y 4 con lóbulos laterales pequeños. Con 15 cojinetes ventrales. Tres pares de branquias arborescentes. Notosetas limbadas con punta lisa desde el segmento 4. Uncinos desde el segmento 5, en hileras simples hasta el segmento 10, el resto en doble hilera, intercalados cara a cara, con un diente principal y dos dientes accesorios.

Distribución y hábitat. Antigua (Dean, 2012). Florida, Caribe mexicano, Puerto Rico, Panamá (Caribe), intermareal hasta 237 m (Londoño Mesa, 2009).

Loimia bermudensis Verrill, 1900

Loimia bermudensis Verrill, 1900: 664-665.— Hoagland, 1919: 576.— Londoño-Mesa, 2009: 37, fig. 9A-H.

Material examinado. 2 especímenes, IV-05.

Diagnosis. El ejemplar mejor preservado presenta el cuerpo color pardo claro. Membrana tentacular con abundantes tentáculos largos y delgados, ligeramente anillados y con una depresión longitudinal. Tres pares de branquias ramificadas, dendríticas. Segmento bucal con lóbulos laterales dirigidos ventralmente. Segmento 2 inconspicuo, casi cubierto por los segmentos posteriores. Con 10 cojinetes ventrales. Notópodos desde el segmento 4, como rebordes bajos, distalmente redondeados; con notosetas bilimbadas largas, delgadas, distalmente lisas. Uncinos desde el segmento 5. Uncinos torácicos en hileras dobles, pectinados con 4 a 5 dientes. Uncinos abdominales una sola hilera, similares a los torácicos, pero usualmente con 5 dientes. Pigidio circular en sección transversal, con 6 a 8 pequeñas protuberancias digitiformes cortas rodeando el ano, el cual está situado en posición terminal.

Distribución y hábitat. Bermuda, Puerto Rico (Dean, 2012). Aguas someras, bajo piedras (Londoño-Mesa, 2009).

CONCLUSIONES

A excepción de los sipúnculos –grupo que no fue estudiado en el presente trabajo porque su reconocimiento dentro de Annelida es reciente– (Struck *et al.*, 2007), las 19 familias de anélidos aquí reportadas son bien conocidas como macrohoradores de coral muerto, particularmente en el Caribe mexicano y Golfo de México (Campos Vázquez *et al.*, 1999; Ochoa-Rivera *et al.*, 2000; Acevedo-Barradas *et al.*, 2019; Hernández-Alcántara *et al.*, 2019). De las 35 especies reportadas, la identidad de seis de ellas es aproximada y requiere ser corroborada, ya que, si bien en las últimas décadas se han hecho revisiones taxonómicas mundiales a nivel de familia o género, aún existe mucho trabajo por hacer para esclarecer la identidad de varias de las especies reportadas en Isla Verde. Asimismo, dos especies no pudieron ser identificadas porque se trata de individuos juveniles (*Eunice* sp. y *Marphysa* sp.) y se encontró una especie nueva para la ciencia (*Orbiniidae*).

Agradecimientos

Este capítulo fue financiado por la Conabio (SO35) en el marco del proyecto Poliquetos Litorales de la Región Norte y Centro del Estado de Veracruz.

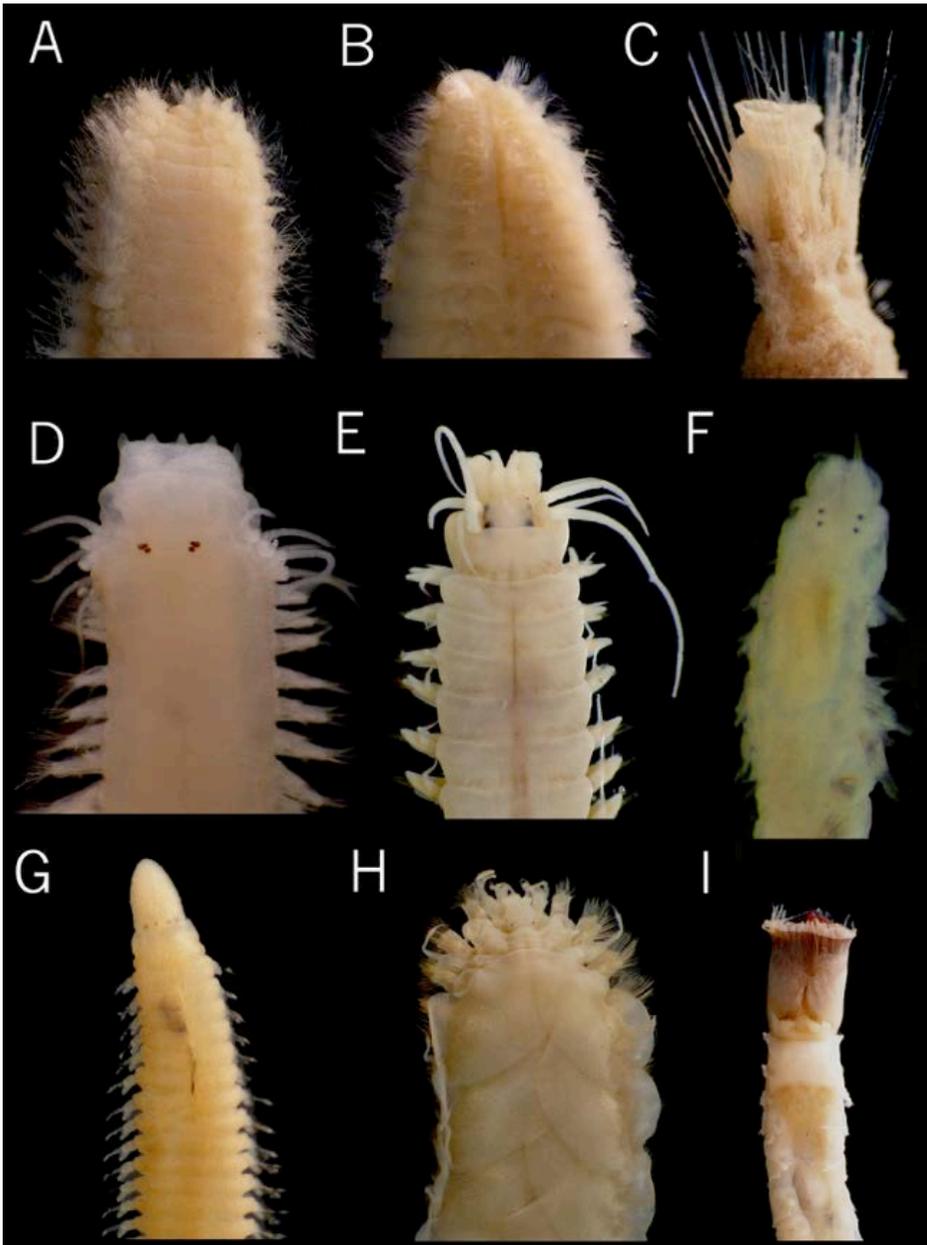


Lámina 1. A) *Eurythoe complanata*, B) *Hipponoe gaudichaudi*, C) *Semiodera caribea*, D) *Podarkeopsis* cf. *brevipalpa*, E) *Nereis riisei*, F) *Nereis panamensis*, G) *Arabella* (*Cenothrix*) *multidentata*, H) *Lepidonotus sublevis*, I) *Phragmatopoma caudata*. (Fotografías: Ma. E. García Garza)

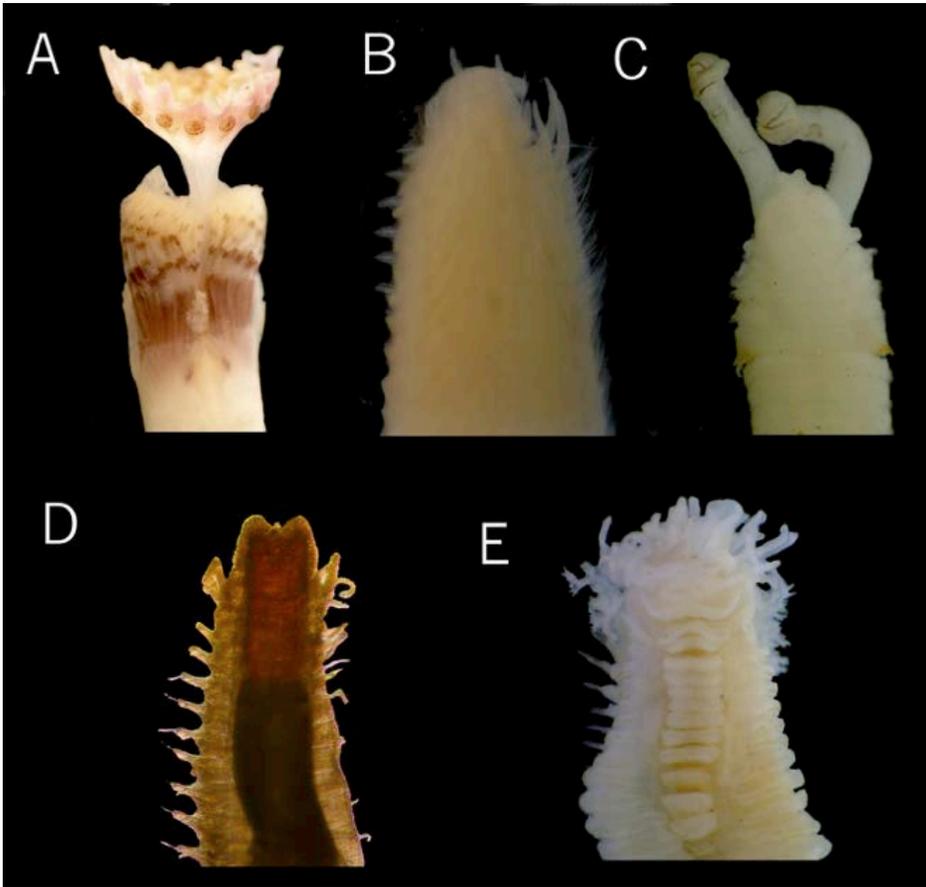


Lámina 2. A) *Pyrgopolon ctenactis*, B) *Malacoceros* cf. *indicus*, C) *Polydora websteri*, D) *Syllis* cf. *hyalina*, E) *Loimia bermudensi*. (Fotografías: Ma. E. García Garza)

Literatura citada

- ACEVEDO-BARRADAS, T. E., A. Granados-Barba y V. Solís-Wolfowitz. 2019. Familias de anélidos poliuetos asociadas a coral muerto en arrecifes del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Pp. 157-176. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara y D. Salas-Monreal (Eds.). *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. 376 pp.
- AGUADO, M. T., A. Murray y P. A. Hutchings. 2015. Syllidae (Annelida: Phyllodocida) from Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia. *Zootaxa*, 4019(1): 35-60.
- AGUADO M. T., G. San Martín y H. A ten Hove. 2008. Syllidae (Annelida: Polychaeta) from Indonesia collected by the Siboga (1899-1900) and Snellius II, 1984 expeditions. *Zootaxa*, 1673(1): 1-48.

- AMARAL, A. C. y E. F. Nonato. 1982. *Anelídeos poliquetos de Costa Brasileira, Aphroditidae e Polynoidae*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília. Pp. 18-19.
- ANDREWS, E. A. 1891. Report upon the Annelida Polychaeta of Beaufort, North Carolina. *Proceedings of the United States National Museum*, 14(852): 277-302, plates XII-XVIII.
- AUDOUIN, J. V. y H. Milne-Edwards. 1832. Classification des annélides, et description de celles qui habitent les côtes de la France. *Ann. Sci. Nat.*, 27: 337-347.
- BARROSO, R., M. Klautau, A. Solé-Cava y P. Paiva. 2010. *Eurythoe complanata* (Polychaeta: Amphinomidae), the 'cosmopolitan' worm, consists of at least three cryptic species. *Marine Biology*, 157(1): 69-80.
- BASTIDA-ZAVALA, J. R. 2008. Serpulids (Annelida: Polychaeta) from the Eastern pacific, including a brief mention of Hawaiian serpulids. *Zootaxa*, 1722: 1-61.
- BASTIDA-ZAVALA, J. R. y S. I. Salazar-Vallejo. 2000. Serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae) del Caribe noroccidental: Hydroides y Serpula. *Rev. Biol. Trop.*, 48(4): 841-858.
- BASTIDA-ZAVALA, J. R. y H. A. ten Hove. 2002. Revision of Hydroides Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Western Atlantic region. *Beaufortia*, 52: 103-178.
- BLAKE, J. A. y J. D. Kudenov. The Spionidae (Polychaeta) from southeastern Australia and adjacent areas with a revision of the genera. *Mem. Nat. Mus. Victoria*, 39: 171-280.
- BUSH, K. J. 1905. Tubicolous annelids of the tribes Sabellides and Serpulides from the Pacific Ocean. En: *Harriman Alaska Expedition 12*. With cooperation of Washington Academy of Sciences, Doubleday, Page y Co., Nueva York, pp. 169-346.
- CAÑETE, J. I. 2017. First record of *Parasphaerosyllis indica* (Polychaeta: Syllidae) from Easter Island, Chile. *Latin Amer. J. Aquat. Res.*, 45(5): 1070-1074.
- CAMPOS-VÁZQUEZ, C., L.F. Carrera-Parra, N. E. González y S.I. Salazar-Vallejo. 1999. Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4): 799-808.
- CARRERA-PARRA, L. F. 2001. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) from Grand Caribbean region with the description of six new species. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 81: 599-621.
- _____. 2006. Revision of Lumbrineris de Blainville, 1828 (Polychaeta: Lumbrineridae). *Zootaxa*, 1336: 1-64.
- _____. 2021. Capítulo 28: Lumbrineridae. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-

- Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 375-392.
- _____. 2021. Capítulo 34: Oeononidae Kinberg, 1865. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 489-499.
- CARRERA-PARRA, L. F., K. Fauchald y M. C. Gambi. 2011. Revision of the taxonomic status of Lysidice (Polychaeta, Eunicidae) in the Western Caribbean Sea with observation on species reproductive features and habitat preference, *Italian J. of Zool.*, 78: 27-40.
- CARRERA-PARRA, L. F. e I. C. Molina-Acevedo. 2021. Eunicidae Berthold, 1827. En: J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 1054 pp.
- CHÁVEZ-LÓPEZ, Y. 2020. New species and new records of Phragmatopoma (Polychaeta: Sabellariidae) from Tropical America. *Zootaxa*, 4845(3): 301-330.
- ÇINAR, M. E. 2007. Re-description of *Timarete punctate* (Polychaeta: Cirratulidae) and its occurrence in the Mediterranean. *Sea. Sci. Mar.*, 71(4): 755-764.
- DE BRITO, R. J., J. E. de Assis y M. L. Christoffersen. 2013. First record of *Chaetacanthus magnificus* (Polychaeta: Polynoidae) from the northeast coast of Brazil, with an overview of its taxonomic history. *Cuad. Invest. UNED* 5(1): 25-32.
- DE LEÓN-GONZÁLEZ, J. A. 1990. Dos serpulidos nuevos para el Pacífico mexicano y duplicidad opercular en *Hydroides crucigerus* (Polychaeta: Serpulidae). *Rev. Biol. Trop.*, 38(2A): 335.
- DE LEÓN-GONZÁLEZ, J. A., J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). 2021. *Anélidos marinos de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 1054 pp.
- DE LEÓN-GONZÁLEZ, J. A. y V. Díaz-Castañeda. 2006. Eunicidae (Annelida. Polychaeta) associated with *Phragmathopoma caudata* Morch, 1863 and some coral reefs from Veracruz, Gulf of Mexico. *Sci. Mar.*, 70: 91-99.
- DE LEÓN-GONZÁLEZ, J. A. V. Solís-Weiss y V. Ochoa-Rivera. 1999. Some nereids (Polychaeta. Nereididae) from the Caribbean Sea and adjacent coralline islands from the southeastern Gulf of Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 112(4): 667-681.

- DE QUATREFAGES, M. A. 1866. Histoire naturelle des annelés marins et d'eau douce. Annelides et Géphyriens. Tome I et II. Paris: Librairie encyclopédique de Roret. *Zool. Rec.*, 3: 578.
- DEAN, H. K. 2012. A literature review of the Polychaeta of the Caribbean Sea. *Zootaxa*, 3596: 1-86.
- _____. 2017. Some intertidal and shallow water polychaetes of the Caribbean coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 65(1): 127-152.
- DELGADO-BLAS, V. H. 2021. Capítulo 56: Spionidae Grube, 1850. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 913-645.
- DELGADO-BLAS, V. H. y P. Salazar-Silva. 2011. Taxonomic catalog of the Spionidae (Annelida: Polychaeta) of the Grand Caribbean. *Zootaxa*, 2782: 39-66
- EHLERS, E. 1887. Report on the annelids of the dredging expedition of the U. S. coast survey steamer "Blake". *Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll.*, 15, 1-335.
- FAUCHALD, K. 1977. Polychaetes from intertidal areas in Panama, with a review of previous shallow-water records. *Smithson. Contr. Zool.*, 221: 1-81.
- FOSTER, N. M. 1971. Redescription of the spionid polychaete *Malacoceros* (Malacoceros) *indicus* (Fauvel 1928). *J. Fish. Res. Bd. Canada* 28: 1455-1457.
- GARCÍA-GARZA, M. E. 2015. Presencia del espionido perforador en *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Memorias en V Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad*. La Habana, Cuba.
- GARDINER, S. L. 1976. Errant Polychaete Annelids from North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 91(3): 77-220.
- GATHOF, J. M. 1984. Vol. 6 Chapter 40-1: Eunicidae. En: J. M. Uebelacker, P. G. Johnson (Eds.). *Taxonomic guide to the polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*. Vol. 6, Barry M. Vittor y Associates. Mobile, Alabama.
- GIBBS, P. E. 1971. The polychaete fauna of the Solomon Islands. *Bull. British Mus. (Nat. Hist.) Zool.*, 21(5): 102-211.
- GIL, J. y E. Nishi. 2017. Nomenclatural checklist for *Acromegalomma* species (Annelida, Sabellidae), a nomen novum replacement for the junior homonym *Megalomma* Johansson, 1926. *ZooKeys*, 677(6): 131-150.
- GRANADOS-BARBA, A. 2011. Gusanos anillados marinos (Annelida: Polychaeta). 247-257. En: *La biodiversidad en Veracruz: estudio de Estado*. Vol. II. Conabio, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. ,México.

- GRANADOS-BARBA, A., V. Solís-Weiss, M. A. Tovar-Hernández y V. Ochoa-Rivera. 2003. Distribution and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from the Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia*, 496: 337-345.
- GRUBE, A. E. 1855. Beschreibung neuer oder wenig bekannter Anneliden. *Archiv für Naturgeschichte*, 21: 81-136.
- _____. 1859. *Annulata Örstediana*. Enumeratio Annulorum, quae in itinere Indiam Occidentalem et Americam Centralem annis 1845-1848 suscepto legit cl. A.S. Oersted, adjectis speciebus nonnullis a cl. H. Kroyero in itinere ad Americam meridionalem collectis, [part 3], pp. 105-120.
- _____. 1860. Beschreibung neuer oder wenig bekannter Anneliden. Fünfter Beitrag. *Archiv für Naturgeschichte*, 26(1): 71-118.
- _____. 1876. Bemerkungen über die Familie der Aphroditeen (Gruppe Polynoina, Acoëta, Polylepidea). *Jahres-Bericht der Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur*, 53: 46-72.
- HARRIS, L. H., J. A. de León-González y S. I. Salazar-Vallejo. 2021. Capítulo 2: Morfología, métodos, clave para familias y clasificación. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 9-39.
- HARTMAN, O. 1942. A review of the types of polychaetous annelids at the Peabody Museum of Natural History, Yale University. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll., Yale University*, 8(1): 1-98.
- _____. 1951. The littoral marine annelids of the Gulf of Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci., Univ. Tex.*, 2: 7-124.
- _____. 1956. Polychaetous annelids erected by Treadwell, 1891-1948, together with a brief chronology. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 109(2): 239-310.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G. 1959. Zur Ökologie der Polycheten des Mangrove-Estero-Gebietes von El Salvador. *Beitr. Neotrop. Fauna*, 1: 69-183.
- HERNÁNDEZ-ALCÁNTARA, P., I. N. Cruz-Pérez y V. Solís-Weiss. 2019. Eunicida and Amphinomida polychaetes (Annelida) inhabiting dead coral fragments in the Chinchorro Bank Biosphere Reserve, Mexican Caribbean. *Rev. Biol. Trop.*, 67(S5) Suplemento, S16-S38.
- HOAGLAND, R. A. 1919. Polychaetous annelids from Porto Rico, the Florida Keys and Bermuda. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 41: 517-591.
- HOEKSEMA, B. W., R. F. Timmerman, R. Spaargaren, A. Smith-Moorhouse, R. J. van der Schoot, S. J. Langdon-Down y C. E. Harper. 2021. Morphological Modifications and Injuries of Corals Caused by Symbiotic Feather Duster Worms (Sabellidae) in the Caribbean. *Diversity*, 2022(14): 332.

- HORTA-PUGA, G. J. 1982. *Descripción de algunas especies de poliquetos bentónicos de la Isla Verde, Veracruz*. Escuela de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 142 pp.
- Hutchings, P. A. 2008. Role of polychaetes in bioerosion of coral substrates. En: Wisshak, M. y L. Tapanila (Eds.). *Current Developments in Bioerosion*. Erlangen Earth Conference Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 249-264.
- _____. 2011. Bioerosion. Pp. 139-156. En: Hopley D. (Eds.). *Encyclopedia of Modern Coral Reefs*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht.
- JÄGER, M. 1993. Danian Serpulidae and Spirobridae from NE Belgium and the SE Netherlands: K/T boundary extinction, survival, and origination patterns. *Contr. Tertiary and Quarter. Geol.*, 29, 3-4: 73-137.
- JIMÉNEZ-CUETO, M. S. y S. I. Salazar-Vallejo. 1991. Anélidos poliquetos de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Pp 147-150. En: D. Navarro y J. G. Robinson (Eds.). *Diversidad Biológica en la Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*, CIQRO, Chetumal, 471 pp.
- JONES, M. L. 1962. On some polychaetous annelids from Jamaica, the West Indies. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 124: 169-212.
- KIRTLEY, D. W. 1994. A review and taxonomic revision of the family Sabellaridae Johnston, 1865 (Annelida; Polychaeta). *Sabecon Press. Sci. Ser.*, 1: 31-36.
- KRÖYER, H. 1856. Afhandling om Ormeslaegten Sabella Linn., isaer med Hensyn til dens nordiske Arter [Alternate title: Bidrag til Kundskab af Sabellerne]. *Oversigt over det Kongelige danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger*. 1856: 1-36.
- KUDENOV, J. D. 1980. Annelida: Polychaeta (Bristleworms). Pp. 77-123. En: *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. 2a ed. Univ. Arizona Press.
- LAGUNAS-PÉREZ, A. G., S. I. Salazar-Vallejo y J. A. de León-González. 2021. Capítulo 37: Opheliidae Malmgren, 1867. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 533-544.
- LATTIG, P. y D. Martin. 2009. A taxonomic revision of the genus *Haplosyllis* Langerhans, 1887 (Polychaeta: Syllidae: Syllinae). *Zootaxa*, 2220: 1-40.
- LAVERDE-CASTILLO, J. A y H. Rodríguez-Gómez. 1987. Lista de los poliquetos registrados para el Caribe colombiano, incluyendo comentarios sobre su Zoogeografía. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin*. 17: 95-112.
- LONDOÑO-MESA, M. H. 2009. Terebellidae (Polychaeta: Terebellida) from the Grand Caribbean region. *Zootaxa*, 2320: 1-93.

- LONDOÑO-MESA, M. y L. F. Carrera-Parra. 2005. Terebellidae (Polychaeta) from the Mexican Caribbean with description of four new species. *Zootaxa* 1057: 1-44.
- MARTIN, D. y T. A. Britayev. 1998. Symbiotic polychaetes: Review of known species: 36. Pp: 217-340. En: A. D. Ansell, R. N. Gibson y M. Barnes (Eds.). *Oceanography and Marine Biology: Ann. Rev.* UCL Press.
- _____. 2018. Symbiotic polychaetes revisited: an update of the known species and relationships (1998-2017). *Oceanogr. Mar. Biol.*, 56: 371-448
- MOLINA-ACEVEDO, I. C. y L. F. Carrera-Parra. 2017. Revision of *Marphysa* de Quatrefages, 1865 and some species of *Nicidion* Kinberg, 1865 with the erection of a new genus (Polychaeta: Eunicidae) from the Grand Caribbean. *Zootaxa*, 4241(1): 1-62.
- MONRO, C. C. A. 1937. Polychaeta. The John Murray Expedition 1933-1934. *Sci. Rep.*, 4(8): 243-321.
- NUNES, F. L. D., A. V. Wormhoudt, L. Faroni-Pérez y J. Fournier. 2017. Phylogeography of the reef-building polychaetes of the genus *Phragmatopoma* in the western Atlantic Region. *J. Biogeogr.*, 44 (7): 1612-1625.
- OCHOA-RIVERA, V., A. Granados-Barba y V. Solís-Weiss. 2000. The polychaete cryptofauna from Cozumel Island, Mexican Caribbean. *Bull. Mar. Sci.*, 67: 137-146.
- PALLAS, P. S. 1766. *Miscellanea zoologica*. Quibus novae imprimis atque obscurae animalium species describuntur et observationibus iconibusque illustrantur. Petrum van Cleef. Hagí Comitum., xii + 224 pp.
- PATERSEN, M. E. 1999. Reproduction and development in Cirratulidae (Annelida: Polychaeta). *Hydrobiologica*, 402: 107-128.
- PERKINS, T. H. 1979. Lumbrineridae, Arabellidae, and Dorvilleidae (Polychaeta), principally from Florida, with descriptions of six new species. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 92(3): 415-465.
- _____. 1984. Revision of *Demonax* Kingberg, *Hypsicomus* Grube, and *Notaulax* Tauber, with a Review of *Megalomma* Johansson from Florida (Polychaeta: Sabellidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 97(2): 285-368.
- _____. 1985. *Chrysopetalum*, *Bhawania* and two new genera of *Chrysopetalidae* (Polychaeta), principally from Florida. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 98(4): 856-915.
- PETTIBONE, M. H. 1963. Marine polychaete worms of the New England Region, 1. Aphroditidae through Trochochaetidae. *Bull. U.S. Natl. Mus.*, 227: 1356.
- READ, G. B., H. A. ten Hove, Y. Sun y E. Kupriyanova. 2017. Hydroides Gunnerus, 1768 (Annelida, Serpulidae) is feminine: a nomenclatural checklist of updated names. *Zookeys*, 642: 1-52.
- RIOJA, E. 1958. Estudios Anelidológicos XXI. Observaciones acerca de algunas especies de serpúlidos de los géneros *Hydroides* y *Eupomatus* de las costas mexicanas del Golfo de México. *An. Inst. Biol.*, 28: 247-266.

- _____. 1960. Estudios Anelidológicos XXIV. Adiciones a la fauna de Anélidos Poliquetos de las Costas Orientales de México. *An. Inst. Biol.*, 31: 289-316.
- SALAZAR-SILVA, P. 2021. Capítulo 45: Polynoidae Kinberg, 1856, incluyendo Iphionidae Kinberg, 1856. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 661-690.
- SALAZAR-SILVA, P., D. A. López-Sánchez y S. I. Salazar-Vallejo. 2020. Revision of Chaetacanthus Seidler, 1922 (Annelida, Phyllococida, Polynoidae). *Zootaxa*, 4885: 3-5.
- SALAZAR-VALLEJO, S. I. 1997. Anfinómidos y eufrosínidos (Polychaeta) del Caribe mexicano con claves para las especies reconocidas del Gran Caribe. *Rev. Biol. Trop.*, 44/45: 379-390.
- _____. 2012. Revision of Semiodera Chamberlin, 1919 (Polychaeta: Flabelligeridae). *Zootaxa*, 3562: 1-62.
- SALAZAR-VALLEJO, S. I. y L. F. Carrera-Parra. 1998. Eunicidos (Polychaeta) del Caribe mexicano con claves para las especies del gran Caribe: *Fauchaldius*, *Lysidice*, *Marphysa*, *Nematonereis* y *Palola*. *Rev. Biol. Trop.*, 45(5): 1481-1498.
- SALAZAR-VALLEJO, S. I. y A. E. Rizzo. 2021. Capítulo 23: Hesionidae Grube, 1850. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 331-345.
- SAN MARTÍN, G. 1984. Biogeography of the Syllidae (Polychaeta) from the spanish Mediterranean Coasts. En: *Proceedings of the First International Polychaete*. P. A. Hutchings (Ed.). Linn. Soc. New South Wales. Sydney, pp. 303-302.
- _____. 1992. Syllis Savigny in Lamark, 1818 (Polychaeta: Syllidae: Syllinae) from Cuba Florida and North Carolina, with a revision of several species described by Verrill. *Bull. Mar. Sci.*, 51(2): 167-196.
- _____. 1994. Anélidos poliquetos procedentes de la I expedición cubano-española a la Isla de la Juventud y Archipiélago de los Canarreos. V. Familia Nereididae. *Rev. Invest. Mar.*, 14: 3-9.
- SAN MARTÍN, G. y D. Bone. 2001. Syllidae (Polychaeta) de praderas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Morrocoy (Venezuela). *Rev. Biol. Trop.*, 49(2): 609-620.
- SAN MARTÍN, G., P. Hutchings y M. T. Aguado. 2008. Syllinae (Polychaeta: Syllidae) from Australia. Part 1. Genera *Branchiosyllis*, *Eurysyllis*,

- Karroonsyllis*, *Parasphaerosyllis*, *Plakosyllis*, *Rhopalosyllis*, *Tetrapalpia* n. gen., and *Xenosyllis*. *Rec. Austr. Mus.*, 60(2): 119-160.
- STEEL, G. D. R. y H. J. Torrie. 1981. Chapter 24: Non-parametric statistics. En: G. D. R. Steel., H. J. Torrie y D. A. Dickey. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. McGraw-Hill International Book Company.
- STRUCK, T. H., N. Schult, T. Kusen, E. Hickman, C. Bleidorn y D. McHugh. 2007. Annelid phylogeny and the status of Sipuncula and Echiura. *BMC Evol. Biol.* 7: 57.
- TEN HOVE, H. A. 1973. Serpulinae (Polychaeta) from the Caribbean: II. The genus *Sclerostyla*. *Stud. Fauna Curaçao and other Caribbean Islands*, 43: 1-21.
- TOVAR-HERNÁNDEZ, M. A. y L. F. Carrera-Parra. 2011. *Megalomma* Johansson, 1925 (Polychaeta: Sabellidae) from America and other world-wide localities, and phylogenetic relationships within the genus. *Zootaxa*, 2861(1): 1-71.
- TOVAR-HERNÁNDEZ, M. A., M. E. García-Garza y J. A. de León-González. 2020. Sclerozoan and fouling sabellid worms (Annelida: Sabellidae) from Mexico with the establishment of two new species. *Biodiv. Data J.*, 8: e57471.
- TOVAR-HERNÁNDEZ, M. A. y S. I. Salazar-Vallejo. 2006. Sabellids (Polychaeta: Sabellidae) from the Grand Caribbean. *Zool. Stud.*, 45(1): 24-66.
- TOVAR-HERNÁNDEZ, M. A., P. Hernández-Alcántara y V. Solís-Weiss. 2008. Description of *Syllis lagunae* sp. nov. (Polychaeta: Syllidae) from the Southern Gulf of México and designation of a neotype for *Syllis mexicana* (Rioja, 1960). *Cah. Biol. Mar.*, 49: 337-350.
- TREADWELL, A. 1901. The Polychaetous annelids of Porto Rico. *Bull. U.S. Fish Comm.*, 20(2): 181-210.
- _____. 1921. Leodicidae of the West Indian region. *Pap. Tortugas Lab. Carnegie Inst.*, 15: 1-131.
- _____. 1924. Polychaetous annelids, collected by the Barbados-Antigua Expedition from the University of Iowa in 1918. *Univ. Iowa Stud.*, 10(4): 1-23.
- _____. 1939. Polychaetous annelids of Porto Rico and vicinity. Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands. N.Y. *Acad. Sci.*, 16(2): 151-319.
- UEBELACKER, J. M. 1984a. Capítulo 28 Hesionidae. En: *Taxonomic guide to the polychetes of the Northern Gulf of Mexico*. Final report to the Minerals Management Service, contract 14-12-001-29091. Volume 4. Barry A. Vittor, Mobile, Alabama, EUA.
- _____. 1984b. Capítulo 17 Opheliidae Malmgren 1867. En: *Taxonomic guide to the polychetes of the Northern Gulf of Mexico*. Final report to the Minerals

- Management Service, contract 14-12-001-29091. Volume 3. Barry A. Vittor, Mobile, Alabama, EUA.
- _____. 1984c. Capítulo 54 Sabellidae. En: *Taxonomic guide to the polychetes of the Northern Gulf of Mexico*. Final report to the Minerals Management Service, contract 14-12-001-29091. Volume 7. Barry A. Vittor, Mobile, Alabama, EUA.
- VERRILL, A. E. 1873. Report upon the invertebrate animals of Vineyard Sound and the adjacent waters, with an account of the physical characters of the region. Report on the condition of the sea fisheries of the south coast of New England. *Rep. U.S. Comm. Fish.*, 1: 295-778 pls. 1-38.
- _____. 1900 Additions to the Turbellaria, Nemertina, and Annelida of the Bermudas, with revisions of some New England genera and species. *Trans. Conn. Acad. Art. Sci.*, 10(2): 595-671.
- VILLALOBOS-GUERRERO, T. y L. Harris. 2012. *Oxydromus* Grube, 1855 reinstated over *Ophiodromus* Sars, 1862 (Polychaeta, Hesionidae). *ZooKeys*, 241(0): 21-31.
- WEBSTER, H. E. 1879. The Annelida Chaetopoda of the Virginian coast. *Trans. Albany Inst.*, 9: 202-269.
- _____. 1884. Annelida from Bermuda collected by G. Brown Goode. *Bull. U.S. Nat. Mus.*, 25: 305-327.
- YÁÑEZ-RIVERA, B. y E. Borda. 2021. Capítulo 8: Amphinomidae Savigny in Lamarck, 1818. En: *Anélidos marinos de México y América Tropical*. J. A. León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, S. I. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss y M. A. Tovar-Hernández (Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 105-119.

ELYSIA CRISPATA
MÖRCH, 1863
(MOLLUSCA:
GASTROPODA:
OPISTHOBRANCHIA)
COMO BIOMONITOR
DE CONTAMINACIÓN

*Claudia P. Dorantes-Mejía,¹ Jorge L. Hernández-Aguilera,²
Jorge Mendoza-Pérez³*

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Veracruz es uno de los núcleos urbanos, industriales y portuarios más importantes del Golfo de México, con una tasa de crecimiento poblacional alta, en un amplio proceso de urbanización y una continua utilización de los recursos naturales costeros. El aumento poblacional de esta zona ha representado durante varios años una creciente presión para cada una de las unidades ambientales costero-terrestres de Veracruz. En las ciudades de Veracruz, Boca del Río y zonas aledañas, se concentran actividades textiles, agrícolas, metalúrgicas,

¹ Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. dorantesclaudia@gmail.com

² Estudio y Conservación de la Naturaleza, A. C.

³ Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional.

tabacaleras, azucareras y turísticas, cuyos desechos, en conjunto con las descargas de aguas residuales de zonas conurbadas y los derrames de hidrocarburos por tráfico y movimiento de embarcaciones en el espacio portuario, son vertidos al mar, provocando altos niveles de materia orgánica, coliformes y la incorporación de diversos contaminantes como metales pesados, plaguicidas, hidrocarburos, entre otros; los cuales afectan directamente al área arrecifal denominada Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) (Ramsar, 2004).

El PNSAV, además de verse afectado por las actividades industriales y comerciales del puerto y ciudades de Veracruz-Boca del Río, también se ve afectado por las descargas de diferentes ríos, como son: La Antigua, Jamapa y Papaloapan, los cuales son el transporte de importantes cantidades de sólidos en suspensión. Además, por su ubicación, el río Jamapa tiene una gran influencia en el PNSAV, al separar en dos grandes grupos a este sistema arrecifal (Rosales *et al.*, 2009). Las descargas fluviales, al acarrear grandes cantidades de sedimentos en suspensión provocan una drástica reducción en la transparencia del agua y se precipitan sobre el fondo, cubriendo corales y otros organismos sésiles de la comunidad coralina, dando lugar a una drástica modificación del ambiente oligotrófico que requiere esta biota (Dahlgren, 2004).

La importancia del humedal radica en la gran biodiversidad que ostenta, por su alta productividad en términos de pesquerías y belleza escénica, así como para los procesos de tasas de recambio, intercambio genético, recolonización y estabilidad general del ecosistema (Ramsar, 2004).

CONTAMINANTES INTRODUCIDOS AL MEDIO MARINO

Metales

Entre los principales agentes de contaminación de las zonas costeras se encuentran los metales pesados (Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, Mg, Fe y Ni, entre otros) los cuales no son biodegradables y tienden a acumularse a diferentes niveles en los ecosistemas (Botello *et al.*, 1996). Estos elementos son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran en bajas concentraciones, por lo que son conocidos como oligoelementos o elementos traza. Algunos de estos metales son considerados esenciales para la vida, tienen como función catalizar reacciones a nivel bioquímico (se ubican en sitios alostéricos y sitios activos de las proteínas). Por otro lado, se encuentran los metales no esenciales, aquellos que no

son requeridos por el organismo y que incluso en bajas concentraciones son tóxicos, ya que no tienen funciones fisiológicas reconocidas. Por sus características químicas y en concentraciones levemente superiores a las naturales pueden reemplazar a los metales esenciales con disfunciones que los convierten en elementos tóxicos (Ahumada, 1994).

Plaguicidas

Otros de los contaminantes que llegan a las aguas del PNSAV son los plaguicidas organoclorados o hidrocarburos clorados aromáticos, los cuales constituyen parte de las sustancias químicas más utilizadas dentro de los agroquímicos; estos elementos entran al sistema acuático por arrastre, infiltración y erosión de los suelos, provenientes de los campos agrícolas que fueron rociados con plaguicidas; el lavado de dichos suelos hace que estos alcancen los ríos y ecosistemas costeros y marinos. Otra ruta es a través de la precipitación proveniente de la atmósfera o por transporte atmosférico. Una vez que los plaguicidas organoclorados entran en el ecosistema acuático pueden ser transportados en el agua por advección (movimiento horizontal de los contaminantes disueltos), dependiendo de la velocidad y dirección de las corrientes y su dispersión, la mezcla de estas sustancias en la columna de agua experimentan diversas reacciones físicas, químicas o biológicas, que incluyen fotólisis, oxidación, hidrólisis, volatilización, transformaciones biológicas, adsorción y bioacumulación (Calva y Torres, 1998).

Según su estructura química, hay cuatro grupos principales: el DDT, sus metabolitos y compuestos análogos como el DDD, dicofol, metoxicloro y clorobencilato; los cicloalcanos clorados: aldrín, dieldrín, endrín, endosulfán, mirex, clordano; los indenos clorados como clordano, heptacloro; los terpenos clorados como coneflor o toxafeno. Estos compuestos han sido empleados a gran escala desde mediados de 1940, utilizándose contra la malaria, parásitos externos de animales y plantas (NOAA, 2001) y se han distribuido por todo el mundo ejerciendo diversos efectos biológicos por su persistencia en el ambiente por largos periodos de tiempo (Cifuentes *et al.*, 1991).

Algunas de estas sustancias pueden actuar como donadores de electrones o como fuente de carbono para ciertos microorganismos. Los plaguicidas, y en particular los organoclorados son muy tóxicos, su persistencia en el ambiente sin ser destruidos puede llegar a ser de años, además se biomagnifican, es decir, van aumentando su concentración al ir ascendiendo en la cadena trófica (Botello *et al.*, 1996).

Hidrocarburos

La contaminación por hidrocarburos es otro de los problemas a los que se enfrenta el sistema arrecifal. La composición química del petróleo varía ampliamente, ya que contiene diferentes compuestos químicos originados y ensamblados de manera distinta durante su diagénesis o formación geoquímica. Los principales componentes del petróleo son los hidrocarburos (compuestos químicos que contienen únicamente hidrógeno y carbono), los cuales representan del 50-98% en relación a la composición total (Clark y Brown, 1977). También están presentes compuestos como el azufre, nitrógeno y el oxígeno (aunque estos últimos en cantidades menores, ya sea en su forma elemental o bien como constituyentes heterocíclicos y grupos funcionales). Asimismo, se reportan algunos metales traza, como vanadio, níquel, hierro, aluminio y cobre, cuya concentración varía dependiendo del tipo de petróleo crudo y la región en donde se formó (Botello, 1996). A diferencia de otros contaminantes, el petróleo es de origen natural, por lo que organismos como bacterias y hongos están adaptados a su presencia e incluso lo degradan. Tanto moluscos como crustáceos y peces pueden acumular hidrocarburos y sus derivados en los tejidos; los moluscos, en particular, captan los hidrocarburos del petróleo más lentamente que los crustáceos, pero los acumulan en altas concentraciones y los liberan más lentamente (Anderson *et al.*, 1974) causando alteraciones metabólicas en los organismos y repercutiendo, en última instancia, en cambios estructurales y funcionales de sus poblaciones en los ecosistemas marinos (Davison *et al.*, 1992). El petróleo puede llegar al mar a partir de diferentes fuentes, siendo una de ellas las operaciones asociadas al transporte por barcos (National Academy of Science, 1985). Una vez que el petróleo ingresa al mar está sujeto a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que en conjunto se denominan intemperismo.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos se agrupan de acuerdo con su peso molecular, lo cual es una indicación de su origen. Así, se tienen las fracciones de hidrocarburos de bajo peso molecular, como las fracciones de dos y tres anillos bencénicos (naftaleno, bifenilo, fenantreno y antraceno, así como sus derivados metilados, principalmente); los hidrocarburos de alto peso molecular son aquellos de cuatro y cinco anillos bencénicos (pireno, los benzo (x) pirenos, benzo (x) antracenos, perileno, etc.). Si la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos de bajo peso molecular es mayor que la de los de alto peso molecular, se considera que estos compuestos se originaron en el petróleo; mientras que si la situación es opuesta, esto es, si predominan los hidrocarburos

de alto peso molecular se considera que se originaron en procesos de combustión incompleta (incendios forestales, chimeneas de fábricas, transporte urbano, tráfico de buques, etc.), asfaltos de pavimentación de calles o provenientes de productos de refinación del petróleo (Wade *et al.*, 1994; Noreña- Barroso *et al.*, 1998).

Organismos bioindicadores

Los organismos bioindicadores son aquellos que tienen la capacidad de acumular contaminantes en sus tejidos, por lo tanto puede medirse el nivel de contaminantes contenidos en su cuerpo y reflejar la calidad ambiental de su medio (Dauvin *et al.*, 2010).

Idealmente, las especies elegidas como bioindicadores deben cumplir ciertos criterios, como son: ser sedentarios, fáciles de identificar y recolectar, abundantes durante todo el año por toda la zona de seguimiento, de larga duración, resistentes a las variaciones ambientales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, tolerante a altos niveles de contaminantes, acumuladores netos de los contaminantes en cuestión, y ser el indicador de un importante grupo funcional o nivel trófico del ecosistema marino. Una especie candidata ideal debe mostrar una correlación simple entre los contaminantes presentes en los tejidos y el promedio de concentración de contaminantes ambientales (Thebault, 2005).

Dentro de los organismos más utilizados como bioindicadores de contaminación se encuentran los moluscos, que además de ser un grupo megadiverso, sus especies se encuentran en una gran variedad de hábitats y representan un grupo funcional importante en el ecosistema marino. Por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar, en el molusco *Elysia crispata* Mörch, 1863, concentraciones de diferentes metales en su organismo, así como hidrocarburos y plaguicidas para valorar a la especie como biomonitor de contaminación en el PNSAV.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de especímenes

La obtención de especímenes se llevó a cabo en dos periodos, octubre-2007 y julio-2008, en tres arrecifes: Verde, Sacrificios y Hornos, contando con los permisos de pesca de fomento números: DGOPA.01824.210307.0688 y DGOPA.04967.150508.1176, otorgados por la Comisión Nacional de

Acuacultura y Pesca (Conapesca). La captura se realizó por medio de buceo libre, colectando una cantidad de material suficiente para obtener de 20 a 30 gramos en peso seco de la especie. Las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas. En el momento de la colecta, los organismos fueron posicionados con la ayuda de un GPS entre, marca Garmin, con el propósito de determinar la distribución de la especie en cada uno de los arrecifes, así como el sustrato al cual se encuentran asociados. Posterior a su captura, las muestras fueron congeladas y transportadas al laboratorio para su análisis.

Tratamiento de las muestras en laboratorio (metales)

Las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente y posteriormente fueron deshidratadas en una estufa a una temperatura constante de 75 °C durante 12 horas. Una vez secas, las muestras fueron digeridas en un digestor marca Gerhardt. Para ello se pesó 10 g de muestra y se colocó en un tubo de ensayo en el que se añadió 20 ml de HNO₃ 1N. A uno de los tubos se le agregó 1.354g de HgCl₂ en 50 ml de HNO₃ y se añadió agua destilada hasta alcanzar una concentración final de 1 mg/l de disolución (este es el estándar que se utilizó para el método de vapor frío para la determinación de Hg), a otro tubo se le colocó H₂O + 60 ml de HNO₃. Este último tubo sirvió como blanco, mientras que el tubo que contenía HgCl₂ sirvió como metal de referencia para la validación del método.

La digestión se llevó a cabo a una temperatura de 80 °C durante 30 minutos y posteriormente ésta se elevó a 150 °C por 90 minutos más. Al término de la digestión con HNO₃, se adicionó a cada tubo 5 ml de HClO₄ 1N para terminar de desintegrar cualquier tejido que no haya sido degradado por el HNO₃, esto fue a una temperatura de 40 °C por 60 minutos. Posteriormente, se comprobó que en el digesto no se observaran partículas suspendidas, para luego ser filtrado a través una membrana de policarbonato. Se aforó en matraces volumétricos de 100 ml. Las muestras resultantes fueron almacenadas en frascos de polipropileno para su posterior análisis.

ANÁLISIS

Las muestras fueron analizadas por el método de flama, en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian SpectrAA-100. En todos los casos se utilizaron lámparas de cátodo hueco, específicas para la

determinación de cada metal evaluado (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr). El Hg fue analizado por generación de vapor frío, el equipo tuvo implementado este método, llevando lámpara de IR y celdas de cuarzo. Se corrieron blancos de reactivos para realizar las correcciones necesarias. Para cada uno de los metales se realizó una curva de calibración, usando soluciones estándar a partir de una solución patrón de 1000 ppm de cada metal; posteriormente, se realizaron lecturas de absorbancia. Los resultados se reportan en $\mu\text{g/g}$ de peso seco de la muestra.

Determinación de plaguicidas

La extracción y purificación de plaguicidas organoclorados se llevó a cabo con base en el método descrito por Schenck *et al.*, 1996. Se tomó de 5 a 20 gr del biomaterial seco y se sometieron las muestras a la extracción mediante el procedimiento Soxhlet en hexano/ CH_2Cl_2 (60:40) (n-hexano con grado cromatográfico HPLC para Soxhlet y el CH_2Cl_2 utilizado, con grado analítico). Las muestras obtenidas se concentraron en condiciones de presión reducida con el rotavapor marca Büchi R200 para análisis cromatográfico.

Se utilizó un cromatógrafo de gases HP 6890 Series II dotado de FID/ECD y un Finnigan-Polaris CG-MS. Para cromatografía de gases fue utilizado el método 8081A modificado de la EPA Hg fue analizado por generación de vapor frío, el equipo tuvo implementado este método, llevando lámpara de IR y celdas de cuarzo. Se corrieron blancos de reactivos para realizar las correcciones necesarias. Para cada uno de los metales se realizó una curva de calibración, usando soluciones estándar a partir de una solución patrón de 1000 ppm de cada metal; posteriormente, se realizaron lecturas de absorbancia. Los resultados se reportan en $\mu\text{g/g}$ de peso seco de la muestra.

Determinación de hidrocarburos

Para la extracción de hidrocarburos se utilizó el método EPA 3540a y 3550c. Las muestras se sometieron a sonicación, en un baño de ultrasonido a 100 Mhz. Posteriormente, se colocaron en una solución compuesta de 40% éter de petróleo y 60% hexano y fueron sometidas a dos ciclos de 10 min c/u para finalmente ser filtradas.

La cuantificación de los hidrocarburos lineales y aromáticos se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases (Hewlett-Packard modelo 6890) equipado con columna capilar de sílice fundida de 30 m x 0.25 mm

D.I x 0.25 mm de grosor de capa de fenil metil silicona 5% con detector FID (programa de temperatura 40-300 °C a 6 °C min⁻¹). Para este análisis se utilizó nitrógeno como gas acarreador (Flujo 1 ml x min⁻¹) en vez de helio. Para los hidrocarburos lineales saturados, se empleó una mezcla de estándares de Chemical Service, USA, con una concentración 100 µg x ml⁻¹ (19 compuestos). El límite de detección para los compuestos individuales fue de 0.01 µg g⁻¹ de peso seco. Previo a su inyección en CG-FID las muestras fueron filtradas en un cartucho de sílica gel de 2.5 cm y diluidas con 10 ml de hexano, 10 ml de hexano/diclorometano (7: 3 v/v) y 10 ml de diclorometano puro. Estas fracciones colectadas por separado se dejaron evaporar un poco y finalmente las inyecciones se hicieron diluyendo muestras con hexano/diclorometano (7: 3 V/V).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó una ANOVA de una vía mediante el programa SigmaStat 3.5, utilizando un criterio de toma de decisión ($P < 0.05$) para determinar si existían diferencias significativas en las concentraciones de los contaminantes estudiados en el molusco *Elysia crispata* entre los diferentes arrecifes; para pruebas posteriores de comparación se realizó la Prueba Student-Newman-Keuls.

RESULTADOS

El sustrato en el que se encontraron asociados la mayoría de los organismos de la especie *Elysia crispata* fue arena con 36.95%, seguido del pasto marino *Thalassia testudinum* con 19.56%, coral vivo con 14.13%, algal con 11.95%, fragmento de coral con 10.86% y con una menor preferencia se encontró al sustrato rocoso (esqueletos de coral) con tan sólo 6.52% (Figura 1).

La figura 1 demuestra que el molusco *E. crispata* se encontró en mayor proporción en la arena, seguido de la fanerógama *Thalassia testudinum*. Al respecto, Zamora-Silva (2003) menciona que la especie muestra generalmente mayor preferencia por la fanerógama y por el coral muerto.

Con los datos obtenidos mediante el posicionamiento de los organismos se ubicó la distribución espacial de *E. crispata* dentro de la laguna arrecifal de las tres zonas muestreadas. En el mapa se puede apreciar la distribución de la especie en los arrecifes Verde y Sacrificios (figuras 2 y 3). Es probable que la especie se desarrolle en función del sustrato y se distribuya en relación con la cobertura del hábitat sobre la planicie arrecifal.

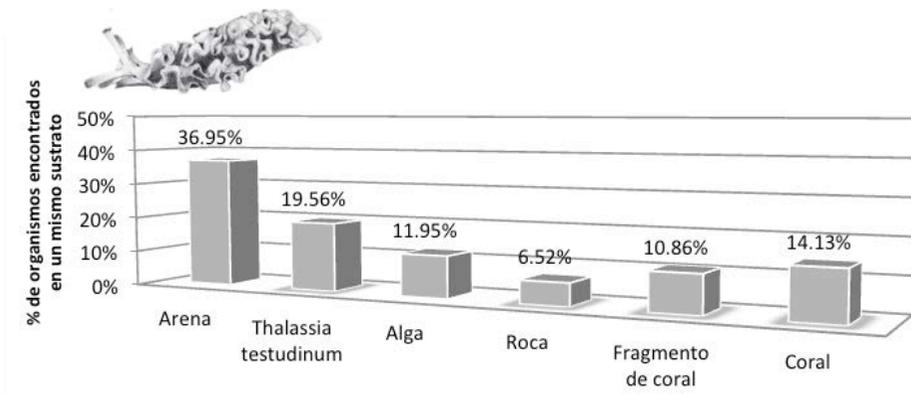


Figura 1. Sustrato al que se encuentra asociada la especie *Elysia crispata* en los arrecifes Verde, Sacrificios y Hornos, durante los dos periodos de muestreo. (Fuente: Econatura, A. C.).

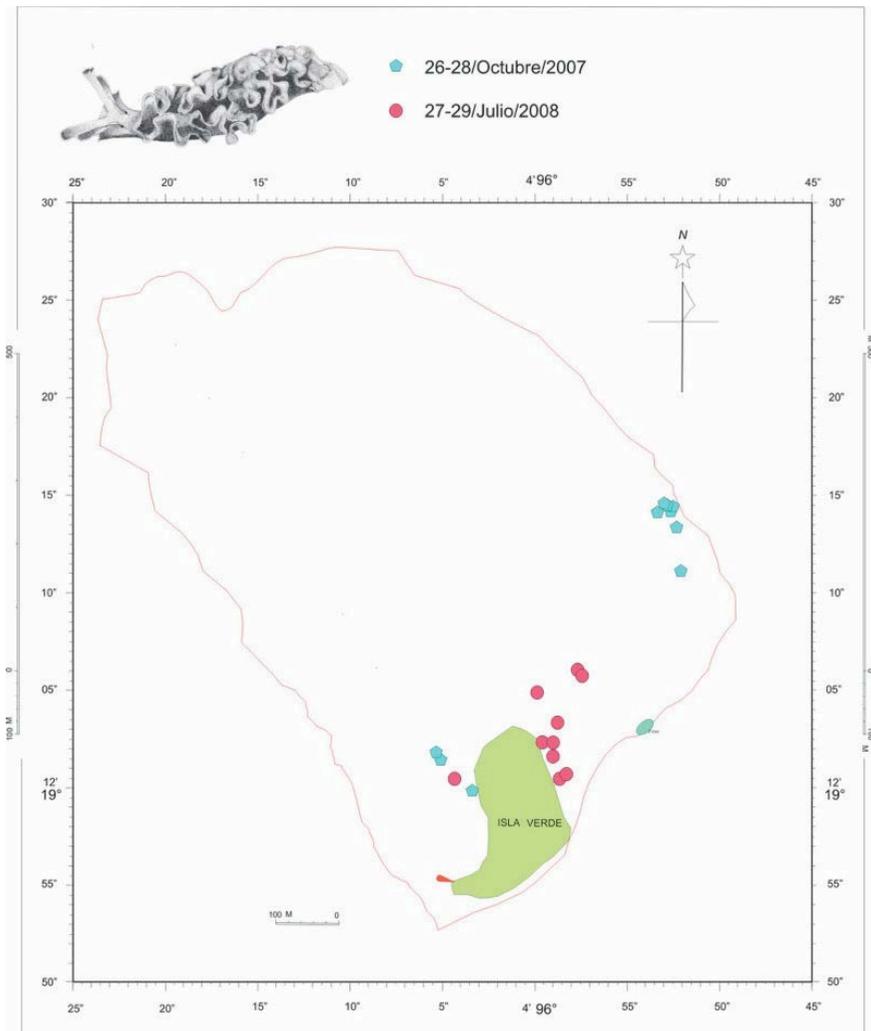


Figura 2. Distribución de la especie *Elysia crispata* en el Arrecife Verde. (Fuente: Econatura, A. C.).

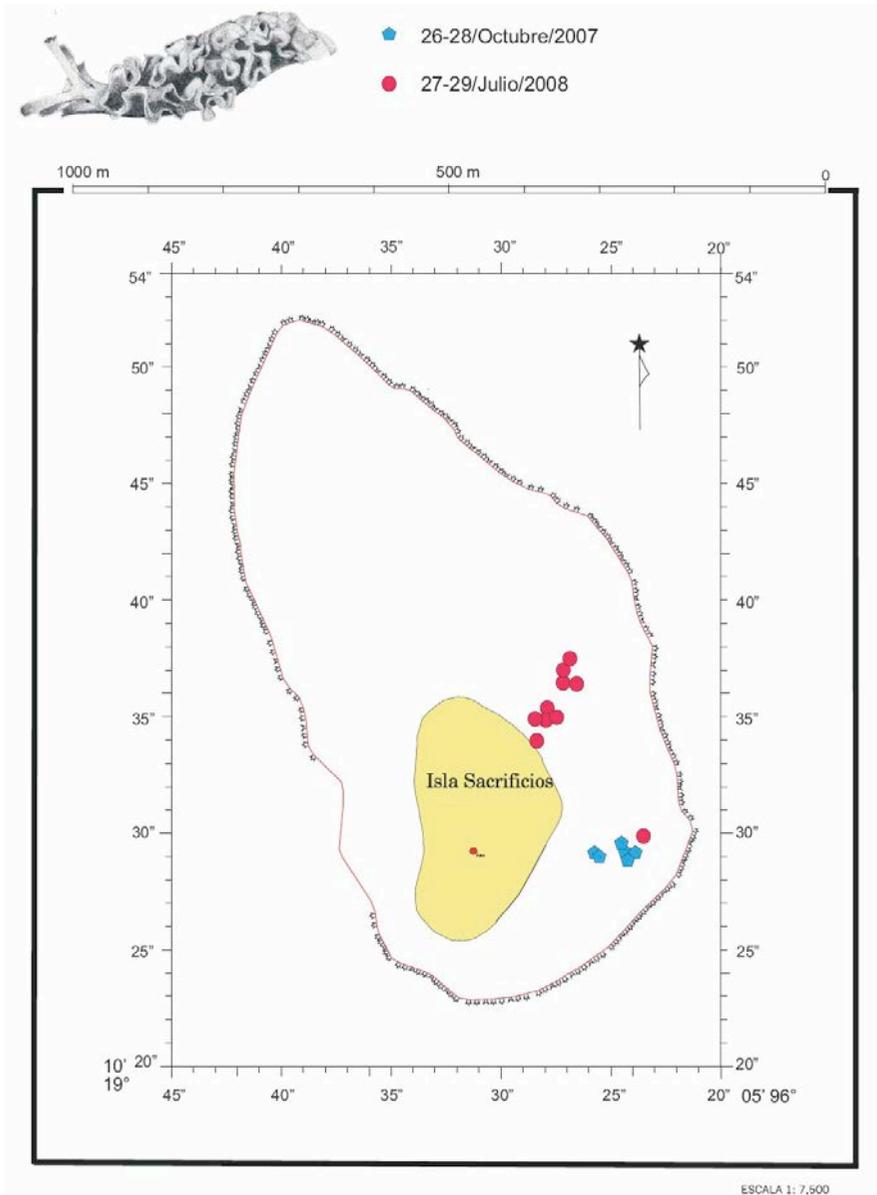


Figura 3. Distribución de la especie *Elysia crispata* en el arrecife Sacrificios. (Fuente: Econatura, A. C.)

CUANTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES

Hidrocarburos n-alcános

En la siguiente tabla se presentan las concentraciones promedio de hidrocarburos lineales (n-alcános) expresadas en mg/kg peso seco del organismo para las poblaciones de cada arrecife muestreado (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones promedio de hidrocarburos de cadena lineal determinados en el molusco *Elysia crispata*, en las tres localidades muestreadas (mg/g peso seco).

Localidad	n-C7 - n-C10	n-C12 - n-C15	n-C16 - n-C19	n-C22 - n-C25	n-C26 - n-C32
Arrecife Verde	9.51	8.85	1.45	1.77	5.68
Arrecife Sacrificios	21.46	11.16	2.75	22.91	22.47
Arrecife de Hornos	21.42	17.22	4.63	33.12	20.06

Como se puede observar, los especímenes del Arrecife Verde fueron los que presentaron una menor concentración de estos hidrocarburos, seguidos de los del Arrecife Sacrificios y por último los del Arrecife de Hornos, que presentaron en general la mayor concentración.

De acuerdo con el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas entre dos de los tres arrecifes (ANOVA de una vía, $F = 7.33$; $P < 0.05$) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis estadístico, comparando las concentraciones de hidrocarburos en los especímenes de *Elysia crispata* en las tres localidades muestreadas.

Comparación entre localidades	P
Hornos vs Verde	*
Hornos vs Sacrificios	NS
Sacrificios vs Verde	*

* $P < 0.05$ NS = No existe diferencia significativa.

Respecto a la prueba estadística (Prueba Student-Newman-Keuls, $x = 5.4$ mg/g vs 19.29 mg/g y 16.15 mg/g; respectivamente; $P < 0.05$) se encontró que la concentración de hidrocarburos presentes en el Arrecife Verde fue significativamente menor que en el de Hornos y en el Sacrificios.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

De entre los diversos contaminantes que entran en el sistema acuático, se encuentran los contaminantes orgánicos persistentes (COPs). Dentro de estos contaminantes están los bifenilos policlorados (PCB's) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente acuático (Montory *et al.*, 2012).

Por ello, de los 16 compuestos de HAP's analizados, de acuerdo con el método utilizado, sólo cinco no fueron detectados (acenaftileno, fluoreno, fenantreno, antraceno y criceno). En la tabla 3 se muestra la concentración encontrada para cada uno de los hidrocarburos.

Tabla 3. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) determinados en el molusco *Elysia crispata* (mg/kg peso seco) en los tres arrecifes estudiados.

Compuestos	Arrecife Verde	Arrecife Sacrificios	Arrecife de Hornos
Naftaleno	1.61	0.5	1.9
Acenaftileno	ND	ND	ND
Acenafteno	2.1	ND	ND
Fluoreno	ND	ND	ND
Fenantreno	ND	ND	ND
Antraceno	ND	ND	ND
Fluoranteno	0.89	ND	1.02
Pireno	2.02	ND	0.81
Benzo(a)antraceno	1.62	1.16	2.70
Criceno	ND	ND	ND
Benzo(b)fluoranteno	19.63	2.09	3.09
Benzo(k)fluoranteno	7.19	ND	1.51
Benzo(a)pireno	7.04	14.34	ND
Indo(1,2c-d)pireno	1.48	1.16	1.53
Dibenzo(h,a)antraceno	5.66	ND	4.17
Benzo (ghi)perileno	0.76	ND	4.73

N.D = No Detectado

De los 11 hidrocarburos restantes, estos plaguicidas estuvieron presentes en al menos un arrecife.

El benzo(b)fluoranteno fue el que presentó la mayor concentración con 19.63 mg/kg en el Arrecife Verde, seguido por el benzo(a)pireno en el Arrecife Sacrificios 14.34 mg/kg y 7.04 mg/kg en el Arrecife Verde.

El naftaleno estuvo presente en los tres arrecifes, así como el benzo(a) antraceno, el benzo(b)fluoranteno y el indo(1,2c-d) pireno. De los 11 compuestos contaminantes determinados, todos están presentes en el Arrecife Verde, nueve en el Arrecife de Hornos y sólo cinco en el Arrecife Sacrificios.

El incremento del aporte de numerosos plaguicidas en los ecosistemas acuáticos, producto de su amplia utilización en prácticas agrícolas e industriales, es preocupante debido a la alta toxicidad que ejercen sobre la biota acuática, a la elevada bioacumulación y a su persistencia en el medio (Botello *et al.*, 1996). De los ocho compuestos determinados, cuatro de ellos: aldrín-dieldrín combinados, DDT, hexaclorobenceno y heptacloro-epóxido de heptacloro fueron detectados en el tejido de los organismos de la especie *Elysia crispata* para las poblaciones de los arrecifes Verde, Sacrificios y Hornos, exceptuando al DDT (Tabla 4). Las mayores concentraciones de aldrín-dieldrín ($0.71\mu\text{g}/\text{gr}$) y hexaclorobenceno ($0.28\mu\text{g}/\text{gr}$), se ubicaron en la población del Arrecife Verde.

Tabla 4. Concentración promedio de plaguicidas determinados en el molusco *Elysia crispata* ($\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco) en los tres arrecifes estudiados.

Compuestos	Arrecife Verde	Arrecife Sacrificios	Arrecife de Hornos
Aldrín y dieldrín (combinados)	0.71	0.57	0.57
Clordano (total de isómeros)	ND	ND	ND
DDT (total de isómeros)	0.5	0.5	ND
Gamma-HCH (lindano)	ND	ND	ND
Hexaclorobenceno	0.28	0.15	0.12
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.5	0.5	0.5
Metoxicloro	ND	ND	ND
2,4 - D	ND	ND	ND

N.D = no detectado

Respecto a los análisis estadísticos realizados, se encontraron diferencias significativas en la concentración de plaguicidas entre los tres arrecifes estudiados, resultó significativamente diferente (Prueba Student-Newman-Keuls, $x = 0.24\mu\text{g}/\text{gr}$ para el Arrecife Verde *vs* $0.15\mu\text{g}/\text{gr}$ Arrecife de Hornos y $0.21\mu\text{g}/\text{gr}$ Arrecife Sacrificios; ANOVA de una vía, $F_{2/24} = 27.70$; $P < 0.05$) $P < 0.05$ error est mmc de medias por mínimos (Tabla 5). La concentración de plaguicidas cuadrados).

Tabla 5. Análisis estadístico, comparando las concentraciones de plaguicidas de las tres localidades muestreadas.

Comparación entre localidades	P
Verde vs Hornos	*
Verde vs Sacrificios	*
Sacrificios vs Hornos	*

* P < 0.05

Metales

El estudio de los metales en los sistemas costeros es importante debido a su persistencia en el medio, ya que participan en los ciclos biogeoquímicos y representan un riesgo ecológico. Los metales se pueden encontrar presentes en la columna de agua, disueltos en diferentes especies químicas (iones, carbonatos, quelatos, etc.) o adsorbidos en las partículas en suspensión, dependiendo de los diferentes factores fisicoquímicos, etc. (Rivera, 2006). Debido a que los organismos pueden proporcionar información de los metales que se encuentran disueltos en el medio, y para tener conocimiento si las actividades industriales, urbanas y las del puerto de Veracruz están contribuyendo al deterioro del ecosistema, se midió en el molusco *E. crispata* las concentraciones de los metales (Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn). Las concentraciones de esos metales se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Concentración promedio de metales determinados en el molusco *Elysia crispata* ($\mu\text{g/g}$ peso seco), en los tres arrecifes estudiados.

Compuestos	Arrecife Verde	Arrecife Sacrificios	Arrecife de Hornos
Cromo (Cr+6)	12.87	10.63	12.87
Cadmio (Cd+2)	ND	0.49	0.08
Cobre (Cu+2)	1.33	6.75	6.16
Mercurio (Hg+2)	ND	136.65	18.38
Plomo (Pb+2)	23.70	19.28	18.23
Zinc (Zn+2)	11.37	23.45	18.26

ND= No determinado

Como se observa en la tabla anterior, de los seis metales analizados en el tejido del molusco *E. crispata*, todos fueron detectados tanto en las poblaciones de los arrecifes Sacrificios y Hornos. En la del Arrecife

Verde no fueron detectados Cd ni Hg. La concentración de Hg en Sacrificios se presentó muy elevada ($136.65 \mu\text{g/g}$ de peso seco), seguido del Zinc ($23.45 \mu\text{g/g}$). Los valores más bajos fueron para el cadmio (0.08 y $0.49 \mu\text{g/g}$) en Hornos y Sacrificios respectivamente, así como el cobre ($1.33 \mu\text{g/g}$) en el Arrecife Verde.

La comparación entre los arrecifes, por promedio de concentración de metales en los organismos de la especie *E. crispata*, indica diferencias significativas para los arrecifes Verde y Sacrificios, por un lado, y para Sacrificios-Hornos, por otro, no así para Hornos y Verde (ANOVA bifactorial, $F_{2/18} = 20.66$; $P < 0.05$) (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis estadístico, comparando las concentraciones de metales de las tres localidades muestreadas.

Comparación entre localidades	P
Sacrificios vs Verde	*
Sacrificios vs Hornos	*
Hornos vs Verde	*

* $P < 0.05$ NS = no existe diferencia significativa

La Prueba Student-Newman-Keuls para comparar las concentraciones de metales en los organismos de los tres arrecifes, encontró que la concentración de metales presentes en el Arrecife Sacrificios fue significativamente mayor que en los arrecifes de Hornos y Verde ($X = 28.9 \mu\text{g/g}$ vs $8.8 \mu\text{g/g}$ y $5.3 \mu\text{g/g}$, respectivamente, $P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Las especies pueden mostrar o no una cierta preferencia y relación con un sustrato específico, ya que lo aprovechan como refugio, protección, fuente de alimento, sustrato para fijación de larvas y mimetismo. El molusco opisthobranchio *E. crispata* es una especie común de aguas someras, se le encuentra frecuentemente sobre arena, rocas cubiertas por algas, en las praderas de *Thalassia testudinum* y entre los esqueletos de coral; sus hábitos alimenticios son la herbivoría. En este estudio se le encontró en varios sustratos: arena, pasto marino (*T. testudinum*), alga, fragmentos de coral muerto y en coral vivo; siendo el sustrato de su preferencia en los sitios de muestreo y en las épocas de recolecta, la arena,

seguido de la fanerógama *T. testudinum* y mostrando menor preferencia por el sustrato rocoso (esqueletos y pedazos de coral muerto).

Es importante mencionar que no se efectuaron observaciones en las tres temporadas (nortes, lluvias y secas), por lo que no se puede determinar con exactitud cuál es el sustrato al que *E. crispata* muestra mayor preferencia en un ciclo anual en las tres localidades estudiadas. Un antecedente indica que el coral muerto es el sustrato más adecuado para el desarrollo del Sacogloso (Zamora-Silva, 2003).

Evaluación de hidrocarburos en *Elysia crispata*

La población que habita en el Arrecife Verde presentó la mayor concentración de hidrocarburos totales, seguida de la del Arrecife de Hornos y, finalmente, la del Arrecife Sacrificios. La población del Arrecife Verde presentó las mayores concentraciones de hidrocarburos de alto peso molecular lo cual, respecto a lo que mencionan Wade *et al.*, 1994 y Noreña-Barroso *et al.*, 1998, al haberse encontrado las mayores concentraciones de HAP's de alto peso molecular en esa localidad, se considera que estos contaminantes se originaron en procesos de combustión incompleta (incendios forestales, chimeneas de fábricas, transporte urbano, tráfico de buques, etc.); así como en trabajos de asfaltos en pavimentación de calles o provenientes de productos de refinación del petróleo. Es probable que entre los principales orígenes que afectan a las tres localidades, se encuentre la combustión de derivados del petróleo, como es el caso del transporte urbano y de embarcaciones pequeñas, así como el de los grandes buques de carga que arriban al puerto. Cabe esperar que el aporte no solo se mantenga constante, sino que aumente debido al crecimiento de la zona conurbada y la creación y operación, en un futuro cercano, del nuevo puerto de Veracruz. Los arrecifes Verde y Sacrificios se encuentran actualmente a los lados del canal de acceso principal de los buques que entran y salen al puerto de Veracruz; por otro lado, el Arrecife Verde se encuentra a 11.3 km de distancia desde la desembocadura del río Jamapa (Rosales *et al.*, 2009), por lo que tanto el transporte marítimo, las actividades portuarias, la cercanía a la zona conurbana, así como todos los contaminantes acarreados por las descargas fluviales que desembocan a través del río Jamapa, al sur y el río La Antigua así como algunos arroyos al norte, pueden ser los motivos por los que este arrecife presente la mayor concentración de HAP's en el molusco *E. crispata*, en comparación con los arrecifes Sacrificios y Hornos.

Se ha visto que los HAP's son contaminantes hidrófobos y presentan la tendencia a ser absorbidos sobre las partículas, en este caso las de arena (Neff, 1979), el cual, al ser el sitio final de depósito de éstos, pueden ser asimilados por los organismos bentónicos y, debido a esta interacción directa con los sedimentos, pueden reducir drásticamente su potencial de sobrevivencia y en ocasiones propiciar su total desaparición (Vázquez-Botello *et al.*, 2004). Como se muestra en la tabla 8, los tres sitios superan los criterios de calidad sedimentaria (MacDonald *et al.*, 1996).

Tabla 8. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) determinados en el molusco *Elysia crispata* (mg/kg, peso seco) en los tres arrecifes estudiados y su comparación con los criterios de calidad sedimentaria.

Compuestos	Arrecife Verde	Arrecife Sacrificios	Arrecife de Hornos	TEL	PEL
Naftaleno	1.61	0.5	1.9	0.03	0.39
Acenaftileno	ND	ND	ND	0.01	0.13
Acenafteno	2.1	ND	ND	0.01	0.09
Fluoreno	ND	ND	ND	0.02	0.14
Fenantreno	ND	ND	ND	0.09	0.54
Antraceno	ND	ND	ND	0.05	0.24
Fluoranteno	0.89	ND	1.02	0.11	1.49
Pireno	2.02	ND	0.81	0.15	1.4
Benzo(a)antraceno	1.62	1.16	2.70	0.07	0.69
Criceno	ND	ND	ND	0.11	0.85
Benzo(b)fluoranteno	19.63	2.09	3.09	0.07	0.71
Benzo(k)fluoranteno	7.19	ND	1.51	0.06	0.61
Benzo(a)pireno	7.04	14.34	ND	0.09	0.76
Indo(1,2c-d)pireno	1.48	1.16	1.53	ND	ND
Dibenzo(h,a)antraceno	5.66	ND	4.17	ND	ND
Benzo (ghi)perileno	0.76	ND	4.73	ND	ND

ND: no detectado TEL: Threshold effects level, nivel umbral de efectos; PEL: Probable effects level, niveles probables de efectos (MacDonald *et al.*, 1996).

Por lo anterior, el organismo, al estar en contacto directo con los sedimentos y al haberse encontrado en un sustrato arenoso con mayor frecuencia, al menos en el periodo de muestreo de este trabajo, puede ser

sujeto a la exposición de mayor concentración de contaminantes y de esta manera, al jugar un papel importante en la comunidad bentónica al transferir los contaminantes desde los sedimentos a niveles tróficos superiores, puede haber problemas de biomagnificación (Armstrong *et al.*, 1995; Carman *et al.*, 1995).

Por otra parte, con el propósito de tener un marco de referencia comparativo, con el cual poder contrastar las concentraciones de los HAP's determinados en el molusco *E. crispata*, respecto a otro grupo de invertebrados, se consideraron algunos datos de dos moluscos bivalvos y un crustáceo registrados en las aguas del Golfo de México (Tabla 9).

Tabla 9. ERED intervalos de los efectos de las cargas para especies de interés (mg/kg peso seco). Los datos reflejan las concentraciones en tejidos de compuestos cuya presencia se correlaciona con un efecto adverso en los organismos, comparados con las concentraciones determinadas en *Elysia crispata*.

Contaminante	Bivalvos		Camarón	Molusco
	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Crassostrea virginica</i>	<i>Palaemonetes pugio</i>	* <i>Elysia crispata</i>
Naftaleno	31.3 (EC50)	-	-	1.61
Acenafteno	29.4 (EC50)	-	-	2.1
Fenantreno	30.7 (EC50)	-	-	-
Fluoranteno	0.112 a 627	62 (LOEC)	-	0.89
Pireno	189 (EC50)	-	-	2.02
Benzo(a)pireno	0.161 a 3.2	-	-	7.04
Tolueno	15.6 (EC50)	-	-	-
Cadmio	3.74 a 30	18.2 a 60	0.09 a 7.0	-
Cobre	12 a 80	-	-	-
Mercurio	-	-	1.64 (LOEC)	-
Zinc	71.4 a 130	-	-	-
Plomo	-	2.28 a 2.6	-	-

LOEC= Concentración más baja de efectos observables.

Como se observó en la tabla anterior, se comparó la concentración determinada en *E. crispata* en el Arrecife Verde (al ser el que presentó la mayor concentración de HAP's) con dos especies de bivalvos, el ostión (*Crassostrea virginica*) y el mejillón (*Mytilus edulis*), por ser los organismos con mayores estudios toxicológicos y ecotoxicológicos, debido a que no hay investigaciones referente a hidrocarburos con la especie de

estudio. Los datos se obtuvieron del Environmental Residue Effects Database (ERED) (Brandt *et al.*, 2009). Estas especies son comunes en el Golfo de México y son de importancia ecológica y comercial. Podemos decir que los niveles acumulados en el molusco presenta porcentajes subletales, comparándolo con el mejillón, excepto en la concentración determinada con el benzo(a)pireno, en donde *E. crispata* presentó una mayor concentración que el mejillón *Mytilus edulis*, por lo que se puede decir, con toda seguridad, que los niveles acumulados en la especie de estudio representan un riesgo a los especímenes de la población que habita en el Arrecife Verde.

Debido a que las Normas Oficiales Mexicanas no manejan estos índices de calidad y no contemplan todos los hidrocarburos aromáticos, para fines de este trabajo se hizo la comparación con los estándares disponibles de otros países, como son Australia, Nueva Zelanda, América del Norte y del Sur, Europa y Asia, en organismos marinos (Brandt *et al.*, 2009), enfocándose al grupo más similar al organismo en cuestión, para así poder determinar si las concentraciones de contaminantes encontradas en el tejido biológico de la especie estudiada representan un estatus de salud de los arrecifes del PNSAV o no.

Finalmente, se tiene conocimiento que varios de los HAP's han demostrado una actividad carcinogénica y mutagénica (Myers *et al.*, 1998), por lo que resultan preocupantes las concentraciones encontradas en *E. crispata*, de la misma manera resulta de principal interés el estudio de estos contaminantes para monitorear su concentración en el medio marino, y así prevenir problemas ambientales y de salud pública, ya que algunos organismos que acumulan este tipo de contaminantes son consumidos por los humanos y pueden resultar en problemas de salud.

Por último, es importante mencionar que se ha reportado en la literatura que los compuestos con cuatro o más anillos aromáticos son los responsables de problemas de toxicidad severa en diversos organismos (González, 1990), siendo el caso del benzo(a)antraceno, aunque no se puede determinar el grado de toxicidad en este trabajo, debido a que se necesitarían hacer otro tipo de estudios.

Evaluación de plaguicidas en *Elysia crispata*

Al igual que en la evaluación de hidrocarburos, los plaguicidas presentaron una mayor concentración en la población del Arrecife Verde, seguida de la del Arrecife Sacrificios y, por último, la del Arrecife de Hornos. Aldrín y dieldrín combinados fueron los plaguicidas que pre-

sentaron una mayor concentración en el molusco. Ambos compuestos organoclorados fueron utilizados para el control de insectos del suelo, para combatir a las termitas y hormigas, cabe destacar que el dieldrín (derivado metabólico del aldrín) fue prohibido en México desde 1991 (Cofepris, 2012) y según señala la RESSCAD (2001), estos compuestos son altamente persistentes en el suelo, donde 50% de ellos desaparecen después de los 4 a 7 años; sin embargo, al haberse encontrado trazas de estos compuestos en el molusco *E. crispata*, permite suponer, por un lado, que estos compuestos se siguen aplicando ilícitamente en las actividades agrícolas y, por otro lado, varios autores señalan que la presencia de plaguicidas organoclorados en los organismos se debe a la resuspensión de los sedimentos profundos que contienen estos compuestos absorbidos en la materia orgánica donde permanece atrapados por muchos años.

Por otra parte, el compuesto hexaclorobenceno fue el que se encontró en menor concentración a diferencia de los otros plaguicidas determinados, tiene una estimación de vida media en el suelo de 3-6 años y es poco soluble en agua (RESSCAD, 2001).

Por su parte, el DDT fue determinado en las muestras de las poblaciones de los tres arrecifes, al igual que el heptacloro, el cual se usa con frecuencia en tierras donde se cultiva forraje para ganado lechero, caña de azúcar, frutales, así como en la producción de hortalizas y tiene una vida media de cuatro años. El DDT, con una vida media de 10 años (Calva y Torres, 1998) o según la RESSCAD (2001), con una vida media de 2 a 15 años, se ha encontrado en trazas de este compuesto hasta 16 años después de su aplicación. Esto podría explicar las concentraciones encontradas en *E. crispata* de DDT, heptacloro y epóxido de heptacloro, ya que, como se menciona en la ficha RAMSAR (2004), en el puerto de Veracruz y en Boca del Río se concentran actividades textiles, metalúrgicas, tabacaleras y azucareras, cuyos desechos, en conjunto con las aguas residuales urbanas son vertidas al mar.

La cuenca que irriga al Sistema Arrecifal Veracruzano está caracterizada por una amplia deforestación promovida para el desarrollo de áreas de cultivos y ganaderas (Ramsar, 2004), así como tala clandestina. Como consecuencia, se produce un efecto de acarreo de terrígenos hacia el mar, de los cuales muchos llevan contaminantes asociados, dando como resultado que sean depositados en el mar y quedando disponibles a una gran variedad de organismos marinos.

Evaluación de metales en *Elysia crispata*

A diferencia de los otros compuestos indicados anteriormente, en donde se presentaron en una mayor concentración en la población del molusco *E. crispata* del Arrecife Verde, los metales analizados en este estudio (Cr, Cd, Cu y Zn), excepto el Pb, y sin tomar en cuenta el Hg, presentaron una menor concentración en la población del Arrecife Verde, seguida de la de Hornos y por último la de Sacrificios.

Aun cuando en general la población de *E. crispata* del Arrecife Verde presentó la menor concentración de los metales, el Pb se encontró en una concentración mayor respecto a los otros dos arrecifes. De cualquier manera, respecto a las concentraciones determinadas para este metal en los tres arrecifes (18.3, 19.28 y 23.7 $\mu\text{g/g}$ peso seco), para Hornos, Sacrificios y Verde, respectivamente, en relación con los valores máximos permisibles para este metal, según el Departamento de Salud de Australia (Nauen, 1983), que es de 2.5 $\mu\text{g/g}$ peso seco para moluscos, son extremadamente altos y establecen la existencia de un riesgo potencial para la biota acuática.

Por su parte, las concentraciones de Hg encontradas en *E. crispata* en las poblaciones de los arrecifes Sacrificios y Hornos (136.65 $\mu\text{g/g}$ y 18.38 $\mu\text{g/g}$ peso seco, respectivamente), son en extremo preocupantes ya que contrastan con el 0.5 $\mu\text{g/g}$ a 1.0 $\mu\text{g/g}$ peso seco de límite permisible en moluscos (Nauen, 1983).

El probable origen del Hg, refleja el incremento de las actividades humanas e industriales cercanas a esta zona, y a la deficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales, al vertimiento sobre los caudales de los ríos de diversas industrias ubicadas en ciudades como Córdoba y Orizaba, entre otras.

El límite máximo permisible de 1.0 $\mu\text{g/g}$ peso seco, para el Cr en moluscos, según el Urban Services Department Headquarters de Japón (Nauen, 1983), indica que las poblaciones de las tres localidades se encuentran muy por arriba del límite máximo permisible de otros países, lo cual resulta preocupante desde el punto de vista ambiental con respecto a la biodiversidad.

Por otra parte, el cadmio no fue determinado en las muestras correspondientes al Arrecife Verde, pero sí en Sacrificios (0.49 $\mu\text{g/g}$) y Hornos (0.08 $\mu\text{g/g}$). Las concentraciones determinadas en el molusco respecto al límite máximo permisible para el Cd (2.0 $\mu\text{g/g}$ peso seco) para moluscos del Departamento de Salud de Australia (Nauen, 1983), demuestran que la concentración determinada no representa un riesgo para *E. crispata*, ya que se encuentran por debajo del límite permisible.

Respecto al cobre, el límite máximo permisible para moluscos es de 150 $\mu\text{g/g}$, peso seco, según el Departamento de Salud de New South Wales (Nauen, 1983), y en comparación con las concentraciones promedio encontradas para este metal (6.16, 6.75 y 1.33 $\mu\text{g/g}$ peso seco), para Hornos, Sacrificios y Verde, respectivamente, se encuentran muy por debajo del límite, por lo que aparentemente no existe un riesgo potencial de este metal hacia la salud de *E. crispata*.

Finalmente, en el caso del zinc, un metal esencial que los organismos requieren para realizar ciertas funciones metabólicas, el límite máximo permisible, según el Departamento de Salud de Australia (Nauen, 1983) es de 200 $\mu\text{g/g}$, peso seco para moluscos; como se ve es muy alto y en contraste con las concentraciones determinadas en los tres arrecifes 18.26, 23.45 y 11.37 $\mu\text{g/g}$ peso seco, Hornos, Sacrificios y Verde, respectivamente, no representan un riesgo para el molusco *E. crispata*.

En términos generales, la bioacumulación y biomagnificación se dan cuando los contaminantes no interfieren con procesos vitales o las concentraciones son suficientemente bajas para permitir la tolerancia, aclimatación o adaptación del organismo (Baqueiro, 2007). Asimismo, la bioacumulación depende de varios factores, como son: biodisponibilidad del contaminante, la especiación química, la salinidad, temperatura, competencia entre metales como Cu, Ag, Zn y Cd, por posiciones de ingreso en los organismos, sexo, edad, talla, tipo de alimentación, etc. La acumulación de los contaminantes es selectiva y por lo tanto no todo contaminante puede advertirse a través de los análisis de una sola especie, por lo que en este trabajo, dado que la especie *E. crispata* cumple con la mayoría de los criterios para servir como especie biomonitora de contaminación, además de haberse detectado en su organismo concentraciones significativas de la mayoría de los contaminantes evaluados, se propone a la especie como biomonitor de contaminación para cuantificar la disponibilidad de ciertos contaminantes en el ambiente y por lo tanto convertirse en un organismo indicador de la salud del Sistema Arrecifal Veracruzano.

Literatura citada

- AHUMADA, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile. *Revista de Biología Marina*, 29(1): 77-87.
- ANDERSON, J. W., J. M. Neff, B. Z. Cox, H. E. Tatem y G. M. Hightower. 1974. The effect of oil on estuarine animals: toxicity, uptake and depuration,

- respiration. Pp. 285-310. En: F. J. Vernberg y W. B. Vernberg (Eds.). *Pollution and Physiology of Marine Organisms*. Academic Press, Inc., Nueva York.
- ARMSTRONG G., D. A., P. A. Dinn, J. M. Orensanz, J. L. Armstrong G., T. L. McDon, T. F. Cusimano, R. S. Nemeth, M. L. Landolt, J. R. Skalski, R. F. Lee y R. J. Huggett. 1995. Status of selected bottom fish and crustacean species in Prince William Sound following the Exxon Valdez oil spill. En: *Exxon Valdez oil spill: fate and effects in Alaskan Waters*. Pp. 485-547.
- BAQUEIRO-CÁRDENAS, E. R., L. Borabe, C. G. Goldaracena-Islas y J. Rodríguez-Navarro. 2007. Los moluscos y la contaminación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 1S-7S.
- BOTELLO, A. V. 1996. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. Pp. 203-210. En: A. V. Botello, J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds.). *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. EPOMEX Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche. México, 666 pp.
- BOTELLO, A., G. Ponce, A. Toledo, G. Díaz-González y S. Villanueva. 1996. Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. Pp. 25-44. En: A. V. Botello, J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds.). *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. EPOMEX Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche. México, 666 pp.
- BRANDT, C. A., N. J. Aimó, W. R. Barchet, J. M. Becker, T. O. Eschbach, Ma. del C. González-Macías, M. M. Molina, T. Miles, J. M. Neff, R. Villaseñor y J. A. Ward. 2009. Programa de vigilancia ambiental. Pp. 33-62. En: L. A. Soto y Ma. del C. González-Macías (comps.). *Pemex y la salud ambiental de la Sonda de Campeche*. Batelle Memorial Institute, Instituto Mexicano del Petróleo, Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad Nacional Autónoma de México. 397 pp.
- CALVA, L. y Ma. del R. Torres. 1998. Plaguicidas organoclorados. *Contactos*, 30: 35-46. Disponible en: www.izt.uam.mx/contactos/n30ne/pdf/plaga.pdf.
- CARMAN, K. R., J. W. Fleeger, J. C. Means, S. M. Pomarico y D. J. Mc Millin. 1995. Experimental investigation of the effect of polynuclear aromatic hydrocarbons on an estuarine sediment food web. *Marine Environmental Research*, 40: 289-318.
- CIFUENTES-LEMUS J. L., P. Torres-García y M. M. Frías. 1991. *El océano y sus recursos XII*. Serie El futuro de los océanos, La ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica (SEP-Conacyt), México. 148 pp.
- CLARK, R. C. y D. W. Brown. 1977. Petroleum: properties and analyses in biotic and abiotic systems. Pp. 1-89. En: D. C. Malins (Ed.). *Effects of Petroleum*

- on Arctic and Subarctic Marine Environments and Organisms. Vol. 1 Academy Press, Nueva York.
- COFEPRIS. 2012. Registro de plaguicidas autorizados por categoría toxicológica. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), México. 124 pp.
- DAVISON, W., C. E. Franklin, J. C. MacKenzie y M. C. R. Dougan. 1992. The effects of acute exposure to the water soluble fraction of diesel fuel oil on survival and metabolic rate of an antarctic fish (*Pagothenia borchgrevinki*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 102C: 185-188.
- DAUVIN, J. C., G. Bellan y D. B. Santini. 2010. Benthic indicators: from subjectivity to objectivity-Where is the line? *Marine Pollution Bulletin*, 60: 947-953.
- _____. 2010. Evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology*, 5 (4): 253-278.
- MYERS, M., L. Johnson, O. Olson, C. Stehr, B. Horness, T. Collier y B. McCain. 1998. Toxicopathic hepatic lesions as biomarkers of chemical contaminant exposure and effects in marine bottom fish species from the Northeast and Pacific Coasts, EUA. *Marine Pollution Bulletin*, 37: 92-113.
- NOAA's. 2001. *Status and Trends Mussel Watch Program (MWP)*. EUA.
- NEFF, J. M. 1979. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, sources, fates and biological, effects*. Applied. Science, London, Great Britain. 262 pp.
- GONZÁLEZ, C. E. 1990. *Determinación de los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en sedimentos recientes de la plataforma continental de los estados de Tabasco y Campeche, México*. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 108 pp.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1985. *Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects*. The National Academies Press. Washington, D. C. 602 pp.
- JORDÁN-DAHLGREN, E. 2004. Los arrecifes coralinos del Golfo de México: caracterización y diagnóstico. Pp. 555-562. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comps.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat), México. 626 pp.
- MONROY, M., G. Chiang, H. Palma-Fleming y R. Barra. 2012. Búsqueda de evidencias de exposición a contaminantes orgánicos persistentes en invertebrados bentónicos del mar Interior de Chiloé: Uso de biomarcadores bioquímicos. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 35: 33-47.
- MCDONALD, D. D., R. S. Carr, F. D. Calder, E. R. Long y C. G. Ingersoll. 1996. *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fisheries products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 100 pp.

- NOREÑA-BARROSO, E., O. Zapata-Pérez; V. Ceja-Moreno y G. Gold-Bouchot. 1998. Hydrocarbons and Organochlorine Compounds in Sediments from Bay of Chetumal, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(1): 80-87.
- RAMSAR. 2004. *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar*. <http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/33.pdf>
- ROSALES, H. L., E. A. Carranza, A. L. Sanvicente, M. A. Alatorre y R. F. Rivera. 2009. Distribution of Dissolved Trace Metals Around the Sacrificios Coral Reef Island, in the Southwestern Gulf of Mexico. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 83: 713-719.
- RIVERA-RAMÍREZ, F. 2006. *Determinación de metales traza (Cu, Ni, Pb, V y Fe) en agua de mar y en dos especies de corales en el Arrecife Sacrificios del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 105 pp.
- RESSCAD. 2001. *Fichas técnicas de plaguicidas a prohibir o restringir incluidos en el acuerdo núm. 9. XVI Reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana (RESSCAD)*. OPS, OMS.
- SCHENCK, F. J., L. Calderón y L. V. Podhorniak. 1996. Determination of organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in fatty fish by tandem solid-phase extraction cleanup. *Journal of AOAC International*, 79: 1209-1214.
- THEBAULT, H. 2005. *The Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5. The Mediterranean Sea*. Pp. 345-359.
- VÁZQUEZ-BOTELLO, A., S. Villanueva-Fragoso y L. Rosales-Hoz. 2004. Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. Pp. 681-702. En: *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comps). INE-Semarnat, México. 1112 pp.
- WADE, T. L., D. J. Velinsky y J. Rainharz. 1994. Tidal river sediments in the Washington D. C. area. II. Distribution and sources of organic contaminants. *Estuaries*, 17(2): 321-333.
- ZAMORA-SILVA, B. A. 2003. *Opisthobranchios bénticos de La Gallega, Veracruz, México*. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 109 pp.

TRONCOS Y PALOTADAS. ADAPTACIÓN DEL ANTROPOCENO: EL CASO DEL ARRECIFE VERDE

*Virgilio Arenas Fuentes,¹ Jorge Luis Hernández Aguilera,²
Jorge Luis Hernández Toral²*

INTRODUCCIÓN

La visita al Arrecife Verde muestra de inmediato la presencia de acumulaciones significativas de restos arbóreos de diversas dimensiones y orígenes en las playas. Troncos y palotadas acumulados junto con restos de cabezos de coral, enterrados en la arena y en la cresta arrecifal, asociados a pedazos y fragmentos de coral son visibles. Estos materiales no son inusuales en el Sistema Arrecifal Veracruzano ni en las playas veracruzanas, incluido el puerto, las zonas del malecón urbano y los arrecifes costeros alejados de la costa. Su relevancia ecológica fue apenas descrita cuando se puso en evidencia su magnitud e impacto sobre las cordilleras arrecifales como consecuencias del huracán Karl. En este capítulo se hace una evaluación aproximada, y una descripción cuantitativa de la

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. virgilioeugenio@gmail.com

² Estudio y Conservación de la Naturaleza, A. C. econatura@econatura.org.mx

ubicación de estos materiales inertes y aparentemente inocuos, además se analizan las causas y consecuencias de su arribazón sobre los distintos hábitats del Arrecife Verde.

Se considera que las características físicas y biológicas actuales de las crestas arrecifales, son un reflejo del impacto y efecto de fragmentación de los corales, derivado de la continua incorporación de estos materiales procedentes de la persistente deforestación de las cuencas de los ríos que descargan en el Parque Nacional. Este importante impacto físico directo, contrastante con la pasividad de su imagen, es ampliamente desconocido y debe sumarse y analizarse asociado a los efectos deletéreos del “efecto cascada de la deforestación”, que incluye el proceso de pérdida de suelo. El aumento de la sedimentación y contaminación, apunta a la importancia de ampliar el concepto “de la sierra al mar”, como herramienta analítica, y de revisar el criterio de los polígonos protegidos de hábitats sobresalientes que ignoran la relevancia de la extensa y dinámica interconectividad entre los ecosistemas marinos, para la preservación de la biodiversidad y la planeación del desarrollo urbano en las zonas costeras. La conservación de los servicios ambientales es el objetivo.

Como se señala en el capítulo cuatro de este libro, la isla del Arrecife Verde prácticamente no cuenta con estructura arbórea insular. La excepción la constituyen un extraordinario e inusual pequeño manglar formado por las cuatro especies de mangle que ocurren en la sección sureste de la isla, donde se identifica un importante florecimiento de agua salobre; no obstante, en sus crestas, costas y playas se observan grandes acumulaciones de restos arbóreos, de incluso grandes dimensiones, que provienen de distintos sitios de las cuencas de los ríos Antigua, Jamapa y Papaloapan.

La condición de deterioro de las comunidades forestales de las cuencas es la causa fundamental por la cual estos restos arbóreos llegan a las islas y cayos arrecifales del Sistema Arrecifal Veracruzano, y también a las costas y playas de la zona conurbada, donde son removidos por fines turísticos o para su aprovechamiento.

La deforestación de las cuencas veracruzanas ha sido ocasionada, en menor medida, por los fines utilitarios tradicionales de su aprovechamiento directo, para construcción o leña, y en mayor medida por el cambio de uso de suelo intencional, con políticas gubernamentales de desarrollo, como el Programa Nacional de Desmontes en la década de 1970 (Moreno, 2011), principalmente para fines del desarrollo de una agricultura de subsistencia y una ganadería con características de menor

sustentabilidad (extensiva, de menor escala), de bajo rendimiento y alta disponibilidad a pastizal de temporal (Travieso-Bello y Moreno-Casasola, 2011).

Más de 50% del territorio veracruzano tiene ese destino. A esto es necesario agregar la transformación de las cuencas y de los bosques, derivada de la gestión de la comunicación y acceso a servicios: carreteras, luz, educación, vigilancia y los asentamientos humanos, en extremo dispersos en las cuencas y muy frecuentemente en condiciones propicias a riesgos.

De acuerdo con la FAO, en 2010 México era uno de los 10 países con mayor cobertura forestal primaria, y el séptimo con mayor deforestación a nivel mundial, con una pérdida anual neta de casi 400,000 hectáreas (Céspedes y Moreno, 2010). En contraste, en el mapa mundial de los países de la FAO de 2017, por primera vez en la historia del hombre sobre el planeta es mayor la extensión de la tierra que se recobra para reforestación, o simplemente se abandona de las prácticas agrícolas y de pastoreo para su recuperación nacional. Esto ocurre principalmente en China, Rusia, España, Portugal, Europa en general, Australia, Noruega, gran parte de Estados Unidos, Canadá y Japón. En Finlandia, esto alcanza ya más del 20% del territorio reforestado. Desafortunadamente, México está aun registrado como en condición de incremento de la pérdida del suelo natural o en deforestación.

La conservación y recuperación de las zonas deforestadas es un avance y logro importante por la importancia que se les reconoce a los bosques y selvas como ecosistemas de gran biodiversidad, como reguladores del clima, mantenimiento y calidad de mantos acuíferos, control de erosión, retención de sedimentos y fertilidad del suelo, entre otros (Guevara *et al.*, 2005; Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). Sin embargo, es importante subrayar que la mejor condición de las cuencas significa también mejor condición no solo de los ecosistemas costeros deltáicos y litorales, como manglares, playas, etc., sino incluso de aquellos más alejados de la costa, esos que parecen ajenos a estas perturbaciones antrópicas, como los arrecifes coralinos que alojan más de 25% de la biodiversidad marina.

Los arrecifes de coral, como los del Arrecife Verde, están sujetos a efectos de la perturbación humana en el planeta e introducción pasiva e intencional de especies, así como los efectos del aumento de CO₂ atmosférico, y el consecuente multicitado cambio climático que ocasiona aumento del nivel del mar, aceleración atmosférica, acidificación, etc. También, de manera muy importante, directa y visible, aparece la

explotación pesquera, artesanal o la recreación. Es importante sumar el amplio efecto de la transformación local, en el caso de la zona urbana y portuaria de Veracruz, típicamente construido sobre arrecifes y ecosistemas costeros.

Debe incluirse también el impacto de la transformación y humanización de las cuencas, lo que genera: control de los flujos de agua, cambios en su calidad, adición de químicos, aumento de materiales suspendidos, etc., y hace de los desechos arbóreos hábitat y factor de amplia dispersión antropogénica de muchas especies de vertebrados, invertebrados y microbiológicos (Kießling *et al.*, 2015).

Nuestro tema es que deberemos considerar el efecto físico directo del impacto de troncos que arriban a los arrecifes, flotando pasivamente en el mar, y que se transforman en elementos de golpe; un tronco de 2 m de longitud por 50 cm de diámetro, empujado por el oleaje, es responsable del rompimiento de los cabezos de coral más que la más intensa hidrodinámica de los huracanes. Con ello, la modificación de las crestas arrecifales, la hidrodinámica y ecología arrecifal y su evolución en el Antropoceno (Williams y Zalasiewicz, 2011; Levin y Poe, 2017) es básica. Es importante considerar el concepto de Antropoceno, la época del ser humano en la Tierra, como definición del contexto más que como término formal, en el espacio y tiempo en el cual debemos identificar y ejecutar las acciones de conservación para la sustentabilidad.

EL ESTUDIO: EVIDENCIAS DE VIOLENCIA DE LA DEFORESTACIÓN EN LOS ARRECIFES DE CORAL

Para el estudio de los materiales y restos arbóreos acumulados en el Arrecife Verde y su isla, denominados con frecuencias “palotadas” o “troncos a la deriva”, se hizo una prospección visual y un levantamiento fotográfico individualizado con imágenes de una unidad aérea no tripulada (dron). La evaluación no incluye materiales que se encontraron total o parcialmente cubiertos por la arena o los restos de coral. La longitud mínima para la identificación fue aproximadamente de 1 m y un diámetro de 15 cm. La totalidad de los materiales revisados en campo mostró una amplia intemperización y erosión.

En la mayor parte (más del 80%) de los troncos revisados se encontró evidencia de corte intencional, en las ramas o en el tronco; se identificaron y encontraron varios “tuncos” (restos de las raíces que quedan cuando se ha talado un árbol); estos son eventualmente arrancados con todo y raíces, cuando están secos, para disponer totalmente del espacio

para fines diversos: agrícolas, pastoreo, etc., estando entonces dispuestos en las cañadas o caminos. En algunos de ellos entre las raíces se encontraron aún varias rocas basálticas y graníticas de tamaños de hasta 25 cm (Lámina 1, figuras A y B).

Esta observación nos hizo buscar rocas de esa naturaleza en la isla, que de otra manera no tendrían explicación. Sin hacer una búsqueda exhaustiva se encontraron varias rocas de esta naturaleza, entre los restos coralinos, sobre las playas, en las crestas y dos de ellas en la laguna arrecifal en medio de un ceibadal, semicubiertas de arena. Ninguna presentaba evidencias de colonización persistente de incrustantes, lo que indica su constante abrasión. El peso específico y la naturaleza de estas rocas las hace elementos indestructibles en el sistema arrecifal, constituido por formadores de carbonato de calcio. De tal manera que su dinámica de abrasión es interminable hasta que es sepultada por la arena.

Se revisaron imágenes de la isla en Playa Norte, Playa Sur, Playa Oeste y en la Cresta Arrecifal Este, ubicada junto a la isla, así como fotografías y videos de las crestas principales.

Los resultados se presentan en la tabla 1. Se identificaron 158 troncos, con una dimensión máxima de casi 10 m de longitud y un promedio de 3 m. Esto equivale a casi medio kilómetro de extensión y un grosor máximo de 70 cm. Sin embargo, nuestras observaciones en tierra muestran que se trata es una subestimación debida a la acumulación y enterramiento.

En la lámina 1, figura D, se agrupan por tamaños, calculados desde las imágenes aéreas tomadas, y se presenta la ubicación geográfica determinada en esas imágenes obtenidas con el dron. La mayor agrupación se encontró en la Playa Oeste de la isla, donde se registraron 57 elementos arrumbados sobre la playa y duna, acompañados de pedacera de cabezos de coral de la cresta arrecifal que son arrastrados en las tormentas y acumulados junto con los troncos. En esta localidad, sitio donde hicimos nuestra prospección en tierra, se identificaron cuando menos seis troncos con rocas envueltas en las raíces. La presencia vertical y las rocas abajo, en las raíces, indican una penetración al arrecife en ese sentido, de cuando menos un metro de impacto en las cabezas de coral y de erosión en el traslado.

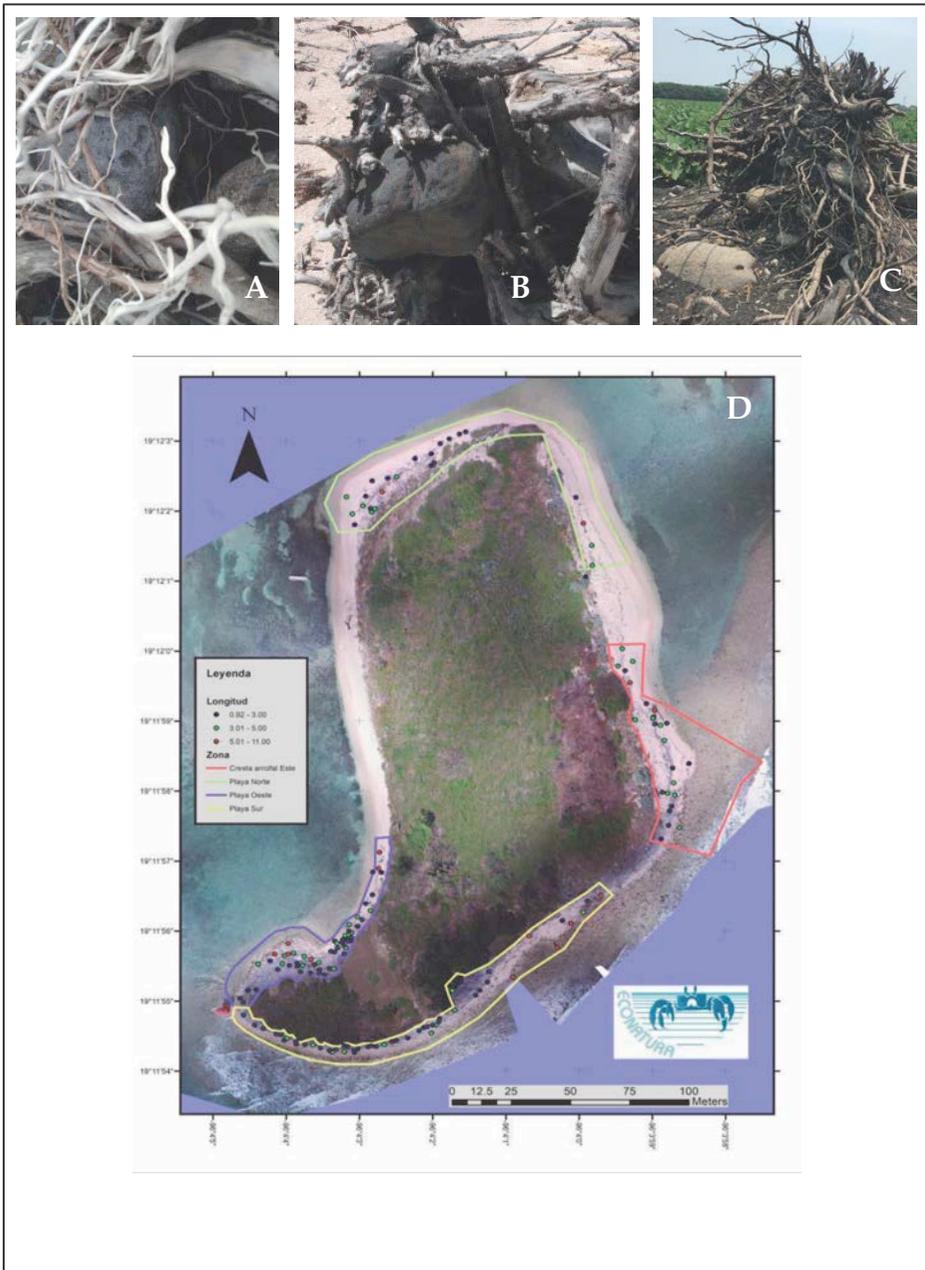


Lámina 1.

Figuras A y B. “Troncos” en la playa de la isla del Arrecife Verde; entre las raíces se observan las rocas de granito envueltas en las raíces. Se ilustra con un corte de árbol (figura C) en la zona agrícola de la cuenca del río Jamapa. Figura D. Distribución y tala de los troncos en la playa de la isla el 20 de febrero de 2015. (Econatura, A. C.)

Tabla 1. Número de troncos y dimensiones máximas y mínimas, por zona de playa, en la isla del Arrecife Verde el 20 de febrero de 2015.

<i>Número/medida</i>	<i>Playa N</i>	<i>Playa W</i>	<i>Playa S</i>	<i>Cresta E</i>
Número total por zona	25	57	51	25
Long. máxima (m)	9.12	8.52	8.76	7.69
Long. mínima (m)	1.38	1.00	0.92	1.50
Anchura máxima (m)	0.69	0.74	0.58	0.49
Anchura mínima (m)	0.08	0.07	0.06	0.15

En total, representan una línea de choque de casi 200 m con un diámetro promedio de 30 cm. La condición de abrasión, colonización, etc., de los materiales examinados permite considerar diversas arribazones y distinto origen. Todos presentan evidencia de intemperismo y erosión prolongada, algunos muestran aún huellas de colonización de organismos marinos y lóticos, la mayoría sin restos de corteza, incluso algunos con conchuela antigua de lamelibraquios, tubos de poliquetos, restos de lodos consolidados, lo que muestra que en cierto momento formaron parte de una acumulación submarina o subacuática. Esto significa que algunos fueron enterrados y eventualmente resuspendidos o levitados por procesos dinámicos, como inundaciones, tormentas, etc., que los pusieron en recirculación repetidamente. Estos eventos son frecuentes en las zonas costeras de la región.

En la zona sur de la isla se pudieron cuantificar también un número significativo de troncos (más de 50), hasta de casi 9 m de longitud; algunos de ellos, docenas, fueron observados acumulados dentro y afuera de la pequeña laguna del manglar, hundidos, la mayoría con huellas de cortes y acompañados de gran cantidad de palotadas y plásticos (Lámina 2, figuras A y B).

En el extremo norte de la isla, a ambos lados, se encontraron también acumulaciones de troncos de tallas significativas. Un número menor, 25, pero sin diferencias significativas en su dimensión o grosor. Es aquí donde se registró el tronco de mayor dimensión, casi 10 metros de largo por 74 centímetros de diámetro.

En el lado este se encontraron 25 troncos y palotadas distribuidas de manera más amplia; sin embargo, las diferencias en tallas fueron menores.

En general, puede considerarse que, de acuerdo con la metodología empleada no existe una diferencia significativa en tallas en los materiales

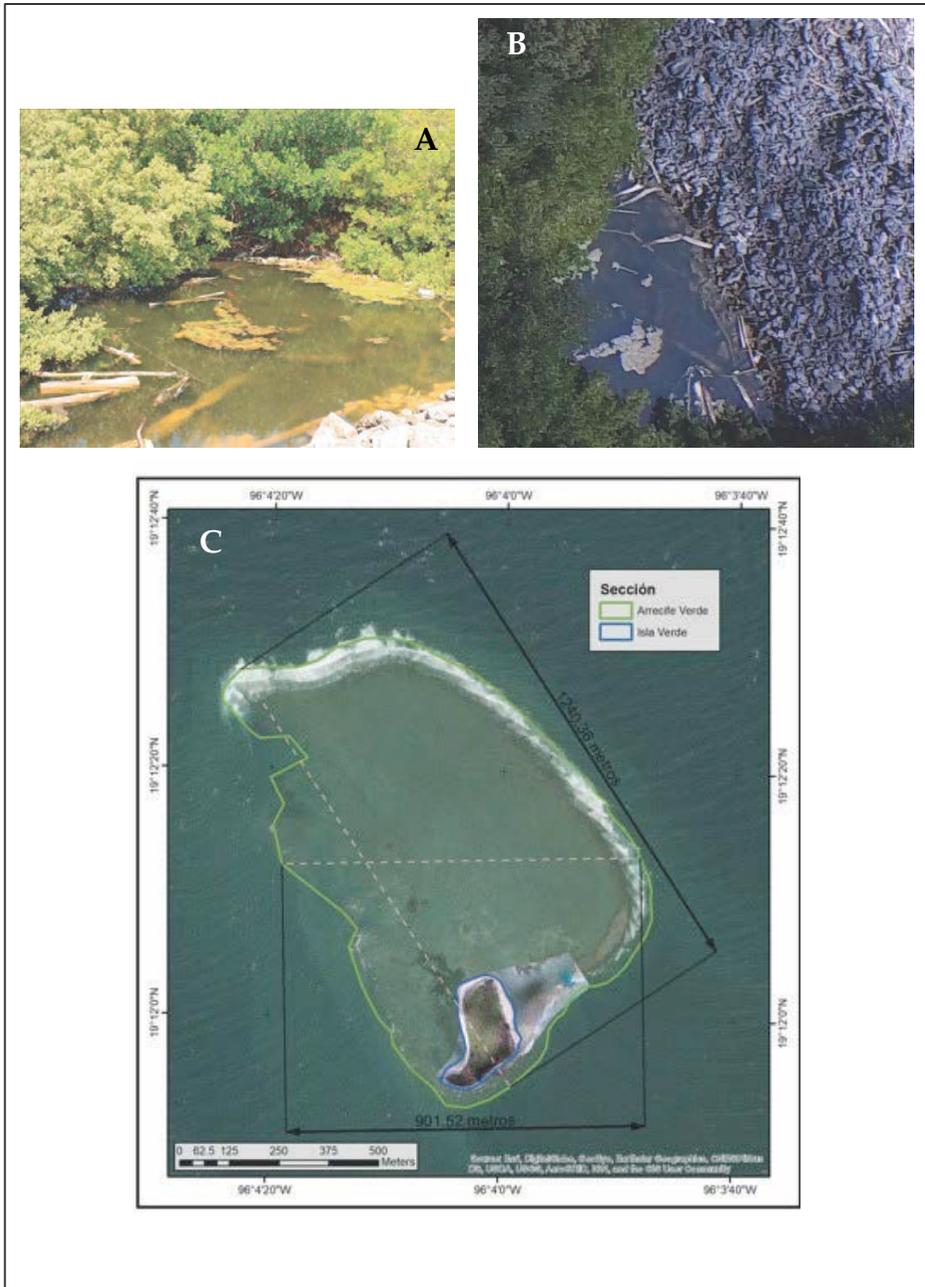


Lámina 2.

Figuras A y B. Troncos y palizadas dentro y alrededor de la poza en el lado sureste de la isla del Arrecife Verde. Figura C. Longitud y anchura del Arrecife Verde considerando las crestas arrecifales. (Econatura, A. C.)

acumulados, pero sí existen en mayor abundancia en el sur y oeste. Es posible que los materiales se incorporen a través de la cresta este, por los pasajes entre las subcrestas. La fosa azul presenta un elemento morfológico significativo en este sentido, permitiendo el paso a la laguna arrecifal.

Debe considerarse, para entender la dinámica de la distribución, que los materiales se incorporan humectados con una densidad de flotación neutra; una vez sobre las playas su pérdida de agua los dota de cierta flotación positiva que les permite ser transportados en mareas altas o tormentas hacia fuera de la laguna por el sotavento, donde eventualmente son reincorporados a la isla, en su parte sur, por las corrientes del canal de navegación y la hidrodinámica local.

Es importante analizar estas consecuencias inesperadas de la deforestación, desde una perspectiva histórica, tomando en consideración que este proceso de incorporación de troncos en los ecosistemas arrecifales ha debido haber tenido momentos de mayor o menor intensidad. Los procesos de deforestación natural, derrumbes por lluvias intensas en las cuencas abruptas debió estar presente desde el origen de los arrecifes veracruzanos y, dependiendo de las condiciones de precipitación, tormentas y huracanes, debió ser mayor durante el tiempo de máxima deforestación de las cuencas y de las zonas costeras. La visión histórica del proceso de ingreso de los troncos sobre las crestas arrecifales es relevante, porque lo muestra como elemento modulador de la forma, constitución e hidrodinámica de las crestas arrecifales.

La cresta del Arrecife Verde, en su parte norte, es continua y curvada hacia el oeste (Lámina 2, figura C). Hacia el este se presenta como una sucesión de subcrestas, paralelas, parcialmente sobrepuestas en aproximadamente un tercio de su longitud, separadas por zonas donde se acumulan sedimentos, algas y escombros de coral, entre los que es posible identificar ramas de árboles y troncos (Lámina 3, figuras A, B y C). Las subcrestas, 15 en total, son casi lineales con orientación NW-SE, de una extensión de casi 200 m al inicio y hasta alcanzar la mayor anchura del arrecife; a partir de ahí las subcrestas disminuyen en longitud y cambian de orientación hasta un franco N-S.

Las subcrestas pueden ser explicadas como la adaptación morfológica al impacto de la intensa hidrodinámica que empuja troncos y palizadas, y que permiten la incorporación de grandes troncos a través de las zonas de acumulación de escombros, que se transforman en canales de ingreso de estos materiales flotantes, ya que una vez que se incorporan a las áreas someras forman parte activa del sustrato o se depositan dependiendo de la hidrodinámica local (Lámina 3, figura D).

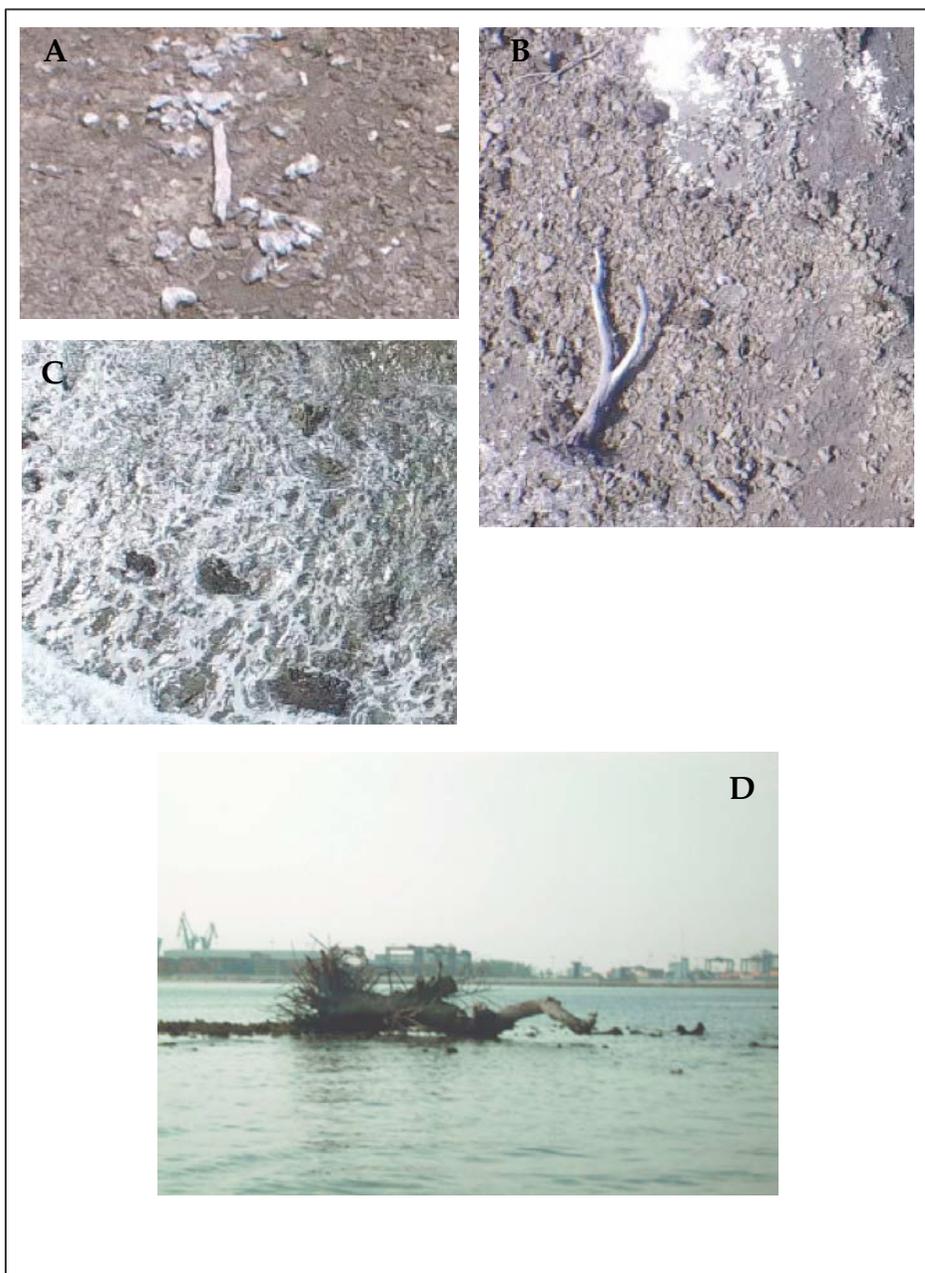


Lámina 3.

Figuras A, B y C. Troncos y ramas de árboles encallados en la cresta este del Arrecife Verde. Figura D, tronco con ramas encallado en la laguna del Arrecife Verde. (Econatura, A. C.)

Algunos datos de referencias personales (Miguel Ángel Lozano, com. per. 2019) indican que en la Fosa Azul se encontraron años atrás grandes troncos que en nuestras imágenes ya no son visibles, los que probablemente se acumulan a través de las distintas temporadas. Sobre la playa oeste fue posible identificar enterrados en la arena un buen número de troncos en distintos procesos de desintegración.

Evaluando los efectos del Huracán Karl (Tejeda-Martínez, 2011), en las condiciones socioambientales de la región, que provocó un aumento en el nivel del mar producto del nivel freático en la zona costera asociado a una importante descarga pluvial en la cuenca, fue factible identificar el efecto destructivo de los troncos y palotadas sobre la estructura y funcionalidad de los arrecifes descrita como el “efecto *knock out*”, por el golpe estructural sobre los cabezos arrecifales. En esa ocasión, las autoridades del Parque Arrecifal solicitaron la ayuda de la Secretaría de Marina de México para retirar de las crestas arrecifales y hundir troncos de más de 15 m de largo y 1.5 m de ancho, incluso retirar restos de bovinos atrapados en las crestas del arrecife de la isla de Sacrificios.

Posteriormente, la evaluación de la magnitud de la arribazón de palotadas en las playas de la zona de Punta Gorda, en Bahía de Vergara, parte del arrecife costero de Punta Gorda (también parte del Área Natural Protegida Sistema Arrecifal Veracruzano), nos permitió evaluar experimentalmente la respuesta estructural a este impacto periódico. La presencia sucesiva de crestas, zonas resistentes, elevadas a nivel intermareal (Spurs) y canales (Grooves) (SyG), zonas someras por debajo del nivel intermareal en el arrecife, permitió la pronta arribazón a la playa de palotadas experimentales de uno, dos y tres metros de longitud, lanzados mar afuera de las crestas del arrecife.

La consolidación de esta morfología SyG que está presente en diversos arrecifes costeros en el mundo, puede explicarse de acuerdo con las observaciones, debido al impacto de los troncos a la deriva que bajo condiciones hidrodinámicas de oleaje rompen las estructuras coralinas más vulnerables, en magnitud mayor según la intensidad del golpe, y dejan y permiten el desarrollo de formas redondeadas de mayor resistencia; el tronco flotante, golpea y eventualmente se desplaza lateralmente sobre estas estructuras, hasta que alcanza un canal o zona baja, y penetra a la costa o a las lagunas arrecifales donde deriva hacia las playas o costas insulares siguiendo la hidrodinámica local interna y respondiendo según su forma y peso relativo. El escenario que se plantea es que la elevación relativa del nivel del mar permite la refluación de los materiales acumulados en las playas, estos son incorporados a la circulación cos-

tera y, eventualmente, durante los intensos oleajes de tormentas, nortes y huracanes, son incorporados a los sistemas arrecifales.

La presencia de esta morfología SyG es característica de los arrecifes de plataforma, en su lado de barlovento, y está considerada como el mecanismo natural de disipación de la energía del oleaje (Munk y Sargent, 1954). Se considera que los corales que forman esta estructura son de rápido crecimiento y permiten la expansión lateral del arrecife coralino (Kan *et al.*, 1997) y determinan la incorporación de nutrientes y zonación biológica (Odum y Odum, 1955). A pesar de esta importancia, los procesos que la generan y regulan son poco investigados (Gischler, 2010). Duce *et al.* (2014) encuentran una correlación positiva entre la longitud de los canales de esta morfología en la Gran Barrera Australiana y la intensidad del oleaje. Las condiciones hidrodinámicas de golpe de los troncos modifica la morfología arrecifal y altera el ambiente morfodinámico, esto es un ejemplo de retroalimentación adaptativa estable de relevancia ecológica. Es una modificación morfodinámica estable del ecosistema arrecifal que modifica y modula las condiciones biológicas y ecológicas locales, adaptándose a hidrodinámicas de mayor intensidad.

DISCUSIÓN

El interés de conservar los ecosistemas arrecifales, en particular los bordeantes y los próximos a las costas, debe incorporar en sus acciones la recuperación de la calidad de las cuencas. Este efecto inesperado de la deforestación debe sumarse a los efectos del inadecuado manejo de las cuencas que no solo ocasiona la erosión y el consecuente aumento de sedimentos, 500% en los últimos 50 años en la región aledaña al puerto de Veracruz y zona conurbada, sino también el transporte de restos arbóreos que ocasionan un impacto violento y repetitivo por la refloatación. En particular para el SAV, esto es más relevante por las características de alta pendiente de la cuenca, lo que determina una relación continente-océano muy dinámica e invisible.

El manejo de las cuencas demanda una acción política concertada a través de acciones tipo “de la sierra al mar”, o del pago de derechos de agua de calidad, incorporando la responsabilidad de la conservación de los arrecifes a los usuarios de las cuencas. El Programa de Cuencas Prioritarias en Pico de Orizaba, subsidiado por la Conafor, ha logrado restaurar 3,200 hectáreas de bosque con un índice de supervivencia de 60%, y ya reconoce gracias a este tipo de reportes que lo que sucede en

el Pico de Orizaba, punto de origen del río Jamapa, tiene consecuencias sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano.

En resumen, los troncos y palotadas que se acumulan en las cañadas de las cuencas, en los remansos y estuarios que forman represas, son eventualmente removidos, parcial o masivamente, por procesos de lluvias intensas, aumento de nivel del mar en la zona costera derivado de huracanes y transportados flotando mar afuera, donde la hidrodinámica costera superficial los transporta hacia los arrecifes de coral. Su dimensión y peso específico los transforma en elementos de choque y rompimiento de las crestas arrecifales. Este proceso repetitivo ha modificado la estructura de las crestas, creando canales sucedidos por elevaciones, a través de los cuales penetran a las lagunas arrecifales y terminan por acumularse en las islas, cayos y playas. Este factor modifica la conducta de la hidrodinámica local y trae consecuencias sobre diversos procesos ecológicos.

Literatura citada

- BELLEFONTAINE, R., S. Petit, M. Pain-Orcet, Deleporte y J. Ber-ault. 2002. *Los árboles fuera del bosque*. Guía FAO Conservación, 35. 237 pp.
- CÉSPEDES, S. y E. Moreno. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*, 2(2): 5-13.
- DUCE, S., A. Vila-Concejo, S. Hamylton, E. Bruce y J. M. Webster. 2014. Spur and groove distribution, morphology and relationship to relative wave exposure, Southern Great Barrier Reef, Australia. En: Green, A. N. y J. A. G. Cooper (Eds.). *Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa), Journal of Coastal Research, Special Issue*, 70: 115-120..
- GUILCHER, A. 1988. *Coral reef geomorphology*. Nueva York, EUA. John Wiley and Sons, 228 pp.
- GISCHLER, E. 2010. Indo-pacific and atlantic spurs and grooves revisited: the possible effects of different holocene sea-level history, exposure, and reef accretion rate in the shallow fore reef. *Facies*, 56: 173-177.
- GUEVARA, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia*, 30(10): 595-601.
- KAN, H., N. Hori y K. Ichikawa. 1997. Formation of a coral reef-front spur. *Coral Reefs*, 16: 3-4.
- KENCH, P. S. y R. W. Brander. 2006. Wave processes on coral reef flats: implications for reef geomorphology using australian case studies. *Journal of Coastal Research*, 22: 209-223.

- KIESSLING T., L. Gutow y M. Thiel. 2015. Marine Litter as Habitat and Dispersal Vector. En: M. Bergmann, L. Gutow y M. Klages (Eds.). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham.
- KIRWAN, M. 2011. *Intensive logging made Rich Wetlands*. American Geophysical Union Conference. S. Fco. Cal. EUA.
- LAZOS-RUIZ, A., P. Moreno-Casasola, S. Guevara, C. Gallardo y E. Galante. 2016. El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado, *Madera y Bosques*, 22(1): 17-36.
- LEVIN, P. y M. Poe. (Eds.). 2017. *Conservation for the Anthropocene Ocean*. Interdisciplinary Science in Support of Nature and People. Elsevier Inc.
- LUGO, A. E., C. S. Rogers y S. W. Nixon. 2000. Hurricanes, Coral Reefs and Rainforests: Resistance, Ruin and Recovery in the Caribbean. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 29(2): 106-114.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Wetlands and Water*. World Resources Institute. Washington, D. C. 68 pp.
- MORENO, A. 2011. *Efectos ambientales del Programa Nacional de Desmontes, México, 1972-1982*. Tesis. Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia, Colonia. 119 pp.
- MORENO-CASASOLA, P. y K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*, 15(3): 21-44.
- MUNK, W. H. y M. C. Sargent. 1954. Adjustment of bikini atoll to ocean waves. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 260 C: 275-280.
- ODUM, H. T. y E. P. Odum. 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on eniwetok atoll. *Ecological Monographs*, 25: 291-320.
- REN, D. 2014. The devastating Zhouqu storm-triggered debris flow of August 2010: likely causes and possible trends in a future warming climate, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 119 (7): 3643-3662.
- ROGERS, J. S., S. G. Monismith, F. Feddersen y C. D. Storlazzi. 2013. Hydrodynamics of spur and groove formations on a coral reef. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118: 1-15.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A. (coord.). 2011. *Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico*. Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. 271 pp.
- Travieso-Bello, A. y P. Moreno-Casasola. 2011. Sustentabilidad de la ganadería bovina: el caso de la costa de Actopan, Veracruz, México. Pp: 291-316. En: M. Sánchez, A. Contreras y E. Kauffer (coord.) *La encrucijada en México*

rural. Contrastes regionales en un mundo desigual. Asociación Mexicana de Estudios Rurales. México, D. F.

WILLIAMS, M. y J. Zalasiewicz. 2011. The Anthropocene Ocean in Its Deep Time Context.. En: *The World Ocean In Globalisation: Climate Change, Sustainable Fisheries, Biodiversity, Shipping, Regional Issues.*

PECES

Juan Manuel Vargas-Hernández,¹ José Luis Sánchez-Castro²

INTRODUCCIÓN

La complejidad estructural arrecifal y la cobertura coralina conforman diferentes tipos de hábitats con particulares relieves topográficos y sustratos. Esta heterogeneidad espacial y sus propiedades físicas, químicas y biológicas, proporcionan a los peces sitios para su alimentación, protección, reproducción y crecimiento. En los estudios de ecología arrecifal, uno de los aspectos que más ha llamado la atención científica es justamente la relación entre la heterogeneidad espacial de los arrecifes coralinos y los peces (Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez, 2009).

La cobertura coralina en arrecifes emergentes es uno de los principales factores que intervienen en la estructura de las comunidades de peces en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), particularmente en la riqueza de especies y su abundancia (Vargas-Hernández y Román-Vives, 2004), el promedio de cobertura coralina para el Arrecife Verde, con base en el programa de monitoreo de la Administración del Sistema Portuario Nacional de Veracruz (Asipona, Ver.) para el periodo 2014-2019 en temporadas de secas, lluvias y frentes fríos fue de $21.97 \pm 0.69\%$ (media \pm SE, $n = 11$) considerando las pendientes de barlovento y sotavento. En algunos de los arrecifes profundos del noroeste del PNSAV, que se caracterizan por ser no emergentes y con poca cobertura coralina o carentes de la misma, y baja riqueza de especies, los peces se agregan, aparentemente con fines de resguardo y reproducción. Por ello, son sitios importantes para la pesca y para el conocimiento de la biología y ecología de las especies.

¹ Consultor independiente. EcoOcéano. jmvargash@gmail.com

² Dirección General del Área Académica de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana.

Uno de los aspectos de suma importancia en estudios ictiológicos es la identificación de las especies y su cuantificación, como parte de los estudios ecológicos en campo, por medio de censos visuales, apoyados por la fotografía y el video digital en alta resolución. Por esa razón, la identificación de peces con apoyo de medios digitales es ahora una práctica común (Lozano-Álvarez *et al.*, 2007; Del Moral-Flores *et al.*, 2013).

En el año 2002 se publicó el listado de 248 especies de peces del PNSAV, incluyendo sólo aquellas con mayor afinidad a los arrecifes. Se excluyeron muchas especies asociadas a los ambientes adjuntos, como zonas rocosas desprovistas de coral, fondos blandos o aquellas comúnmente pelágicas. La publicación se basó en los antecedentes hasta esa fecha, más registros de especies hechos por los autores (Vargas-Hernández *et al.*, 2002).

Del 2002 a la actualidad, los autores del presente documento han seguido observando y cuantificando a los peces en los arrecifes emergentes y no emergentes veracruzanos, incluyendo el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT), el PNSAV, el Área de protección de Flora y Fauna Arrecifes de los Tuxtlas (AT), el Arrecife Chachalacas y arrecifes menores intermedios. Estas experiencias han servido para comprender, en parte, cómo es la conectividad entre los diferentes complejos arrecifales del Golfo de México, y otros aspectos de la historia natural de las especies de peces.

Para el PNSAV se han publicado en las dos últimas décadas tres nuevas especies de peces, dos que se distribuyen en arrecifes veracruzanos, desde Lobos en el SALT hasta el sur en el PNSAV (*Elacatinus redimiculus* Taylor and Akins 2007 y *Elacatinus jarocho* Taylor and Akins 2007). La especie *Hypoplectrus castroaguirrei* Del Moral-Flores, Tello-Musi y Martínez-Pérez 2011, fue postulada como endémica para el PNSAV.

Una especie carnívora invasora se ha desplegado ampliamente en el PNSAV, SALT y otros arrecifes como Chachalacas; es el pez león *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) del Indo-Pacífico (Santander-Monsalvo *et al.*, 2012). También se ha registrado una especie herbívora, que puede resultar benéfica y compensatoria para la invasión del pez león en estos complejos arrecifales, *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Tello-Musi *et al.*, 2018) del Océano Pacífico, reportada para arrecifes veracruzanos por González-Gándara y De la Cruz-Francisco, por primera vez en 2014. En 2015, De la Cruz-Francisco *et al.*, publicaron la ampliación del ámbito geográfico de la especie.

En 2008, Rangel-Ávalos *et al.*, dan a conocer un listado de 158 especies de peces para el PNSAV, sin especificar en qué arrecifes particulares estuvieron presentes, aunque incluyen a Isla Verde, entre los 11 estudiados.

En 2013, Del Moral-Flores *et al.*, conjuntaron la información íctica para el PNSAV, procedente de publicaciones, material de colecciones de referencia y censos visuales efectuados del 2006 al 2011, reportando 387 especies de peces. Los autores mencionan que cinco especies son endémicas de los arrecifes del sureste del Golfo de México: *Elacatinus jarocho*, *Halichoeres burekae*, *Hypoplectrus atlahua*, *H. castroaguirrei* y *Tigrigobius redimiculus*. Al igual que en la publicación de Rangel-Ávalos *et al.*, en 2008, los datos de presencia aportados son para el PNSAV en general.

En 2019, Robertson *et al.*, hacen un análisis de las especies mal identificadas y hacen ajustes taxonómicos a esa fecha, reduciendo con ello la lista de especies publicada por Del Moral *et al.*, en 2013, de 387 especies a 377. Revisando registros de especies en bases de datos en línea, georreferenciados, en seis fuentes distintas, más observaciones de campo, estos autores incrementaron el listado para el Sistema Arrecifal Veracruzano a 472 especies, ya que incluyeron a aquellas marinas y estuarinas, supuestamente presentes en arrecifes del PNSAV. Del Moral-Flores *et al.* (2020), adicionan cinco nuevos registros de peces para el PNSAV, sumando con ello 477 especies reportadas.

El objetivo de este escrito es dar a conocer la composición íctica actualizada de uno de los arrecifes más biodiversos del PNSAV, el Arrecife Verde, con atención sobre algunas de las especies que destacan porque son nuevos registros para el arrecife, ya que sus características taxonómicas son controversiales o por su importancia ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de las principales publicaciones efectuadas del 2002 a la fecha sobre ictiofauna para el PNSAV, con particular atención al Arrecife Verde, y se analizaron registros impresos, fotográficos y videográficos que han obtenido los autores del presente documento, incluyendo dos visitas al arrecife, el 30 de noviembre y 21 de octubre del 2012, en zonas de barlovento y sotavento en pendiente arrecifal, con el fin de complementar la lista taxonómica de los peces (Registros, 2012). Para finales del 2012 se pretendía publicar el libro que contiene el presente capítulo, pero por varias razones fue postergado hasta ahora. Lo anterior, dio oportunidad de incluir a las especies de peces registradas para este arrecife durante el monitoreo de flora y fauna en el PNSAV (2014-2021), efectuado por la Administración del Sistema Portuario Nacional de Veracruz (Asipona, Ver.). El monitoreo incluye 25 arrecifes emergentes y no emergentes del PNSAV y se aplica en temporadas de

secas, lluvias y frentes fríos, con 50 sitios de muestreo y tres transectos de 50 m por sitio. Para el Arrecife Verde se establecieron dos sitios en sotavento y uno en barlovento. Los peces se identifican y cuantifican por censos visuales en campo. La taxocenosis se complementa con 20 minutos de buceo errante y se apoya la identificación con video y fotografía.

RESULTADOS

El listado de peces para el Arrecife Verde comprende 19 órdenes, 35 familias, 72 géneros y 136 especies (Tabla 1). La validez taxonómica se efectuó consultando las bases de datos FishBase (Froese y Pauly, 2022), los días 21, 22 y 23 de junio del 2022 y se consideraron las enmiendas taxonómicas señaladas por Robertson *et al.*, 2019. Los taxa de la tabla 1 están dispuestos en forma ascendente, alfabéticamente y anidados. Los nombres comunes para las especies están dados con base en la aplicación electrónica para dispositivos Apple de pantalla táctil: Peces costeros del Gran Caribe de Robertson *et al.* (2016).

De las 136 especies reportadas para el arrecife, 98 se registraron en el 2002 por Vargas-Hernández *et al.*; Nava-Martínez, en 2006, reportó 52 especies, de las cuales 10 constituyeron nuevos registros para el arrecife. Los registros del 2012 por los autores arrojaron 53 especies, de las que 11 fueron nuevos registros. En el monitoreo de la Asipona, Ver., se reportaron 82 especies, de las cuales 16 constituyeron nuevos registros: 1. *Emblemariopsis diaphana* Longley, 1927, 2. *Hypleurochilus bermudensis* Beebe y Tee-Van, 1933, 3. *Parablennius marmoratus* (Poey, 1876), 4. *Caranx bartholomaei* Cuvier, 1833, 5. *Brachygenys chrysargyreum* (Günther, 1859), 6. *Haemulon parrae* (Desmarest, 1823), 7. *Halichoeres maculipinna* (Müller y Troschel, 1848), 8. *Lutjanus jocu* (Bloch y Schneider, 1801), 9. *Scarus coelestinus* Valenciennes, 1840, 10. *Scarus vetula* Bloch y Schneider, 1801, 11. *Sparisoma viride* (Bonnaterre, 1788), 12. *Coryphopterus glaucofraenum* Gill, 1863, 13. *Ctenogobius saepepallens* (Gilbert y Randall, 1968), 14. *Elacatinus jarocho* (Taylor y Akins, 2007), 15. *Tigrigobius redimiculus* (Taylor y Akins, 2007) y 16. *Sphoeroides spengleri* (Bloch, 1785).

Las especies listadas para el Arrecife Verde ya habían sido registradas para el PNSAV, algunas de ellas siendo muy comunes para todos los arrecifes. Las fotografías aquí publicadas y contenidas en las láminas 1 a 10, fueron tomadas por los autores y proceden de varios arrecifes veracruzanos y fechas. Las láminas son representativas de algunas familias que contienen especies comunes para el arrecife, incluso para el

PNSAV. La lámina 10 es la excepción, contiene información gráfica sobre el género *Hypoplectrus*, cuyas especies tienen un gran valor científico para la comprensión de procesos de especiación recientes en ambientes marinos. Después de los nombres científicos de las especies representadas en las fotografías, aparecen entre paréntesis las siglas del nombre del autor de cada imagen. Las familias contenidas en las láminas son: Lámina 1. Chaetodontidae (peces mariposa). Lámina 2. Pomacanthidae (peces ángeles y gallinetas). Lámina 3. Muraenidae (morenas). Lámina 4. Haemulidae (roncos). Lámina 5. Labridae (peces doncella). Lámina 6. (peces loro). Lámina 7. Gobiidae (gobios). Lámina 8. Pomacentridae (jaquetas y castañetas). Lámina 9. Scorpaenidos (peces escorpión). Lámina 10. Serranidae género *Hypoplectrus* (vaquitas).

DISCUSIÓN

Es evidente que la cantidad de registros de especies de peces (Tabla 1), es producto del esfuerzo de muestreo, así puede notarse que en los registros del 2002 se conjuntaron los datos de varias publicaciones y el aporte de los autores (98 especies). El trabajo de Nava-Martínez fue de un año de muestreo (52 especies, 10 nuevos registros). Los registros del 2012 por los autores del presente trabajo se hicieron en un par de días, pero fue un esfuerzo dirigido y complementado con registros de salidas anteriores (53 especies, 11 nuevos registros). El monitoreo de la Asipona, Ver., representa un gran esfuerzo, pero restringido a tres sitios de muestreo (9 transectos de 50 m x 2 m de ancho y 2 m de altura, replicados en tres temporadas anuales, del 2014 al 2021), enfocado a un monitoreo, no a determinar el mayor número de especies, por lo que no se incluyen aquellas crípticas o de tallas pequeñas; aun así, 82 especies, de las cuales 16 fueron nuevos registros, es un gran aporte.

La riqueza íctica para el Arrecife Verde obtenida aquí es elevada si se compara con el total de especies apegadas a los arrecifes determinadas para el PNSAV por Vargas-Hernández *et al.*, en el 2002, representa un 54.84%. Este porcentaje tan elevado de especies es respuesta a la complejidad estructural y al porcentaje de cobertura coralina viva (Vargas-Hernández y Román-Vives, 2004) relativamente alta para el arrecife (21.97%). Para el PNSAV, la cobertura coralina promedio es mayor al 40% para los arrecifes De Enmedio, del grupo Antón Lizardo y el arrecife no emergente Ahogado Chico, siendo los arrecifes con mayor cobertura con base al monitoreo de la Asipona, Ver. Sería erróneo comparar la riqueza de especies de Arrecife Verde o de algún otro arrecife en particular,

con la total reportada para el PNSAV, que suma 477 especies dados los hábitos y categorías ecológicas de las especies incluidas. Tal vez, una comparación que incluya únicamente a las familias de peces presentes en ambos arrecifes (o múltiples) sería más adecuado.

Aunque existe una idea general del comportamiento y/o variación espacial y temporal de las poblaciones de peces en el PNSAV y las comunidades que conforman, aún existe mucho desconocimiento de sus interacciones, su comportamiento, desarrollo, periodos reproductivos, biogeografía y taxonomía, entre otros aspectos. Como ejemplo de lo anterior se plasman los siguientes párrafos.

C. personatus (Jordan y Thompson, 1905) (Lámina 7c), puede confundirse con *C. hyalinus* Böhlke y Robins, 1962. Para poder diferenciar las dos especies *C. personatus* y *C. hyalinus*, es necesario recolectar ejemplares, no pueden identificarse fácilmente a simple vista o con los registros fotográficos y videográficos actuales. Aunque *C. hyalinus* no ha sido reportado para el PNSAV, muy probablemente está presente, como lo está para el SALT (González-Gándara, 2003; González-Gándara, 2010).

Llama la atención el nuevo registro de *Scarus coelestinus* Valenciennes, 1840, para el Arrecife Verde, porque es un pez loro de gran tamaño, ampliamente distribuido en el Caribe, pero raramente visto en el PNSAV. En 2006 fueron observados dos ejemplares por el primer autor, en la pendiente de barlovento del Arrecife Anegada de Afuera, a unos 15 metros de profundidad. Del Moral-Flores *et al.* (2013) registraron la especie en el PNSAV.

Elacatinus jarocho (Taylor y Akins, 2007) (Lámina 7a), conocido más comúnmente como “cerillo”, de muy amplia distribución en el PNSAV, pero nuevo registro para el Arrecife Verde, habita principalmente en oquedades, o en zonas de penumbra, generalmente a más de 15 m de profundidad. Es muy abundante en los arrecifes no emergentes del PNSAV, (Asipona, Ver., 2014-2015). Los autores registraron a *E. jarocho* en el Arrecife La Perla del Golfo en 2004, siendo novedad para el AT. La especie ha sido reportada para el SALT por González-Gándara (2020).

En el presente listado de peces (Tabla 1), *Stegastes adustus* (Troschel, 1865), sustituye a *S. fuscus* en el registro de Vargas-Hernández *et al.* (2002). A partir del trabajo de Nava-Martínez (2006), ya se anotó como *S. adustus*. En el registro de Vargas-Hernández *et al.* (2002), se cambió el registro de *Stegastes pictus* (Castelnau, 1855) por *Stegastes partitus* (Poey, 1868) y de *Stegastes variabilis* (Castelnau, 1855) por *Stegastes xanthurus* (Poey, 1860). Para el caso de *Hypoplectrus puella* Cuvier, 1828, determinado

en los registros de 2012, se cambió el registro por *Hypoplectrus floridae* Victor, 2012 (Lámina 10 c, d), para el monitoreo de Asipona, Ver., (2014-2021) ya se había identificado como *H. floridae*. Oficialmente, el primer registro de *H. floridae* en Veracruz, lo hizo González-Gándara en 2014 para el arrecife no emergente Blake, situado frente a la costa de Cazones, Ver. México. El registro del 2012 de *Hypoplectrus nigricans* (Poey, 1830), se asignó a *Hypoplectrus atlahua* Tavera y Acero, 2013 (Lámina 10 e, f), siguiendo las indicaciones de Robertson *et al.* (2019). Los registros de *Ophioblennius atlanticus* (Valenciennes, 1836) del 2002 y 2006, fueron eliminados y asignados a *Ophioblennius macclurei* (Silvester, 1915). Para los registros del 2002 y 2006, se eliminaron aquellos de *Acanthurus bahianus* Castelnau, 1855 y se asignaron a *A. tractus* Poey, 1860 (Bernal y Rocha, 2011).

Los ejemplares del lábrido *Halichoeres burekae* Weaver y Rocha, 2007 (Lámina 5 c), han sido observados y cuantificados desde hace muchos años en los arrecifes veracruzanos, incluyendo al SALT, AT y Chachalacas, por los autores del presente documento, sin aparecer en los listados formales por problemas con su identificación. Aproximadamente del 2005 al 2007, se cita en los reportes como *H. bathyphilus* (Beebe y Tee-Van, 1932) por su semejanza con la especie en la guía de identificación de Humann y Deloach (2002). Pero en el 2007, Weaver y Rocha describen la especie *H. burekae* para Florida, señalando su presencia para Veracruz. Estos autores reconocen que en un principio lo identificaron como *H. bathyphilus*, ampliamente distribuido en el Golfo de México, pero que una revisión detallada de los ejemplares y el hecho de que *H. bathyphilus* se distribuye verticalmente entre 50 y 150 m de profundidad, más análisis genéticos, lo diferencian de esta especie y otras semejantes. Es probable que *H. socialis* Randall y Lobel, 2003, reportada como nuevo registro para el PNSAV por Martínez-Hernández y Camacho-Olivares (2007) corresponda a *H. burekae*, porque Weaver y Rocha (2007) también señalan la semejanza entre estas especies, pero *H. socialis* se distribuye para Belice, Panamá y Brasil, aunque Del Moral *et al.*, señalan que es endémico de Brasil. En la guía de peces de Humann y Deloach (2016), ya se incluye a *H. burekae*, indicando su amplia dispersión para el Golfo de México.

Martínez-Hernández y Camacho-Olivares (2007) también reportan a *Malacoctenus triangulatus* Springer, 1959, como nuevo registro para el PNSAV, sin embargo, ya aparece en Vargas-Hernández *et al.* (2002), Hildebrand *et al.* (1964) para el PNSAV y para el Arrecife Verde por Pérez-Hernández (1989).

Tabla 1. Lista sistemática de los peces del Arrecife Verde. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. 1. Vargas-Hernández et al. (2002), 2. Nava-Martínez (2006), 3. Vargas-Hernández y Sánchez-Castro (2012), 4. Asipona, Ver. (2014-2021).

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
1	Acanthuriformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	Cirujano rayado				
2			<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch y Schneider, 1801	Navajón azul				
3			<i>Acanthurus tractus</i> Poey, 1860	Cirujano pardo				
4		Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i> Linnaeus, 1758	Mariposa ocelada				
5			<i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch, 1787	Mariposa perla amarilla				
6			<i>Chaetodon sedentarius</i> Poey, 1860	Mariposa parche				
7			<i>Prognathodes aculeatus</i> (Poey, 1860).	Mariposa narigona				
8		Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	Chabela				
9		Pomacanthidae	<i>Holacanthus bermudensis</i> Goode, 1876	Chabelita azul				
10			<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)	Ángel Reyna				
11			<i>Pomacanthus arcuatus</i> (Linnaeus, 1758)	Gallineta café				
12			<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	Gallineta negra				
13	Actinopterygii	Pempheridae	<i>Pempheris schomburgkii</i> Müller y Troschel, 1848	Barrendero transparente				
14	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax funebris</i> Ranzani, 1839	Morena verde				
15			<i>Gymnothorax miliaris</i> (Kaup, 1856)	Morena cola dorada				
16			<i>Gymnothorax moringa</i> (Cuvier, 1829)	Morena manchada				
17			<i>Gymnothorax vicinus</i> (Castelnau, 1855)	Morena amarilla				
18	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus intermedium</i> (Spix y Agassiz, 1829)	Lagarto mato				
19			<i>Synodus saurus</i> (Linnaeus, 1758)	Lagarto saury				

continúa Tabla 1

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
20	Beloniformes	Belontiidae	<i>Tylosurus fodiator</i> Jordan y Gilbert, 1882	Aguja				
21		Exocoetidae	<i>Hirundichthys spectuliger</i> (Valenciennes, 1847)	Volador espejo				
22	Blenniiformes	Chaenopsidae	<i>Emblemaropsis diaphana</i> Longley, 1927	Tubícola vidrioso				
23		Blenniidae	<i>Hypleurochilus bermudensis</i> Beebe y Tee-Van, 1933	Borracho de barras				
24			<i>Ophioblennius macclurei</i> (Silvester, 1915)	Blenio bembirrojo				
25			<i>Parablennius marmoratus</i> (Poey, 1876)	Borracho mar-móreo				
26		Labrisomidae	<i>Labrisomus nuchipinnis</i> (Quoy y Gaimard, 1824)	Sapito cabezón				
27			<i>Malacoctenus triangulatus</i> Springer, 1959	Sapito de montura				
28	Carangaria/misc	Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> (Edwards, 1771)	Barracuda gigante				
29			<i>Sphyraena guachancho</i> Cuvier, 1829	Picuda guachanche				
30	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i> Cuvier, 1833	Cojinuda amarilla				
31			<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	Cojinuda negra				
32			<i>Caranx ruber</i> (Bloch, 1793)	Cojinuda				
33			<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	Casabe				
34			<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)	Macarela chu-paraco				
35	Centrachiformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	Chopa blanca				
36	Eupercaria/misc	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	Mojarrita de ley				
37			<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	Mojarra trompetera				
38		Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	Burriquete				

continúa Tabla 1

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
39			<i>Anisotremis virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Burro payaso				
40			<i>Brachygenys chrysaerum</i> (Günther, 1859)	Ronco boquichica				
41			<i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier, 1830)	Ronco jeníguano				
42			<i>Haemulon carbonarium</i> Poey, 1860	Ronco carbonero				
43			<i>Haemulon flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)	Ronco condensado				
44			<i>Haemulon macrostomum</i> Günther, 1859	Ronco caco				
45			<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)	Ronco blanco				
46			<i>Haemulon plumierii</i> (Lacepède, 1801)	Chac-chí				
47			<i>Haemulon striatum</i> (Linnaeus, 1758)	Jeníguano rayado				
48			<i>Haemulon vittatum</i> (Poey, 1860)	Boga				
49			<i>Orthopristis rubra</i> (Cuvier, 1830)	Ronco, corocoro				
50	Labridae		<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	Vieja colorada				
51			<i>Clepticus parrae</i> (Bloch y Schneider, 1801)	Doncella mulata				
52			<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)	Doncella rayada				
53			<i>Halichoeres birekae</i> Weaver y Rocha, 2007	Doncella mardi gras				
54			<i>Halichoeres maculipinna</i> (Müller y Troschel, 1848)	Doncella payaso				
55			<i>Halichoeres poeyi</i> (Steindachner, 1867)	Doncella ojinegra				
56			<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	Doncella azulada				
57			<i>Lachnolaimus maximus</i> (Walbaum, 1792)	Boquinete				
58			<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)	Cara de cotorra				
59	Lutjanidae		<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	Pargo criollo				
60			<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)	Pargo canchix				

continúa Tabla 1

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
61			<i>Lutjanus campechanus</i> (Poey, 1860)	Pargo rojo				
62			<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	Pargo prieto				
63			<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch y Schneider, 1801)	Pargo caballera				
64			<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)	Pargo ojón				
65			<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	Pargo bíaiva				
66			<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	Rubia				
67		Scaridae	<i>Cryptotomus roseus</i> Cope, 1871	Loro chimuelo				
68			<i>Scarus coelestinus</i> Valenciennes, 1840	Loro de media noche				
69			<i>Scarus guacamaia</i> Cuvier, 1829	Loro guacamayo				
70			<i>Scarus iseri</i> (Bloch, 1789)	Loro listado				
71			<i>Scarus taeniopterus</i> Lesson, 1829	Loro princesa				
72			<i>Scarus vetula</i> Bloch y Schneider, 1801	Loro reina				
73			<i>Sparisoma aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1840)	Loro manchado				
74			<i>Sparisoma chrysopteron</i> (Bloch and Schneider, 1801)	Loro verde				
75			<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)	Loro dientuso				
76			<i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes, 1840)	Loro coliamarilla				
77			<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)	Loro brillante				
78		Sciaenidae	<i>Eques lanceolatus</i> (Linnaeus, 1758)	Payasito obispo				
79			<i>Equetus punctatus</i> Bloch y Schneider, 1801	Payasito punteado				
80		Sparidae	<i>Calamus bajonado</i> (Bloch y Schneider, 1801)	Pluma bajonado				
81			<i>Diplodus holbrookii</i> (Bean, 1878)	Sargo cotonero				
82	Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus dicrus</i> Böhlke y Robins, 1960	Gobio dos puntos				

continúa Tabla 1

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
83			<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> Gill, 1863	Gobio de riendas				
84			<i>Coryphopterus personatus</i> (Jordan y Thompson, 1905)	Gobio mapache				
85			<i>Ctenogobius saepepallens</i> (Gilbert y Randall, 1968)	Gobio guión				
86			<i>Elacatinus jarocho</i> (Taylor y Akins, 2007)	Gobio jarocho, cerillo				
87			<i>Elecatinus oceanops</i> Jordan, 1904.	Gobio neón norteño				
88			<i>Gobiosoma grosvenori</i> (Robins, 1964)	Gobio corte de roca				
89			<i>Trigobius retiniculatus</i> (Taylor y Akins, 2007)	Gobio de cinta				
90	Holocentridae	Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	Candil gallito				
91			<i>Holocentrus rufus</i> (Walbaum, 1792)	Candil soldado				
92			<i>Myripristis jacobus</i> Cuvier, 1829	Candil de piedra				
93	Kurtiformes	Apogonidae	<i>Apogon pseudonnavulatus</i> Longley, 1932	Cardenal dos puntos				
94	Muliformes	Mullidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i> (Cuvier, 1829)	Chivo amarillo				
95	Orectolobiformes	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonnaterre, 1788)	Gata nodriza				
96	Ovalentaria/misc	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Petaca rayada				
97			<i>Abudefduf taurus</i> (Müller y Troschel, 1848)	Petaca toro				
98			<i>Chromis cyanea</i> (Poey, 1860)	Castañeta azul				
99			<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	Castañeta parda				
100			<i>Chromis scotti</i> Emery, 1968.	Castañeta púrpura				

continúa Tabla 1

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
101			<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)	Jaqueta coliamarilla				
102			<i>Neopomacentrus cyanomos</i> (Bleeker, 1856)	Dama real				
103			<i>Stegastes adustus</i> (Troschel, 1865)	Jaqueta prieta				
104			<i>Stegastes dienaensis</i> (Jordan y Rutter, 1897)	Jaqueta miel				
105			<i>Stegastes leucostictus</i> (Müller y Troschel, 1848)	Jaqueta bonita				
106			<i>Stegastes partitus</i> (Poey, 1868)	Jaqueta bicolor				
107			<i>Stegastes planifrons</i> (Cuvier, 1830)	Jaqueta tres puntos				
108			<i>Stegastes xanthurus</i> (Poey, 1860)	Jaqueta castaña				
109	Perciformes	Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	Pez león				
110			<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789	Escorpión negro				
111		Serranidae	<i>Cephalopholis argus</i> Schneider, 1801	Cabrilla pecosa				
112			<i>Cephalopholis cruentata</i> (Lacépède, 1802)	Cherna enjambre				
113			<i>Cephalopholis fulva</i> Linnaeus, 1758.	Cabrilla roja				
114			<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	Cabrilla payaso				
115			<i>Epinephelus itajara</i> (Lichtenstein, 1822)	Mero de profundidad				
116			<i>Hypoplectrus aberrans</i> Poey, 1868	Mero barriga amarilla				
117			<i>Hypoplectrus atlantus</i> Tavera y Acero, 2013	Vaquita jarocho				
118			<i>Hypoplectrus castroguirrei</i> Del Moral-Flores, Tello-Musi y Martínez-Pérez, 2012	Mero blanco veracruzano				
119			<i>Hypoplectrus gummigutta</i> (Poey, 1851)	Vaca dorada				

Núm.	Orden	Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4
120			<i>Hypoplectrus floridiae</i> Victor, 2012	Vaquita floridana				
121			<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)	Cherna negrilla				
122			<i>Mycteroperca interstitialis</i> Poey, 1860	Cherna boca amarilla				
123			<i>Mycteroperca phenax</i> Jordan y Swain, 1884	Abadejo garropa				
124			<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)	Cherna moteada				
125			<i>Mycteroperca tigris</i> (Valenciennes, 1833)	Cabrilla gato				
126			<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	Rabirrubia del golfo				
127			<i>Rypticus maculatus</i> Holbrook, 1855	Jabonero albipunteado				
128	Syngnathiformes	Autostomidae	<i>Autostomus maculatus</i> Valenciennes, 1841	Trompeta del atlántico				
129			<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	Chivo manchado				
130	Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758	Pez erizo pecoso				
131		Monacanthidae	<i>Acanthurus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	Lija tildada				
132			<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	Lija pintada				
133			<i>Monacanthus tockeri</i> Bean, 1906	Lija reticulada				
134		Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	Chapin baqueta				
135		Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	Tamborín narizón				
136			<i>Sphaeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	Botete collarete				

Las especies del género *Hypoplectrus* (lamina 10), han sido controversiales debido a que las diferencias que existen entre ellas se rigen principalmente por patrones de coloración, siendo sus caracteres morfológicos semejantes (Lobel, 2011). La descripción de especies del género está apoyada en rasgos de patrones de color y ecológicos, más que en aspectos morfológicos. Los patrones de color están explicados por mímica agresiva (Víctor, 2018), en la que los morfos de *Hypoplectrus* imitan especies de colores semejantes no agresivas, generalmente herbívoras. Aguilar-Perera (2004), comentó que varias publicaciones señalaban que no era posible diferenciar genéticamente a los morfos de color de *Hypoplectrus* como especies diferentes y que en la actualidad se reconocen las especies basándose en pequeñas diferencias morfológicas y ecológicas. El mismo autor comenta que estudios recientes (2004) de DNA mitocondrial revelaron que no hay diferencia genética entre nueve de las especies descritas, mientras que otras publicaciones revelan diferencias en al menos cinco especies y concluye que, para resolver la taxonomía de *Hypoplectrus* se deben al menos considerar los siguientes criterios para el reconocimiento de especies, debido a que los patrones de color no son suficientes: conformación de parejas similares (CPS), no entre distintos morfos (*assortative mating*), diferencias en dispersión larval y reclutamiento, genética de la morfología del color, desarrollo preferencial del color, fertilidad de híbridos y estudios de autofertilización. Puebla *et al.* (2007, 2011) han publicado resultados interesantes considerando CPS, mimetismo agresivo y pruebas genéticas, pudiendo diferenciar al menos tres especies en el Caribe: *H. puella*, *H. nigricans* (Poey, 1852) y *H. unicolor* (Walbaum, 1792), puntualizando que el color puede ser un aspecto incipiente para la especiación ante flujo genético y que este proceso es relativamente reciente en *Hypoplectrus*. Al menos 10 morfos de color se consideran actualmente especies válidas (Aguilar-Perera, A. y A. Tuz-Sulub, 2010). Víctor, (2012, 2018) menciona que el grupo de especies centrales del Golfo de México y las del Caribe, son cerca del 3% divergentes en el marcador citocromo oxidasa del ADN mitocondrial (COI mtDNA).

En el 2011, Del Moral-Flores, Tello-Musi y Martínez-Pérez, describieron una nueva especie, *Hypoplectrus castroaguirrei* (Lámina 10 a, b), basados en sus patrones de coloración. Este morfo de color de *Hypoplectrus* es poco abundante en el PNSAV, pero se distribuye ampliamente en sus arrecifes, sin embargo, los patrones de coloración son muy variables, hasta ser muy semejantes a *H. unicolor* (varios reportes de *H. unicolor* para el PNSAV y el SALT corresponden a estos morfos, Lámina 10 b) y

la descripción de *H. castroaguirrei* no los incluye a todos, por lo que es necesaria una redescrición de la especie, y definir si existen más especies relacionadas o todas son variantes de color de *H. unicolor* o de *H. castroaguirrei*. Este morfo (*H. castroaguirrei*) y otros semejantes también han sido fotografiados y videograbados por los autores y por el doctor Carlos González Gándara, en arrecifes del SALT desde hace varios años (González-Gándara, 2020), por lo que desde 2012, en nuestros reportes indicamos que no es endémico del PNSAV.

Otras especies del género *Hypoplectrus*, reportadas para el Arrecife Verde son: *H. floridae*, *H. aberrans* Poey, 1868; *H. gummiguta* (Poey, 1851) y *H. nigricans* (*H. atlahua*). Para otros arrecifes del PNSAV (Vargas-Hernández *et al.*, 2002) también se suman *H. guttavarius* (Poey, 1852); *H. indigo* (Poey, 1851); *H. unicolor* y *H. chlorurus* (Cuvier, 1828). Por lo que al menos para el PNSAV existen nueve especies o morfos de color principales, algunos con variantes intermedias. Robertson *et al.* (2019) argumentan que los congéneres de *H. puella* (*H. floridae*), *H. nigricans* (*H. atlahua*) y *H. unicolor* (Walbaum, 1792) (*H. castroaguirrei*), no pueden coexistir, a ello se debe el ajuste en los registros aquí presentados. Sin embargo, se coincide plenamente con Tello-Musi *et al.* (2018), quienes sugieren que se efectúe una revisión del género *Hypoplectrus* para definir si las nueve especies descritas para el PNSAV, coexisten. Los trabajos de campo al respecto podrían atender las recomendaciones de Aguilar-Perera (2004) y efectuar pruebas de mtDNA COI para comparar poblaciones del SALT, PNSAV, Florida y Caribe.

El primer pez león fue observado en arrecifes veracruzanos el 30 de diciembre del 2011, en el Arrecife de Enmedio del PNSAV (Santander-Monsalvo *et al.*, 2012) y fotografiado por Alberto Pazos. Manuel Victoria Muguira le envió un par de fotografías tomadas por Alberto Pazos e información de campo al primer autor de este documento. Supuestamente, el mismo ejemplar es posteriormente capturado por Carlos Rizo el 5 de enero del 2012 (T. Camarena Luhurs, comunicación personal.). A partir de entonces, el pez león ha invadido casi todos los arrecifes del PNSAV, el SALT (González-Gándara *et al.*, 2012) y muchos de los ambientes aledaños.

En los registros del 2012, por los autores, se reportó por primera vez esta especie para los arrecifes Verde (Lámina 9 b) y Ahogado Chico, arrecifes cercanos entre sí. Además de su presencia para el arrecife Chachalacas, constatada por una fotografía tomada por Sergio Delfín el 3 de noviembre del 2012 y enviada a los autores de este documento. El pez león también se distribuyó ampliamente en los arrecifes del

SALT, los autores confirmaron esto en una visita al arrecife Tuxpan el 3 de diciembre del 2012, durante dos buceadas, en un esfuerzo de 2.5 horas, pudieron observar tres ejemplares en la parte norte del arrecife a 10 m de profundidad, uno de ellos fue capturado.

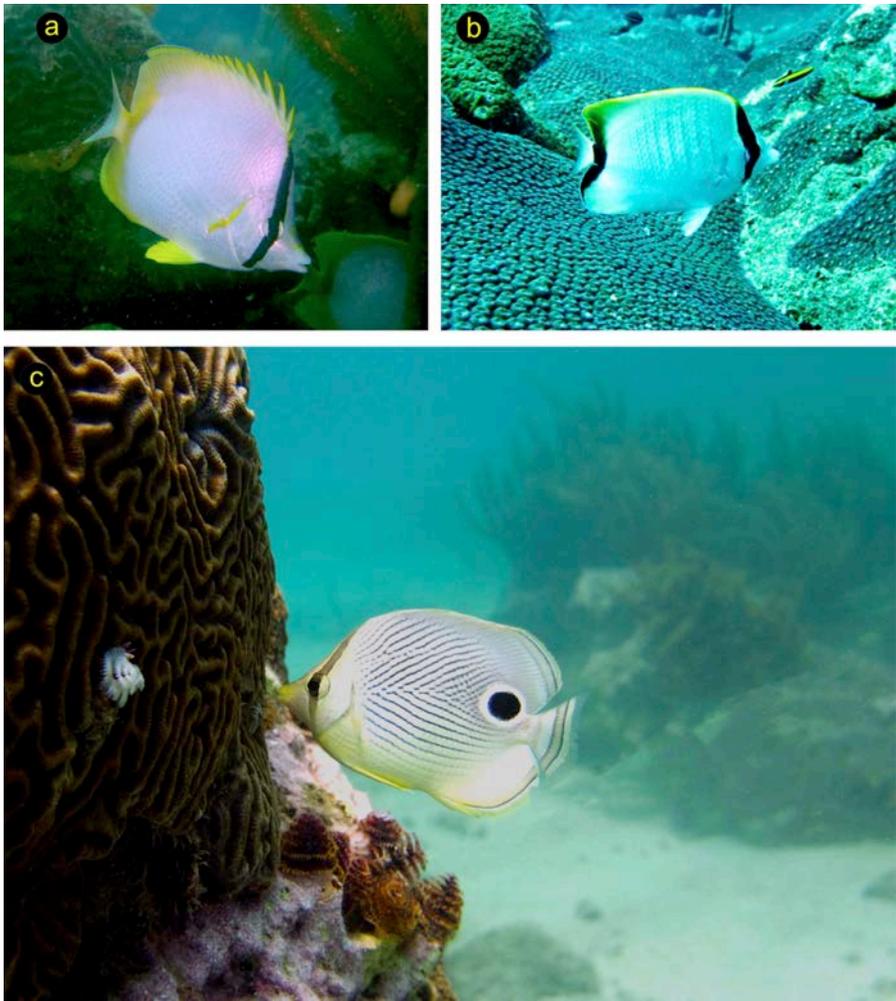
Es necesario definir si únicamente se presenta *Pterois volitans* (Lámina 9c) en territorio veracruzano o también otras especies semejantes de peces león. El primer registro del pez león en México fue a inicios del 2009 en el Caribe, cerca de la isla Cozumel, reportándose para el Golfo de México al norte de la península de Yucatán a finales del mismo año (Aguilar-Perera y Tuz-Sulub, 2010a). El veneno contenido en la base de las espinas del pez león es sumamente doloroso para el humano, cuando las estas penetran la piel, por lo que es requerida atención médica inmediata. Existen programas de la administración del PNSAV para tratar de controlar la invasión, propuestos por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y ejecutados primeramente en el Caribe. Esta especie puede causar un fuerte impacto ecológico en el Atlántico mexicano en los próximos años si sus poblaciones no son controladas, pues es un reproductor muy activo y un carnívoro voraz que se alimenta primeramente de crustáceos y peces, pudiendo afectar la estabilidad de los ecosistemas y la pesca comercial. Afortunadamente, los resultados de monitoreos en arrecifes no emergentes del PNSAV (Asipona, Ver., 2014-2021), no muestran grandes poblaciones de pez león, contrario a lo que se esperaba.

A pesar de que muchas especies de peces son territoriales, incluyendo al pez león, la información aquí expuesta muestra que los peces tienen una gran capacidad de dispersión, y que es muy fácil que estos invadan nuevos sitios o amplíen su rango de distribución geográfica aprovechando las corrientes o medios no naturales (González-Gándara *et al.*, 2014) y viajando en estados de huevos o larvas (Ayala-Rodríguez *et al.*, 2016).

Las 136 especies determinadas para el Arrecife Verde no son exclusivas ni su presencia es casual, sino una muestra de la gran capacidad de los peces para aprovechar los diversos hábitats en diferentes tiempos. En un futuro cercano, otras especies de peces se registrarán en este arrecife y otras ya no estarán, dependerá entre otros factores de la condición del arrecife en respuesta a estresores e impactos (contaminantes, sedimentos, pesca, crecimiento algal, temperaturas elevadas, etc.), de la capacidad del esfuerzo que se realice en las investigaciones y de la estructuración de las comunidades ícticas en los diferentes biotopos del arrecife.

1

CHAETODONTIDAE



Fotografías. a: *Chaetodon ocellatus* (JMVH), b: *Ch. sedentarius* (JMVH), c: *Ch. capistratus* (JLSC).

2

POMACANTHIDAE



Fotografías. a: *Holacanthus ciliaris* (JMVH), b: *Pomacanthus paru* (JMVH), c: *P. arcuatus* (JMVH).

3

MURAENIDAE



Fotografías. a: *Gymnothorax moringa* (JLSC), b: *G. miliaris* (JMVH) c: *G. funebris* (JLSC).

4

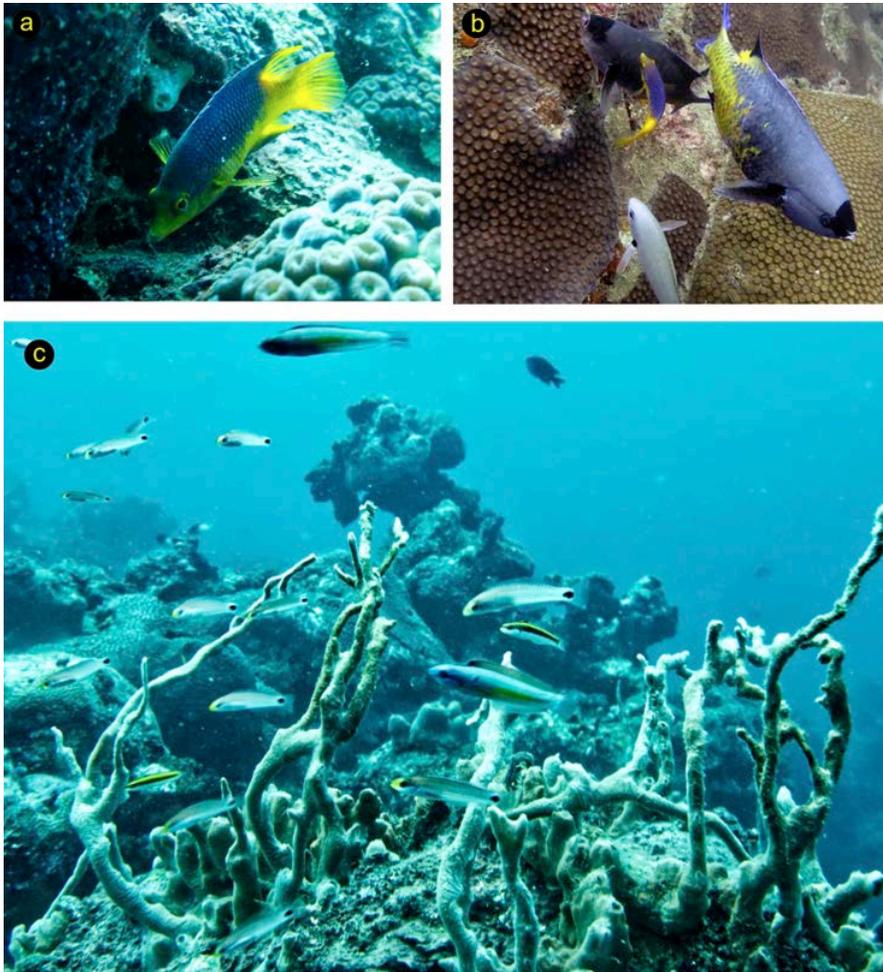
HAEMULIDAE



Fotografias. a: *Haemulon flavolineatum* (JLSC), b: *Anisotremus surinamensis* (JMVH), c: *A. virginicus* (JMVH).

5

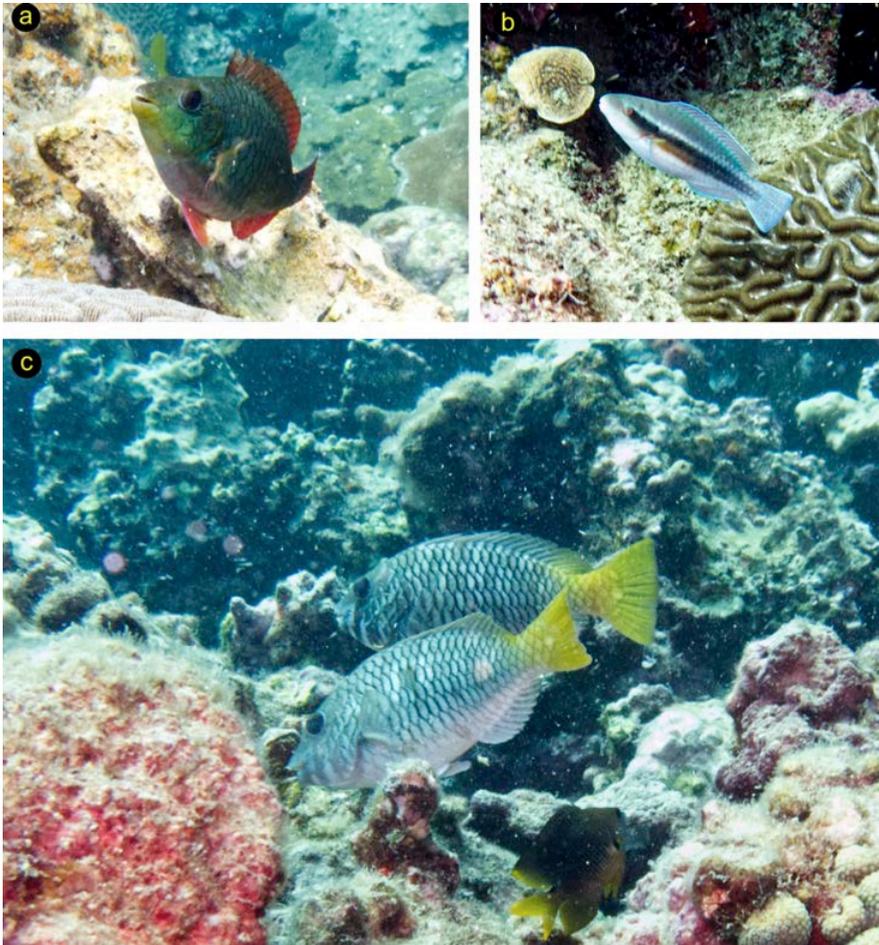
LABRIDAE



Fotografías. a: *Bodianus rufus* (JMVH), b: *Clepticus parrae* (JLSC), c: *Halichoeres burekai* (JMVH).

6

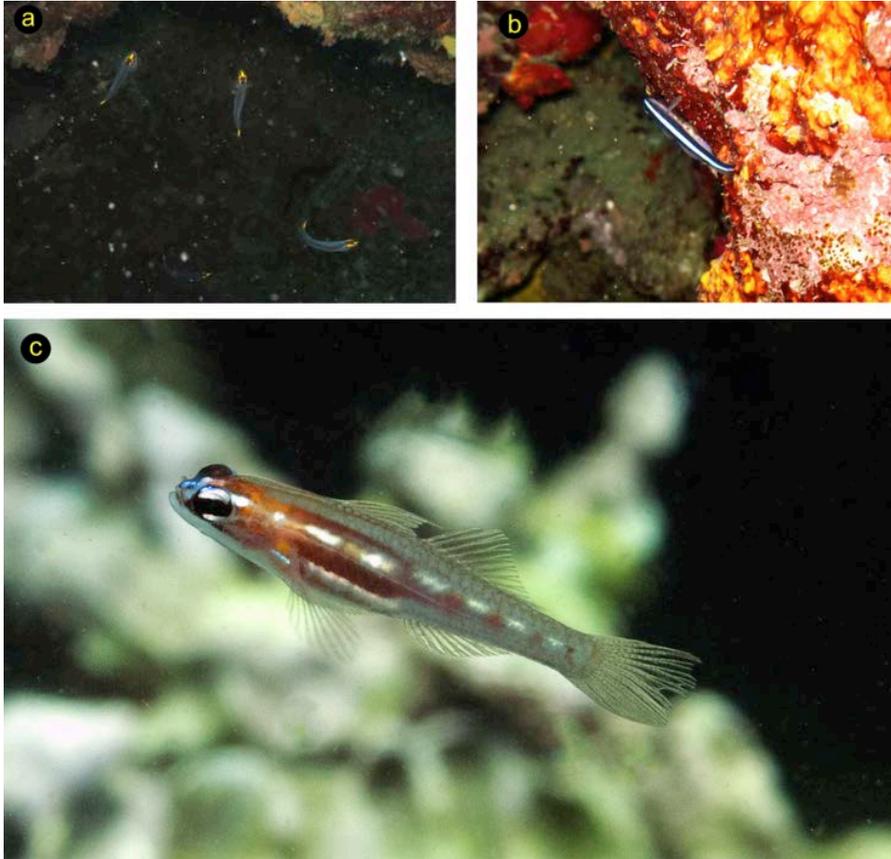
SCARIDAE



Fotografías. a: *Sparisoma aurofrenatum*, fase inicial (JMVH), b: *Scarus iseri*, fase terminal (JMVH), c: *Sparisoma rubrippine*, fase inicial (JMVH).

7

GOBIIDAE



Fotografías. a: *Elacatinus jarocho* (JMVH), b: *Elacatinus oceanops* (JMVH), c: *Coyphopterus personatus* (JLSC).

8

POMACENTRIDAE



Fotografias. a: *Chromis multilineata* (JMVH) b: *Microspathodon chrysurus* (JLSC), c: *Abudefduf saxatilis* (JMVH).

9

SCORPAENIDAE



Fotografías. a: *Scorpaena plumieri* (JLSC), b: *Pterois volitans*, primer ejemplar registrado en Arrecife Verde (JLSC, 2012), c: *Pterois volitans*, adulto (JMVH).

10

SERRANIDAE - GÉNERO *HYPOPLECTRUS*



Fotografías. a: *Hypoplectrus castroaguirrei* en Arrecife Verde (JLSC), b: posible *H. castroaguirrei* en Arrecife Tuxpan (SALT, por JMVH), c y d: *H. floridae* en Isla Verde (JLSC) y Arrecife Tuxpan, e y f: *H. atlahua* en arrecifes Ahogado Chico (PNSAV, por JMVH) y Lobos (SALT, por JMVH).

Literatura citada

- AGUILAR-PERERA, A. 2004. Variations in Morphology and Coloration in the Black Hamlet, *Hypoplectrus nigricans* (Teleostei: Serranidae). *Caribbean Journal of Science*, 40(1): 150-154.
- AGUILAR-PERERA, A. y A. Tuz-Sulub. 2010. *Hypoplectrus gemma* (Teleostei, Serranidae) is not endemic to southern Florida waters. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(1): 143-146.
- _____. 2010a. Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of Mexico, of the northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions*, 5(Supplement 1): S9-S12.
- AYALA-RODRÍGUEZ, G.A., U. Ordóñez-López, C. Meiners y M. Marín-Hernández. 2016. Listado taxonómico, aspectos ecológicos y biogeográficos de las larvas de peces del Sistema Arrecifal Veracruzano, Suroeste del Golfo de México (junio 2011-junio 2013). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(2): 255-264.
- BERNAL, M. A. y L. A. Rocha. 2011. *Acanthurus tractus* Poey, 1860, a valid western Atlantic species of surgeonfish (Teleostei, Acanthuridae), distinct from *Acanthurus bahianus* Castelnau, 1855. *Zootaxa*, 2905: 63-68.
- DE LA CRUZ-FRANCISCO, V., M. González-González e I. Morales-Quijano. 2015. Ampliación del ámbito de distribución geográfica de la especie exótica: *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (perciformes-pomacentridae) en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Investigaciones Marinas*, 35(2): 101-108.
- DELGADILLO-GARZÓN, O. y P. Zapata-Ramírez. 2009. Evaluación rápida de peces arrecifales y su relación con la estructura del sustrato en las Islas del Rosario, área marina protegida del caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* XXXIII(127): 273-284.
- DEL MORAL-FLORES, L. F., E. López-Segovia y T. Hernández-Arellano. 2020. Nuevos registros de peces para el área marina del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Suroeste del Golfo de México. *Novitates Caribaea*, 16: 169-176.
- DEL MORAL-FLORES L. F., J. L. Tello-Musi, H. Reyes-Bonilla, H. Pérez-España, J. Martínez-Pérez, G. Horta-Puga, L. Velazco-Mendoza y P. Álvarez del Castillo-Cárdenas. 2013. Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 825-846.
- DEL MORAL-FLORES, L. F., J. L. Tello-Musi y J. A. Martínez-Pérez. 2011. Descripción de una nueva especie del género *Hypoplectrus* (Actinopterygii):

- Serranidae) del Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del Golfo de México. *Revista de Zoología*, 22: 1-10.
- FROESE, R. y D. Pauly (Eds.). 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2022).
- GONZÁLEZ-GÁNDARA, C. 2003. Ictiofauna de los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. *Anales del instituto de Biología*, UNAM. Serie Zoología, 74(2): 163-167.
- _____. 2010. *Peces asociados a los arrecifes coralinos del norte de Veracruz*. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-Conabio proyecto EJ002. México.
- _____. 2014. Peces del arrecife Blake, Veracruz, México: Inventario, distribución y afinidades zoogeográficas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4): 87-97.
- _____. 2020. La comunidad de peces del Arrecife Palo Seco, Veracruz, Golfo de México y su relación con los grupos morfofuncionales. *Ciencia UAT*. 14(2): 34-50.
- GONZÁLEZ-GÁNDARA, C. y V. De la Cruz-Francisco. 2014. Unusual record of the Indo-Pacific pomacentrid *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) on coral reefs of the Gulf of Mexico. *BioInvasions Records*, 3(1): 49-52.
- GONZÁLEZ-GÁNDARA, C., V. De la Cruz-Francisco, J. J. Salas-Pérez y C. Domínguez-Barradas. 2012. Lista de los peces de Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3): 675-689.
- HILDEBRAND, H., H. Chávez y A. Compton. 1964. Aporte al conocimiento de los peces del Arrecife Alacranes. Yucatán, México. *Ciencias*, (3): 107-134.
- HUMANN, P. y N. Deloach. 2002. *Reef fish identification*. Florida, Caribbean and Bahamas. New World Publications, Inc. 3a. ed. EUA. 481 pp.
- _____. 2016. *Reef fish identification*. Florida, Caribbean and Bahamas. New World Publications, Inc. 4a. ed. EUA. 537 pp.
- LOBEL, P. S. 2011. A review of the Caribbean hamlets (Serranidae, Hypoplectrus) with description of two new species. *Zootaxa*, 3096: 1-17.
- LOZANO ÁLVAREZ, E., D. Guevara-Muñoz y P. Briones-Fourzán. 2007. La comunidad de peces arrecifales del Parque Chankanaab. Cap. 18: 309-326. En: Mejía-Ortíz, L. M. (Ed.). *Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel*. Universidad de Quintana Roo. 418 pp.
- MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, J. A. y B. Camacho-Olivares. 2007. Ictiofauna del arrecife artificial "Ex-Cañonero C-50, General Vicente Riva Palacio" en el Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Pp. 209-220. En: A. Granados Barba, L. Abarca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.

- NAVA-MARTÍNEZ, G. 2006. *Comunidades de peces y sus relaciones con el hábitat en dos sistemas arrecifales del Golfo de México*. Tesis de Maestría. CINVESTAV-Mérida, Yucatán. México. 79 pp.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, A. 1989. *Composición, zoogeografía y presión ambiental de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa. 86 pp.
- PUEBLA, O., E. Berminham, F. Guichard y E. Whiteman. 2007. *Colour pattern as a single trait driving speciation in Hypoplectrus coral reef fishes?* Proceedings of the Royal Society. Publishing online.
- _____. 2011. *Pairing dynamics and the origin of species*. Proceedings of the Royal Society. Publishing online.
- RANGEL-ÁVALOS, M. A., L. K. B. Jordan, B. K. Walker, D. S. Gilliam, E. Carvajal-Hinojosa y R. E. Spieler. 2008. *Fish and coral reef communities of the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Punta Cana. Pp. 427-435.
- ROBERTSON, D. R., E. A. Peña, J. M. Posada y R. Claro. 2016. *Peces costeros del Gran Caribe*. APP de Guía de identificación para dispositivos táctiles de Apple; Versión 2.
- ROBERTSON, D. R., H. Pérez-España, O. Domínguez-Domínguez, C. J. Estapé y A. M. Estapé. 2019. An update to the inventory of shore-fishes from the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México. *ZooKeys*, 882: 127-157.
- SANTANDER-MONSALVO, J., I. López-Huerta, A. Aguilar-Perera y A. Tuz-Sulub. 2012. First record of the red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]) off the coast of Veracruz, Mexico. *BioInvasions. Records*, 1(2): 121-124.
- TAYLOR, M. S. y L. Akins. 2007. Two new species of *Elacatinus* (Teleostei: Gobiidae) from the Mexican coast of the Gulf of Mexico. *Zootaxa* 1425: 45-51.
- TELLO-MUSI, J. L., M. Chávez-Arteaga, F. de J. Cruz-López y J. A. Martínez-Pérez. 2018. Adenda a la lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista de Zoología* 29: 81-83.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., G. Nava-Martínez y M. A. Román-Vives. 2002. Peces del sistema arrecifal veracruzano. Pp. 17-29. En: Guzmán-Amaya, P. C. Quiroga-Brahms, C. Díaz-Luna, D. Fuentes-Castellanos, C. M. Contreras y G. Silva-López (Eds.). *La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana. 434 pp.

- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M. y M. A. Román-Vives. 2004. Grado de perturbación de los arrecifes coralinos del sistema arrecifal veracruzano mediante la metodología de AGRR (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). En: V. Arenas-Fuentes, L. G. Abarca-Arenas, L. Jiménez-Badillo, L. López de Buen, E. Velarde-González y J. M. Vargas-Hernández. *Indicadores de Perturbación Antropogénica en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Reporte Conacyt- Sigolfo. Pp. 76-139.
- VICTOR, B. C. 2012. *Hypoplectrus floridae* n. sp. and *Hypoplectrus ecosur* n. sp., two new Barred Hamlets from the Gulf of Mexico (Pisces: Serranidae): more than 3% different in COI mtDNA sequence from the Caribbean *Hypoplectrus* species flock. *Journal of the Ocean Science Foundation*, 5: 1-19.
- _____. 2018. *Hypoplectrus liberte*, a new and endangered microendemic hamlet from Haiti (Teleostei: Serranidae). *Journal of the Ocean Science Foundation*, 31: 8-17.
- WEAVER, D. C. y L. A. Rocha, 2007. A New Species of *Halichoeres* (Teleostei: Labridae) from the Western Gulf of Mexico. *Copeia* (4): 798-807.

Agradecimientos

Los autores brindan el más sincero reconocimiento al doctor Carlos González Gándara por las observaciones que enriquecieron la versión final del presente documento. El trabajo de campo fue auspiciado parcialmente por el contrato: Diagnóstico de flora y fauna del predio La Guadalupana, entre Universidad Veracruzana, Riberas del Pantepec, S.A. de C.V. Clave: 22112. Veracruz, México. Se agradece a los directivos del Sistema Portuario Nacional de Veracruz, por permitir utilizar la información generada durante el monitoreo de peces en el Arrecife Verde del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, del 2014 al 2021, lo cual contribuye de manera sustancial al conocimiento de los arrecifes veracruzanos.



Siendo rector de la Universidad Veracruzana
Martín Gerardo Aguilar Sánchez,
*Ecología y el Antropoceno en el Arrecife Verde:
un elemento del complejo arrecifal veracruzano,*
coordinado por Jorge Luis Hernández Aguilera y Virgilio Arenas Fuentes,
se publicó en noviembre de 2022.

Se utilizaron tipos Palatino de 11 / 15 y 30 puntos.
Cuidado de la edición y maquetación: Aída Pozos Villanueva.

▶ **E**L Arrecife Verde, uno de los 45 arrecifes que actualmente se reconocen y que se encuentran en el área de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, es una pequeña superficie de alrededor de 726,000 m², apenas visible sobre el horizonte desde la costa de la zona conurbada de la ciudad y puerto de Veracruz.

Gracias a su cercanía con la costa, de apenas 6 km, y sobre todo a su pequeña isla de casi 35,000 m², es particularmente importante por presentar un cayo con vegetación permanentemente verde, una posa con aguas salobres y cuatro especies de mangle.

Se trata de un arrecife de coral de plataforma y eso le otorga un valor biótico extraordinario, además de tratarse de un ecosistema perturbado por diversas actividades humanas desde hace más de 500 años, como lo muestran los hallazgos arqueológicos prehispánicos dejados al descubierto por el impacto del huracán Karl. Además, tiene un interés excepcional por la posibilidad de ser zona experimental natural y accesible a la casi invisible vulnerabilidad a que son sujetos por los diversos efectos de las más variadas actividades antropogénicas.

Con el propósito de dar a conocer la gran cantidad de información recabada, se invitó a diversos especialistas en oceanografía física, biológica y de contaminación, que tuvieran información o lotes biológicos del Arrecife Verde. Así, con la participación de 43 investigadores de 11 centros de investigación del país, en esta contribución se abordan diversos aspectos que permitirán encauzar diversos estudios en los otros arrecifes de Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, como son los innumerables efectos antrópicos, el aspecto ambiental general, el patrón de corrientes en la región, las variaciones hidrográficas en cada arrecife, la riqueza de la flora en los arrecifes con cayo o isla, la flora marina y la diversidad de los grupos más conspicuos, considerando el inventario de 658 especies, como es el caso de las esponjas, ascidias, corales, moluscos, equinodermos, poliquetos, crustáceos y peces, entre otros.