



<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v72iS1.58787>

Agregación masiva de la estrella de mar *Luidia bellonae* (Paxillosida: Luidiidae) en Bahía de Banderas, Jalisco, Pacífico Mexicano

Pedro Medina-Rosas^{1*};  <https://orcid.org/0000-0002-4886-0478>

Rebeca Granja-Fernández²;  <https://orcid.org/0000-0001-7119-0567>

Cristian Moisés Galván-Villa³;  <https://orcid.org/0000-0003-1927-2500>

1. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Av UdeG 203, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México; pedro.medina@cuc.udg.mx (*Correspondencia)
2. Investigadora posdoctoral (CONAHCYT) asociada al Programa de Maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA)/Laboratorio de Ecología Molecular, Microbiología y Taxonomía (LEMITAX), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, 45200, Zapopan, Jalisco, México; beckygranja@gmail.com
3. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, 45200, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México; cristian.galvan@academicos.udg.mx

Recibido 30-VI-2023. Corregido 07-XI-2023. Aceptado 27-XI-2023.

ABSTRACT

Massive aggregation of sea star *Luidia bellonae* (Paxillosida: Luidiidae) in Bahía de Banderas, Jalisco, Mexican Pacific

Introduction: In the central Mexican Pacific, there are few studies on asteroid ecology. These species are generally distributed randomly, although in some cases groups or aggregations can be found. In Los Arcos, south of Puerto Vallarta, in Bahía de Banderas, Mexico, *Luidia bellonae* was observed for the first time in a massive aggregation in 2021.

Objective: To report the new record of this species in this region of the Mexican Pacific and its massive aggregation event.

Methods: Transects and surveys were carried out to quantify the density and measure the sea star individuals in Los Arcos, Bahía de Banderas during 2021, 2022, and 2023.

Results: Average densities of 2.65 ind/m² and up to 7 ind/m² were found. In total, in the approximate area of 900 m², 630 individuals were registered. The specimens measured (R) between 2 and 12 cm, and most measured between 4 and 8 cm.

Conclusions: *L. bellonae* has been reported in different places in some states of the Mexican Pacific; however, it was not registered for Bahía de Banderas nor Los Arcos, nor in the amount reported here, therefore this is the first record for the species with a massive presence for the Mexican Pacific. The appearance of the large number of *L. bellonae* specimens in Los Arcos in 2021 could have been the result of a combination of factors, including the low water temperature, with values up to 15 °C, and the high amount of nutrients. This finding demonstrates the need for more studies on echinoderms and marine species to understand the influence of environmental conditions on their life cycle.

Key words: Asteroidea; density; distribution; ecology; new record; temperature.



RESUMEN

Introducción: En el Pacífico central mexicano son escasos los trabajos sobre ecología de asteroideos. Estas especies generalmente se distribuyen de forma aleatoria, aunque en algunas ocasiones pueden encontrarse en grupos o agregaciones. En Los Arcos, al sur de Puerto Vallarta, en Bahía de Banderas, México, se observó *Luidia bellonae* por primera vez en una agregación masiva en 2021.

Objetivo: Reportar por primera vez el registro de esta especie en esta región del Pacífico mexicano, así como el evento de agregación masiva.

Métodos: Se realizaron transectos y recorridos para cuantificar la densidad y medir los ejemplares de la estrella en Los Arcos, Bahía de Banderas, durante 2021, 2022 y 2023.

Resultados: Se encontraron densidades promedio de 2.65 ind/m² y hasta 7 ind/m². En total en el área aproximada de 900 m² se registraron 630 individuos. Los ejemplares midieron (R) entre 2 y 12 cm, y en su mayoría midieron entre 4 y 8 cm.

Conclusiones: *L. bellonae* estaba reportada en distintos sitios en algunos estados del Pacífico mexicano, sin embargo no estaba registrada para Bahía de Banderas ni Los Arcos, ni tampoco en la cantidad que se reporta aquí, por lo que este es el primer registro para la especie con una presencia masiva para el Pacífico mexicano. La aparición de la gran cantidad de ejemplares de *L. bellonae* en Los Arcos en 2021 pudo haber sido resultado de una combinación de factores, entre ellos la baja temperatura del agua, con valores hasta de 15 °C y la alta cantidad de nutrientes. Este hallazgo demuestra la necesidad de más estudios sobre los equinodermos y especies marinas para entender la influencia que tienen las condiciones ambientales en su ciclo de vida.

Palabras clave: Asteroidea; densidad; distribución; ecología; nuevo registro; temperatura.

INTRODUCCIÓN

En México se han reportado 643 especies de equinodermos (Solís-Marín et al., 2014), y tan solo en la parte central del Pacífico mexicano se han registrado 187 especies, de las cuales 35 son de la clase Asteroidea (Granja-Fernández et al., 2021). Sin embargo, la ecología de los asteroideos de esta región central ha sido escasamente estudiada y algunos parámetros, como abundancias y densidades de especies son poco conocidas, si bien hay estudios sobre estrellas asociadas a arrecifes coralinos (e.g., Hermosillo-Núñez et al., 2016; Sotelo-Casas et al., 2018).

Las estrellas de mar se distribuyen en el bentos marino generalmente de forma aleatoria, sin embargo, algunas especies tropicales pueden encontrarse eventualmente en grupos o agregaciones masivas. Por ejemplo, se han encontrado densidades de hasta 2.91 ind/m² de la especie *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) en St. Croix, en las Islas Vírgenes (Scheibling, 1980). En México se han registrado abundancias de hasta 3 ind/m² de *Pentaster cumingi* (Gray, 1840) en la Isla El Cayo (Reyes-Bonilla et al., 2018), y entre 2018 y 2019 se observaron 82 ejemplares de *Acanthaster*

plancki (Linnaeus, 1758), con un promedio de 607.40 ind/ha, en El Corralito (Rodríguez-Villalobos & Ayala-Bocos, 2021), ambos sitios cerca de La Paz, en el Golfo de California. Asimismo, se han registrado casos similares de otros equinodermos de ambientes tropicales del Pacífico americano (Alvarado, 2008; Glynn & Leyte-Morales, 1997), como equinoideos (e.g., *Astropyga pulvinata* (Lamarck, 1816) y *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863) y también ofiuroideos, como *Ophiothrix* (*Ophiothrix*) *spiculata* Le Conte, 1851 (R. Granja-Fernández, obs. pers., 2023). Sin embargo, estos registros han sido escasos y esporádicos en México. Las agregaciones de equinodermos se pueden deber a diferentes razones, que incluyen el alimento, nutrientes o como estrategia reproductiva (Reyes-Bonilla et al., 2018).

En la región central del Pacífico mexicano se ubica Bahía de Banderas, en los estados de Jalisco y Nayarit, donde se encuentra uno de los sitios más emblemáticos de la zona: Los Arcos, decretado como zona de refugio para flora y fauna marina en 1975 (Diario Oficial de la Federación, 1975). A pesar del decreto, el conocimiento sobre la diversidad y la ecología de los equinodermos de este sitio es escaso.

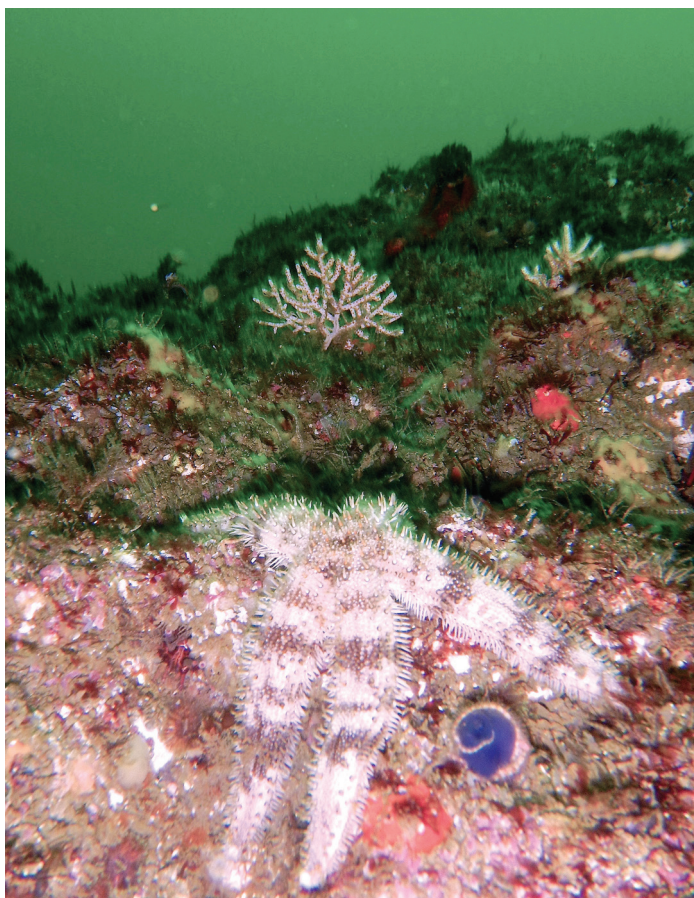


Fig. 1. Ejemplar de *Luidia bellonae* en Los Arcos, Bahía de Banderas. / **Fig. 1.** Specimen of *Luidia bellonae* in Los Arcos, Bahía de Banderas.

Recientemente, se observó la presencia de la estrella *Luidia bellonae* Lütken, 1864 (Fig. 1), que en Jalisco había sido registrada solamente en la bahía de Chamela (Clark, 1940). El objetivo de este trabajo es describir el primer reporte de esta especie en la parte sur de Bahía de Banderas, correspondiente a Jalisco, así como dar a conocer por primera vez un evento de agregación masiva de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio fue Los Arcos, al sur de Puerto Vallarta, Jalisco, México, y localizado dentro de Bahía de Banderas (20° 32' 42" N y

105° 17' 32" W). Bahía de Banderas es particular por sus condiciones oceanográficas, así como su geomorfología, ya que tiene áreas someras (< 50 m) en el norte, y en el sur tiene un cañón submarino de más de 1 500 m de profundidad (Alvarez, 2007). Las formaciones geológicas conformadas con el tiempo le dan el nombre al sitio, ya que existen túneles en los islotes por donde incluso caben embarcaciones. Actualmente, esta área es visitada por turistas para realizar diversas actividades acuáticas como buceo, kayak y visitas en barco o velero (Balzaretti-Merino et al., 2021). El fondo está compuesto principalmente por arrecifes rocosos con parches de arena, y aunque en el siglo pasado había cierta cantidad

de corales arrecifales (Medina-Rosas & Cupul-Magaña, 2001), la cobertura actual es mínima (Balzaretta-Merino et al., 2021).

El 8 de mayo de 2021 se detectó la presencia inusual de *L. bellonae* en Los Arcos, por lo que los días 9, 10 y 11 de mayo se realizaron buceos SCUBA en la zona norte del islote mayor (20° 32' 47" N y 105° 17' 29" W) para cuantificar el número de organismos y medir el radio mayor (R) de las estrellas en transectos de 20 m². Se realizaron cuatro transectos por día (n = 12 transectos). Además, se revisó el fondo rocoso fuera de los transectos con buceo errante para cubrir un área total aproximada de 900 m² a una profundidad de 9 m. A partir de estos números se estimó la densidad por m². Posteriormente, en un par de días en mayo de 2022 y 2023 se hicieron recorridos en la misma zona en busca de organismos de la especie.

RESULTADOS

En los transectos muestreados en 2021 se encontraron densidades promedio de 2.65 ind/

m² y un máximo de 7 ind/m². En los transectos se registró un promedio de 52.5 ind ± 23.01 (desviación estándar), mientras que en total en el área aproximada de 900 m² se registraron 630 individuos de *L. bellonae* en Los Arcos. La temperatura del agua durante los muestreos fue de 15 °C a una profundidad de 9 m. En 2022 y 2023, el número de individuos fue cercano a nulo, con solo un par registrados en el mismo sitio por año.

Los ejemplares de *L. bellonae* midieron entre 2 y 12 cm de radio mayor (Fig. 2), pero casi la mitad (45.2 %) de los organismos observados midieron entre 4 y 8 cm (Fig. 3).

DISCUSIÓN

El asteroideo *L. bellonae* se distribuye en el Pacífico americano en México, islas Galápagos y Perú, en fondos arenosos y rocosos de aguas someras hasta 55 m de profundidad, aunque se ha reportado hasta 204 m (Maluf, 1988; Solís-Marín et al., 2013).

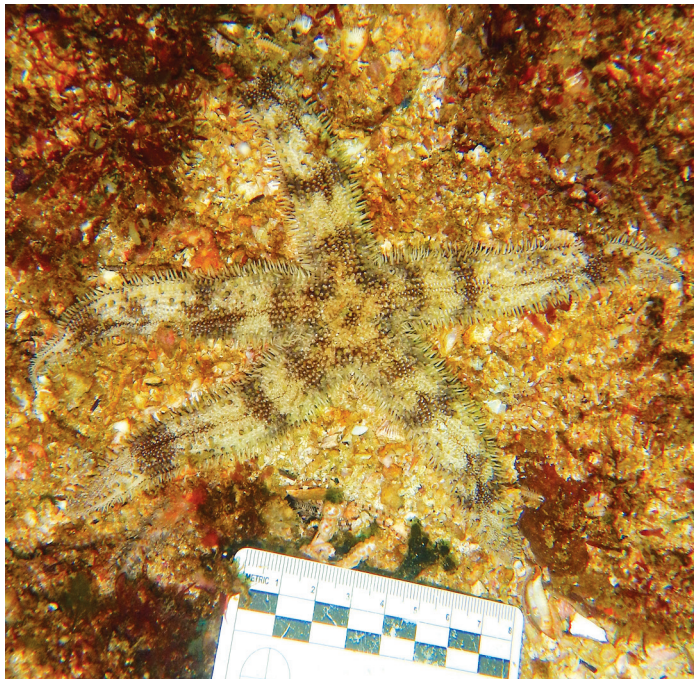


Fig. 2. Ejemplar de *Luidia bellonae* en Los Arcos, Bahía de Banderas. Escala en cm. / **Fig. 2.** Specimen of *Luidia bellonae* in Los Arcos, Bahía de Banderas. Scale in cm.



Fig. 3. Ejemplares de *Luidia bellonae* en Los Arcos, Bahía de Banderas. Escala 10 cm. / **Fig. 3.** Specimens of *Luidia bellonae* in Los Arcos, Bahía de Banderas. Scale 10 cm.

En México la especie ha sido reportada en distintos sitios en algunos estados del Pacífico mexicano (Tabla 1), incluido el estado de Jalisco, donde solo estaba reportada en la bahía de Chamela. Solo en dos de los once estados de la costa del Pacífico no se ha registrado la especie (Tabla 1). El hallazgo en Los Arcos, en Bahía de Banderas, corresponde a un nuevo registro. Además, comparada con las otras especies de asteroideos de la región, su presencia se considera como una agregación masiva, siendo el primer registro de este tipo para la especie en el Pacífico mexicano.

En el Pacífico mexicano se han reportado diez especies del género *Luidia* (Honey-Escandón et al., 2008; Solís-Marín et al., 2005), cuya ecología ha sido escasamente estudiada. Con respecto al tamaño de *L. bellonae*, en México se ha documentado el valor del radio mayor

mínimo de 1.9 cm (juveniles; Caso, 1994) y máximo de 11.5 cm (adultos; Ziesenhenné, 1937), valores dentro del intervalo de tamaños observados en los organismos de Los Arcos, por lo que se concluye que la población está representada por individuos juveniles y adultos.

Con respecto a los números registrados, se han reportado abundancias desde dos hasta siete individuos de *L. bellonae* en las áreas del Golfo de California, Sinaloa, Jalisco, Colima, Guerrero y Oaxaca, durante no más de tres campañas de muestreo (Caso, 1986; Caso, 1994; Ziesenhenné, 1937). Estos valores son similares a lo observado en Los Arcos durante los años 2022 y 2023 en donde solo fueron avistados dos individuos. Sin embargo, en el año 2021 se observó un total de 630 individuos, abundancia que supera a lo anteriormente reportado y que corresponde aproximadamente a un incremento



Tabla 1

Registros de *Luidia bellonae* en los estados de la costa del Pacífico de México. / **Table 1.** Records of *Luidia bellonae* in the states of the Mexican Pacific coast.

Estado	Sitio	Referencia
Baja California	Isla Guadalupe, Puerto Refugio, Bahía de los Ángeles	Herrero-Pérezrul et al. (2008); Maluf (1991); Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2014a); Solís-Marín et al. (2005), Solís-Marín et al. (2014)
Baja California Sur	Bahía Magdalena, Isla Espíritu Santo, Punta San Marcial, Bahía Santa Inés	Honey-Escandón et al. (2008); SEMARNAT & CONANP (2014b); Solís-Marín et al. (1993), Solís-Marín et al. (2005), Solís-Marín et al. (2014); Ziesenhenné (1937)
Sonora	Punta Arboleda	Caso (1994); Solís-Marín et al. (1993), Solís-Marín et al. (2005), Solís-Marín et al. (2014)
Sinaloa	Mazatlán	Bernasconi (1943); Caso (1961); Caso (1979); De Loriol (1891); Fisher (1906); Solís-Marín et al. (1993), Solís-Marín et al. (2014)
Nayarit	Sin registro	-
Jalisco	Chamela	Clark (1940)
Colima	Manzanillo	Caso (1961); Clark (1940)
Michoacán	-	Nava-Bravo et al. (2019)
Guerrero	-	Granja-Fernández et al. (2015); Honey-Escandón et al. (2008); Solís-Marín et al. (1993)
Oaxaca	-	Bastida-Zavala et al. (2013); Benítez-Villalobos et al. (2008); Granja-Fernández et al. (2015); Honey-Escandón et al. (2008)
Chiapas	Sin registro	-
Islas Revillagigedo	Isla Clarión	Bautista-Romero et al. (1994); Maluf (1991); Maluf & Brusca (2005)
Golfo de California	-	Brusca (2007); Caso (1979), Caso (1986), Caso (1994); Cintra-Buenrostro (2001); Clark (1940); Clark (1989); Herrero-Pérezrul et al. (2008); Hickman (1998); Maluf (1988); Maluf & Brusca (2005); Solís-Marín et al. (2005), Solís-Marín et al. (2014); Ziesenhenné (1937)

Nota: Se menciona el sitio si fue detallado en las referencias. En Colima se incluyen sitios continentales y no se consideran las Islas Revillagigedo porque se especifican por separado. Golfo de California se incluye porque hay referencias que sólo especifican así el registro. / Note: The site is mentioned if it was detailed in the references. In Colima, continental sites are included and the Revillagigedo Islands are not considered because they are specified separately. Gulf of California is included because there are references that only specify the record as such.

de 90 veces respecto a lo comúnmente observado; por lo tanto, esta tendencia puede considerarse como una agregación masiva.

En México, las agregaciones masivas de estrellas de mar solo se habían reportado para *P. cumingi* con una abundancia total de hasta más de 40 individuos y una densidad de 5 ind/m² en localidades del Golfo de California (Reyes-Bonilla et al., 2018) y de hasta 2.03 ind/m² para Bahía de Chamela (Galván-Villa & Solís-Marín, 2021). Para *A. planci* se observó una abundancia máxima de 27 individuos por mes y una densidad promedio de aproximadamente 600 ind/ha (Rodríguez-Villalobos & Ayala-Bocos,

2021). Estos números se encuentran por debajo de la máxima encontrada durante el presente trabajo para *L. bellonae*.

Además de que la aparición de los ejemplares de *L. bellonae* en Los Arcos en 2021 fue repentina, también fue corta, ya que unas semanas después en el sitio ya no se observó su presencia ni su abundancia masiva. Cabe destacar que la presencia en ese lugar y fecha, no fue solo de esta estrella, sino de otros equinodermos en grandes cantidades o comportamiento inusual, incluidos los holoturoideos *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Fig. 4) y *Cucumaria flamma* Solís-Marín & Laguarda-Figuera, 1999,



Fig. 4. Ejemplar del holoturoideo *Isostichopus fuscus* con individuos del ofiuroido *Ophiothrix* encima, en Los Arcos, Bahía de Banderas. Durante la agregación masiva de *Luidia bellonae* también se observaron otros equinodermos con comportamiento inusual en el sitio. / **Fig. 4.** Specimen of holothuroid *Isostichopus fuscus* with individuals of the ophiurid *Ophiothrix* on top of it, in Los Arcos, Bahía de Banderas. Other echinoderms with unusual behavior were also observed at the site during the *Luidia bellonae* massive aggregation.

las estrellas *Nidorellia armata* (Gray, 1840) y *P. cumingi*, el erizo rosado *Toxopneustes roseus* (A. Agassiz, 1863) y el erizo lápiz *Eucidaris thouarsii* (L. Agassiz & Desor, 1846), así como varios ofiuroides, incluidos *O. (O.) spiculata* (Fig. 4), *Ophiothela mirabilis* (Verrill, 1867) y *Ophionereis annulata* (Le Conte, 1851). Para Los Arcos sólo se habían reportado previamente ocho especies de equinodermos; dos asteroideos: *Pharia pyramidata* (Gray, 1840) y *Phataria unifascialis* (Gray, 1840); cuatro ofiuroides: *Ophiactis savignyi* (Müller & Troschel, 1842), *Ophiactis simplex* (Le Conte, 1851), *O. (O.) spiculata* y *O. mirabilis*; y dos equinoideos: *E. thouarsii* y *Echinometra vanbrunti* A. Agassiz, 1863 (Granja-Fernández et al., 2017; Luke 1982). Con el nuevo registro de *L. bellonae* y

las otras especies que fueron observadas, el número de especies de equinodermos para Los Arcos aumenta a quince, casi lo doble del registro previo.

El repentino incremento en la población de *L. bellonae* pudo haber sido resultado de una combinación de factores, como variaciones físicas y ambientales, o incluso comportamientos directa o indirectamente relacionados a la alimentación o la reproducción, como ya ha sido reportado en otras estrellas de mar (e.g., Freeman et al., 2001; Reyes-Bonilla et al., 2005).

Acerca de las agregaciones de equinodermos, se ha observado en estrellas de mar del género *Astropecten* que los individuos hembras y machos suelen agregarse en densidades altas con la finalidad de sincronizar el desove, lo



que asegura una alta densidad de gametos y, en consecuencia, un incremento en el éxito de fertilización (Freeman et al., 2001). Por otro lado, se han documentado mayores abundancias de estrellas de mar durante eventos de surgencias (Rezende-Ventura & da Costa-Fernandes, 1995), donde se presentan masas de agua con temperatura del agua más baja y además se incrementa la cantidad de alimento disponible (e.g. detritus, zooplankton) (Fernández-Álamo & Färber-Lorda, 2006; Lavín et al., 2006). La temperatura del agua durante los días de observación de agregación masiva de *L. bellonae*, fue particularmente baja, con valores hasta de 15 °C, y la cantidad de nutrientes en el agua limitaban la visibilidad durante los buceos. Esta condición es regularmente observada en Bahía de Banderas durante el invierno y la primavera, durante las cuales se registran bajas temperaturas y altos nutrientes (López-Sandoval et al., 2009). Este elevado subsidio de materia orgánica puede explicar el incremento de la densidad poblacional de algunas especies de asteroideos detritívoros (Reyes-Bonilla et al., 2005). Aún se desconoce el tipo de alimentación de *L. bellonae*, sin embargo, otras especies del género, como *Luidia clathrata* (Say, 1825), puede alternar una alimentación detritívora y macrófaga (McClintock et al., 1983).

Finalmente, llama la atención que la agregación masiva de *L. bellonae* en Bahía de Banderas ocurrió durante el día, ya que en general las especies del género *Luidia* del Pacífico mexicano suelen vivir enterradas y escondidas en el sedimento, por lo que suelen tener mayor actividad durante la noche (C. Galván-Villa, obs. pers., 2023). El registro de esta especie de asteroideo nunca reportada previamente en el sitio, así como la alta cantidad de ejemplares encontrados, demuestra la necesidad de más estudios poblacionales para entender mejor la dinámica de las diferentes especies de equinodermos y otros animales marinos, así como la influencia que tienen las condiciones ambientales en sus ciclos de vida.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación

y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Armando Pérez y Bahía Unida por el apoyo para realizar los muestreos. A Antonella Lavorato por el apoyo en campo. A Brenda Maya por la ayuda en la recopilación de datos de literatura. Este estudio es parte de la investigación posdoctoral de RGF (CONACYT 332289) asesorada por Fabián Alejandro Rodríguez Zaragoza en CUCBA, Universidad de Guadalajara. A Dawn Lussier por promover el conocimiento de las estrellas de mar.

REFERENCIAS

- 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. [https://doi.org/10.2984/1534-6188\(2008\)62\[579:SOAABO\]2.CO;2](https://doi.org/10.2984/1534-6188(2008)62[579:SOAABO]2.CO;2)
- Alvarez, R. (2007). Submarine topography and faulting in Bahía de Banderas, Mexico. *Geofísica Internacional*, 46(2), 93–116.
- Balzaretti-Merino, N., Bravo-Olivas, M. L., Chávez-Dagostino, R. M., & Medina-Rosas, P. (2021). Impacts of Recreational SCUBA diving on a Natural Area in Puerto Vallarta, Mexico. *Sustainability*, 13, 6249. <https://doi.org/10.3390/su13116249>
- Bastida-Zavala, R., García-Madrugal, M. S., Rosas-Alquicira, E. F., López-Pérez, R. A., Benítez-Villalobos, F., Meraz-Hernando, F. J., Torres-Huerta, A. M., Montoya-Márquez, A., & Barrientos-Luján, N. A. (2013). Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. *Check List* 9(2), 329–390. <https://doi.org/10.15560/9.2.329>
- Bautista-Romero, J., Reyes-Bonilla, H., Lluch-Cota, D. B., & Lluch-Cota, S. E. (1994). Aspectos generales de la fauna marina. En A. Ortega Rubio, & A. Castellanos Vera (Eds), *La Isla Socorro, Reserva de la Biósfera*

- Archipiélago de Revillagigedo* (pp. 247–275). Centro de Investigaciones Biológicas del noroeste S. C.
- Benítez-Villalobos, F., Castillo-Lorenzano, E., & González-Espinosa, G. S. (2008). Listado taxonómico de los equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Echinoidea) de la costa de Oaxaca en el Pacífico sur mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 56(S3), 75–81. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27080>
- Bernasconi, I. (1943). Los asteroideos sudamericanos de la familia Luidiidae. *Anales del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 61(7), 1–20.
- Brusca, R. C. (2007). Invertebrate biodiversity in the northern Gulf of California. En R. S. Felger, & W. Broyles (Eds.). *Great Natural Reserves of the Sonoran Desert*. (pp. 418–504). University of Utah Press.
- Caso, M. E. (1961). *Estado actual de los conocimientos acerca de los Equinodermos de México* [Tesis de Doctorado no publicada]. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Caso, M. E. (1979). Los equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación Especial*, 6(1), 197–368.
- Caso, M. E. (1986). Los equinodermos del Golfo de California colectados en las campañas SIPCO I-II-III a bordo del B/O “El Puma”. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 13(1), 91–184.
- Caso, M. E. (1994). Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los asteroideos colectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación Especial*, 12, 1–111.
- Cintra-Buenrostro, C. E. (2001). Los Asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de aguas someras del Golfo de California, México. *Océanides*, 16, 49–90.
- Clark, A. M. (1989). An index of names of recent Asteroidea. Part. 1: Paxillosida and Notomyotida. *Echinoderm Studies*, 3, 225–347.
- Clark, H. L. (1940). XXI. Notes on Echinoderms from the West Coast of Central America. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. *Zoologica*, 25(22), 331–352.
- De Loriol, P. (1891). Notes pour servir à l'étude des Echinodermes. *Mémoires de la Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève*, 1890(8), 1–31.
- Diario Oficial de la Federación, DOF. (1975). Acuerdo que establece como zona de refugio para la protección de la flora y fauna marinas, las aguas comprendidas en “Los Arcos”, Jalisco. 28 de julio de 1975. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4785822&fecha=28/07/1975#gsc.tab=0
- Fernández-Álamo, M. A., & Färber-Lorda, J. (2006). Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69, 318–359. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.003>
- Fisher, W. K. (1906). New starfishes from the Pacific Coast of North America. *Proceedings of the Washington Academy of Sciences*, 8, 111–139.
- Freeman, S. M., Richardson, C. A., & Seed, R. (2001). Seasonal abundance, spatial distribution, spawning and growth of *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *Estuarine and Coastal Marine Science*, 53, 39–49.
- Galván-Villa, C. M., & Solís-Marín, F. A. (2021). Population size structure and abnormalities in the number of rays of the Sea Star *Pentaceraster cumingi* (Valvatiada: Oreasteridae) in Bahía Chamela, Mexican Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 262–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.43239>
- Glynn, P. W., & Leyte-Morales, G. E. (1997). Coral reefs of Huatulco, West Mexico: reefs development in upwelling gulf of Tehuantepec. *Revista de Biología Tropical*, 45(3), 1033–1047.
- Granja-Fernández, R., Solís-Marín, F. A., Benítez-Villalobos, F., Herrero-Pérezrul, M. D., & López-Pérez, A. (2015). Checklist of echinoderms (Echinodermata) from the Southern Mexican Pacific: a historical review. *Revista de Biología Tropical*, 63(S2), 87–114. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23131>
- Granja-Fernández, R., Rodríguez-Troncoso, A. P., Herrero-Pérezrul, M. D., Sotelo-Casas, R. C., Flores-Ortega, J. R., Godínez-Domínguez, E., Salazar-Silva, P., Alarcón-Ortega, L. C., Cazares-Salazar, A., & Cupul-Magaña, A. L. (2017). Ophiuroidea (Echinodermata) from the Central Mexican Pacific: an updated checklist including new distribution records. *Marine Biodiversity*, 47, 167–177. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0459-4>
- Granja-Fernández, R., Maya-Alvarado, B., Cupul-Magaña, A. L., Rodríguez-Troncoso, A. P., Solís-Marín, F. A., & Sotelo-Casas, R. C. (2021). Echinoderms (Echinodermata) from the Central Mexican Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 69(S1), 219–253. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69iSuppl.1.46356>
- Hermosillo-Núñez, B. B., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Ortiz, M., Calderón-Aguilera, L. E., & Cupul-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*, 25, 2137–2152. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1182-y>
- Herrero-Pérezrul, M. D., Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., Cintra-Buenrostro, C., & Rojas-Sierra,



- A. (2008). Equinodermos, En G. D. Danemann & E. Ezcurra (Eds.), *Bahía de los Ángeles* (pp. 339–362). Pronatura.
- Hickman, C. P. (1998). *A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos*. Sugar Spring Press.
- Honey-Escandón, M., Solís-Marín, F. A., & Laguarda-Figueras, A. (2008). Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 56(S3), 57–73. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27079>
- Lavín, M. F., Fiedler, P. C., Amador, J. A., Ballance, L. T., Färber-Lorda, J., & Mestas-Núñez, A. M. (2006). A review of eastern tropical Pacific oceanography: Summary. *Progress in Oceanography*, 69, 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.005>
- López-Sandoval, D. C., Lara-Lara, J. R., Lavín, M. F., Álvarez-Borrego, S., & Gaxiola-Castro, G. (2009). Productividad primaria en el Pacífico oriental tropical adyacente a Cabo Corrientes, México. *Ciencias Marinas*, 35(2), 169–182.
- Luke, S. R. (1982). *Catalog of the benthic invertebrate collections of the SCRIPPS Institution of Oceanography, Echinodermata*. California, SCRIPPS Institution of Oceanography & University of California.
- Maluf, L. Y. (1988). *Composition and distribution on the Central Eastern Pacific echinoderms*. Natural History Museum of Los Angeles County Technical Reports.
- Maluf, L. Y. (1991). Echinoderm Fauna of the Galapagos Islands. En M. J. James (Ed.), *Galapagos Marine Invertebrates: Taxonomy, Biogeography and Evolution in Darwin's Islands* (pp. 345–367). Plenum Press.
- Maluf, L. Y., & Brusca, R. C. (2005). Echinodermata. En M. E. Hendrickx, R. C. Brusca & L. T. Findley (Eds.), *Listado y Distribución de la Macrofauna del Golfo de California, México, Parte I. Invertebrados* (pp. 327–343). Arizona-Sonora Desert Museum.
- McClintock, J. B., Klinger, T. S., & Lawrence J. M. (1983). Extraoral feeding in *Luidia clathrata* (Say) (Echinodermata: Asteroidea). *Bulletin of Marine Science*, 33(1), 171–172.
- Medina-Rosas, P., & Cupul-Magaña, A. (2001). Los corales del área protegida Los Arcos: Sobrevivir a impactos humanos y naturales. *Mexicoa*, 3, 86–91.
- Nava-Bravo, H. H., Solís-Marín, F. A., Fuentes-Farías, A. L., Cruz-Barraza, J. A., Bastida-Zavala, J. R., Laguarda-Figueras, A., García-Madrugal, M. S., Sosa-Yáñez, A., Meléndez-Herrera, E., Jiménez-Rico, L. L., & Conejeros-Vargas, C. A. (2019). Invertebrados marinos. Apéndice 35. En A. Cruz-Angón, K. C. Nájera-Cordero, & E. D. Melgarejo (Ed.), *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, (Vol. II, pp. 291–306). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., & Rojas-Sierra, A. (2005). Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(S3), 233–244. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3.26779>
- Reyes-Bonilla, H., Vázquez-Arce, D., González-Cuéllar, O. T., Herrero-Pérezrul, M. D., & Weaver, A. H. (2018). Mass aggregation of the cushion starfish *Pentaceraster cumingi* in the southern Gulf of California. *Marine Biodiversity*, 48, 949–950. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0529-7>
- Rezende-Ventura, C. R., & da Costa-Fernandes, F. (1995). Bathymetric distribution and population size structure of *Paxillosid seastars* (Echinodermata) in the Cabo Frio upwelling ecosystem of Brazil. *Bulletin of Marine Science*, 56(1), 268–282.
- Rodríguez-Villalobos, J. C., & Ayala-Bocos, A. (2021). Depredación masiva por *Acanthaster planci* en el arrecife El Corralito, golfo de California: amenaza a corto plazo. *Revista de Biología Tropical*, 69(S1), 272–286. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69iSuppl.1.46359>
- Scheibling, R. E. (1980). Dynamics and feeding activity of high-density aggregations of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) in a sand patch habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 2(4), 321–327.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), & Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2014a). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Zona Marina Bahía de Los Ángeles, Canales de Ballenas y de Salsipuedes. SEMARNAT, CONANP, Gobierno de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), & Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2014b). *Programa de Manejo Parque Nacional exclusivamente la zona del Archipiélago de Espíritu Santo*. SEMARNAT, CONANP, Gobierno de México.
- Solís-Marín, F. A., Herrero-Pérezrul, M. D., Laguarda-Figueras, A., & Torres-Vega, J. (1993). Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). En S. I. Salazar-Vallejo & N. E. González (Eds.), *Biodiversidad marina y costera de México* (pp. 91–105). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad & Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A., Ahearn-Gust, A., & Torres-Vega, J. (2005). Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(S3), 123–137.
- Solís-Marín, F. A., Alvarado, J. J., Abreu-Pérez, M., Aguilera, O., Alió, J., Bacallado-Aránega, J. J., Barraza, E., Benavides-Serrato, M., Benítez-Villalobos, F., Betancourt-Fernández, L., Borges, M., Brandt, M., Brogger, M. I., Borrero-Pérez, G.H., Buitrón-Sánchez, B. E., Campos, L.S., Cantera, J., Clemente, S., Cohen-Renjifo, M., ...

- Williams, S. M. (2013). Appendix. En J. J. Alvarado & F. A. Solís-Marín (Eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. (pp. 543–654) Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20051-9>
- Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Estrada-Rodríguez, P., Honey-Escandón, M. B. I., Cao-Romero, C. M., & Durán-González, A. (2014). *Los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) del Golfo de California*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.
- Sotelo-Casas, R. C., Cupul-Magaña, A. L., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Solís-Marín, F. A., & Rodríguez-Troncoso, A. P. (2018). Structural and environmental effects on an assemblage of echinoderms associated with a coral community. *Marine Biodiversity*, 48, 1401–1411. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0622-y>
- Ziesenhenné, F. C. (1937). Echinoderms from the west coast of Lower California, the Gulf of California and Clarion Island. *Zoologica*, 22(15), 209–239.