

Taxonomía y sistemática

Análisis de la diversidad y nuevos registros de equinodermos (Echinodermata) para el Parque Nacional Revillagigedo, México

Diversity analysis and new records of echinoderms (Echinodermata) for Revillagigedo National Park, Mexico

Ingrid Yutzil Ruiz-Núñez ^a, Cristian M. Galván-Villa ^{a, *},
Omar Domínguez-Domínguez ^b, Rebeca Granja-Fernández ^{a, c},
Miriam Hueytletl-Pérez ^d y Francisco Alonso Solís-Marín ^e

^a Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Ecología Aplicada, Laboratorio de Ecología, Conservación y Taxonomía, Camino Ramón Padilla Sánchez Núm. 2100, 45200 Zapopan, Jalisco, México

^b Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, Laboratorio de Biología Acuática, Av. Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, 58030 Morelia, Michoacán, México

^c Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Investigación posdoctoral (SECIHTI)-Programa de Maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Camino Ramón Padilla Sánchez Núm. 2100, 45200 Zapopan, Jalisco, México

^d Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Programa de Doctorado en Ciencias Marinas, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Playa Palo de Santa Rita, 23096 La Paz, Baja California Sur, México

^e Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: cristian.galvan@academicos.udg.mx (C.M. Galván-Villa)

Recibido: 24 septiembre 2024; aceptado: 9 abril 2025

Resumen

Compuesto por 4 islas volcánicas tropicales, el archipiélago de Revillagigedo cuenta con ecosistemas únicos y bien preservados que lo han incluido en la lista de patrimonio mundial de la UNESCO. El objetivo de este trabajo fue dar a conocer un inventario actualizado de equinodermos del Parque Nacional Revillagigedo, incluidos registros nuevos de especies de las clases Asteroidea y Ophiuroidea, y un análisis de su composición. La diversidad de las islas se evaluó mediante análisis ecológicos (riqueza de especies, similitud y distintividad taxonómica). En total, se obtuvieron 94 especies de equinodermos de las cuales 5 son nuevos registros, 2 estrellas de mar (*Heliaster kubiniji* y *Astrometis sertulifera*) y 3 ofiuros (*Ophiolepis variegata*, *Ophiopsila californica* y *Ophiothela mirabilis*). La clase con mayor número de especies en todo el parque resultó ser Ophiuroidea con 31, seguida de Asteroidea, Echinoidea

y Holothuroidea con 21 cada una. Las islas Clarión (60 spp.) y Socorro (58 spp.) presentaron la mayor riqueza de especies y diversidad taxonómica. Sin embargo, la riqueza de especies en San Benedicto y Roca Partida puede estar subestimada debido a un menor esfuerzo de muestreo histórico realizado en estas islas.

Palabras clave: Área natural protegida; Pacífico oriental; Similitud; Diversidad taxonómica; Islas oceánicas

Abstract

Consisting of 4 tropical volcanic islands, the Revillagigedo Archipelago has unique and well-preserved ecosystems that have placed it on the UNESCO World Heritage List. The objective of this work was to present the updated inventory of echinoderms of Revillagigedo National Park, including new records of species of the classes Asteroidea and Ophiuroidea, and to analyze their composition. The diversity of the islands was evaluated by ecological analysis (species richness, similarity, and taxonomic distinctiveness). A total of 94 records of echinoderm species were obtained, of which 5 are new records, 2 sea stars (*Heliaster kubiniji* and *Astrometis sertulifera*) and 3 brittle stars (*Ophiolepis variegata*, *Ophiopsila californica*, and *Ophiothela mirabilis*). The class with the highest number of species in the park was Ophiuroidea with 31, followed by Asteroidea, Echinoidea, and Holothuroidea with 21 each. Clarión (60 spp.) and Socorro (58 spp.) islands had the highest species richness and taxonomic diversity. However, species richness in San Benedicto and Roca Partida may be underestimated due to less historical sampling effort on these islands.

Keywords: Protected Natural Area; Eastern Pacific; Similarity; Taxonomic diversity; Oceanic islands

Introducción

El Parque Nacional Revillagigedo (PNR) es un archipiélago de 4 islas volcánicas tropicales (Clarión, San Benedicto, Socorro y Roca Partida) en el Pacífico mexicano, que están geográficamente aisladas del continente. En 1994, el archipiélago ingresó a la lista de las Áreas Naturales Protegidas de México bajo la categoría de Reserva de la Biosfera. En 2016, sus islas fueron incluidas en la lista del patrimonio mundial de la UNESCO debido a sus ecosistemas únicos y bien preservados. Para asegurar la conservación del área, el 24 de noviembre de 2017 se decretó la creación del PNR, otorgándole la mayor protección posible, y convirtiéndose en el Parque Nacional más grande de América del Norte (DOF, 2017). El aislamiento geográfico y la protección que se le ha dado a la zona la han convertido en un refugio para las distintas especies que la habitan (Becerril-García et al., 2020; Ruiz-Sakamoto et al., 2018). Asimismo, en el Parque se han desarrollado procesos evolutivos que han dado como resultado un alto grado de endemismos, tanto en la parte terrestre como en la marina, reflejando así su relevancia biológica, geológica y ecológica, así como la necesidad de su adecuada protección y manejo (Conanp-Semarnat, 2015; Semarnat-Conanp, 2019).

Los equinodermos son uno de los muchos grupos de fauna marina presentes en el PNR. El primer estudio realizado sobre los equinodermos del PNR data de 1907, cuando H. L. Clark describió al equinoideo *Hesperocidaris*

perplexa, con material recolectado por la expedición Albatross en isla Clarión (Clark, 1907). Resultado de la misma expedición y en la misma isla, Fisher (1911) reportó el primer registro de un asteroideo, *Henricia clarki*. Posteriormente, como producto de las recolectas de la expedición *Zaca* en isla Clarión, se generaron los primeros registros de ofiuroides (*Ophiacantha pyriiformis*, *Ophiactis savignyi*, *Ophioderma variegatum*, *Ophiocoma aethiops*, *Ophionereis annulata* y *Ophiothrix galapagensis*) (Ziesenhenné, 1937) y holoturoideos (*Holothuria (Cystipus) inhabilis* y *Holothuria (Platyperona) difficilis*) (Deichmann, 1937).

Algunos trabajos han reportado, de manera particular para cada isla, escasos equinodermos (e.g., Bautista-Romero et al., 1994; Reyes-Bonilla, 1995), y otros se han dado a la tarea de compilar listas más completas para la región del Pacífico mexicano, incluyendo en estas listas el PNR (Granja-Fernández et al., 2015, 2021; Honey-Escandón et al., 2008; Solís-Marín et al., 2013). El inventario más reciente para el PNR es el presentado por Granja-Fernández et al. (2021), quienes incluyeron un total de 85 especies presentes en el archipiélago, de las cuales 19 pertenecen a la clase Asteroidea, 25 a Ophiuroidea, 21 a Echinoidea y 20 a Holothuroidea. Sin embargo, en ninguno de estos trabajos se analiza la diversidad de especies para cada una de las islas que conforman el archipiélago. Además, recientemente y producto de la revisión de ejemplares depositados en colecciones científicas biológicas, se han encontrado nuevos registros para el área. Lo anterior hace

necesario una actualización de información, por lo que este trabajo tuvo como objetivo sumar al conocimiento taxonómico de las islas Revillagigedo la incorporación de nuevos registros de especies de las clases Asteroidea y Ophiuroidea, así como realizar un análisis de la diversidad mediante índices cualitativos de similitud y de diversidad taxonómica para cada una de las islas.

Materiales y métodos

El PNR se localiza en el Pacífico mexicano, a unos 400 km de Cabo San Lucas, Baja California Sur y a 540 km del puerto de Manzanillo, Colima (fig. 1). La superficie total del archipiélago es de 14,808,780 ha, de las cuales 14,793,261 ha corresponden a la parte marina y 15,518 ha corresponden a la parte insular. El archipiélago está compuesto por 4 islas: Clarión (20 km²), San Benedicto (6 km²), Socorro (132 km²) y Roca Partida (0.014 km²) (Semarnat-Conanp, 2019). Las islas están compuestas por un conjunto de acantilados, playas rocosas y arenosas, bahías y manantiales (Conabio-Conanp-TNC-Pronatura, 2007). Su origen se asocia con la actividad de 3 placas tectónicas (Pacífico, Rivera y Cocos) y fenómenos volcánicos (Pardo y Suárez, 1995). Las islas tienen un origen volcánico común, pero, cada una de ellas presenta una morfología distinta que a su vez impacta, en mayor o menor grado, a la biodiversidad presente en ellas (Conanp-Semarnat, 2017).

El PNR converge entre 2 extensas regiones biogeográficas: la del Pacífico nororiental templado y la del Pacífico oriental tropical (Spalding et al., 2007). Algunas de las características oceanográficas que se presentan en las aguas cercanas al archipiélago son la influencia de las aguas templadas y ricas en nutrientes

de la corriente de California y de las aguas cálidas de la corriente Norecuatorial y corriente costera de Costa Rica; asimismo, se tiene una marea mixta predominantemente semidiurna, un oleaje alto, un intervalo de temperatura de 20-28 °C, la presencia de surgencias estacionales, erupciones volcánicas ocasionales, eventos ENSO, tormentas tropicales y huracanes. En la zona del archipiélago se ha registrado una profundidad máxima de 4,856 m (Conanp-Semarnat, 2017).

Con la finalidad de conocer la riqueza específica de equinodermos para cada una de las islas del PNR, se llevó a cabo la revisión de literatura histórica, abarcando registros desde 1907 hasta 2024. Posteriormente, se revisó el material depositado en la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” (ICML-UNAM), Ciudad de México, México y Colección Biológica del Laboratorio de Ecología Molecular y Taxonomía (LEMITAX) del Departamento de Ecología Aplicada del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (UdeG), Jalisco, México. La determinación taxonómica de los ejemplares se llevó a cabo con las descripciones originales tomando en cuenta las características morfológicas externas diagnósticas para cada especie (Clark, 1921; Lütken, 1856; Verrill, 1867; Xantus, 1860). El material se examinó utilizando un microscopio estereoscópico Olympus® SZX7 y revisando, tanto ejemplares preservados en seco, como en alcohol etílico al 70%.

Con los registros obtenidos para cada una de las islas, se construyó una matriz de incidencia (binaria), ya que los datos provenían de distintas fuentes y métodos de muestreo. Se revisaron y actualizaron los nombres válidos de las especies en WoRMS (2024). La similitud de especies

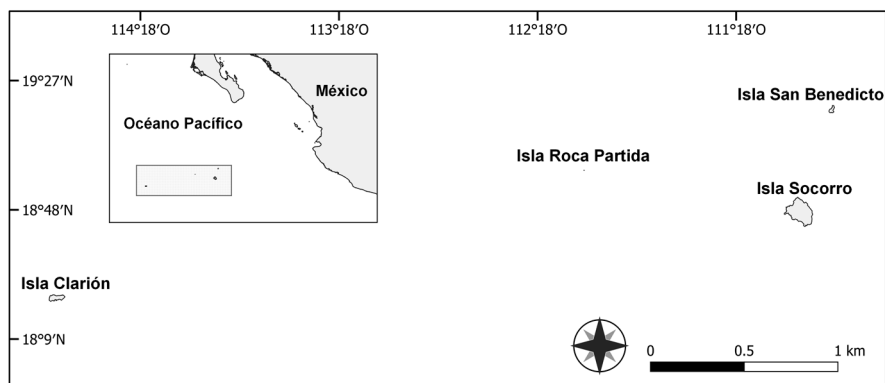


Figura 1. Localización del Parque Nacional Revillagigedo. El límite del área natural protegida está indicado con el recuadro punteado. Mapa por Miriam Hueytletl-Pérez.

se estimó con el índice de Jaccard, con base en la matriz de incidencia. Se realizó un análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (nMDS) y un análisis de clasificación (dendrograma) con la finalidad de identificar agrupaciones entre las islas con base en su riqueza. El dendrograma se construyó con el método de agrupamiento de pares con la media aritmética no ponderada (UPGMA) y la identificación de grupos se hizo con la prueba de perfiles de similitud (Simprof) basada en promedio en 10,000 permutaciones y 9,999 simulaciones con un nivel de significancia de 0.05 (Clarke et al., 2008).

Para medir el grado en el cual las especies están relacionadas taxonómicamente unas con otras y el grado por el cual los taxones están alta o pobremente representados entre las islas, se estimó la distinción taxonómica promedio (Δ^+) y su variación (Λ^+) (Clarke y Warwick, 1999). Se usaron 5 categorías taxonómicas jerárquicas: especie, género, familia, orden y clase, las cuales se tomaron con base en la clasificación para equinodermos propuesta en WoRMS (2024). Los niveles taxonómicos fueron ponderados de la siguiente manera: w1, especies dentro del mismo género; w2, especies dentro de la misma familia, pero en diferente género; w3, especies dentro del mismo orden, pero en diferente familia, y así sucesivamente (Warwick y Clarke, 1995). Los embudos de la Δ^+ y Λ^+ se crearon con un intervalo de confianza de 95%. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2006).

Las abreviaturas utilizadas fueron, para asteroideos, R: radio mayor (medida del disco al brazo), r: radio menor (medida del disco al interradio), R/r: radio mayor entre el radio menor, AD: alto del disco. Para ofiuroides, DD: diámetro del disco, LB: largo del brazo, AB: ancho del brazo (tomando la medida siempre en la vértebra 15).

Descripciones

Nuevos registros

Phylum Echinodermata Klein, 1778
 Subphylum Asterozoa Zittel, 1895
 Clase Asteroidea de Blainville, 1830
 Orden Forcipulatida Perrier, 1884
 Familia Asteroiidae Gray, 1840
 Género *Astrometis* Fisher, 1923
Astrometis sertulifera (Xantus, 1860)

Fig. 2

Material examinado: 1 individuo. Bahía Eclipse, isla Roca Partida, islas Revillagigedo, México, 19°00'32" N, 112°04'55.9" O: 1 ind. (ICML-UNAM 2.125.5), preservado en seco.

Descripción: R = 20.11 mm; r = 15.4 mm; R/r = 1.30 mm; AD = 16.98 mm. Disco pequeño, bien definido, sobresaliente, delimitado por placas abactinales que soportan cada espina medianamente larga, cónica y lisa. Cuerpo de aspecto espinoso (fig. 2A). El surco ambulacral es amplio, los pies ambulacrales presentan ventosa terminal (fig. 2B). Por cada mandíbula se encuentran 4 espinas orales y 2 suborales (fig. 2C). Del disco salen 5 radios estrechos en su base, angulares, moderadamente cónicos y con punta roma, ornamentados con espinas (fig. 2D). Madreporita redonda, con estrías irregulares. Las espinas abactinales son grandes, con la base más ancha que la punta, de aspecto cónico con punta roma. Las espinas marginales son de menor longitud que todas las demás de la superficie abactinal. Entre las placas abactinales se encuentran las áreas papulares en forma grupal e individualmente entre las espinas ambulacrales y adambulacrales de la superficie actinal. Las espinas adambulacrales se distinguen claramente, son largas, lisas, planas, presentes en 1 sola fila y con punta roma. Las espinas ambulacrales son similares, pero de menor tamaño. Cada espina abactinal y superomarginal se encuentra rodeada en su base o en algún punto longitudinal por un collar de pedicelarios no pedunculados cruzados, de tamaño mediano, bivalbados, dentados en la punta con la base empalmada (fig. 2E, F). Los pedicelarios se encuentran también dispersos en la superficie abactinal, diferenciados por los de alrededor de las espinas principalmente por un mayor tamaño.

Familia Heliasteridae Viguiet, 1879

Género *Heliaster* Gray, 1840

Heliaster kubiniji Xantus, 1860

Fig. 3

Material examinado: 11 individuos. Bahía Eclipse, isla Roca Partida, islas Revillagigedo, México, 19°00'32" N, 112°04'55.9" O: 7 ind. (ICML-UNAM 2.62.2); 4 ind. (ICML-UNAM 2.62.3), preservado en seco.

Descripción: R = 22.24-68.37 mm; r = 12.33-37.43 mm; R/r (\bar{x}) = 1.83 mm; AD = 4.69-25.98 mm. Disco grande con relación a los brazos, no elevado pero abultado en el centro, ornamentado con espinas abactinales cilíndricas robustas y de punta roma, unido a varios radios (de 21 a 24) deprimidos actinalmente, con espinas gruesas, cortas y con espineletas en el extremo distal, dispuestas en 4-6 hileras (fig. 3A, B). Una madreporita pequeña y estriada irregular y onduladamente (fig. 3C). Espinas que ornamentan la placa carinal son las más cilíndricas y gruesas de todas las espinas actinales. Placas marginales soportan espinas de aspecto cilíndrico con la punta aplanada. Superficie actinal plana, con espinas

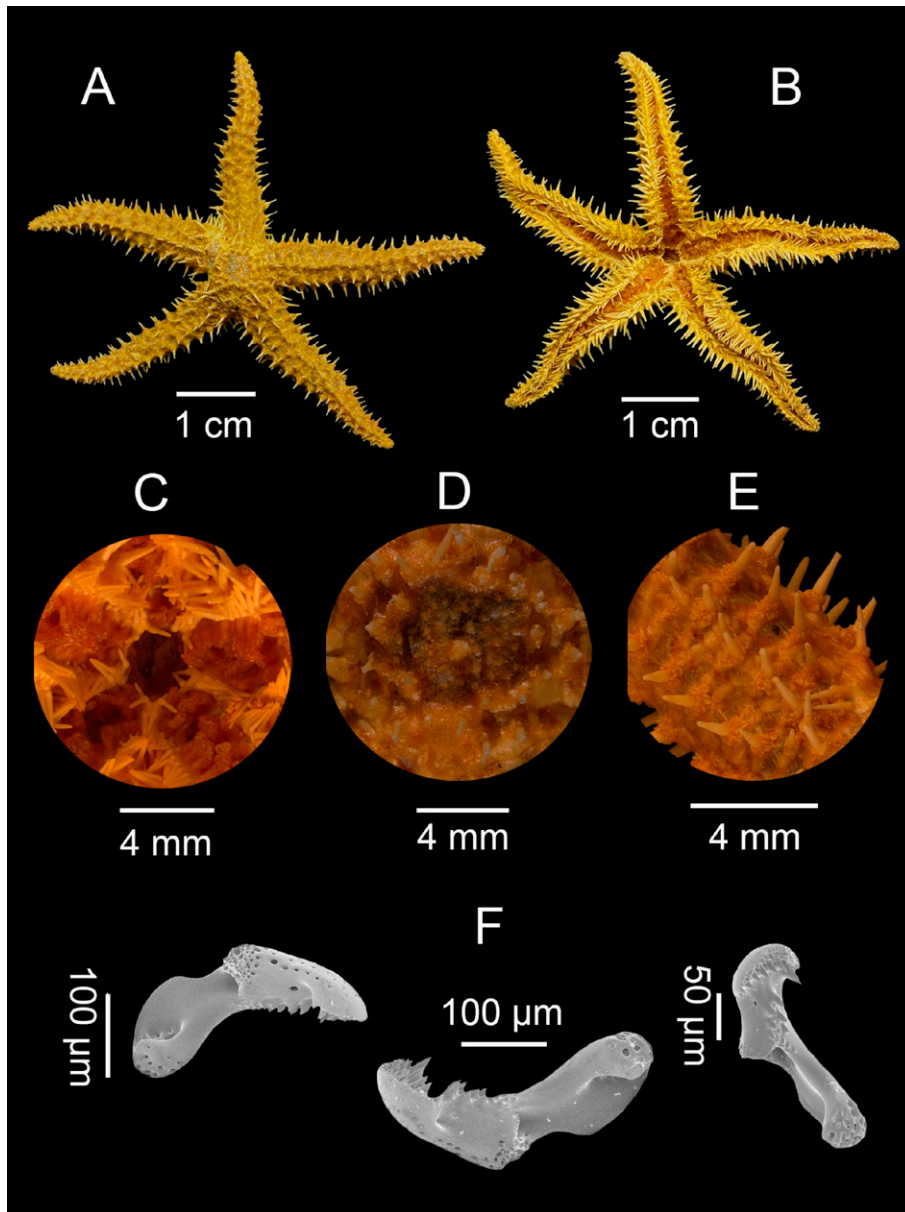


Figura 2. *Astrometis sertulifera* (ICML-UNAM 2.125.5). A, Ejemplar completo; vista abactinal; B, ejemplar completo; vista actinal; C, detalle de la mandíbula; espinas orales; D, detalle del disco; espinas que rodean el ano; E, detalle del brazo; espinas con montículos de pedicelarios en la base; F, valvas de pedicelarios rectos.

aplanadas en el extremo distal. Espinas ambulacrales en 1 hilera, surco ambulacral más amplio en la base del brazo que en la punta, podios con ventosa terminal (fig. 3D). Cuatro espinas orales por mandíbula, centrales aplanadas, largas, cónicas, con punta aguda, laterales del mismo aspecto, pero de menor longitud (fig. 3E). Pedicelarios en la superficie abactinal; cruzados y rectos, bivalvados, dispersos en todo el disco y más concentrados conforme se

acerca la parte distal del radio, algunos cuantos dispersos también entre las espinas orales (fig. 3F).

Clase Ophiuroidea Gray, 1840

Orden Amphilepidida O'Hara, Hugall, Thuy, Stöhr et Martynov, 2017

Familia Ophiolepididae Ljungman, 1867

Género *Ophiolepis* Müller et Troschel, 1840

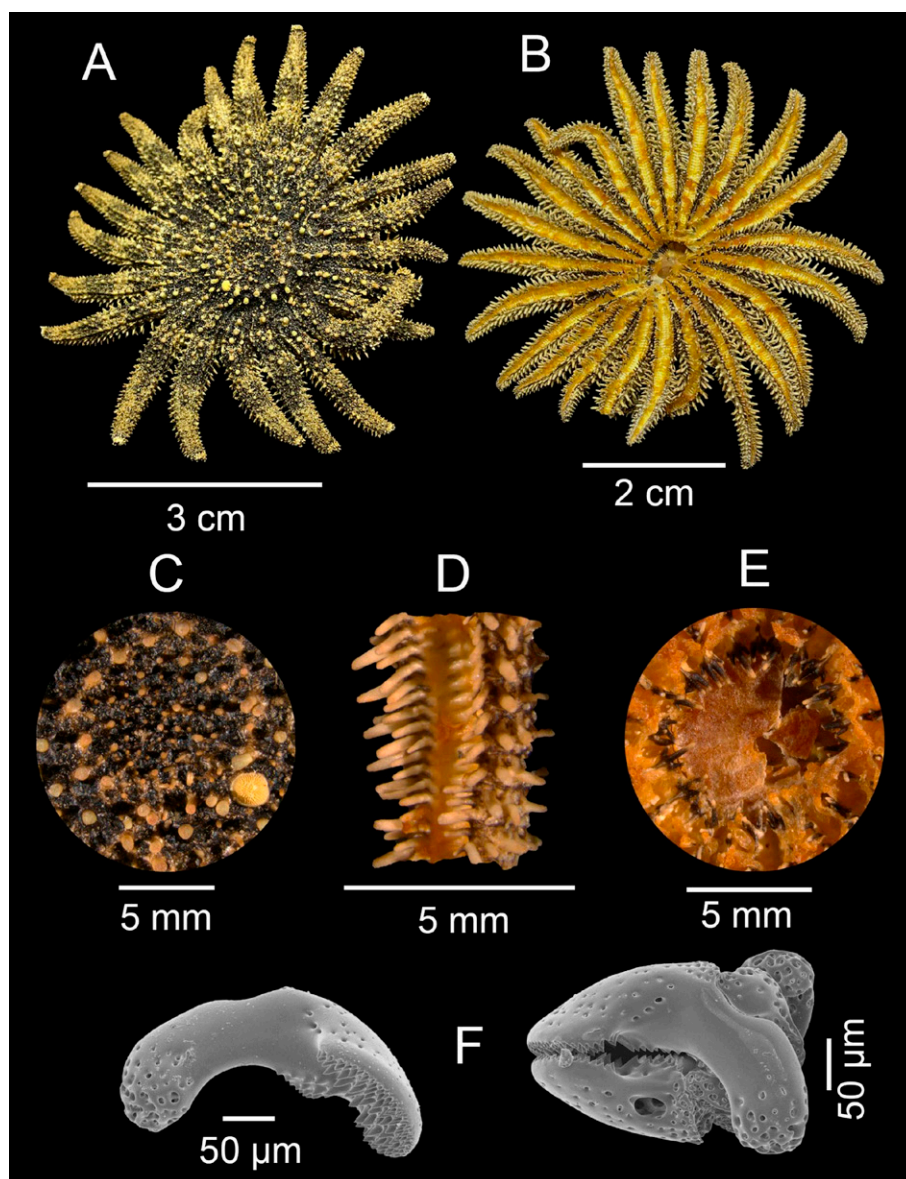


Figura 3. *Heliaster kubiniji* (ICML-UNAM 2.62.2). A, Ejemplar completo; vista abactinal; B, ejemplar completo; vista actinal; C, detalle del disco; espinas que rodean el ano y madreporita; D, detalle del brazo; canal ambulacral, espinas ambulacrales y adambulacrales; espinas superomarginales e infoeromarginales; E, detalle de la mandíbula; espinas orales; F, valva aislada de un pedicelario recto y un pedicelario recto ensamblado.

Ophiolepis variegata Lütken, 1856

Fig. 4

Material examinado: 2 individuos. Bahía Eclipse, isla Roca Partida, islas Revillagigedo, México, 19°00'32" N, 112°04'559" O: 2 ind. (ICML-UNAM 3.26.3), preservado en seco.

Descripción: DD = 5.36-6.94 mm; LB = 12.00-20.00 mm; AB = 1.21-1.48 mm. Disco pentagonal. Disco

dorsal (fig. 4A) cubierto por placas grandes rodeadas por placas más pequeñas, todas con arreglo muy definido; placa central del disco casi redonda, rodeada por 5 placas pentagonales más o menos regulares que forman una roseta; de este sistema de placas centrales irradian 5 hileras que abarcan hasta los márgenes interradales. Gran placa cuadrangular entre la base de los radios y la parte distal de los escudos radiales. Escudos radiales

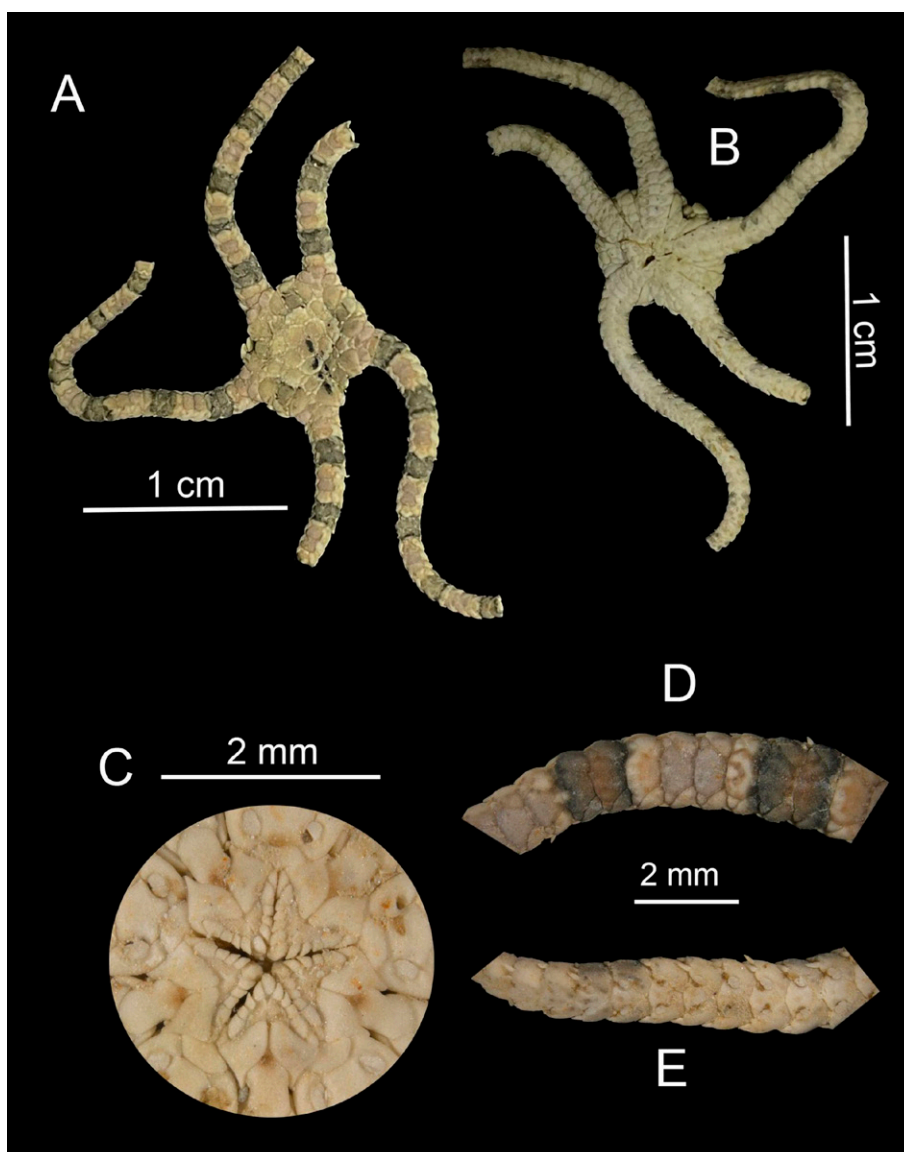


Figura 4. *Ophiolepis variegata* (ICML-UNAM 3.26.3). A, Ejemplar completo, vista dorsal; B, ejemplar completo, vista ventral; C, detalle de la mandíbula; D, detalle del brazo, vista dorsal; E, detalle del brazo, vista ventral.

grandes, en forma de gota. Interradio cubierto por placas grandes de forma y tamaño irregular (fig. 4B). Escudos orales pentagonales con el borde distal alargado, más largos que anchos, angostos en su parte media (fig. 4C). Escudos adorales pequeños, en contacto entre sí (fig. 4C). Cuatro papilas orales triangulares a cada lado de la mandíbula (fig. 4C). Cinco brazos robustos. Placas dorsales trapezoidales con bordes rectos, más anchas que largas (fig. 4D). Placas accesorias pequeñas, segmentadas en 2 piezas. Placas ventrales heptagonales, más anchas que largas (fig. 4E). Dos escamas tentaculares grandes,

predominando en tamaño la adradial. De 3 a 4 espinas de los brazos, cortas y puntiagudas. Coloración del disco beige con algunas manchas gris oscuro dispersas; brazos en vista dorsal con bandas beige y gris oscuro, abarcando 1-3 segmentos (fig. 4A).

Familia Ophiopsilidae Matsumoto, 1915
 Género *Ophiopsila* Forbes, 1843
Ophiopsila californica A. H. Clark, 1921
 Fig. 5

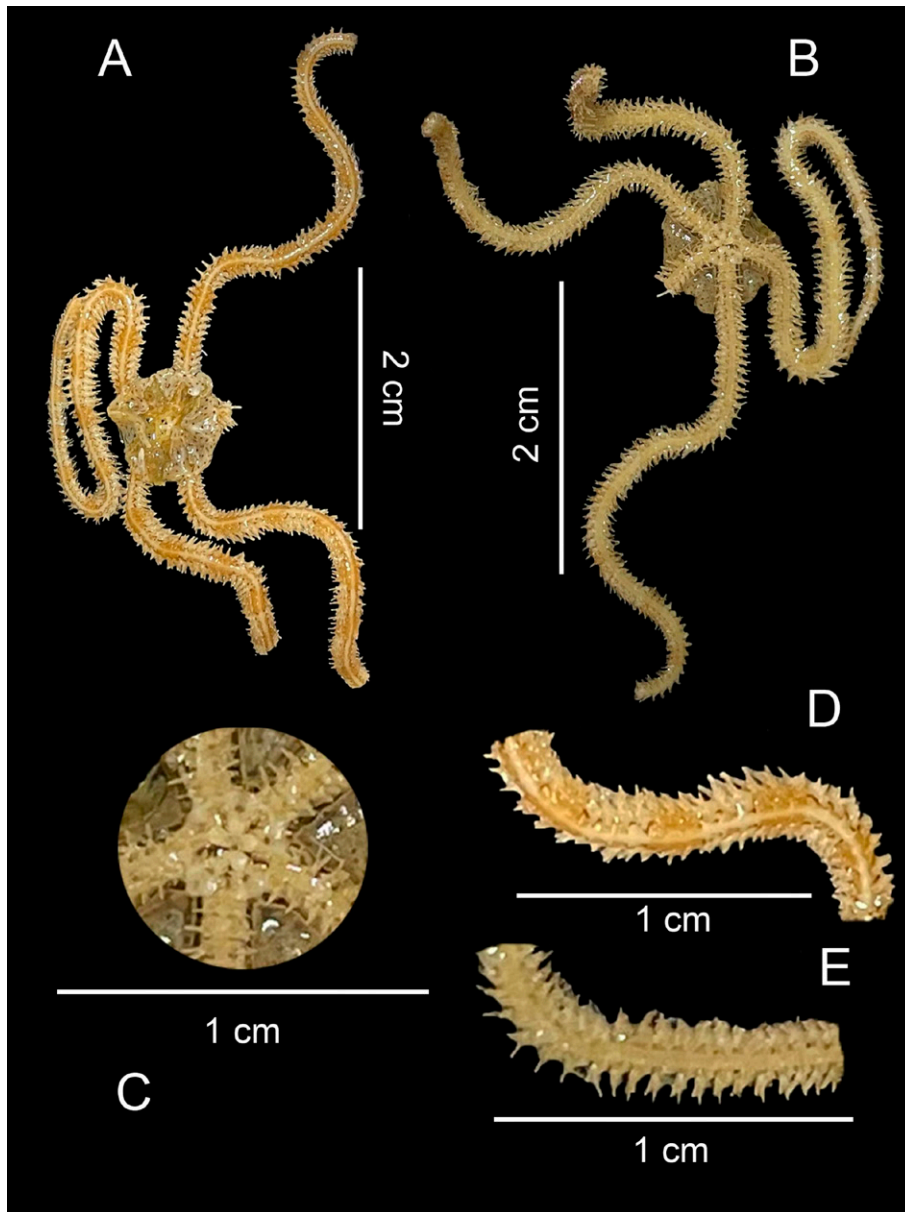


Figura 5. *Ophiopsila californica* (ICML-UNAM 3.102.2). A, Ejemplar completo, vista dorsal; B, ejemplar completo, vista ventral; C, detalle de la mandíbula; D, detalle del brazo, vista dorsal; E, detalle del brazo, vista ventral.

Material examinado: 1 individuo. Isla Roca Partida, islas Revillagigedo, México, 19°00'32" N, 112°04'55" O: 1 ind. (ICML-UNAM 3.102.2), preservado en alcohol al 70%.

Descripción: DD = 6.08 mm; LB = 48.48 mm; AB = 1.48 mm. Disco cubierto dorsal y ventralmente por numerosas escamas pequeñas, redondeadas e imbricadas, con apariencia de piel (fig. 5A, B). Escudos radiales largos y delgados, con aspecto triangular. Escudos orales casi

tan largos como anchos, triangulares, ángulos laterales redondeados, ligeramente cóncavos. Escudos adorales pequeños, difíciles de distinguir (fig. 5C). Dos papilas orales puntiagudas a cada lado de la mandíbula, la más distal de mayor tamaño (fig. 5C). Cinco brazos delgados. Placas dorsales de los brazos casi tan largas como anchas, ovaladas, en contacto unas con otras (fig. 5D). Placas ventrales de los brazos más largas que anchas, cuadrangulares (fig. 5E). Dos escamas tentaculares, la

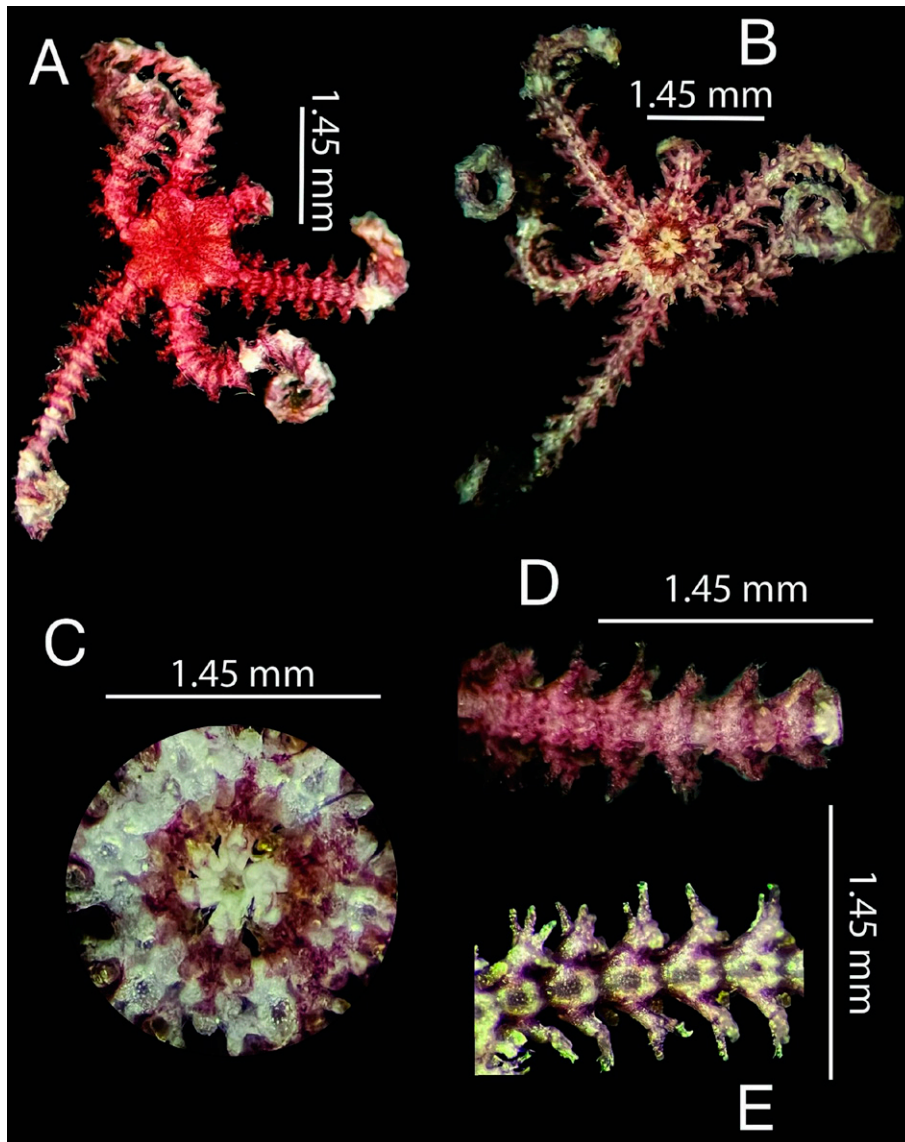


Figura 6. *Ophiothela mirabilis* (LEMA-EQ 831). A, Ejemplar completo, vista dorsal; B, ejemplar completo, vista ventral; C, detalle de la mandíbula; D, detalle del brazo, vista dorsal; E, detalle del brazo, vista ventral.

adradial con forma de hoja, muy larga, llegándose a cruzar distalmente con la adradial contigua, la abradial de menor tamaño. Cinco espinas de los brazos no tan largas, con punta roma, la de en medio la más larga y robusta. Coloración del disco amarillenta con puntos negros tanto dorsal como ventralmente (fig. 5B). Brazos dorsalmente amarillos con bandas transversales marrón (usualmente compuesto por 3 placas), placas claras; brazo con una línea clara que lo recorre longitudinalmente desde la base hasta la punta (fig. 5B). Algunas placas dorsales y espinas de los brazos presentan puntos.

Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1867

Género *Ophiothela* Verrill, 1867

Ophiothela mirabilis (Verrill, 1867)

Fig. 6

Material examinado: 4 individuos. Caleta Norte, isla Clarión, islas Revillagigedo, México, 19°22'14.3" N, 114°41'40.7" O: 1 ind. (LEMA-EQ 829), 23/abril/2023, 20 m, preservado en alcohol al 96%; 3 ind. (LEMA-EQ 831), Punta Tosca, isla Socorro, islas Revillagigedo, México, 18°46'47.8" N, 111°02'49.7" O, 25/abril/2023, 20 m, preservado en alcohol al 96%.

Descripción: DD = 1.45 mm; LB = 4.54-6.04 mm; AB = 0.20-0.24 mm. Disco rosetado, dorsalmente cubierto con piel y gránulos (fig. 6A). Escudos radiales en contacto, cubriendo casi todo el disco, parcialmente cubiertos por gránulos. Interradio cubierto con piel (fig. 6B). Escudos orales y adorales unidos formando un anillo continuo alrededor de la boca, cubiertos totalmente por piel (fig. 6C). Sin papilas orales (fig. 6C). Cerca de 10 papilas dentales. Seis brazos prensiles. Placas dorsales de los brazos cubiertas por pocos gránulos de tamaño irregular, espacio de piel entre las placas (fig. 6D). Placas ventrales de los brazos cubiertas por piel (fig. 6E). De 5 a 6 espinas de los brazos, aserradas en la punta y en forma de gancho, la más dorsal es la de menor tamaño. Sin escamas tentaculares. Coloración dorsal del disco y brazos morado-rosáceo (fig. 6A).

Riqueza de especies

Como resultado de la revisión histórica y los nuevos registros previamente mencionados, en total se registraron 94 especies de equinodermos (tabla 1), de las cuales 21

corresponden a la clase Asteroidea, 31 a Ophiuroidea, 21 a Echinoidea y 21 a Holothuroidea (tabla 2). La mayor riqueza de equinodermos se encontró en las islas Clarión (60 spp.) y Socorro (58 spp.), mientras que la menor en Roca Partida (20 spp.) y San Benedicto (10 spp.). El mayor número de especies de crinoideos, asteroideos, ofiuroides y equinoideos se tuvo en la isla Clarión, y para holoturoideos se presentó en la isla Socorro (tabla 2).

El 4% de las especies (Asteroidea: *Acanthaster planci*, *Mithrodia bradleyi*; Echinoidea: *Echinometra vanbrunti* y *Eucidaris thouarsii*) han sido registradas en todas las islas. En contraste, el 51% (49 spp.) habitan en solo 1 de las 4 islas. El 7% (7 spp.) (Asteroidea: *Mediaster transfuga*; Ophiuroidea: *Ophiacantha moniliformis*, *Ophiopholis bakeri*, *Ophiothrix* (*Ophiothrix*) *rudis* y *Ophiothrix* (*Ophiothrix*) *spiculata*; Holothuroidea: *Euthyonidiella zacae* y *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *hilla*) han sido reportadas para el archipiélago, pero no se especifica en qué isla fueron encontradas (Granja-Fernández et al., 2015, 2021; Honey-Escandón et al., 2008; Solís-Marín et al., 2013).

Tabla 1

Lista de especies de equinodermos del Parque Nacional Revillagigedo. IS = Isla Socorro, IC = isla Clarión, IB = isla San Benedicto, IR = isla Roca Partida, NE = isla no especificada. *Nuevos registros para cada isla. Especies en negritas corresponden a registros nuevos para el Parque Nacional Revillagigedo.

Clase	Especie
Asteroidea	<i>Acanthaster planci</i> (Linnaeus, 1758) IS, IC, IB, IR*
	<i>Asteropsis carinifera</i> (Lamarck, 1816) IS, IC
	<i>Astrometis sertulifera</i> (Xantus, 1860) IR*
	<i>Astropecten armatus</i> Gray, 1840 IC
	<i>Heliaster kubiniji</i> Xantus, 1860 IR*
	<i>Henricia clarki</i> Fisher, 1910 IC
	<i>Henricia seminudus</i> (A.H. Clark, 1916) IC
	<i>Linckia columbiae</i> Gray, 1840 IS, IC
	<i>Luidia bellonae</i> Lütken, 1864 IC
	<i>Luidia columbia</i> (Gray, 1840) IC
	<i>Mediaster transfuga</i> Ludwig, 1905 NE
	<i>Meridiastra modesta</i> (Verrill, 1867) IS
	<i>Mithrodia bradleyi</i> Verrill, 1867 IS, IC, IB, IR*
	<i>Nearchaster</i> (<i>Nearchaster</i>) <i>aciculosus</i> (Fisher, 1910) IC
	<i>Nidorellia armata</i> (Gray, 1840) IB
	<i>Patiria miniata</i> (Brandt, 1835) IS
	<i>Pauliastra aenigma</i> (Ludwig, 1905) IC
	<i>Pentaceraster cumingi</i> (Gray, 1840) IS, IC, IR*

Tabla 1. Continúa

Clase	Especie
Ophiuroidea	<i>Pharia pyramidata</i> (Gray, 1840) IS
	<i>Phataria unifascialis</i> (Gray, 1840) IS
	<i>Sclerasterias heteropaes</i> Fisher, 1924 IC
	<i>Amphipholis pugetana</i> (Lyman, 1860) IC
	<i>Amphiura seminuda</i> Lütken et Mortensen, 1899 IC
	<i>Astrodictyum panamense</i> (Verrill, 1867) IR
	<i>Ophiacantha diplasia</i> H.L. Clark, 1911 IC
	<i>Ophiacantha moniliformis</i> Lütken et Mortensen, 1899 NE
	<i>Ophiacantha pyriformis</i> Ziesenhenné, 1937 IC
	<i>Ophiactis savignyi</i> (Müller et Troschel, 1842) IS*, IC, IR*
	<i>Ophiactis simplex</i> (Le Conte, 1851) IS*
	<i>Ophiocoma aethiops</i> Lütken, 1859 IS, IC
	<i>Ophiocomella alexandri</i> (Lyman, 1860) IS, IC, IR*
	<i>Ophiocomella schmitti</i> A.H. Clark, 1939 IS, IC
	<i>Ophiocomella sexradia</i> (Duncan, 1887) IC
	<i>Ophioderma aija</i> Humara-Gil, Granja-Fernández, Bautista-Guerrero, Solís-Marín et Rodríguez-Troncoso, 2024 IS
	<i>Ophioderma bichi</i> Humara-Gil, Granja-Fernández, Bautista-Guerrero, Solís-Marín et Rodríguez-Troncoso, 2024 IR
	<i>Ophioderma hendleri</i> Granja-Fernández, Pineda-Enríquez, Solís-Marín et Laguarda-Figueras, 2020 IS
	<i>Ophioderma occultum</i> Humara-Gil, Granja-Fernández, Bautista-Guerrero et Rodríguez-Troncoso, 2022 IS*, IR
	<i>Ophioderma panamense</i> Lütken, 1859 IS, IC
	<i>Ophioderma variegatum</i> Lütken, 1856 IS, IC
	<i>Ophiolepis pacifica</i> Lütken, 1856 IS
	<i>Ophiolepis variegata</i> Lütken, 1856 IR*
	<i>Ophiomyxa panamensis</i> Lütken et Mortensen, 1899 IS
	<i>Ophionereis annulata</i> (Le Conte, 1851) IS, IC, IR*
	<i>Ophiopholis bakeri</i> McClendon, 1909 NE
	<i>Ophiophragmus papillatus</i> Ziesenhenné, 1940 IS
	<i>Ophiopsila californica</i> A.H. Clark, 1921 IR*
	<i>Ophiosphalma variable</i> (Lütken et Mortensen, 1899) IC
	<i>Ophiothela mirabilis</i> (Verrill, 1867) IS*, IC*
	<i>Ophiothrix galapagensis</i> Lütken et Mortensen, 1899 IC
	<i>Ophiothrix (Ophiothrix) rudis</i> Lyman, 1874 NE
	<i>Ophiothrix (Ophiothrix) spiculata</i> Le Conte, 1851 NE
	<i>Ophiuroconis bispinosa</i> Ziesenhenné, 1937 IS
Echinoidea	<i>Astropyga pulvinata</i> (Lamarck, 1816) IS
	<i>Brissopsis pacifica</i> (A. Agassiz, 1898) IS, IC
	<i>Clypeaster europacificus</i> H.L. Clark, 1914 IC

Tabla 1. Continúa

Clase	Especie
Holothuroidea	<i>Clypeaster ochrus</i> H.L. Clark, 1914 IC
	<i>Clypeaster rotundus</i> (A. Agassiz, 1863) IC
	<i>Clypeaster speciosus</i> Verrill, 1870 IS, IC
	<i>Diadema mexicanum</i> A. Agassiz, 1863 IS, IC, IB
	<i>Echinometra insularis</i> H. L. Clark, 1912 IS
	<i>Echinometra oblonga</i> (Blainville, 1825) IS, IC
	<i>Echinometra vanbrunti</i> A. Agassiz, 1863 IS, IC, IB, IR*
	<i>Encope micropora insularis</i> H.L. Clark, 1948 IS, IC
	<i>Eucidaris thouarsii</i> (L. Agassiz et Desor, 1846) IS, IC, IB, IR*
	<i>Heterocentrotus mamillatus</i> (Linnaeus, 1758) IS, IC, IB
	<i>Hesperocidaris asteriscus</i> H.L. Clark, 1948 IS
	<i>Hesperocidaris perplexa</i> (H.L. Clark, 1907) IC
	<i>Lovenia cordiformis</i> A. Agassiz, 1872 IS, IC
	<i>Meoma ventricosa grandis</i> Gray, 1851 IS, IC
	<i>Rhyncholampas pacificus</i> (A. Agassiz, 1863) IS, IC
	<i>Toxopneustes roseus</i> (A. Agassiz, 1863) IS, IC
	<i>Tripneustes depressus</i> A. Agassiz, 1863 IS, IC, IB
	<i>Tripneustes gratilla</i> (Linnaeus, 1758) IC
	<i>Euapta godeffroyi</i> (Semper, 1868) IS, IR*
	<i>Euthyonidiella zacae</i> (Deichmann, 1938) NE
	<i>Holothuria</i> (<i>Cystipus</i>) <i>inhabilis</i> Selenka, 1867 IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Halodeima</i>) <i>inornata</i> Semper, 1868 IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Halodeima</i>) <i>kefersteinii</i> (Selenka, 1867) IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Lessenothuria</i>) <i>coronata</i> Yáñez Villanueva, Solís-Marín et Laguarda-Figueras, 2022 IS
	<i>Holothuria</i> (<i>Mertensiothuria</i>) <i>hilla</i> Lesson, 1830 NE
	<i>Holothuria</i> (<i>Mertensiothuria</i>) <i>leucospilota</i> (Brandt, 1835) IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Platyperona</i>) <i>difficilis</i> Semper, 1868 IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Selenkothuria</i>) <i>lubrica</i> Selenka, 1867 IS, IC, IR*
	<i>Holothuria</i> (<i>Selenkothuria</i>) <i>portovallartensis</i> Caso, 1954 IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Semperothuria</i>) <i>imitans</i> Ludwig, 1875 IS, IC, IR*
	<i>Holothuria</i> (<i>Stauropora</i>) <i>fuscocinerea</i> Jaeger, 1833 IS*, IC, IB*
	<i>Holothuria</i> (<i>Theelothuria</i>) <i>paraprinceps</i> Deichmann, 1937 IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Thymiosycia</i>) <i>arenicola</i> Semper, 1868 IS, IC
	<i>Holothuria</i> (<i>Thymiosycia</i>) <i>impatiens</i> (Forsskål, 1775) IS, IR*
	<i>Isostichopus fuscus</i> (Ludwig, 1875) IS, IB*, IR*
	<i>Labidodemas americanum</i> Deichmann, 1938 IS*
	<i>Leptosynapta albicans</i> (Selenka, 1867) IS
	<i>Lisacucumis gibber</i> (Selenka, 1867) IS
	<i>Pentamera chierchiae</i> (Ludwig, 1886) IS

Tabla 2

Riqueza de especies para cada clase de equinodermos del Parque Nacional Revillagigedo y para cada una de sus islas. * Registros que no tienen una isla especificada.

Clase	Total	Isla Socorro	Isla Clarión	Isla San Benedicto	Isla Roca Partida	*No especificado
Asteroidea	21	9	13	3	5	1
Ophiuroidea	31	16	18	0	8	4
Echinoidea	21	16	18	5	2	0
Holothuroidea	21	17	11	2	5	3
Total	94	58	60	10	20	8

Similitud entre islas

La comparación de riqueza con los análisis de clasificación y nMDS entre las islas del PNR mostró 2 grupos bien definidos, un primer grupo formado por las islas Socorro y Clarión con 40% de similitud (Simprof, $\pi = 0$, $p > 0.05$) y el segundo formado por San Benedicto y Roca Partida con 20% de similitud (Simprof, $\pi = 0$, $p > 0.05$) (fig. 7A).

Diversidad taxonómica de las islas

El modelo global de Δ^+ y Λ^+ entre las islas del archipiélago mostró que todas las islas poseen una diversidad taxonómica y variación dentro del intervalo

de confianza del 95% esperado ($p > 0.05$) (fig. 7B). Roca Partida tuvo la mayor Δ^+ , a pesar de que Socorro y Clarión son las islas con una mayor riqueza de especies. San Benedicto presentó la menor Δ^+ . Las estimaciones de Λ^+ para cada una de las islas estuvieron dentro de las estimaciones de probabilidad (fig. 7C).

Discusión

La revisión taxonómica de los especímenes depositados en colecciones científicas del presente trabajo permitió encontrar 2 nuevos registros de asteroideos (*Astrometis sertulifera* y *Heliaster kubiniji*) y 3 de

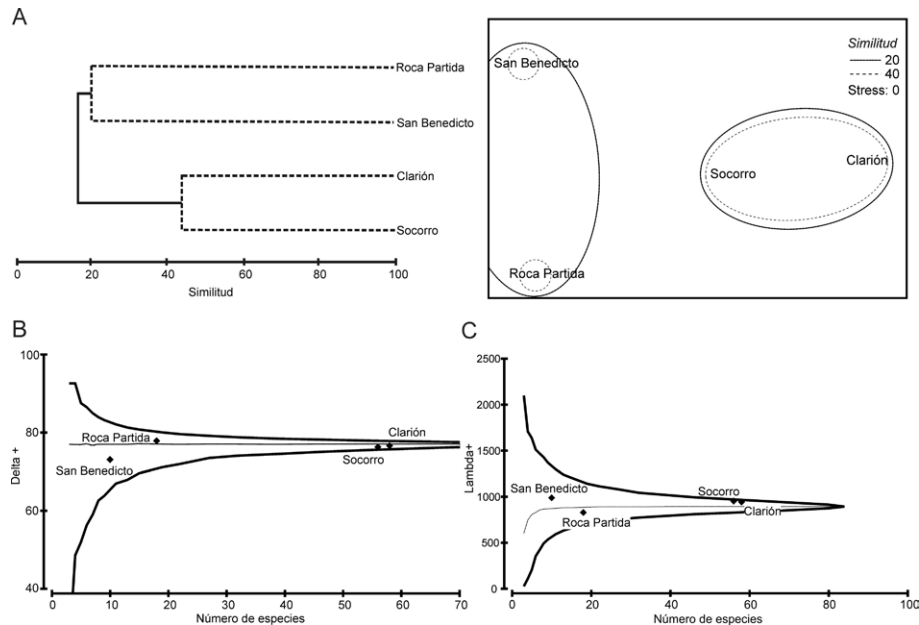


Figura 7. A, Análisis de clasificación y NMDS para analizar la similitud de especies entre las islas del archipiélago de Revillagigedo. Las líneas segmentadas en el dendrograma indican los grupos identificados por la prueba Simprof; B, estimaciones de la distinción taxonómica promedio (Δ^+) y C, de su variación (Λ^+) para los grupos de equinodermos de las islas de Revillagigedo. Los intervalos de confianza al 95% se muestran en líneas continuas y Δ^+ y Λ^+ se muestran en una línea segmentada.

ofiuroideos (*Ophiolepis variegata*, *Ophiopsila californica* y *Ophiothela mirabilis*) para el PNR. Con lo anterior se actualiza el inventario a 94 especies y con los nuevos registros se incrementa la riqueza de especies a 21 para la clase Asteroidea y 31 para Ophiuroidea. Anteriormente, el ofiuroideo *Ophioderma teres* se reportó para el PNR (Granja-Fernández et al., 2021); sin embargo, la reciente revisión taxonómica de la especie permitió determinar que su identidad corresponde a *Ophioderma aija* (Humara-Gil et al., 2024), por lo tanto, el registro de *O. teres* para el PNR se invalida. Al igual que lo reportado por Granja-Fernández et al. (2021), no se encontraron registros verificados de ejemplares de la clase Crinoidea para Revillagigedo. El único registro que se tenía de un crinoideo es el descrito por Roux y Pawson (1999), que corresponde a la especie *Hyocrinus foelli*, una especie encontrada entre Clarión y la zona de fractura de Clipperton a una profundidad de entre 4,300 y 4,700 m; sin embargo, este no se considera válido, ya que al verificar las coordenadas geográficas del ejemplar recolectado, se encontró distante del límite del parque (Granja-Fernández et al., 2021). La diferencia en riqueza de especies entre trabajos se debe a la actualización del inventario mediante la consulta de literatura, nuevas descripciones y la revisión taxonómica de material depositado en colecciones científicas.

El registro del asteroideo *Astrometis sertulifera* para Roca Partida corresponde a un nuevo registro para el PNR, así como para el Pacífico central mexicano, ya que la especie solo había sido reportada en México para la costa oeste de Baja California y el golfo de California (Honey-Escandón et al., 2008; Solís-Marín et al., 2005). Por otro lado, *Heliaster kubiniji* fue reportada por Bautista-Romero et al. (1994) para isla Clarión, sin embargo, al no poder ser confirmado por la falta de un ejemplar que permitiera la validación, no fue incluida en el recuento de Granja-Fernández et al. (2021). La revisión de material depositado en la colección del ICML-UNAM permitió corroborar su presencia en el PNR, específicamente en isla Roca Partida. La distribución de esta estrella es muy amplia, abarcando México, las islas Galápagos y Perú (Solís-Marín et al., 2013). La especie es más común en el golfo de California en México, sin embargo, se ha reportado que se presentan registros ocasionales dispersos hacia el noroeste de Baja California y el sur de California (EUA), los cuales probablemente están asociados a eventos de El Niño (Kerstitch y Bertsch, 2007).

Tres nuevos registros de ofiuros se lograron identificar con base en ejemplares de las colecciones ICML-UNAM y LEMITAX. *Ophiolepis variegata* ha sido previamente registrada a lo largo de la costa del Pacífico mexicano (Granja-Fernández et al., 2015) y específicamente en el Pacífico central mexicano, en Nayarit, Jalisco, Colima e

islas Mariás (Granja-Fernández et al., 2021); sin embargo, su hallazgo en el PNR (isla Roca Partida) corresponde a un registro nuevo para el archipiélago. El caso de *Ophiopsila californica* es de particular importancia ya que su distribución comprende desde California hasta el norte del Pacífico mexicano (Granja-Fernández et al., 2015). Su recolecta en isla Roca Partida no solo corresponde a un registro nuevo para el Pacífico central mexicano, sino también a una ampliación de su rango de distribución al sur. Finalmente, a pesar de que *Ophiothela mirabilis* se encuentra ampliamente distribuida en el Pacífico mexicano (Granja-Fernández et al., 2015), esta es la primera vez que se registra en el PNR, específicamente para las islas Clarión y Socorro.

Cabe destacar que el presente trabajo analiza por primera vez la riqueza de equinodermos para cada una de las islas del PNR. Las islas Clarión (61) y Socorro (58), además de poseer la mayor riqueza de equinodermos total y por clases, se agruparon dentro de los análisis nMDS y dendrograma, compartiendo 35 especies. San Benedicto y Roca Partida formaron otro grupo, con una baja similitud, donde comparten solamente 5 especies. Los valores de riqueza de especies pueden estar relacionados con el tamaño de las islas. En este caso, las islas más grandes (Socorro y Clarión) presentan el mayor número de especies y, por el contrario, las islas más pequeñas (San Benedicto y Roca Partida) tienen la menor riqueza de especies. Este patrón puede no estar asociado solamente con el tamaño de las islas, sino también con los hábitats que proporcionan y con la intensidad de muestreo en cada una de ellas. Clarión y Socorro se caracterizan por playas de material calcáreo biogénico asociado con corales, así como con sedimentos (arenas y limos) conformados por moluscos y corales, crecimientos algales, entre otros (Semarnat-Conanp, 2019). Todos estos hábitats son propicios para el establecimiento de larvas (Doll et al., 2022), protección/ desarrollo (Hermosillo-Núñez et al., 2015; Herrero-Pérezrul et al., 2015) y alimentación de equinodermos (Siburian et al., 2023). Esta heterogeneidad en la estructura de los hábitats no se presenta en San Benedicto y Roca Partida, ya que la primera está compuesta, principalmente, de rocas volcánicas y la segunda es la cima de un volcán submarino (Semarnat-Conanp, 2019).

Respecto de la intensidad de muestreo, la exploración de Clarión y Socorro ha llamado la atención de científicos desde 1930 y han sido visitadas desde entonces por expediciones tan importantes como Albatross, Velero y Zaca (Caso, 1962; Deichmann, 1941; Ziesenhenné, 1937). Resultado de lo anterior es que Clarión y Socorro poseen el mayor número de estudios publicados (41 y 47 trabajos, respectivamente) con registros de equinodermos de zonas someras y profundas. En cambio, para San Benedicto solo

existen 2 trabajos (Bautista-Romero et al., 1994; Reyes-Bonilla, 1995) en los que se reportan 8 especies de las clases Asteroidea y Echinoidea; con la presente revisión de colecciones científicas, se añaden 2 nuevos registros de holoturoideos para San Benedicto (*Holothuria (Stauropora) fuscocinerea* e *Isostichopus fuscus*). Previo a este estudio, el único equinodermo que había sido reportado para la isla Roca Partida era el ofiuro *Astrodictyum panamense* (Ayala-Bocos et al., 2011), por lo que se aportan 17 nuevos registros para esta isla (5 de la clase Asteroidea, 5 de Ophiuroidea, 2 de Echinoidea y 5 Holothuroidea). A pesar de que San Benedicto y Roca Partida tienen la menor riqueza de equinodermos, no se descarta que con mayor esfuerzo de muestreo se encuentre una mayor riqueza de equinodermos en estas islas.

A pesar de las diferencias en riqueza entre islas, existen 4 especies que han sido registradas en todas ellas: 2 asteroideos (*Acanthaster planci* y *Mithrodia bradleyi*) y 2 equinoideos (*Echinometra vanbrunti* y *Eucidaris thouarsii*). Sin embargo, especies como la estrella de mar *Pentaceraster cumingi*, el ofiuro *Ophiocomella alexandri*, el erizo *Toxopneustes roseus* y el pepino *I. fuscus*, se espera que habiten en todas las islas y sus alrededores, ya que tienen una amplia distribución a lo largo del Pacífico mexicano y americano (Granja-Fernández et al., 2015, 2021; Honey-Escandón et al., 2008; Solís-Marín et al., 2013). También cabe resaltar que, a pesar de las diferencias en riqueza, el análisis de diversidad taxonómica sugiere que la composición de cada isla es un subconjunto al azar del conjunto regional de especies, ya que los valores se encontraron dentro del intervalo de confianza de 95%, es decir, todas las islas son representativas de la diversidad taxonómica del PNR, inclusive San Benedicto y Roca Partida, que tienen la menor riqueza de especies.

La riqueza de especies de equinodermos del PNR representa cerca de 15% de la riqueza registrada en todo México (Solís-Marín et al., 2013, 2014). Si se compara la riqueza de manera particular con las diferentes regiones del Pacífico mexicano como el golfo de California y el Pacífico mexicano, encontramos que el PNR presenta 40.5% y 43.5% de especies, respectivamente. Comparando con la región del Pacífico central mexicano, en el parque se encuentra 50% de estas especies (Granja-Fernández et al., 2021). Esto respalda la importancia de Revillagigedo en términos de conservación, ya que resguarda cerca de la mitad de especies de equinodermos que se pueden encontrar en el Pacífico mexicano.

Para generar un inventario más completo de las especies de equinodermos presentes en el PNR se requiere una búsqueda dirigida al grupo y a los distintos sustratos en los que habitan (e.g., arena, rocas, corales). Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo principalmente en

San Benedicto y Roca Partida. Asimismo, si bien la mayor parte de registros pertenecen a especies someras (< 30 m de profundidad), es necesaria la exploración de aguas profundas del PNR y sus alrededores, ya que poseen un alto potencial de albergar equinodermos por su amplia batimetría que puede alcanzar hasta 5,000 m de profundidad y a la presencia de ventilas hidrotermales (Semarnat-Conanp, 2019). También es necesario dirigir esfuerzos sobre especies crípticas, las cuales regularmente están ocultas y cuya percepción no es tan sencilla en su hábitat (principalmente especies de las clases Ophiuroidea y Holothuroidea), ya que suelen encontrarse bajo rocas o enterradas en el sedimento.

Agradecimientos

Al personal de Conanp del Parque Nacional Revillagigedo por la invitación a CMGV y ODD para participar en la expedición científica 2023. Al personal del Instituto de Biología de la UNAM, Susana Guzmán Gómez y María B. Mendoza Garfias; al personal del ICML de la UNAM, Laura E. Gómez Lizárraga, Alicia Durán González y Carlos A. Conejeros Vargas, por su disposición y colaboración para la realización de este estudio. A Brenda Maya Alvarado por la consulta de referencias bibliográficas que nutren este artículo y a Karla Humara Gil por la corroboración de registros por isla para el género *Ophioderma*. Agradecemos el apoyo técnico para la captura de imágenes de Alicia Durán González, María B. Mendoza Garfias, Susana Guzmán Gómez y Laura E. Gómez Lizárraga de la UNAM. Al editor y revisores anónimos por sus comentarios invaluable al manuscrito.

Referencias

- Ayala-Bocos, A., Reyes-Bonilla, H., Herrero-Perezrul M. D., Walther-Mendoza, M. y Castañeda-Fernández de Lara, V. (2011). New records and range extensions of *Astrodictyum panamense* (Ophiuroidea: Gorgonocephalidae) in the Eastern Pacific Ocean. *Marine Biodiversity Records. Marine Biological Association of the United Kingdom*, 4, e46. <https://doi.org/10.1017/S175526721100032>
- Bautista-Romero, J. J., Reyes-Bonilla, H., Lluch-Cota, D. y Lluch-Cota, S. (1994). Aspectos generales de la fauna marina. En A. Ortega-Rubio y A. Castellanos-Vera (Eds.), *La isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo* (pp. 247–275). La Paz: CIBNOR.
- Becerril-García, E. E., Hoyos-Padilla, E. M., Henning, B. y León, P. S. (2020). Sharks, rays, and chimaeras of the Revillagigedo National Park: An update of new and confirmed records. *Journal of Fish Biology*, 97, 1228–1232. <https://doi.org/10.1111/jfb.14457>

- 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*, 33, 293–330.
- Clark, A. H. (1921). A new ophiuran of the genus *Ophiopsila* from Southern California. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 34, 109–110.
- Clark, H. L. (1907). The Cidaridae. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 7, 165–230.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2006). *Primer v6: user manual and tutorial*. Plymouth, UK: Primer-E.
- Clarke, K. R., Somerfield, P. J. y Gorley, R. N. (2008). Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.009>
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M. (1999). The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*, 184, 21–29.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad)-Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) -TNC-Pronatura. (2007). *Sitios marinos prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Escala 1: 1000 000*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/ The Nature Conservancy - Programa México, Pronatura, A.C.
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas)-Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2015). *Formulario de Nominación del Bien Natural Archipiélago de Revillagigedo para su Inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial*. México D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas)-Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2017). *Estudio Previo Justificativo para la declaratoria del Parque Nacional Revillagigedo*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Deichmann, E. (1937). The Templeton Crocker Expedition. IX. Holothurians from the Gulf of California, the West Coast of Lower California and Clarion Island. *Zoologica*, 22, 161–176.
- Deichmann, E. (1941). The Holothuroidea collected by the “*Velero III*” during the years 1932–1938. Part I. Dendrochirotida. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 8, 61–195.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2017). Decreto por el que se declara como Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Nacional, la región conocida como Revillagigedo, localizada en el Pacífico Mexicano. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2017. México. Recuperado el 21 de enero, 2024 de: <https://www.gob.mx/epn/prensa/comunicado-136165>
- Doll, P. C., Caballes, C. F., Hoey, A. S., Uthicke, S., Ling, S. D. y Pratchett, M. S. (2022). Larval settlement in echinoderms: a review of processes and patterns. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 60, 433–494. <https://doi.org/10.1201/9781003288602-9>
- Fisher, W. K. (1911). Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters, Part I: Phanerozonia and Spinulosa. *Bulletin of the United States National Museum*, 76, 1–419.
- Granja-Fernández, M. R., Herrero-Pérez, M. D., López-Pérez, R. A., Hernández-Morales, A. y Rangel-Solís, P. D. (2015). A literature review of the Ophiuroidea (Echinodermata) from the Pacific coast of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 63, 37–47. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23127>
- Granja-Fernández, M. R., Maya-Alvarado, B., Cupul-Magaña, A. L., Rodríguez-Troncoso, A. P., Solís-Marín, F. A. y Sotelo-Casas, R. C. (2021). Echinoderms (Echinodermata) from the Central Mexican Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 69, 219–259. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69isuppl.1.46356>
- Hermosillo-Núñez, B. B., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Ortiz, M., Galván-Villa, C., Cupul-Magaña A. y Ríos-Jara, E. (2015). Effect of habitat structure on the most frequent echinoderm species inhabiting coral reef communities at Isla Isabel National Park (Mexico). *Community Ecology*, 16, 125–134. <https://doi.org/10.1556/168.2015.16.1.14>
- Herrero-Pérez, M. D., Ramírez-Ortiz, G., Rosales-Estrada, M. y Reyes-Bonilla, H. (2015). Densidad poblacional y distribución espacial de erizos de mar (Echinodermata: Echinoidea) en la isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, México. *Revista de Biología Tropical*, 63, 221–232. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23156>
- Honey-Escandón, M., Solís-Marín, F. A. y Laguarda-Figueras, A. (2008). Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 56, 57–73. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27079>
- Humara-Gil, K. J., Granja-Fernández, R., Bautista-Guerrero, E., Solís-Marín, F. A. y Rodríguez-Troncoso, A. P. (2024). Delimitation of *Ophioderma teres* (Lyman, 1860) and *Ophioderma unicolor* H.L. Clark, 1940 stat. nov. (Echinodermata: Ophiuroidea), including the description of two new species. *European Journal of Taxonomy*, 947, 130–174. <https://doi.org/10.5852/ejt.2024.947.2625>
- Kerstitch, A. y Bertsch, H. (2007). *Sea of Cortez marine invertebrates. 2nd Edition*. Monterey, CA: Sea Challengers.
- Lütken, C. F. (1856). Bidrag til kundskab om Slangestjernerne. II. Oversigt over de vestindiske Ophiurer. *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening i Kjøbenhavn 1856*, 7, 1–26.
- Pardo, M. y Suárez, G. (1995). Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: seismic and tectonic implications. *Journal of Geophysical Research*, 100, 357–373. <https://doi.org/10.1029/95JB00919>
- Reyes-Bonilla, H. (1995). Asteroidea and Echinoidea (Echinodermata) of Isla San Benedicto, Revillagigedo Archipiélago, México. *Revista de Investigación Científica UABCS*, 6, 29–38.

- Roux, M. y Pawson, D. L. (1999). Two new Pacific Ocean species of hyocrinid crinoids (Echinodermata), with comments on presumed giant-dwarf gradients related to seamounts and abyssal plains. *Pacific Science*, 53, 289–298.
- Ruiz-Sakamoto, A., Sánchez-Ortiz, C., Stewart, J. D. y Aburto-Oropeza, O. (2018). La Manta Gigante el diamante de Revillagigedo. *Biodiversitas*, 136, 1–7.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)-Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2019). *Programa de Manejo Parque Nacional Revillagigedo*. México: Semarnat, Conanp.
- Siburian, R. H. S., Tapilatu, J. R. y Tapilatu, M. E. (2023). Discovery of habitat preferences and community structure of echinoderms in Kri, Raja Ampat, Indonesia. *Biodiversitas*, 24, 3968–3976. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240735>
- Solís-Marín, F. A., Honey-Escandón, M. B. I., Herrero-Pérezrul, M. D., Benítez-Villalobos, F., Díaz-Martínez, J. P., Buitrón-Sánchez, B. E. et al. (2013). The echinoderms of Mexico: biodiversity, distribution and current state of knowledge. En J. J. Alvarado y F. A. Solís-Marín (Eds.), *Echinoderm research and diversity in Latin America*. Berlín: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20051-9_2
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A., Gust, C. y Torres, J. (2005). Echinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 53, 123–137. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3>
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A. y Honey-Escandón, M. (2014). Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (Suplem.), S441–S449. <https://doi.org/10.7550/rmb.31805>
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. et al. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57, 573–583. <https://doi.org/10.1641/B570707>
- Verrill, A. E. (1867). Notes on Radiata in the museum of Yale College with descriptions of new genera and species. No. 2. Notes on the echinoderms of Panama and the west coast of America, with descriptions of a new genus. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 1, 251–322.
- Warwick, R. M. y Clarke, K. R. (1995). New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129, 301–305.
- WoRMS. (2024). *World Register of Marine Species*. Recuperado el 01 abril, 2024 de: <https://www.marinespecies.org>
- Xantus, J. (1860). Descriptions of three new species of starfishes from Cape St. Lucas. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 12, 568.
- Ziesenhenné, F. C. (1937). The Templeton Crocker Expedition. X. Echinoderms from the West Coast of Lower California, the Gulf of California and Clarion Island. *Zoology*, 22, 209–239. <https://doi.org/10.5962/p.184686>