Echinoderms of the Islas Marietas National Park: General aspects, importance and visual identification as a tool for their protection

Equinodermos del Parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, importancia e identificación visual como herramienta para su protección

Marnay Sinaí Padilla-Pérez¹, Alma Paola Rodríguez-Troncoso*,
Rosa Carmen Sotelo-Casas, Amílcar Leví Cupul-Magaña

Resumen

El Parque Nacional Islas Marietas (PNIM) es un área natural protegida, la cual alberga una alta biodiversidad y provee de servicios ecosistémicos de soporte, regulación y suministro. En los últimos años, esta área ha generado un interés turístico y en consecuencia altos niveles de visita, provocando una degradación en la comunidad coralina y un efecto negativo en los organismos asociados. Debido a su aspecto y coloración, los equinodermos de PNIM son considerados organismos carismáticos, por lo que es común que estos sean manipulados por los usuarios del parque, estas malas prácticas pueden generarles estrés o inclusive la muerte. La presente revisión tiene el fin de contribuir al programa de conservación y manejo del parque dentro del sub-programa de educación, mediante un material de difusión que incluye las generalidades biológicas y ecológicas de los equinodermos conspicuos del PNIM, así como fichas que permiten la identificación visual de las especies sin necesidad de manipulación. Este material promoverá el conocimiento de los equinodermos, su importancia en los procesos ecológicos y su valor como elementos paisajísticos dentro del PNIM, fomentando una conciencia de respeto a la naturaleza en los usuarios del parque y con el fin de contribuir a la conservación de los recursos de esta Área Marina Protegida.

Palabras clave: Asteroidea. Echinoidea. Holothuroidea. Taxonomía. Biodiversidad.

¹Laboratorio de Ecología Marina, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad No. 203. Del Ixtapa, Puerto Vallarta, Jalisco, México, CP. 48280. Tel. 3222262319.

*correo electrónico: pao.rodriguez@gmail.com

Abstract

Islas Marietas National Park (PNIM, for its acronym in Spanish) is a natural protected area that harbors a high biodiversity and provides ecosystem services of support, regulation and supply. In the last years, this area has been considered as a tourist hotspot, resulting in high levels of visitation, causing a degradation of the coral community and affecting the associated organisms. Due to their appearance and colors, echinoderms are considered charismatic organisms; thus, it is common for the guides and users to manipulate them, causing them stress and/or physical damage, which could cause their death. The purpose of this review is to contribute to the management conservation program of the park, specifically to the educational sub-program by developing dissemination materials that includes the biological and ecological generalities of PNIM's conspicuous echinoderms, as well as images that allow a visual identification of the species without manipulation. This material will promote the knowledge of echinoderms, their importance in ecological processes and their value as beauty scenic elements within the PNIM, promoting not only an awareness of respect for the organisms but also an adequate and sustainable use to contribute to the conservation of the resources from this Protected Natural Area.

Antecedentes

Los equinodermos son un grupo de invertebrados marinos considerados como un componente esencial de la comunidad bentónica debido a que forman parte de las redes tróficas, ya que fungen como depredadores, detritívoros y filtradores y contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes en los ecosistemas bentónicos y a la oxigenación de los sedimentos y el agua (Birkeland, 1989; Vergara-Chen *et al.*, 2015). En las costas de México son un grupo bien representado con 643 especies descritas, que representa el 10% de la diversidad mundial de equinodermos (Solís-Marín *et al.*, 2014a).

En México, las poblaciones de equinodermos se han visto mermadas por diferentes actividades antropogénicas, como es el caso de la pesca de pepino de mar *Isostichopus fuscus*, cuya extracción legal excedió las mil toneladas a finales de los años 80's provocando el cierre de esta pesquería para México en 1994, debido a que la especie se encontraba en peligro de extinción (Mercier *et al.*,

2013; Solís-Marín *et al.*, 2014a); asimismo, las estrellas de mar por sus formas y colores vistosos, son extraídas con fines ornamentales, sin contarse con regulación alguna en su explotación, ni comercialización, generando un riesgo en el manejo de las poblaciones pudiendo llevar a un problema de sobre-explotación (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998; Solís-Marín *et al.*, 2014b; Rojas-Montiel y Benítez-Villalobos, 2015). Además, durante las prácticas turísticas de buceo libre y autónomo los equinodermos corren el riesgo de ser manipulados por turistas y prestadores de servicios, lo que les produce estrés fisiológico, por cambio de temperatura y humedad, así como daños o pérdidas en sus estructuras corporales (e. g. espinas, pedicelarios) (Cortés y Reyes-Bonilla, 2017).

El Parque Nacional Islas Marietas (PNIM) se encuentra situado en la Bahía de Banderas, a 6 km al suroeste de Punta Mita y 39 km al oeste de Puerto Vallarta (Cuéllar, 2016), es considerado una zona de transición oceanográfica, por lo que su riqueza de especies refleja la conjunción de la biodiversidad del norte y sur del Pacífico Mexicano (Rebón-Gallardo, 2000; CONANP, 2007). Además de su estatus como Área Marina Protegida (AMP), el PNIM tiene relevancia como zona de uso científico, educativo y recreativo, por ser un área de compleja dinámica ambiental y ecológica y poseer una belleza escénica y natural que la convierte en un sitio favorable para el desarrollo de actividades turísticas (CONANP, 2007).

Las guías de identificación visual contribuyen a la difusión del conocimiento científico de la riqueza, diversidad y ecología de las especies, por lo que representan una herramienta clave en las labores de concientización y conservación biológica de las AMP (Ríos-Jara *et al.*, 2007, Solís-Marín *et al.*, 2009, Fernández-Rivera *et al.*, 2012). Aunque actualmente existen guías de identificación para el Pacífico mexicano como la guía de identificación de invertebrados marinos de La Paz (Sánchez-Alcántara y Herrero-Pérezrul, 2007) y el protocolo de monitoreo del Parque Nacional Cabo Pulmo (Fernández-Rivera *et al.*, 2012), para el PNIM se cuenta solo con listados taxonómicos y menciones en algunos estudios ecológicos (e. g. Nepote, 1988, Chavez-Dagostino *et al.*, 2000, CONABIO 2007), así como el trabajo de Granja-Fernández *et al.*, (2017) donde se incluyen 14 registros para el PNIM, en su lista actualizada de ofiuroides del Pacífico central mexicano y Sotelo-Casas *et al.*, (2015) quienes reportan 8 nuevos registros de holoturoideos para estas islas, sin que ninguno de estos trabajos sea utilizado como una guía de identificación visual del PNIM. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue recopilar las generalidades biológicas y

ecológicas de las especies conspicuas del filo Echinodermata presentes en el PNIM y presentarlas de una forma clara y sencilla por medio de fichas de identificación con imágenes, incluyendo además diagramas explicativos por Clase, a fin de generar una herramienta de campo que permite la rápida identificación visual de estas especies sin que estas se vean expuestas a manipulación. Asimismo, se pretende que este documento pueda ser utilizado como una herramienta didáctica en las actividades de difusión científica y concientización que se realizan en el PNIM.

Metodología

Revisión bibliográfica y de bases de datos

Con la finalidad de actualizar el listado taxonómico de holoturoideos de PNIM, así como recabar información biológica de dichas especies (e. g. tipo de hábitat y su distribución), se realizó una recopilación de las publicaciones que reportan equinodermos para el PNIM a través de los metabuscadores electrónicos de acceso abierto Google Scholar y Researchgate, así como en la Biblioteca Digital de la Universidad de Guadalajara. Así mismo se revisaron los registros del catálogo virtual de la Colección Nacional de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México (ICMyL-UNAM) (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2011) y el catálogo interno de la colección del Departamento de Ciencias Biológicas (DCB-CUC), Centro Universitario de la Costa (CUC), Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, México. Adicionalmente, se consultó la base de referencia World Register of Marine Species (WoRMS) (Horton *et al.*, 2017).

Construcción del registro fotográfico y fichas informativas por especie

Para la construcción de las figuras de identificación visual se consultó el acervo fotográfico interno del DCB-CUC, México, correspondientes al periodo 2010-2016. Para la redacción de las fichas informativas se utilizaron guías de campo y catálogos de identificación de equinodermos del Pacífico Mexicano, así como datos y reportes de las bitácoras internas del DCB-CUC. Dado que la literatura utilizada es, en algunos casos diferente por especie, las referencias bibliográficas utilizadas en la construcción de cada ficha informativa se citan dentro de las mismas.

1. Los equinodermos

La palabra «Echinodermata» (del griego *echinos*: espina; *derma*: piel) hace referencia a la presencia de estructuras calcáreas espinosas presentes en la piel de los representantes de este taxón (Solís-Marín *et al.*, 2014b). El filo está conformado por cinco clases y se distinguen por su forma: pentacrinal en Crinoidea (Figura 1A) (lirios de mar), estelar en Asteroidea (estrellas de mar) (Figura 1B) y Ophiuroidea (Figura 1C) (estrellas quebradizas), esferoidal, discoidal o globosa en Echinoidea (erizos de mar) (Figura 1D) y fusiforme en Holothuroidea (pepinos de mar) (Figura 1E). La riqueza de especies para el Pacífico mexicano está mayormente representada por los ofiuros, con registros importantes para estrellas de mar y pepinos de mar (Solís-Marín *et al.*, 2014a) (Figura 2).

Figura 1. Ejemplos de la morfología de los diferentes grupos de equinodermos: A. Clase Crinoidea (Representación esquemática de *Florometra serratissima* por Sotelo-Casas, R.C.). Clase Asteroidea (*Pharia pyramidata*) (DCB-CUC), C. Clase Ophiuroidea (*Ophionereis annulata*) (DCB-CUC). D. Clase Echinoidea (*Eucidaris thouarsii*) (DCB-CUC). E. Clase Holothuroidea (*Isostichopus fuscus*) (Valle-Figueroa, 2016).

1.1 Características de los Equinodermos

Los equinodermos cuentan con un endoesqueleto de placas calcáreas separadas u osículos compuestos de carbonato de calcio, los cuales brindan rigidez y protección a sus cuerpos, pero además permiten el desarrollo de otras estructuras, como las espinas y pedicelarios que sirven de defensa (Benavides-Serrato *et al.*, 2011). Asimismo, los equinodermos se caracterizan por poseer un complejo sistema hidráulico de canales y válvulas conocido como sistema vascular

acuífero (SVA) y que les ayuda en su locomoción, defensa y alimentación, entre otras funciones (Pawson, 2007) (Figura 3). El SVA tiene contacto con el medio externo por medio de un órgano llamado madreporita, que realiza el intercambio de agua entre el exterior y el interior e interviene en la regulación de la presión interna del organismo (Benavides-Serrato *et al.*, 2011). Todos los equinodermos en su fase adulta presentan simetría pentaradial derivada de una simetría bilateral y, en el caso de los pepinos de mar, que han perdido la simetría pentaradial exteriormente (Figura 4), aún conservan la distribución pentaradial interna de sus órganos (Arnone *et al.*, 2015).

Figura 2. Representación de la riqueza mundial del filo Echinodermata de acuerdo con Pérez *et al.* (2014).

La mayoría de equinodermos son de hábitos bentónicos y su distribución está limitada a ambientes marinos, aunque también se les puede encontrar en cuevas anquihalinas y manglares, colonizando desde la zona intermareal hasta profundidades abisales y desde las zonas tropicales hasta los polos, siendo notable su presencia en las comunidades arrecifales (Valle-García *et al.*, 2005; Herrero-Pérezrul *et al.*, 2007; Granja-Fernández *et al.*, 2014; Sotelo-Casas y Rodríguez-Troncoso, 2014).

1.2 Importancia de los equinodermos

Los equinodermos son un componente importante de la comunidad bentónica debido a que han desarrollado una amplia gama de roles tróficos fungiendo como depredadores oportunistas,

comensales, detritívoros, omnívoros y hasta caníbales (Birkeland, 1989; Calva, 2002a; Herrero-Pérezrul, *et al.*, 2007); por lo que un cambio en la abundancia poblacional de estos podría generar efectos positivos o negativos sobre la comunidad ya que se encuentran ligados a procesos de bioerosión y movilidad del sedimento (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985; Ríos-Jara *et al.*, 2013; Granja-Fernández *et al.*, 2015). Los erizos de mar son considerados organismos bioerosionadores, debido a que con la acción mecánica de sus espinas provocan una acción erosionadora del sustrato removiendo carbonato de calcio así como algas, interviniendo así en el desarrollo de los arrecifes coralinos, entre otros ecosistemas (De Ridder y Lawrence, 1982; Carpenter, 1997; Calva, 2002b; Rotjan y Lewis, 2008; Borrero-Pérez *et al.*, 2012). Los pepinos de mar contribuyen a la remoción de sedimentos, al aprovechamiento de la materia orgánica y al reciclaje de los compuestos químicos dentro de los ecosistemas (Bakus, 1973). También existen algunas especies de ofiuras que forman asociaciones simbióticas con otros grupos de organismos como corales pétreos, corales blandos, esponjas e hidrozoos (Granja-Fernández y López-Pérez, 2011).

Figura 3. Endoesqueleto de un equinoideo conformado por placas fusionadas formando un caparazón. (Elaboración de los autores)

Los equinodermos poseen la extraordinaria capacidad de regenerar estructuras (e. g. espinas, pedicelarios, pies ambulacrales, órganos internos y extremidades) y en el caso de los erizos de mar, algunos daños en la testa pueden ser reparados por una malla calcárea que cubre la superficie dañada (Khanna y Yadav, 2005). Cabe señalar que la capacidad de regenerar estructuras no sólo se da en respuesta a interacciones con depredadores, sino también ocurren como una respuesta al estrés por alta temperatura, desecación, contaminación, y como un mecanismo de reemplazo de extremidades dañadas o infectadas. Asimismo, si las condiciones son óptimas para el organismo,

este tiene la capacidad de reproducirse a través de fragmentación o gemación, que ocurre principalmente en asteroideos, ofiuroides y holoturoideos (Díaz-Guisado *et al.*, 2006; Hernández-Ramírez, 2006; Alarcón-Reyes *et al.*, 2013; Cortés-Rivera *et al.*, 2016).

Figura 4. Desarrollo de la simetría pentaradial (cinco radios) en equinodermos (Elaboración de los autores).

Además de su importancia ecológica, algunos equinodermos son de importancia comercial, siendo sobre-explotados de forma legal e ilegal, y utilizados en la elaboración de artesanías y como alimento. Tal es el caso de las gónadas de los erizos de mar, las cuales son utilizadas en la fabricación de productos alimenticios, en países asiáticos y mediterráneos e incluso en países del hemisferio oeste como Barbados y Chile; mientras que algunas especies de pepinos de mar, una vez secas y ahumadas son consumidas como beche-de-mer o trepang. Estos productos son considerados una exquisitez culinaria y alcanzan precios elevados en el mercado internacional, lo que ha propiciado la expansión de la pesquería mundial y en varios países ha provocado su pesca furtiva y sobrepesca, como en el caso del pepino de mar *Isostichopus fuscus*, que se encuentra protegido bajo el estatus de especie CITES (Pérez-Rufaza y Marcos-Diego, 1985; Arriaga-Ochoa, 2007; Santos-Beltrán y Salazar-Silva, 2011; Rahman *et al.*, 2014, Vergara-Chen *et al.*, 2015). Estas actividades ponen en riesgo las poblaciones de equinodermos, ya que en muchos países no se cuenta con una regulación clara para la explotación y uso de estos recursos (Toral-Granda y Martínez, 2007). También se han utilizado como piensos artificiales para aves, y en la industria farmacéutica, ya que algunos equinodermos contienen toxinas que actúan como agentes anticancerígenos (Pérez-Rufaza y Marcos-Diego, 1985; Santos-Beltrán y Salazar-Silva, 2011; Pérez *et al.*, 2014).

1.3 Los equinodermos del PNIM

El PNIM posee una riqueza total de 49 especies de equinodermos (Anexo 1), donde la Clase mejor representada en cuanto a riqueza son los holoturoideos (21 especies), mientras que la Clase de mayor abundancia son los equinoideos, seguidos por los asteroideos, entre los que se destacan las estrellas herbívoras (Sotelo-Casas *et al.* 2016a). Dentro de estas tres clases se agrupan las especies conspicuas y carismáticas que por sus grandes tallas y vistosos colores suelen ser considerados como elementos paisajísticos de valor por los usuarios del parque y que son el tópico de estudio del presente trabajo. En contraste la Clase Ophiuroidea, pese a su elevada riqueza de especies, constituye un grupo de difícil observación, debido a que presentan hábitos crípticos (se ocultan) bajo organismos sésiles y sustratos duros (Bejarano-Chavarro *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2014), por lo que no son abordados en esta guía. Cabe mencionar que para el Pacífico mexicano los crinoideos solo se han reportado a profundidades abisales, por lo que no se encuentran registros de este grupo en la zona somera del PNIM.

2 Clase Asteroidea

La clase Asteroidea está conformada por las estrellas de mar y es de las más diversas entre los equinodermos con aproximadamente 1900 especies (Hendler *et al.*, 1995; Mah y Blake, 2012; Pérez *et al.*, 2014). Presentan forma estrellada y su cuerpo está constituido por un disco central al cual se le asocian los brazos o radios (Benavides-Serrato *et al.*, 2011). El cuerpo de los asteroideos se encuentra conformado por oscículos compuestos de carbonato de calcio y tejido conectivo compuesto por fibras de colágeno, lo que permite que exista una variación en la forma y flexibilidad de los brazos (Lawrence, 2013). De acuerdo a la forma y número de brazos (de cinco hasta 50), existen distintos tipos morfológicos como son: brazos cortos y cuerpo pentagonal, brazos largos y disco pequeño, brazos gruesos y cuerpo redondo, etc. (Benavides-Serrato *et al.*, 2011; Mah y Blake, 2012) (Figura 5).

De manera general, el cuerpo de un asteroideo se diferencia en dos partes: la superficie aboral y la superficie oral (Benavides-Serrato *et al.*, 2011). La superficie aboral puede estar cubierta de espinas, tubérculos, gránulos, entre otros, y en el centro del disco se encuentra el ano; (aunque no se presenta en todas las especies), y muy cerca de este se localiza la madreporita (Ruppert y

Barnes, 1996). La superficie oral se encuentra en contacto con el sustrato y es donde se sitúa la boca la cual posee cinco mandíbulas triangulares y los surcos ambulacrales, que se distribuyen a lo largo de cada brazo (Benavides-Serrato *et al.*, 2011). Dentro de estos surcos se encuentran los pies ambulacrales dispuestos en dos o cuatro filas paralelas y protegidos por espinas móviles (Ruppert y Barnes, 1996; Benavides-Serrato *et al.*, 2011) (Figura 6). Los pies ambulacrales junto con el SVA son los encargados de la locomoción y pueden ser de distintas formas, adaptadas al tipo de sustrato en el que se encuentren, por ejemplo, si se trata de una especie de fondos rocosos, sus pies ambulacrales terminan en forma de ventosa, lo que les permite adherirse con fuerza al sustrato, mientras que si habita en fondos de arena, los tendrá terminados en punta de flecha para excavar en el sedimento (Souza-Troncoso y Urgorri-Carrasco, 1992).

Figura 5. Tipos de morfologías de asteroideos. A) Brazos cortos y cuerpo pentagonal. B) Brazos largos y disco reducido. C) Disco grande y redondo, multiarmado con brazos cortos (Elaborado por los autores).

2.1 Alimentación

Los hábitos alimenticios de los asteroideos varían de acuerdo a las estructuras digestivas que poseen lo que les ha permitido tener éxito dentro de las cadenas tróficas. Generalmente, se alimentan de la capa superficial del sustrato donde hay microorganismos y material detrítico, utilizando sus estómagos evertidos como órganos de alimentación (Jangoux y Lawrence, 1982).

La alimentación intraoral se encuentra restringida a especies de sustratos blandos, tales como arenas, limos o arcillas, mientras que los asteroideos extraorales (que tienen la capacidad de sacar su estómago del disco, lo que les permite capturar numerosas cantidades de presas) se encuentran en todos los tipos de fondos (Calva, 2002a). Existen especies carnívoras como *Acanthaster planci* que se alimentan de toda clase de invertebrados, como pueden ser esponjas, pólipos de corales, caracoles, bivalvos, crustáceos y otros equinodermos, existiendo incluso en algunos casos el

canibalismo (Caso, 1972; De'ath y Moran, 1998; Ault *et al.*, 2011; Benavides-Serrato *et al.*, 2011; Longhurst *et al.*, 2014) mientras que hay otras especies que consumen partículas depositadas o en suspensión como *Mithrodia bradleyi* (Luna-Salguero y Reyes-Bonilla, 2010). Cabe mencionar que la dieta de los asteroideos puede variar de acuerdo a la disponibilidad de alimento (Calva, 2002a).

Figura 6. Morfología general de un asteroideo (diagrama modificado de Pérez *et al.*, 2014).

2.2 Reproducción

Los asteroideos poseen la capacidad de regeneración, es decir, desprendimiento o pérdida de brazos el cual es un mecanismo que les permite escapar de sus depredadores (Jaekle, 1994). Esta capacidad de regeneración forma parte fundamental en la reproducción asexual (fisiparidad) de varias especies de asteroideos, la cual depende de las condiciones y el estatus nutricional que el organismo tenga (Díaz-Guisado *et al.*, 2006), pudiendo dividirse a través del disco produciendo clones; otras especies desprenden uno o más brazos de los cuales se regeneran un disco completo y brazos faltantes. A pesar de ello, la mayoría de las estrellas se reproducen sexualmente por fecundación externa a través de la expulsión de los gametos en la columna de agua, normalmente son dioicas (presentan sexos separados), aunque también existen organismos hermafroditas (que presentan gametos femeninos y masculinos al mismo tiempo, o cambian de sexo a través del tiempo) (Benavides-Serrato *et al.*, 2011; Solís-Marín *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2014).

Registros de Asteroideos en el Parque Nacional Islas Marietas

En el Pacífico mexicano se tienen registradas 22 especies de estrellas de mar asociadas a arrecifes coralinos (Sotelo-Casas, 2017) de las cuales seis se encuentran reportadas para el Parque Nacional Islas Marietas (Figura 7).

Acanthaster planci (Linnaeus, 1758)

Nombre común: Estrella de mar corona de espinas. **Descripción:** Disco central grande, rodeado de numerosos y cortos brazos, pudiendo tener de 16 a 20 brazos (Caso, 1972; Global Invasive Species Database, 2017). La superficie aboral está cubierta de espinas, algunas de 5 a 6 cm de largo, de ahí el nombre común, las puntas de las espinas son de color rojizo o anaranjado mientras que el cuerpo es de color grisáceo a verde aunque también puede presentar un tono rojizo-anaranjado (Caso, 1972; Benzie, 1999). Tienen un diámetro promedio de 30 cm, aunque se han reportado ejemplares de hasta 60 cm (Figura 7A; Caso, 1972; Reichelt *et al.*, 1990; Murillo-Cisneros, 2012). **Distribución:** Indo-pacífica. En el Océano Índico en el Mar Rojo y Este de África. En el Océano Pacífico, en el sur de Japón y Australia, y en el Pacífico Oriental desde México hasta Islas Galápagos (Ault *et al.*, 2011; Murillo-Cisneros, 2012; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, se puede encontrar sobre sustratos rocosos o sobre coral (Sosa-Gómez, 1998; Sotelo-Casas, 2017). **Probabilidad de observación en PNIM:** Rara (Sotelo-Casas *com. per.*).

Mithrodia bradleyi Verrill, 1870

Nombre común: Estrella de mar de Bradley. **Descripción:** Disco central pequeño en relación a sus brazos. Cinco brazos gruesos, alargados y subcilíndricos aplanados. Surcos ambulacrales estrechos con una hilera de espinas aplanadas. Superficie aboral de color pardo rojiza (Figura 7B), cubierta de espinas cilíndricas y largas en las placas interambulacrales y algunas en la parte aboral (Neira *et al.*, 1992), superficie oral de color crema amarillento. Tienen un diámetro promedio de 35 cm (Engel *et al.*, 1948; Caso, 1975; Goemans, 2012). **Distribución:** Desde el Golfo de California, México hasta Chile, incluyendo a las Islas Galápagos (Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, se le puede encontrar en sustratos rocosos, pedregosos y arrecifes coralinos (Holguín-Quñones *et al.*, 2000). **Probabilidad de observación:** Muy rara (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Pharia pyramidata (Gray, 1840)

Nombre común: Estrella de mar amarilla, estrella piramidal. **Descripción:** Disco central pequeño, de forma piramidal con numerosos gránulos, siendo más elevado que sus brazos (Benítez-Villalobos y Martínez-García, 2012). Tanto la superficie aboral como la oral presentan una textura

Figura 7. Asteroideos del PNIM. A) *Acanthaster planci*, B) *Mithrodia bradleyi*, C) *Pharia pyramidata*, D) *Phataria unifascialis*, E) *Nidorellia armata* y D) *Pentaceraster cumingi* (Imágenes: DCB-CUC).

suave (Hendler, 1996) y su coloración varía del amarillo intenso al pardo oscuro (Caso, 1978). Cuentan con cinco brazos robustos con bandas longitudinales de puntos amarillos o anaranjados (Brusca, 1980; Gómez-Jiménez, 2016). Pueden medir en promedio de 15 a 16 cm de diámetro, alcanzando un máximo de 32 cm (Figura 7C; Lyman, 1910; Benítez-Villalobos y Martínez-García, 2012). **Distribución:** Característica de la costa oeste de América, desde el Golfo de California, México hasta Perú; incluyendo las Islas Galápagos (Caso, 1978; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, pudiendo encontrarse en sustratos arenosos, rocoso-arenosos y debajo o encima de corales muertos, arrecifes coralinos (Sonnenholzner *et al.*, 2012; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación en PNIM:** Típica (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Phataria unifascialis (Gray, 1840)

Nombre común: Estrella de mar bronceada. **Descripción:** Disco pequeño en forma de piramidal y cinco brazos alargados, redondos, afilados en sus extremos distales con una apariencia suave granular. La superficie aboral se encuentra cubierta por gránulos de variables formas y tamaños y es de una coloración que varía pudiendo ser marrón-naranja, azul-gris, rojizo naranja o amarilla, con un diámetro promedio de 8 a 13.7 cm (Figura 7D; Herrera-Escalante, 2005; Ramírez-Ramírez, 2014). **Distribución:** Característica de la costa oeste de América, desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos (Caso, 1978; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, pudiendo encontrarse sobre sustratos arenosos, areno-rocosos, rocosos, algas coralinas y arrecifes coralinos (Caso, 1978; Morales-Montesinos, 2011; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación en PNIM:** Típica (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Nidorellia armata (Gray, 1840)

Nombre común: Estrella de mar chispas de chocolate. **Descripción:** Cuerpo estrellado de forma pentagonal y de apariencia inflada. Presenta cinco brazos, los cuales son cortos en relación a su disco y anchos, con las puntas redondeadas (Caso, 1994). En la superficie aboral presentan espinas robustas y cónicas, distribuidas de forma constante, de mayor tamaño a las que se encuentran en sus zonas marginales. Su cuerpo es de color beige-amarillento y sus espinas tienen una coloración marrón oscuro, mientras que los juveniles son de un color rojizo (Sosa-Gómez, 1998; Ramírez-Ramírez, 2014). Diámetro promedio de 9 a 15 cm. (Figura 7E; Sosa-Gómez, 1998;). **Distribución:**

Característica de la costa oeste de América, encontrándose desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo islas Galápagos (Lyman, 1910; Sosa-Gómez, 1998; Alvarado y Solís-Marín *et al.*, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, epifaunal, encontrándose en sustratos de arenosos, areno-rocinos, rocosos, arenoso con algas y algas coralinas (Morales-Montesinos, 2011). **Probabilidad de observación en PNIM:** Rara (Ríos-Jara, 2013).

Pentaceraster cumingi (Gray, 1840)

Nombre común: Estrella de mar cojín. **Descripción:** Cuerpo estrellado, robusto e inflado. Su superficie oral es ligeramente cóncava, lo que le brinda aspecto de cojín (Caso, 1994). Cuenta con cinco brazos angostos. En la superficie aboral tiene espinas cónicas, siendo más pequeñas hacia los márgenes inferiores, dichas espinas son de color rojizo o anaranjado y el resto de su cuerpo tiene una coloración que va de verde-marrón, naranja-rojizo a beige-blancuzco. Pueden alcanzar hasta los 30 cm de diámetro (Figura 7F; Sosa-Gómez, 1998; Cuallado, 2005a). **Distribución:** Característica de la costa oeste de América, desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos (Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico; epifaunal encontrándose sobre sustratos arenosos, areno-rocinos, rocosos y algas coralinas (Ramírez-Ramírez, 2014). **Probabilidad de observación en PNIM:** Muy rara (Ríos-Jara, 2013). **Nota:** Esta especie es un nuevo registro para el PNIM (Sotelo-Casas, 2017).

3 Clase Echinoidea

La clase Echinoidea está conformada por los erizos de mar, galletas o dólares de mar y corazones de mar; actualmente comprenden aproximadamente 1000 especies (Pérez *et al.*, 2014). Los equinoideos se distinguen del resto de los equinodermos por presentar un esqueleto sólido conocido como testa el cual está compuesto de placas de calcita, estas placas se encuentran fusionadas y superpuestas, pudiendo tener diferentes morfologías (Borrero-Pérez *et al.*, 2002).

La testa está formada por placas ambulacrales, que presentan perforaciones por donde salen los pies ambulacrales; y las placas interambulacrales, de donde surgen otros apéndices como pedicelarios y espinas móviles (Figura 8; Hendler *et al.*, 1995).

Con base en la morfología de la testa, los equinoideos se agrupan comúnmente en 1) erizos

regulares (Figura 9A), los cuales presentan una testa hemisférica y simetría pentaradial, además de un aparato masticador en la cara oral, llamado linterna de Aristóteles (Borrero-Pérez *et al.*, 2002); tienen dos tipos de espinas: primarias (adheridas a tubérculos grandes) y secundarias (que son más pequeñas); y 2) erizos irregulares (Figura 9B), con una testa más aplanada y con distintas morfologías (forma discoidal en dólares y galletas de mar y de forma inflada en los corazones de mar) (Hendler *et al.*, 1995), en donde la linterna de Aristóteles se encuentra generalmente ausente (Khanna y Yadav, 2005; Schultz, 2015). Las espinas son cortas, numerosas (milarias) y se encuentran organizadas en capas muy densas, cubriendo en algunos casos prácticamente toda la testa (Hendler *et al.*, 1995; Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

Figura 8. Anatomía externa de un erizo regular (diagrama modificado de Calva, 2002b).

De forma general, las espinas de los erizos de mar son de diferentes tamaños dependiendo de su función. Las espinas primarias y secundarias son utilizadas para la protección, locomoción y

excavación, mientras que las espinas milarias secretan mucus para atrapar partículas; asimismo, algunas especies presentan espinas secundarias que pueden contener veneno y son utilizadas como defensa (Pérez *et al.*, 2014). Por otro lado, los pedicelarios son unas estructuras especializadas con forma de mandíbula y presentan una variedad de formas y tamaños así como funciones (Figura 10; Calva, 2002b). Por ejemplo, *Toxopneustes roseus* se caracteriza por poseer una gran cantidad de pedicelarios triangulares globíferos, que producen toxinas y le brinda protección contra depredadores (Caso, 1977b). Los pedicelarios tridentados y ofiocéfalos son utilizados para raspar el sustrato, sujetarse a él y también pueden ser usados para la captura de alimento, mientras que los pedicelarios foliados sirven para la limpieza del caparazón (Calva, 2002b).

Figura 9. Tipos de equinoideos: A) erizos regulares y B) erizos irregulares (diagramas modificados de Khanna y Yadav, 2005).

3.1 Alimentación

Los equinoideos pueden clasificarse en herbívoros, suspensívoros, detritívoros y además existen algunas especies depredadoras (Cruz-Vivar, 2014). La mayoría de los erizos de mar poseen un aparato masticador conocido como la linterna de Aristóteles con la cual van tallando y cortando la superficie del sustrato en el que viven, alimentándose de las partículas del sustrato (Figura 8) (Borrero-Pérez *et al.*, 2012; Coppard y Alvarado, 2013; Cruz-Vivar, 2014; Pérez *et al.*, 2014). Aunque muchas especies se alimenten principalmente de algas, la mayoría de los erizos pueden consumir una gran variedad de materiales vegetales y animales y su dieta depende del hábitat y la disponibilidad de alimento (Birkeland, 1989; Calva, 2002b).

3.2 Reproducción

En general los erizos de mar son dioicos, presentando algunas veces dimorfismo sexual, observándose diferencias en la forma de los gonóporos y las papilas genitales entre hembras y

machos (Hendler *et al.*, 1995; Khanna y Yadav, 2005). La fecundación es externa con desarrollo indirecto y no tienen cuidado parental, aunque existen casos en algunas especies antárticas en el que el desarrollo de los embriones ocurre sobre o dentro del cuerpo de la hembra hasta que el juvenil se forma completamente. En algunas especies el desove está asociado con las fases lunares y es regulado por un fotoperiodo por lo que el tiempo de desove de la mayoría o de todos los miembros de la población ocurre al mismo tiempo (Follo y Fautin, 2010; Borrero-Pérez *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2014).

Figura 10. Tipos de pedicelarios: A) Trifido o trifoliado. B) Globífero cerrado. C) Globífero abierto. D) Oficéfalo. E) Tridentado (diagrama modificado de Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

Equinoideos en el Parque Nacional Islas Marietas

Para el Pacífico mexicano se tienen registradas 16 especies de equinoideos asociadas principalmente a sistemas arrecifales (Sotelo-Casas, 2017), de las cuales siete son conspicuas en las comunidades coralinas del PNIM (Figura 11).

Eucidaris thouarsii (L. Agassiz & Desor, 1846)

Nombre común: Erizo de mar punta de lápiz. **Descripción:** Testa gruesa y aplanada en sus superficies aboral y oral (Caso, 1977a). Espinas primarias robustas y cilíndricas con puntas romas,

de color púrpura o verde-gris; espinas secundarias cortas y rectangulares, con puntas redondas, con una coloración parda, mientras que la testa tiene un tono verdoso, con un diámetro de 4 a 13cm (Figura 11A; Caso, 1977a; Cuallado, 2005b; Schultz, 2015). **Distribución:** Característica de la costa oeste de América, desde California, E.U.A. hasta Perú (Alvarado y Solís-Marín, 2013; Schultz, 2015). **Hábitat:** Epibentónico, se le encuentra en grietas entre las rocas, fondos rocosos, en la base de colonias de corales pétreos o sobre coral muerto y camas de rodolitos (Glynn, 1979; Cuallado, 2005; Hooker *et al.*, 2005; Foster *et al.*, 2007; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación:** Dominante (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Astropyga pulvinata (Lamarck, 1816)

Nombre común: Erizo de mar cojín. **Descripción:** Testa frágil, circular y aplanada. Coloración marrón-rojizo o violeta oscuro con cinco pares de hileras de puntos iridiscentes color turquesa en las zonas interambulacrales, presentando también en esta zona triángulos de color blanco (Lessios, 2006; Alvarado, 2008; Kroh, 2013). Espinas delgadas y largas de color amarillento verdoso con bandas color púrpura, que tienden a ser menos visibles con la edad (Figura 11B; Caso, 1990) y en el centro de la testa existe un cono anal inflado azul (Hickman, 1998). Diámetro de la testa de 5 cm en promedio. **Distribución:** Conspicuo en el oeste de América, desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo la Isla de Cocos y el archipiélago de Galápagos (Caso, 1990; Alvarado y Solís-Marín, 2014). **Hábitat:** Epibentónico, encontrándose en arrecifes coralinos y rocosos poco profundos (Neira y Cantera, 2005), y en fondos arenosos, o en sedimentos finos (Alvarado, 2008; Juárez-Espinosa *et al.*, 2015). **Probabilidad de observación:** Rara (Ríos-Jara, 2013).

Centrostephanus coronatus (Verrill, 1867)

Nombre común: Erizo de bandas blancas. **Descripción:** Testa aplanada dorsoventralmente. Espinas el doble de largas que el diámetro del caparazón, finas y quebradizas, de color morado oscuro o azul con bandas blancas y en adultos de color negro-pardo (Caso, 1977a). Posee espinas y pedicelarios en las placas bucales y espinas en forma de garrote en las placas adapicales con puntas rojizas (Alvarado *et al.*, 2015). La testa puede alcanzar hasta los 5-6 cm de diámetro (Figura 11C; Murray, 1998). **Distribución:** Desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo Isla del Coco e Islas Galápagos (Kuhn, 2013a; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico,

Figura 11. Equinoideos presentes en el PNIM: A) *Eucidaris thouarsii*, B) *Astropyga pulvinata*, C) *Centrostephanus coronatus*, D) *Diadema mexicanum*, E) *Tripneustes depressus*, F) *Toxopneustes roseus* y G) *Echinometra vanbrunti* (Imágenes: DCB-CUC).

encontrándose en grietas de arrecifes coralinos y arrecifes rocosos poco profundos (Pawson y Miller, 1983; Alvarado, 2004; Andrew y Byrne, 2007; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación:** Dominante (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Diadema mexicanum A. Agassiz, 1863

Nombre común: Erizo de mar negro o alfiler. **Descripción:** Testa frágil ligeramente aplanada (Alvarado *et al.*, 2015). Presenta espinas finas, largas y puntiagudas las cuales pueden exceder el doble del diámetro de la testa. En adultos sus espinas son de color negro con un tinte de marrón y en juveniles poseen bandas negro, marrón, púrpura y blanco (Figura 11D; Caso, 1977a). Diámetro aproximado de 4 a-8 cm (Alvarado *et al.*, 2015). **Distribución:** A lo largo de la costa Pacífica de América, desde el Golfo de California, México, hasta Perú, incluyendo las islas oceánicas de Revillagigedo, Clipperton, Coco, Malpelo y Galápagos (Alvarado *et al.*, 2015). **Hábitat:** Se encuentra en aguas someras, principalmente sobre arena, escombros y coral (López-Pérez *et al.*, 2014; Rojas-Montiel y Benítez-Villalobos, 2015). **Probabilidad de observación en PNIM:** Dominante (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Tripneustes depressus A. Agassiz, 1863

Nombre común: Erizo de mar marrón o café. **Descripción:** Testa de forma circular o semiesférica, globosa, de color marrón oscuro o púrpura cubierto de espinas primarias cortas, delgadas y afiladas de color blanco o amarillo; espinas secundarias más cortas (Caso, 1974). Diámetro de 5 a 16 cm (Figura 11E). **Distribución:** Desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos (Luna, 2000; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Se encuentra principalmente en zonas someras, expuestas al oleaje (Birkeland, 1989; González-Medina *et al.*, 2006), en fondos rocosos (Luna, 2000), camas de rodolitos (Sonnenholzner y Lawrence, 2002) y en arrecifes coralinos (López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación:** Rara (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Toxopneustes roseus (A. Agassiz, 1863)

Nombre común: Erizo de mar rosa. **Descripción:** Testa cónica cubierta de espinas cortas y afiladas de color que varía del púrpura al rosa (Lessios, 2006). Con pedicelarios triangulares globosos y

grandes de color púrpura al centro y bordes rosados o blancos, que cubren toda la testa dando una apariencia floreada (Figura 11F; Caso, 1977b; Abadia-Chanona, 2013). Diámetro de la testa hasta de 12 cm (Lessios, 2006). **Distribución:** Conspicuo en la costa del Pacífico de América, desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos (Caso, 1977b; Alvarado y Solís-Marín, 2013; Kuhn, 2013b; Benítez-Villalobos y Abadia-Chanona, 2015). **Hábitat:** Epibentónico, encontrándose en sustratos rocosos, arenosos, arrecifes coralinos, rodolitos, llanuras de escombros y parches de arena (Alvarado y Solís-Marín, 2013; López-Pérez *et al.*, 2014; Benítez-Villalobos y Abadia-Chanona, 2015). **Probabilidad de observación en PNIM:** Dominante (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a). **Nota:** Tiende a encontrarse cubierto por fragmentos de rodolitos, coral, conchas y algas, lo cual le proporciona camuflaje y le brinda protección contra factores físicos como la luz intensa y la temperatura (James, 2000).

Echinometra vanbrunti A. Agassiz, 1863

Nombre común: Erizo de mar morado. **Descripción:** Testa gruesa de forma ovalada, cubierta de espinas cónicas, robustas, afiladas y estriadas con una coloración púrpura o negro. Diámetro de la testa de 3-8 cm (Figura 11G; Caso, 1978; Amaya-Vallejo, 2004). **Distribución:** En la región Panámica extendiéndose desde el norte de California, E.U.A. hasta Perú, incluyendo Islas Galápagos (Caso, 1978; Carballo-Bolaños y Pocasangre-Orellana, 2007; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Epibentónico, encontrándose en la zona intermareal en posas de marea o grietas entre las rocas en fondos rocosos, arrecifes coralinos y fondos arenosos (González-Peláez, 2004; Neira y Cantera, 2005; Lessios, 2006; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Probabilidad de observación en PNIM:** Dominante (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

4 Clase Holothuroidea

Los pepinos de mar componen la Clase Holothuroidea y comprenden actualmente aproximadamente 1680 especies, siendo predominantemente bentónicos aunque algunas especies se han adaptado a la vida pelágica (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985; Pérez *et al.*, 2014). A diferencia de los otros equinodermos, los pepinos de mar no poseen un esqueleto rígido, siendo la pared del cuerpo rugosa o suave, según su contenido de espículas (Figura 12; Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

El cuerpo de estos organismos es de forma cilíndrica y alargada, presentando simetría bilateral secundaria, diferenciados dorso-ventralmente y con la boca y el ano en posiciones opuestas (Pérez *et al.*, 2014). La región ventral presenta tres áreas ambulacrales mientras que la parte dorsal tiene dos áreas ambulacrales aunque en algunas especies los pies ambulacrales pueden distribuirse azarosamente por toda la superficie del cuerpo o incluso carecer de estos (Ruppert y Barnes, 1996).

En algunos casos los pies ambulacrales están modificados como papilas sensoriales (Figura 13; Nepote-González, 1995; Solís-Marín *et al.*, 2009;). En el extremo oral poseen de 10 a 30 tentáculos retráctiles rodeando la boca. Los tentáculos presentan distintas formas que son características de cada uno de los órdenes de la clase, y pueden ser peltados, dendríticos, pinnados y digitados (Figura 14) (Borrero-Pérez *et al.*, 2012).

Figura 12. Aspecto externo de distintos holoturoideos. Diagrama modificado de (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985).

4.1 Alimentación

Los pepinos de mar son principalmente detritívoros y se alimentan a través de sus tentáculos, manteniéndolos dentro de una corriente de agua, capturando las partículas suspendidas en la

columna de agua, o al agitar sus tentáculos en el fondo, capturando las partículas depositadas en el fondo, para posteriormente transferir las partículas a la faringe por medio de la contracción de los tentáculos (Arriaga-Ochoa, 2007; Pérez *et al.*, 2014; Hermosillo-Núñez *et al.*, 2016).

Figura 13. Morfología externa de un holoturoideo (diagrama modificado de Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985 y Arriaga-Ochoa, 2007).

Figura 14. Tipos de tentáculos de los holoturoideos: A) Dendrítico. B) Pinnado. C) Digitado. D) Peltado (diagrama modificado de Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985).

4.2 Reproducción

Los pepinos de mar son dioicos, aunque también existen especies hermafroditas (Hickman *et al.*, 2008). Presentan fecundación externa con desarrollo indirecto. Existen algunas especies con cuidado parental que incuban a sus crías en la superficie del cuerpo (Arriaga-Ochoa, 2007; Pérez *et al.*, 2014).

Registro de Holoturoideos en el Parque Nacional Islas Marietas

Para el Pacífico mexicano se tienen registradas 36 especies de holoturoideos asociadas a las comunidades coralinas (Sotelo-Casas, 2017) de las cuales se reportan 21 especies para el PNIM. Debido a su morfología (talla pequeña) y a sus hábitos crípticos, algunos pepinos de mar son difíciles de identificar a simple vista, por lo tanto en la presente revisión sólo se incluyen las seis especies más representativas y vistosas del PNIM.

Cucumaria flamma Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 1999

Nombre común: Pepino flama. **Descripción:** Cuerpo cilíndrico curvado con piel suave y lisa. La coloración del cuerpo es anaranjada (Arriaga-Ochoa, 2007). Pies ambulacrales suaves, largos y retráctiles, no arreglados en bandas, siendo más abundantes en la región ventral. La parte oral con diez tentáculos del mismo tamaño con ramificaciones, de color naranja con manchas blancas (Figura 15A; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1999; Rosales-Malavé, 2015). Puede medir entre 5 a 15 cm de largo (Solís-Marín *et al.*, 2009). **Distribución:** Desde el Golfo de California, México hasta Perú (Arriaga-Ochoa, 2007; Solís-Marín *et al.*, 2009). **Hábitat:** Bentónico, encontrándose en grietas entre rocas o corales (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1999; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación en PNIM:** Común (Ríos-Jara, 2013).

Holothuria (Halodeima) inornata Semper, 1868

Nombre común: Pepino arenero gigante. **Descripción:** Cuerpo de forma cilíndrica y curvada, de piel rígida y gruesa, generalmente cubierto de mucosidad y/o arena. Presenta 20 tentáculos en forma de escudo (Arriaga-Ochoa, 2007). En su superficie dorsal presentan de cuatro a seis hileras de verrugas pequeñas y pies ambulacrales más pequeños, cilíndricos y dispersos entre

las verrugas. De color negro o negro rojizo, con la superficie ventral gris. Puede medir hasta 20 cm de longitud (Figura 15B; Caso, 1962; Solís-Marín *et al.*, 2009). **Distribución:** Pacífico Tropical, encontrándose desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos (Arriaga-Ochoa, 2007; Solís-Marín *et al.*, 2009). **Hábitat:** bentónico, encontrándose sobre sustrato arenoso-rocoso o entre grietas (Arriaga-Ochoa, 2007; Sotelo-Casas *et al.*, 2015). **Probabilidad de observación en PNIM:** Rara (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Holothuria (Halodeima) kefersteinii (Selenka, 1867)

Nombre común: Pepino de mar kefersteinii. **Descripción:** Cuerpo alargado, presentando en el extremo oral 20 tentáculos peltados negros. La superficie dorsal tiene generalmente cuatro o seis filas de verrugas pequeñas de color rojizo claro o verdoso y con pies ambulacrales más pequeños que los de la superficie ventral, dispersos entre ellos (Solís-Marín *et al.*, 2009). Color naranja a negro con un tinte rojizo con algunas manchas oscuras y dispuestas en filas. Mide hasta 20 cm de largo. (Figura 14C; Solís-Marín *et al.*, 2009). **Distribución:** Panámica-Peruviana-Indopacífica, encontrándose desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo Islas Galápagos e Islas del Coco (Solís-Marín *et al.*, 2009). **Hábitat:** bentónico, endofaunal, encontrándose sobre sustrato arenoso, en las bases y entre rocas (Nepote-González, 1998). **Probabilidad de observación en PNIM:** Típica (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Holothuria (Thymiosycia) arenicola Semper, 1868

Nombre común: Pepino arenero pequeño. **Descripción:** Cuerpo largo, de forma cilíndrica, aplanado ventralmente con piel delgada y rugosa. Los pies ambulacrales se encuentran dispersos en distintas bandas. En el extremo oral cuentan con 20 tentáculos pequeños en forma de escudo de color crema o marrón claro con puntos rojizos o grisáceos. Pueden medir hasta 20 cm de largo (Figura 15D; Arriaga-Ortega, 2007; Solís-Marín *et al.*, 2009). **Distribución:** Circumtropical, encontrándose en el Pacífico oeste desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos y del Coco (Solís-Marín *et al.*, 2009). **Hábitat:** bentónico, endofaunal, encontrándose asociado a sustratos arenosos, arenoso-rocoso o arenoso-coralino (Nepote-González, 1998; Holguín-Quñones *et al.*, 2000; Pawson *et al.*, 2009). **Probabilidad de observación en PNIM:** Rara (Ríos-Jara, 2013).

Holothuria (Thymiosycia) impatiens (Forskål, 1775)

Nombre común: Pepino cuello de botella. **Descripción:** Cuerpo de forma subcilíndrica, con el extremo anterior alargado, formando un delgado cuello siendo el extremo posterior ancho. Piel delgada y áspera al tacto (Caso, 1962). Pies ambulacrales de la superficie ventral cilíndricos y largos, mientras que los de la superficie dorsal se distribuyen en bandas irregulares (Solís-Marín *et al.*, 2009). Color pardo claro con puntos oscuros en la región aboral los cuales tienen apariencia anillada. Pueden llegar a medir hasta 10 cm de largo (Figura 15E; Arriaga-Ochoa, 2007). **Distribución:** Circumtropical encontrándose en el Pacífico este desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos y del Coco (Solís-Marín *et al.*, 2009). **Hábitat:** bentónico, endofaunal, encontrándose en sustratos duros, entre escombros y arena (Pawson *et al.*, 2009). **Probabilidad de observación en PNIM:** Rara (Ríos-Jara, 2013).

Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875)

Nombre común: Pepino café gigante. **Descripción:** Cuerpo de forma robusta con bordes gruesos, piel gruesa y rígida. Superficie dorsal convexa, ensanchada en la parte media. Superficie ventral plana, formando una suela evidente, en donde se distinguen tres bandas de pies ambulacrales dispuestas irregularmente (Solís-Marín *et al.*, 2009). Presenta 20 tentáculos peltados, dirigidos hacia la superficie ventral. Coloración pardo oscuro, con papilas dispuestas irregularmente de color amarillo a marrón (Figura 15F; Arriaga-Ochoa, 2007). **Distribución:** Desde el Golfo de California, México hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos e Isla del Coco (Solís-Marín *et al.*, 2009; Alvarado y Solís-Marín, 2013). **Hábitat:** Bentónico, encontrándose en fondos rocosos, arenosos y arrecifes de coral (Nepote-González, 1998; Holguín-Quiñones *et al.*, 2000; López-Pérez *et al.*, 2014). **Probabilidad de observación en PNIM:** Típica (Sotelo-Casas *et al.*, 2016a).

Figura 15. Holoturoideos presentes en el PNIM: A) *Cucumaria flamma* B) *Holothuria* (*Halodeima*) *inornata*, C) *Holothuria* (*Halodeima*) *kefersteinii*, D) *Holothuria* (*Thymiosycia*) *arenicola*, E) *Holothuria* (*Thymiosycia*) *impatiens* y F) *Isostichopus fuscus* (DCB-CUC; Valle-Figueroa, 2016).

Discusión académica

El Parque Nacional Islas Marietas cuenta con un rico ecosistema marino y una alta riqueza debido a las condiciones bióticas como abióticas de la región, debido a que el parque se encuentra en una zona de transición oceanográfica, en la que convergen especies de la costa del Pacífico norte mexicano con las del Pacífico sur, con condiciones mixtas de temperaturas sub-tropicales durante los meses de verano y otoño, pero con surgencias estacionales en influencia de aguas templadas durante la primavera, que en conjunto con la heterogénea cobertura coralina, rocosa y de arena permiten el asentamiento y reclutamiento de diversas poblaciones de invertebrados marinos (Wilkinson,

2009; Pantoja *et al.*, 2012, Sotelo-Casas *et al.*, 2016a). La presencia de los equinodermos dentro de la comunidad coralina es esencial para el mantenimiento de la biodiversidad asociada al PNIM, ya que alteran la composición del fondo, optimizando las condiciones para el asentamiento de otros invertebrados, por ejemplo los erizos al reducir la cobertura de algas, permiten el asentamiento de corales, y al excavar madrigueras en los fondos duros, abren espacios para el asentamiento de otros invertebrados; por otro lado, los pepinos, estrellas de mar y ofiuras al remover el sedimento mantienen los fondos blandos y oxigenados y diversas especies del filo albergan una rica fauna de comensales y parásitos (Birkeland, 1979; Calva 2002a, 2002b; Bejarano-Chavarro *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2014). Así mismo, los equinodermos depredadores controlan la distribución y abundancia de sus presas (Birkeland 1979; Glynn y Enochs 2011). La presencia de equinodermos dentro del PNIM nos habla del potencial que tiene el Área Natural Protegida como fuente de recursos (alimentación, reproducción, refugio y zona de desove) para estos invertebrados marinos y el resto de la comunidad bentónica de la región (Sotelo-Casas *et al.* 2016b).

Consideraciones finales y perspectivas

Además de su importancia ecológica, los equinodermos como componentes paisajísticos, incrementan la belleza escénica del PNIM, estimulando el uso de esta AMP como zona de recreación y actividad turística, lo que a su vez tiene un impacto económico positivo para las comunidades costeras que brindan los servicios turísticos de visita al parque. En los últimos años el PNIM se ha convertido en un sitio con altos niveles de visita, que debido a la falta de gestión y ordenamiento adecuados de sus actividades turísticas, ha mostrado un incremento en los daños directos sobre las colonias de coral, la presencia de basura y las malas prácticas en el manejo de organismos carismáticos, incluyendo a los equinodermos que por sus colores vistosos y sus hábitos sésiles (que permanecen fijos sobre el fondo) son especialmente vulnerables de ser manipulados (Villegas, 2014). Debido a esto, durante el año 2016, se tomaron acciones de manejo, como el cierre temporal y la implementación de programas de restauración y limpieza, dentro de algunas zonas del PNIM. Además se generaron nuevos acuerdos y lineamientos para un uso sustentable de esta AMP (Cúpul-Magaña y Rodríguez-Troncoso, 2017; CONANP, 2007), por lo que la presente revisión pretende sumarse a estos esfuerzos, como una herramienta que permita tanto a los usuarios como a los gestores del PNIM entender los aspectos básicos de la biología y

ecología de los equinodermos de esta AMP, así como conocer los servicios ambientales que este taxón nos brinda y promover la concientización sobre la importancia de proteger y conservar a estas especies y a su hábitat.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades del Parque Nacional Islas Marietas-CONANP por el apoyo logístico para las actividades de campo.

Literatura citada

- Abadia-Chanona, Q. Y. 2013. *Aspectos poblacionales del erizo de mar Toxopneustes roseus (A. Agassiz, 1863) (Echinodermata: Echinoidea) en tres localidades de la costa de Oaxaca, México.* (Tesis de licenciatura). Universidad del Mar, Oaxaca, México. 48 pp.
- Alarcón-Reyes, Y. E., Zarza-Meza, E., San Martín del Angel, P., Hernández-Herrera, R. I., Cuervo, R. 2013. *Caracterización de la regeneración del brazo del equinodermo Ophiothrix lineata (Lyman, 1860).* Investigación en discapacidad, 2 (3): 103-109.
- Alvarado, J. J. 2004. *Abundancia del erizo de mar Centrostephanus coronatus (Echinoidea: Diadematidae) en el Pacífico de Costa Rica.* Revista de Biología Tropical, 54 (4): 911-913.
- Alvarado, J. J. 2008. *Seasonal occurrence and aggregation behavior of the sea urchin Astropyga pulvinata (Echinodermata: Echinoidea) in Bahía Culebra, Costa Rica.* Pacific Science, 62 (4):579-592.
- Alvarado, J. J. and Solís-Marín, F. A. 2013. *Echinoderm research and diversity in Latin America.* Pp. 1-9 En: Alvarado-Barrientos, J. J. and Solís-Marín, F. A (eds.). Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer. Berlín. 658 pp.
- Alvarado, J. J., Reyes-Bonilla, H., Benítez-Villalobos, F. 2015. *Diadema mexicanum, erizo de mar clave en los arrecifes coralinos del Pacífico Tropical Oriental: lo que sabemos y perspectivas futuras (Diadematoida: Diadematidae).* Revista de Biología Tropical, 63 (2): 135-157.
- Amaya-Vallejo, V. 2004. *Relaciones ecológicas entre Echinometra vanbrunti y la macrofauna asociada a sus cavidades de habitación, en el Acantilado Verde de la Isla de Palma, Bahía de Málaga, Pacífico Colombiano.* (Tesis de licenciatura). Universidad del Valle. Santiago de Cali. 90 pp.
- Andrew, N. L., Byrne, M. 2007. *Ecology of Centrostephanus.* Pp. 191-204. En: Lawrence, J. M. (ed.), Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Elsevier Science B. V. Amsterdam, The Netherlands.

529 pp.

- Arnone, M., Byrne, M., Martínez, P. 2015. *Echinodermata*. En: Wanninger, A (eds.) *Evolutionary Developmental Biology of Invertebrates*. Vol 6. (Deuterostomia). Springer
- Arriaga-Ochoa, J. A. 2007. *Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Golfo de California*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México
Pp. 1-172
- Ault, L., McCardle, J., Sussman, C. 2011. *Acanthaster planci*. Animal Diversity Web.
Consultado en: http://animaldiversity.org/accounts/Acanthaster_planci/
- Bakus, G. J. 1968. *Defensive mechanisms and ecology of some tropical holothurians*. Marine Biology: 2: 23-32.
- Bejarano-Chavarro, S., Zea, S., Díaz, J. M. 2004. *Esponjas y otros microhábitats de ofiuros (Ophiuroidea: Echinodermata) en ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe colombiano)*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 33 (1): 29-47.
- Benavides-Serrato, M., Borrero-Pérez, G. H., Díaz-Sánchez, C. M. 2011. *Equinodermos del Caribe Colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea*. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales 22. Colombia. 384 pp.
- Benítez-Villalobos, F. 2011. *Diadema mexicanum: importancia ecológica y estudios en Latinoamérica*. 1^o Congreso Latinoamericano de Equinodermos. 13 p.
- Benítez-Villalobos, F., Abadia-Chanona, Q. Y. 2015. *Densidad poblacional, distribución espacial y mortalidad natural del erizo de mar Toxopneustes roseus (Camarodonta: Toxopneustidae) en tres sitios de Oaxaca, México*. Revista de Biología Tropical, 63 (2):121-133.
- Benítez-Villalobos, F., Martínez-García. 2012. *Reproductive biology of the starfish Pharia pyramidatus (Echinodermata: Asteroidea) from the Mexican tropical Pacific*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92 (6): 1409-1418.
- Benzie, J. A. H. 1999. *Major genetic differences between crown-of-thorns starfish (Acanthaster planci) populations in the Indian and Pacific oceans*. Evolution, 53 (6):1782-1795.
- Birkeland, C. 1989. *The influence of echinoderms on coral-reef communities*. Pp. 1-79. En: Jangoux, M. y Lawrence, J. M. (eds.) *Echinoderm studies*, vol. 3. Balkema, Rotterdam.
- Borrero-Pérez, G. H., Solano, O. D., Benavides-Serrato, M. 2002. *Lista revisada de los- erizos (Echinodermata: Echinoidea) del Mar Caribe Colombiano*. Biota Colombiana: 3:1: 137-144.

- Borrero-Pérez, G. H., Benavides-Serrato, M., Díaz-Sánchez, C. M. 2012. *Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea*. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 30. Santa Marta, 250 p.
- Brusca, R. C. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. The University of Arizona Press. 513 pp.
- Calva, L. G. 2002a. Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 1. Estrellas de mar y estrellas serpiente. *ContactoS*, 46:59-68.
- Calva, L. G. 2002b. Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 2. Erizos de mar y pepinos de mar. *ContactoS*, 47:54-63.
- Carballo-Bolaños, R. E. y Pocasangre-Orellana, X. M. 2007. *Composición y estructura de la fauna intermareal de equinodermos en el Sistema Arrecifal Roco Los Cóbanos, Departamento de Sonsonate, El Salvador*. (Tesis de licenciatura). Universidad El Salvador, San Salvador, El Salvador. 84 p.
- Carpenter, R. C. 1997. *Invertebrate predators and grazers*. Pp. 198-229. En: Birkeland, C. (ed.), *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York.
- Caso, M. E. 1962. *Estudios sobre equinodermos de México: Contribución al conocimiento de los equinodermos de las Islas Revillagigedo*. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 293-330.
- Caso, M. E. 1972. *El género Acanthaster: Su biología, ecología y su efecto destructor de los arrecifes*. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 33:51-83.
- Caso, M. E. 1974. *Contribución al estudio de los equinoideos de México. Morfología de Tripneustes depressus Agassiz y estudio comparativo entre T. ventricosus y T. depressus*. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1 (1):1-24.
- Caso, M. E. 1975. *Contribución al estudio de los Asterozoa de México. La Familia Mithrodiidae. Descripción de una Nueva Especie del Género Mithrodia. Mithrodia enriquecasoi sp. nov.* Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología., Universidad Nacional Autónoma Nacional. México. 2 (1): 1-28.
- Caso, M. E. 1977a. *Órdenes Cidaroidea y Aulodonta*. Publicaciones Especiales Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México (1): 1-244.
- Caso, M. E. 1977b. *Órdenes Stiridonta y Camarodonta*. Publicaciones Especiales Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México (1): 1-244.

- Caso, M. E. 1978. *Los Equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa*. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 171 Pp.
- Caso, M. E. 1990. I. *Las especies del género Hesperocidaris mortensen, Astropyga gray, Arbacia gray y Lytechinus Agassiz, colectadas en las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 27 Pp.
- Caso, M. E. 1994. *Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los Asteroideos recolectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 12: 1-111. (Ref 7).
- Chávez-Dagostino, R. A., Nepote-González, A. C., Solís-Marín, F. A., Medina-Rosas, P. 2000. *Listado preliminar sobre equinoideos y asteroideos (Echinodermata: Echinoidea y Asteroidea) de las Islas Marietas, Nayarit, México*. Mexicoa, 2, 69-72.
- Chao, S. M. y Wu, S. C. 2012. *Holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) from the Interdital Zone of Houbihu, Southern Taiwan*. Collection and Research. (25): 31-39.
- Conand, C., Purcell, S., Gamboa, R. 2013. *Holothuria hilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T180235A1603966. Obtenido en: <http://www.iucnredlist.org/details/180235/0>
- CONANP. 2007. *Programa de conservación y manejo Parque Nacional Islas Marietas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 151 pp.
- Cortés-Rivera, Y., Hernández, R. I., San Martín del Angel, P., Zarza-Meza, E., Cuervo-González, R. 2016. *Potencial regenerativo de la estrella de mar Linckia guildinguii*. Hidrobiológica, 26(1): 103-108.
- Cortés, J., Reyes-Bonilla, H. 2017. *Human influences on eastern tropical Pacific coral communities and coral reefs*. Pp. 549-563. En: Glynn, P., Manzello, D., Enochs, I. (eds.) Coral reefs of the eastern tropical Pacific. Coral Reefs of the World, 8. Springer. Dordrecht. 656 pp.
- Coppard, S. E., Alvarado, J. J. 2013. *Echinoderm diversity in Panama: 144 years of research across the Isthmus*. Pp. 107-144. En: Alvarado, J. J., Solís-Marín, F. A. (eds.) Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer. Berlin. 542 pp.
- Cruz-Vivar, N. V. 2014. *Análisis de la alimentación natural de Tripneustes depressus y Eucidaris thouarsii (Echinodermata: Echinoidea) mediante isótopos estables de C y N*. Revista Colombiana de Antropología, 48 (1): 125-141.

- Cuallado, I. 2005a. *Pentaceraster cumingi*. Obtenido en: http://www.cuallado.org/esp/ciencia/taxon/ani/Echinodermata/Stelleroidea/Valvatida/Oreasteridae/Pentaceraster/P_cumingi.htm?nocheckforframe
- Cuallado, I. 2005b. *Eucidaris thouarsii*. Obtenido en: <http://www.cuallado.org/esp/ciencia/taxon/default.htm?Animalia%26Echinodermata%26Echinoidea%26Cidaroida%26Cidaridae%26Eucidaris%26thouarsii>
- Cuéllar, A. 2016. *Compendio del programa de manejo del Parque Nacional Islas Marietas*. SEMARNAT. 25 pp.
- Cúpul-Magaña, A. L., Rodríguez-Troncoso, A. P. 2017. *Tourist carrying capacity at Islas Marietas National Park: An essential tool to protect the coral community*. Applied Geography, 88: 15-23.
- De Ridder, C., Lawrence, J. M. 1982. *Food and feeding mechanisms: Echinoidea*. En: Jangoux, M., Lawrence, J. M. (eds.) Echinoderm Nutrition. A. A. Balkema Publishers/Rotterdam. 61 pp.
- De'ath, G., Moran, P. J. 1998. *Factors affecting the behavior of crown-of-thorns starfish (Acanthaster planci L.) on the Great Barrier Reef: 2: Feeding preferences*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 220: 107-126.
- Deichmann, E. 1938. *Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. XVI. Holothurians from the western coasts of lower California and Central America, and from the Galápagos Islands*. Zoologica New York. 314 (18): 361-387.
- Díaz-Guisado, D., Gaymer, C. F., Brokordt, K. B., Lawrence, J. M. 2006. *Autotomy reduces feeding, energy storage and growth of the sea star Stichaster striatus*. Journal of Marine Biology and Ecology. 338: 73-80.
- Engel, H., John, D. D., Cherbonnier, G. 1948. *El Género Mithrodia Gray, 1840*. Zoologische Verhandelingen 2: 1-40.
- Fernández-Rivera, M. F. J., Hernández-Velasco, A., Luna, M., Lejbowicz, A., Sáenz-Arroyo, A. 2012. *Protocolo de Monitoreo para reservas marinas del Golfo de California*. Comunidad y Biodiversidad A. C. Programa Península de Baja California. La Paz BCS, México. 56 pp.
- Follo, J., Fautin, D. G. 2010. *Class Echinoidea*. Obtenido en: <https://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2010/11/BIO308-Class-Echinoidea.pdf>
- Foster, M. S., McConnico, L. M., Lundsten, L., Wadsworth, T., Brooks, L. B., Medina-López, M.,

- Riosmena-Rodríguez, R., Hernández-Carmona, G., Vásquez-Elizondo, R. M., Johnson, S., Steller, D. L. 2007. *Diversidad e historia natural de una comunidad de Lithothamnion muelleri y Sargassum horridum en el Golfo de California*. Ciencias Marinas, 33 (4): 367-384.
- García de M., E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, tercera edición*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 252 pp.
- Global Invasive Species Database. 2017. *Species profile: Acanthaster planci* Obtenido de: <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Acanthaster+planci>
- Glynn. 1979. *Coral reef growth in the Galapagos: Limitation by sea urchins*. Science, 203 (5): 47-49.
- Glynn, P. W., Enochs, I. C. 2011. Invertebrates and their roles in coral reef ecosystems. In *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer Netherlands. Pp: 273-325.
- Goemans, B. 2012. *Mithrodia bradleyi*. Aquarium Library. Obtenido de: <http://www.saltcorner.com/AquariumLibrary/browsespecies.php?CriticID=3022&filter=0>
- Gómez-Jiménez, S. 2016. *Azul Profundo*. Instituto de Arte del Museo del Desierto Sonora-Arizona. Tucson. 17 p.
- González-Medina, F. J., Holguín-Quñones, O. E., De la Cruz-Agüero, G. 2006. *Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México*. Ciencias Marinas. 32 (1a): 33-44.
- González-Peláez, S. S. 2004. *Biología poblacional del erizo Echinometra vanbrunti (Echinodermata: Echinoidea), en el Sur del Golfo de California, México*. (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S. C. Baja California Sur, México. 105 pp.
- Granja-Fernández, R., López-Pérez, R. 2011. *Nuevos registros de ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) para localidades de Zihuatanejo (Guerrero) y Puerto Escondido (Oaxaca), Pacífico mexicano*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 1320-1323.
- Granja-Fernández, R., Rodríguez-Troncoso, A. P., Herrero-Pérezrul, M. D., Sotelo-Casas, R. C., Flores-Ortega, J. R., Alarcón-Ortega, L. C., Cazares-Salazar, A., Cúpul-Magaña, A. L. 2017. *Ophiuroidea (Echinodermata) from the Central Mexican Pacific: and updated Checklist including new distribution records*. Marine Biodiversity, 47: 167-177.
- Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L., Kier, P. M. 1995. *Sea stars, sea urchins, and allies: echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. Washington. 390 pp.

- Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L., Kier, P. M. 1995. *Sea stars, sea urchins, and allies: echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. Washington. 390 pp.
- Hendler. 1996. *Equinodermos colectados en Rocas Alijos*. Pp. 319-338. En: Schmieder, R.W. (ed.) Rocas Alijos: Resultados Científicos de las Expediciones de Cordell. Springer. Berlín.
- Hermosillo-Nuñez, B. B., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Ortiz, M., Calderon-Aguilera, L. E., Cúpol-Magaña, A. L. 2016. *Influence of the coral reef assemblages on the spatial distribution of echinoderms in a gradient of human impacts along the tropical Mexican Pacific*. Biodiversity and Conservation. Springer. 18 pp.
- Hernández-Ramírez, P. 2006, Regeneración biológica. Secretos de la naturaleza. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia. Ciudad de la Habana, 22 (3). Herrera-Escalante, T. 2005. *Dinámica poblacional y reproducción de la estrella de mar Phataria unifascialis (GRAY 1840) (Echinodermata: Asteroidea) en Pichilingue, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. México. 80 pp.
- Herrero-Pérezrul, M. D., Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., Cintra-Buenrostro, C. E., Rojas-Sierra, A. 2007. *Equinodermos*. Pp. 339-357. En: Danemann, G. D., y Ezcurra, E. (eds.) Bahía de los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad: Línea base. PRONATURA. México.
- Hickman, C. P. 1998. *A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos*. Sugar Spring Press. Lexington, Virginia.
- Hickman, C.P., Roberts, R., Parson, A. 2008. *Integrated Principles of Zoology*. 14th ed. McGraw-Hill College. 923 pp.
- Holguín-Quiñones, O., Wright-López, H., Solís-Marín, F. A. 2000. *Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México*. Revista de Biología Tropical, 48 (4):749-75.
- Hooker, Y., Solís-Marín, F. A., Lleellish, M. 2005. *Equinodermos de las Islas Lobos de Afuera (Lambayeque, Perú)*. Revista Peruana de Biología, 12: 77-82.
- Horton, T., Kroh, A., Ahyong, S., Bailly, N., Boury-Esnault, N., Brandão, S. N., Costello, M. J. 2017. *World Register of Marine Species*. Obtenido de: Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. doi:10.14284/170
- Hubert-Lyman, C. 1910. *The Echinoderms of Peru*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 52 (17): 332.

- James, D. W. 2000. *Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin Toxopneustes roseus in rhodolith beds in the Gulf of California, México*. Marine Biology, 137: 913-923.
- Jangoux, M., Lawrence, J. 1982. *Echinoderms nutrition*. A. A. Balkema, Netherlands. 654p.
- James, D. B. 1995. *Taxonomic studies of the species of Holothuria (Linnaeus, 1767) from the seas around India. Part 1*. Journal Bombay Natural History Society: 92: 43- 62.
- Jaekle, W. 1994. *Multiple modes of asexual reproduction by tropical and subtropical sea star larvae: an unusual adaptation for Genet Dispersal and Survival*. Scholarship, 30: 1-11.
- Juárez-Espinoza, P. A., Solís-Marín, F. A., Arreguín-Espinoza, A. 2015. *Micro identificación taxonómica y nuevos caracteres diagnósticos del erizo marino Astrophyga pulvinata (Diadematoida: Diadematidae)*. Revista de Biología Tropical, 63 (2): 49-58.
- Khanna, D. R., Yadav, P. R. 2005. *Biology of Echinodermata*. Discovery Publishing House. New Delhi. 344 pp.
- Kroh, A. 2013. *Astropyga pulvinata (Lamarck, 1816)*. En: Kroh, A. y Mooi, R. 2015. World Echinoidea Database. Obtenido en: <http://www.marinespecies.org/echinoidea/aphia.php?p=taxdetails&id=513138>.
- Kuhn, A. M. 2013a. *Centrostephanus coronatus*. Fundación Charles Darwin. Obtenido en: <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/7979/>
- Kuhn, A. M. 2013b. *Toxopneustes roseus*. Fundación Charles Darwin. Obtenido en: <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/7990/>
- Lawrence, J. M. 2013. *The Asteroide Arm*. Pp. 15-23. En: Lawrence, J. M. 2013. *Starfish: biology and ecology of the Asteroidea*. The Johns Hopkins University Press. 261 pp.
- Lessios, H. A. 2006. *Echinoids of the Pacific waters of Panama: Status of knowledge and new records*. Revista de Biología Tropical, 53: 147-170.
- Longhurst, K., Foley, L., Ferguson, A. 2014. *Crown of Thorns Seastar (Acanthaster planci) Assessment Report: Napao, San Francisco, Southern Leyte*. Coral Cay Conservation. 14 pp.
- López-Pérez, A., Granja-Fernández, R., Aparicio-Cid, C., Zepeta-Vilchis, C., Torres-Huerta, A. M., Benítez-Villalobos, F., López-López, D. A., Cruz-Antonio, C., Valencia-Méndez, O. 2014. *Corales pétreos, equinodermos y peces asociados a comunidades y arrecifes coralinos del Parque Nacional Huatulco, Pacífico sur mexicano*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85 (4): 1145-1159.

- Luna, S. 2000. *Distribución poblacional y ciclo reproductivo del erizo de mar blanco Tripneustes depressus (Echinodermata: Echinoidea) en las islas Galápagos*. (Tesis de licenciatura). Universidad San Francisco de Quito. 28 pp.
- Luna-Salguero, B. M. 2010. *Estructura comunitaria y trófica de las estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) en arrecifes coralinos y rocosos del Golfo de California y Pacífico Tropical Mexicano*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California Sur. 84 pp.
- Mercier, Annie., Hamel, Jean-François., Toral-Granda, Veronica., Alvarado, Juan., Paola Ortiz, E., Benavides Serrato, Milena. 2013. *Isostichopus fuscus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T180373A1621878.10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T180373A1621878.en.
- Morales-Montesinos, M I. 2011. *Revisión taxonómica de los asteroideos del mar peruano*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 98 pp.
- Murillo-Cisneros, D. A. 2012. *Variación espacio-temporal de Acanthaster planci (Echinodermata: Asteroidea) en el Golfo de California, México*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California Sur. 51 pp.
- Murray. 1998. *Classification of Southern California sea urchins*. Fullerton. Obtenido en: http://biology.fullerton.edu/biol317/murray/fall97/sea_urchin.html
- Neira, R., Barba, P., Pardo, R. 1992. *Equinodermos del Parque Nacional Natural Ensenada de Utria (Pacífico Colombiano)*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 21 (1): 77-83.
- Neira, R., Cantera, K., Jaime R. 2005. *Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano*. Revista de Biología Tropical, 53 (3): 195-206.
- Nepote-González, A. C. 1998. *Holothurias (Echinodermata: Holothuroidea de las Islas Marietas, Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Guadalajara. 89 p.
- Pantoja DA, Marinone SG, Parés-Sierra A, Gómez-Valdivia F, 2012. *Numerical modeling of seasonal and mesoscale hydrography and circulation in the Mexican Central Pacific*. Ciencia y Mar, 38: 363-379.
- Pawson, D. L. y Miller, J. E. 1983. *Systematics and ecology of the Sea-Urchin Genus Centrostephanus (Echinodermata: Echinoidea) from the Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences (20): 1-15
- Pawson, D. L., Vance, D. J., Messing, G., Solís-Marín, F. A., Mah, C. L. 2009. *Echinodermata of the*

- Gulf of Mexico*. Pp: 1177-1204. En: Feder, D. L., Camp, D. K. (eds.) *Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota*. Vol. 1. Texas A&M University Press. 1393 pp.
- Pérez, A. F., Gil, G. D., Rubilar, T. 2014. *Echinodermata. Los Invertebrados marinos*. Pp. 295-316. En: Calcagno, J. *Los Invertebrados Marinos*. Editorial Vazquez Mazzini. Argentina. 354 p.
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos-Diego, C. 1985. Técnicas de recolección y estudio en la clase Holothuroidea. I. Generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. *Anales de Biología* 3 (1): 13-35.
- Prieto-Ríos, E. 2010. *Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú. (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 79 p.
- Rahman, A. M., Arshad, A., Yusoff, F. 2014. *Sea Urchins (Echinodermata: Echinoidea): their biology, culture and bioactive compounds*. International Conference on Agricultural, Ecological and Medical Sciences. London, 39-48 p.
- Ramírez-Ramírez, J. A., 2014. *Elaboración de un catálogo de equinodermos (Asteroidea) que habitan en los Bajos 52 y Vicioso de la REMACOPSE, durante el Periodo de Estudio julio a diciembre del 2013. (Tesis de licenciatura)*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador. 48 pp.
- Rebón-Gallardo, F. 2000. *Distribución, abundancia y conservación de la avifauna de las islas Marietas, Nayarit, México*. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México, Serie Zoología*, 71(1): 59-88.
- Reichelt, R. E., Bradbury, R. H., Moran, P. J. 1990. *The crown-of-thorns starfish, Acanthaster planci, on the great barrier reef*. *Mathematical and Computer Modelling*, 13 (6): 45-60.
- Ríos-Jara, E., Esqueda-González, M.C. y C. M. Galván-Villa (editores). 2007. *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Universidad de Guadalajara y Sociedad Mexicana de Malacología, A.C. Guadalajara, México. 299 p.
- Ríos-Jara, E., Galván-Villa, C. M., Rodríguez-Zaragoza, F. A., López-Uriarte, E., Bastida-Izaguirre, D., Solís-Marín, F. A. 2013. *Los equinodermos (Echinodermata) de bahía Chamela, Jalisco, México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 263-279.
- Rodríguez-Troncoso, A. P., Sotelo-Casas, R. C., Galván-Villa, C. M., Godínez-Domínguez, E., Flores-Ortega, J. R., del Castillo-Fernández, K. M., Corgos, A., Solís-Marín, F. A. 2013. *Equinodermos de la Costa Sur de Jalisco y Colima*. Pp. 46-60. En: Godínez-Domínguez, E. y Franco-Gordo, M. C. (eds.). *Inventario de Biodiversidad de la Costa sur de Jalisco y Colima*. Vol. 2. Universidad de Guadalajara.

- Rojas-Montiel, B. y Benítez-Villalobos, F. 2015. *Ecología poblacional de Diadema mexicanum (Echinodermata: Echinoidea) en dos comunidades arrecifales de bahías de Huatulco, Oaxaca, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86 (1): 123-130.
- Rosales-Malavé, M. A. 2015. *Biodiversidad de los Equinodermos en los Bajos del Islote El Pelado de la Remape*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 1-136 pp.
- Rotjan, R. D., Lewis, S. M. 2008. *Impact of coral predators on tropical reefs*. Marine Ecology Progress Series, 367: 73-91.
- Ruppert, E. E., Barnes, R. D. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Sexta edición. McGrawHill. México. 1114 pp.
- Samyn, Y., Berghe, E. V. 2000. *Annotated checklist of the equinoderms? from the Kiunga Marine National Reserve, Kenya. Part 1: Echinoidea and Holothuroidea*. Journal of East African Natural History: 89: 1-36.
- Sánchez-Alcántara, I., Herrero-Pérezrul, M. D. 2007. *Guía de invertebrados de Bahía de La Paz Baja California Sur. México*. CONABIO. 7 pp.
- Santos-Beltrán, C., Salazar-Silva, P. 2011. *Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) de playas rocosas, zona norte de Bahía de Banderas, Nayarit, México*. Ciencia y Mar, 15 (45): 3-11.
- Schultz, H. 2015. *Taxonomy: systematic descriptions*. Pp. 38. En: Schmidt- Rhaesa, A. (eds.) Echinodermata: Vol. 1. Echinoidea. Walter de Gruyter GmbH, Germany.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A. 1999. *Cucumaria flamma, a new species of sea cucumber from the central Eastern Pacific (Echinodermata: Holothuroidea)*. Proceedings of the Biological Society of Washington. 112 (4): 778-786.
- Solís-Marín, F. A., Arriaga-Ochoa, J. A., Laguarda-Figueras, A., Frontana-Uribe, S. C., Durán-González, A. 2009. *Holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Golfo de California*. CONABIO-UNAM. 165pp.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A. 2011. *Catálogo de los equinodermos de la Colección Nacional de Equinodermos Dra. M. E. Caso Muñoz*. Universidad Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Bases de datos UNINMAR. México, D.F.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Honey-Escando, M. 2014a. *Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: 441-449.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A., Vázquez-Bader, A. R., Gracias-

- Gasca. 2014b. *Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano*. Pp. 207-246. En: Low-Pfeng, A. y Peters-Recargno, E. M. (eds.). *La frontera final: el océano profundo*. INECC. México.
- Sonnenholzner, J., Lawrence, J., 2002. *A brief survey of the echinoderm communities of the central and southern marine-coastal wetlands of the continental coast off Ecuador*. *Boletín Ecotropica*, 36: 26-35.
- Sonnenholzner, J., Brandt, M., Francisco, V., Hearn, A., Luzuriaga, M., Guarderas, P., Navarro, J.C. 2012. *Equinodermos de Ecuador*. Capítulo 6. Pp. 183-234. En: Alvarado, J.J. y Solís-Marín, F. A. 2012. *Investigación y diversidad de Equinodermos en Latinoamérica*. Springer. 658 pp.
- Sosa-Gómez, A. 1998. *Listado Taxonómico de Asteroideos (Echinodermata) en los Islotes, Baja California Sur, México*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 67 pp.
- Sotelo-Casas, R. C., Rodríguez-Troncoso, A. P. 2014. *Los equinodermos: invertebrados esenciales dentro de la estructura de la comunidad coralina*. Pp. 56-81. En: Cifuentes-Lemus, J. L. y Cúpul-Magaña, F. G. (eds.). *Temas sobre Investigaciones Costeras*. Universidad de Guadalajara. México.
- Sotelo-Casas, R. C., Cúpul-Magaña, A. L., Solís-Marín, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P. 2015. *Nuevos registros de pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea) en las Islas Marietas, Pacífico mexicano central*. *Marine Biodiversity Records*, 8: 1-8.
- Sotelo-Casas, R. C., Cúpul-Magaña, A. L., Solís-Marín, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P. 2016a. *Structural and environmental effects on an assemblage of echinoderms associated with a coral community*. *Marine Biodiversity*, 1-11 pp.
- Sotelo-Casas, R. C., Cúpul-Magaña, A. L., Solís-Marín, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P. 2016b. *Patrón de reclutamiento de 2 holoturoideos asociados a una comunidad coralina del Pacífico central mexicano*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87:6-91.
- Sotelo-Casas, R. C. 2017. *Variación espacio-temporal en el ensamblaje de equinodermos en las comunidades coralinas asociadas a las costas de Nayarit, Jalisco y Colima*. Tesis de doctorado. Universidad de Guadalajara. México. 128 pp.
- Souza-Troncoso, J., Urgorri-Carrasco, V. 1992. *Guía de la Naturaleza de Galicia: Equinodermos*. FARO DE VIGO, S. A.

- Toral-Granda, M. V., Martínez, P. C. 2007. *Reproductive biology and population structure of the sea cucumber Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Caamaño, Galápagos Islands, Ecuador*. Marine Biology, 151: 2091-2098.
- Valle-García, R., Solís-Marín, F. A., Abreu-Pérez, M., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A. 2005. *Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano*. Revista de Biología Tropical, 53: 9-28.
- Valle-Figueroa, M. C. 2016. *Fotografía de Isostichopus fuscus*. Obtenida del autor.
- Vergara-Chen, C., Guerra, Z., Collado, G. N. 2015. *El pepino de mar Isostichopus fuscus recurso marino en peligro con altas necesidades de manejo*. Tecnociencia, 17 (2):21-41.
- Villegas, G. 2014. *Peligran las estrellas de El Cielo*. SIPSE. Obtenido de: <http://sipse.com/novedades/estrellas-marinas-tratadas-sin-cuidado-95297.html>
- Wilkinson T, Wiken E, Bezaury-Creel JE, Hourigan T, Agardy T, Herrmann H, Janishevski L, et al., Padilla M, 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*. CCA, Montreal, Francia, 200 pp.

Cita

- Padilla-Pérez, M.S., A. P. Rodríguez-Troncoso*, R. C. Sotelo-Casas, A. L. Cupul-Magaña. 2017. *Equinodermos del Parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, importancia e identificación visual como herramienta para su protección. Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2017. Vol. 3 (2): 51-92. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2017.03.03.02.0003>

Sometido: 28 de Junio de 2017

Revisado: 23 de Julio de 2017

Aceptado: 19 de Octubre de 2017

Editora asociada: Dra. Ma. de Lourdes Jiménez Badillo

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández