

Online ISSN: 2395-9053
Micromollusk families in 2 contrasting seasons in Bahía de los Angeles, Gulf of California, Mexico

Familias de micromoluscos durante 2 periodos contrastantes en Bahía de los Angeles, golfo de California, México

[Elena Solana-Arellano*](#), [Victoria Díaz-Castañeda](#), [Olga Flores-Uzeta](#)

Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 22860 Ensenada, Baja California, Mexico.

* Corresponding author. E-mail: esolana@cicese.mx

ABSTRACT. Marine mollusks provide important ecosystem services. They create habitats for benthic organisms, filter water, biodeposit organic carbon in the seafloor, and serve as food sources for other organisms. Studies of mollusk diversity require time-consuming methods to process samples and identify species. Thus, it is not surprising that most studies have focused on macromollusks that can be collected and processed easily, ignoring micromollusk species. Without understanding the ecology and distributions of micromollusks properly, it is impossible to assess their populations and implement adequate conservation measures. Here we present microgastropods collected in Bahía de los Angeles at the family level for September 2013 (summer) and February 2014 (winter). During each season, we sampled 6 coastal sediment stations, and analyzed depth, salinity, temperature, granulometry, and organic matter. A total of 20,353 specimens were collected: 15,310 in summer and 5,043 in winter. Seven micromollusk families were identified: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae, and Tornidae. Caecidae and Barleeidae exhibited the highest densities among all families in summer and winter, respectively (278,044 ind·m⁻², 142,222 ind·m⁻²). The lowest densities for summer and winter were observed for the Tornidae family (~1,867 ind·m⁻², ~1,411 ind·m⁻²). Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Rissoidae, and Tornidae were classified as herbivorous and detritivorous; Eulimidae and Pyramidellidae, as carnivorous and ectoparasitic. Tornidae and Eulimidae showed symbiotic relationships with various invertebrate species. The Bayesian analysis of variance indicated a high probability of differences only in summer (BF > 3). When comparing the stations in both periods, all stations, except station 6, showed differences between periods (BF > 3). The canonical correlation analysis indicated some associations between family abundances and temperature. This study provides valuable information that expands the knowledge of micromollusk biodiversity in the coastal area of Bahía de los Angeles, an important site for conservation in Mexico.

Key words: microgastropods, feeding guild, biodiversity, Gulf of California.

RESUMEN. Los moluscos marinos brindan importantes servicios ecosistémicos debido a que generan hábitats para organismos bentónicos, filtran agua, biodepositan carbono orgánico en el fondo marino y sirven como fuente de alimento para otros organismos. Los estudios de diversidad de moluscos requieren métodos de muestreo e identificación de especies muy tardados. Por lo tanto, no sorprende que la mayoría de los estudios se centren en los macromoluscos, los cuales son fácilmente recolectados y procesados, ignorando las especies de micromoluscos cuya identificación es difícil y tardada. Si no se comprende la ecología y distribución de los micromoluscos, es imposible evaluar sus poblaciones e implementar medidas de conservación. Aquí presentamos microgasterópodos recolectados en Bahía de los Angeles a nivel de familia en 2 muestreos, en septiembre de 2013 (verano) y en febrero de 2014 (invierno). En cada temporada, muestreamos 6 estaciones costeras y realizamos mediciones de profundidad, salinidad, temperatura, granulometría y contenido de materia orgánica. Se recolectaron 20,353 ejemplares: 15,310 en verano y 5,043 en invierno. Se identificaron 7 familias: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae y Tornidae. Caecidae y Barleeidae presentaron la máxima densidad en verano e invierno, respectivamente (278,044 ind·m⁻², 142,222 ind·m⁻²). Tornidae presentó las densidades más bajas para verano e invierno (~1,867 ind·m⁻², ~1,411 ind·m⁻²). Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Rissoidae y Tornidae se clasificaron como herbívoros y detritívoros; Eulimidae y Pyramidellidae, como carnívoros y ectoparásitos. Tornidae y Eulimidae muestran relaciones simbióticas con varias especies de invertebrados. El análisis bayesiano indicó una alta probabilidad de diferencias para verano (BF > 3). Al comparar la misma estación entre muestreos, solo la estación 6 mostró diferencias entre periodos (BF > 3). Este estudio brinda información valiosa que amplía el conocimiento de la biodiversidad de micromoluscos en la zona costera de Bahía de los Angeles, un importante sitio de conservación en México.

Palabras clave: microgasterópodos, niveles tróficos, gremios tróficos, golfo de California.

Received 08 June 2022; accepted 16 March 2023; published 31 August 2023

Screened via Similarity Check powered by iThenticate

Open Access



©Elena Solana-Arellano, Victoria Díaz-Castañeda, Olga Flores-Uzeta.

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows you to share and adapt the work, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. Figures, tables, and other elements in the article are included in the article's CC BY 4.0 license, unless otherwise indicated. You must seek permission from the copyright holder for use of material not covered by this license. The journal title is protected by copyrights owned by Universidad Autónoma de Baja California, and the journal title and logo are not subject to this license.

INTRODUCTION

Mollusca is an ancient phylum. Indeed, the first records indicate that mollusks date back to the Cambrian period (Ponder and Lindberg 2008). To date, 85,000 living molluscan species have been described (Chapman 2009), of which ~30,000 species are found only in marine environments. Marine mollusks provide important ecosystem services; they create habitats for benthic organisms (e.g., oyster and mussel beds and vermetid reefs), filter water, biodeposit organic carbon in the seafloor, and serve as food sources for other organisms (Gazeau et al. 2013).

Micromollusks (adults <5 mm, Geiger et al. 2007; adults <10 mm, Barrera and Tunnell 2001) are of great ecological importance. These tiny mollusks are consumed by many organisms in higher trophic levels and constitute important food items in their diets. For example, both blue crabs (*Callinectes sapidus*) and red octopuses (*Octopus maya*) consume large quantities of micromollusks. In addition, larger mollusks also consume micromollusks after piercing their shells with their radulae (Naim 1988). Empty micromollusk shells are then used by juvenile hermit crabs, while both occupied and empty shells serve as substrates for bryozoans and other encrusting species. Furthermore, many microherbivorous gastropods feed on seaweeds or epiphytes that grow on micromollusk shells (Shacklock and Doyle 1983, Naim 1988, Narciso et al. 2005, Srivastava and Sinh 2021). Given their importance as food sources within trophic webs and as substrates for other organisms, the roles of micromollusks within ecosystems cannot be ignored.

Information on feeding guilds is needed to understand how benthic communities function and how energy is transferred through food webs (Pimm 1982, Arruda et al. 2003, Pagliosa 2005). As micromollusks are major components of ecosystems in terms of richness and abundance, they play important roles in the energy transfer process as both predators and prey items for other organisms. However, studies of mollusk populations require time-consuming sampling efforts, specific techniques and equipment, and specialized training to identify species properly. This is especially true for micromollusks, as studies of their taxonomic composition show even greater challenges than those of macromollusks due to the limited availability of taxonomic keys and information. Adult micromollusks measure at most 10 mm, and some are almost invisible to the naked eye, thus sorting individuals from marine sediments is laborious. As a result, most information on mollusks has focused on macromollusks and ignored or underestimated the abundance and diversity of micromollusks (Narciso et al. 2005, Middelfart et al. 2016).

Sasaki (2008) points out that finding and describing micromollusk species represents an unlimited frontier for uncovering new insights because these species have only been described in a few habitats, namely submarine caves, hydrothermal vents, sediments, coralline turf, and some cryptic environments like those formed by sunken wood (Olabarria

INTRODUCCIÓN

Mollusca es un filo antiguo. De hecho, los primeros registros indican que los moluscos se remontan al periodo Cámbrico (Ponder y Lindberg 2008). Hasta la fecha, se han descrito 85,000 especies vivientes de moluscos (Chapman 2009), de las cuales ~30,000 especies se encuentran solo en ambientes marinos. Los moluscos marinos brindan importantes servicios ecosistémicos; crean hábitats para organismos bénticos (e.g., bancos de ostras y mejillones y arrecifes de verméticos), filtran agua, biodepositan carbono orgánico en el fondo marino y sirven como fuente de alimento para otros organismos (Gazeau et al. 2013).

Los micromoluscos (adultos <5 mm, Geiger et al. 2007; adultos <10 mm, Barrera y Tunnell 2001) son de gran importancia ecológica. Estos diminutos moluscos son consumidos por muchos organismos en niveles tróficos superiores y constituyen alimentos importantes en sus dietas. Por ejemplo, tanto la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) como el pulpo rojo (*Octopus maya*) consumen grandes cantidades de micromoluscos. Además, moluscos más grandes también consumen micromoluscos después de perforar sus caparazones con sus rádulas (Naim 1988). Los cangrejos ermitaños juveniles utilizan las conchas de micromoluscos vacías, mientras que las conchas vacías y ocupadas sirven como sustratos para los briozoos y otras especies incrustantes. Además, muchos gasterópodos microherbívoros se alimentan de algas o epífitas que crecen sobre los caparazones de micromoluscos (Shacklock y Doyle 1983, Naim 1988, Narciso et al. 2005, Srivastava y Sinh 2021). Dada su importancia como fuentes de alimento dentro de las redes tróficas y como sustratos para otros organismos, no se puede ignorar el papel de los micromoluscos dentro de los ecosistemas.

Se necesita información sobre los gremios tróficos para comprender cómo funcionan las comunidades bénticas y cómo se transfiere la energía a través de las redes alimentarias (Pimm 1982, Arruda et al. 2003, Pagliosa 2005). Dado que los micromoluscos son componentes importantes de los ecosistemas en términos de riqueza y abundancia, desempeñan un papel importante en el proceso de transferencia de energía como depredadores y presas de otros organismos. Sin embargo, para los estudios de las poblaciones de moluscos se necesitan esfuerzos de muestreo muy tardados, técnicas y equipos específicos y capacitación especializada para identificar las especies adecuadamente. Esto es especialmente cierto para los micromoluscos, ya que los estudios de su composición taxonómica presentan desafíos aún mayores que los de los macromoluscos debido a la disponibilidad limitada de claves e información taxonómica. Los micromoluscos adultos miden máximo 10 mm, y algunos son casi invisibles a simple vista, por lo que la clasificación de los individuos de los sedimentos marinos es laboriosa. Como resultado, la mayor parte de la información sobre los moluscos se ha centrado en los macromoluscos y ha ignorado o subestimado la abundancia

and Chapman 2001). Therefore, the search for micromollusks needs to expand in environments that have yet to be studied well and may harbor a great diversity and richness of species. Some of these environments may even be contained within other organisms. For example, the Eulimidae family contains parasitic species that feed on echinoderms, such as sea cucumbers and starfish, and the Pyramidellidae family contains ectoparasitic species that feed on the bodily fluids of various invertebrates, especially those of polychaete worms or other mollusks (Ankel 1949, Robertson and Mau-Lastovicka 1979, Esparza-Carrera et al. 2018).

Most studies of marine micromollusks in Mexico have been conducted in the Gulf of Mexico such as the study by Blanco et al. (2016) of microgasteropods in Isla Verde, Veracruz, and those by García-Cubas (1969), García-Cubas (1982), and García-Cubas (1991). However, other studies have also been conducted along the Pacific coast of Mexico. In the state of Guerrero, Garcés-Salazar (2011) analyzed microbivalves, and García-Tello (2013) reported 71 species of microgasteropods. Hansen-Bernal (2014) also studied micromollusks from the Pacific coast of Mexico and examined those associated with macroalgae in the intertidal zone. Esparza-Carrera et al. (2018) collected specimens of 52 families and 121 micromollusk species from the tropical Pacific coast of Mexico, 76% of which were gastropods and 13% were bivalves.

Studies of micromollusks have also been conducted in the Gulf of California. Schwartzlose et al. (1992) gathered bibliographic information of diverse mollusk taxa in the Gulf of California. Among these studies, Baker et al. (1928) described *Pyramellidae* mollusks, Baker et al. (1930, 1938) collected *Rissoidae* and *Epitoniidae* specimens, and Skoglund (1965) studied microgasteropods from Cholla Bay, Sonora, in the upper Gulf of California. In addition, Castillo-Rodríguez (2014) and Tripp-Quezada et al. (2018) studied the composition and structure of micromollusk communities in the Gulf of California. In Nayarit, Tapia-Díaz (2018) collected specimens of 29 families, 41 genera, and 53 species of micromollusks.

Other studies have covered larger areas such as the study by Aguilera-Vilchis and Rivas-Lechuga (2022) that analyzed the state of knowledge of the genus *Caecum* in Mexico and reported 31 species in the Pacific coast of Mexico and 26 species in the Atlantic coast. Bartsch (1920) described 13 species of *Barleeia* from San Diego and other coastal areas of California and 4 species of *Rissoellidae* from Mazatlán at the entrance to the Gulf of California and multiple sites along the Baja California Peninsula, which included the San Ignacio Lagoon, Todos Santos Bay, Punta Abreojos, and Cabo San Lucas. A century later, Raines (2020) reviewed thousands of specimens from Alaska to Chile along the eastern Pacific and described 43 *Caecidae* species; 5 were new to science.

Although some information is available for micromollusk species in Mexico, it is quite limited. Therefore, it is necessary to improve our knowledge of the distributions and

y diversidad de los micromoluscos (Narciso et al. 2005, Middelfart et al. 2016).

Sasaki (2008) señaló que encontrar y describir especies de micromoluscos representa una frontera ilimitada para generar nuevos conocimientos, ya que estas especies se han descrito en pocos hábitats: cuevas submarinas, respiraderos hidrotermales, sedimentos, algas filamentosas corallinas y algunos entornos crípticos, como aquellos formados por madera hundida (Olabarria y Chapman 2001). Por lo tanto, la búsqueda de micromoluscos necesita expandirse en ambientes que no se han estudiado a fondo y pueden albergar una gran diversidad y riqueza de especies. Algunos de estos ambientes pueden incluso estar contenidos dentro de otros organismos. Por ejemplo, la familia Eulimidae contiene especies parásitas que se alimentan de equinodermos, como los pepinos de mar y las estrellas de mar, y la familia Pyramidellidae contiene especies ectoparásitas que se alimentan de los fluidos corporales de varios invertebrados, especialmente de los gusanos poliquetos u otros moluscos (Ankel 1949, Robertson y Mau-Lastovicka 1979, Esparza-Carrera et al. 2018).

En México, la mayoría de los estudios de micromoluscos marinos se han realizado en el golfo de México, como el estudio de Blanco et al. (2016) de microgasterópodos en isla Verde, Veracruz, y los de García-Cubas (1969), García-Cubas (1982) y García-Cubas (1991). Sin embargo, también se han realizado otros estudios a lo largo de la costa del Pacífico de México. En el estado de Guerrero, Garcés-Salazar (2011) analizó microbivalvos y García-Tello (2013) reportó 71 especies de microgasterópodos. Hansen-Bernal (2014) también estudió micromoluscos de la costa del Pacífico de México y examinó aquellos asociados con macroalgas en la zona intermareal. Esparza-Carrera et al. (2018) recolectaron especímenes de 52 familias y 121 especies de micromoluscos de la costa del Pacífico tropical de México, de los cuales 76% eran gasterópodos y 13% bivalvos.

También se han realizado estudios de micromoluscos en el golfo de California. Schwartzlose et al. (1992) recopilaron información bibliográfica de diversos taxones de moluscos en el golfo de California. Entre estos estudios, Baker et al. (1928) describieron moluscos Pyramellidae, Baker et al. (1930, 1938) recolectaron especímenes de Rissoidae y Epitoniidae y Skoglund (1965) estudió microgasterópodos de Cholla Bay, Sonora, en la parte superior del golfo de California. Además, Castillo-Rodríguez (2014) y Tripp-Quezada et al. (2018) estudiaron la composición y estructura de comunidades de micromoluscos en el golfo de California. En Nayarit, Tapia-Díaz (2018) recolectó ejemplares de 29 familias, 41 géneros y 53 especies de micromoluscos.

Otros estudios han abarcado áreas más amplias. Aguilera-Vilchis y Rivas-Lechuga (2022) analizaron el estado del conocimiento del género *Caecum* en México y reportaron 31 especies en la costa del Pacífico de México y 26 especies en la costa del Atlántico. Bartsch (1920) describió 13 especies de *Barleeia* de San Diego y otras áreas costeras de California y

ecology of micromollusk species in Mexico to assess populations properly, especially those in priority regions for the conservation of flora and fauna. Bahía de los Angeles (BLA) is currently protected. This coastal bay in the Gulf of California is ecologically important and biologically productive, and it provides nesting and foraging areas for several species of sea turtles (Seminoff et al. 2008) and an aggregation area for whale sharks (*Rhincodon typus*) that arrive each summer to feed (Rodríguez-Dowdell et al. 2008). The lack of sufficient information on the micromollusks of BLA has prevented adequate conservation measures from being implemented in this important conservation area. Thus, the objective of this study was to identify the families of microgastropods found in BLA.

MATERIALS AND METHODS

Study site and sample collection

BLA (28°95' N and 113°55' W; Fig. 1) is located in Baja California, Mexico, along the western coast of the Gulf of California in the Bahía de los Angeles, Canal de Ballenas, and Salsipuedes Biosphere Reserve. The tides are semidiurnal, and the climate is arid and highly influenced by the desert regions of the peninsula, with low rainfall and high evaporation rates (Cavazos 2008). BLA has little anthropogenic influence and its varied habitats that shelter diverse benthic organisms are relatively undisturbed.

Blanco-Betancourt et al. (2004) described sea surface temperatures (SST) in BLA that ranged between 28.7 °C in summer and 15.3 °C in winter. Amador-Buenrostro et al. (1991) indicated that the configuration of the bay and its bathymetry are responsible for its circulation; they detected a persistent gyre off Punta La Gringa in the northern and central areas of the bay and found that the strongest currents (3 cm·s⁻¹) are located at Punta La Gringa and in the southern region of the bay. However, wind-induced currents can reach speeds of 25 cm·s⁻¹.

A total of 24 sediment samples were collected from 6 stations distributed along the coastline (10–15 m depth) in September 2013 and February 2014, which were considered to be representative of summer and winter conditions, respectively. The 6 stations were relatively equidistant from each other (Fig. 1). During both summer and winter, 4 samples were collected in each station using a Petite Ponar Grab (Wildco, Yulee, FL, USA). Samples were sieved using a 1-mm mesh (Couto et al. 2010) and fixed with a 5% formaldehyde solution. Additional samples were taken to determine organic matter (OM) content, which was evaluated with the ignition loss method (Byers et al. 1978). SST and salinity (SL) measurements were also taken at each station using a YSI Pro2030 meter (Yellow Springs, OH, USA). For the granulometric analysis, 20-g sediment samples were dry-sieved through a series of mesh sieves (90 µm to 1 cm) and mechanically shaken for 15 min. The sediment retained in

4 especies de *Rissoellidae* de Mazatlán en la entrada al golfo de California y múltiples sitios a lo largo de la península de Baja California, que incluían la laguna San Ignacio, la bahía de Todos Santos, punta Abreojos y cabo San Lucas. Un siglo después, Raines (2020) revisó miles de especímenes desde Alaska hasta Chile a lo largo del Pacífico oriental y describió 43 especies de Caecidae; 5 eran nuevas para la ciencia.

Aunque se dispone de cierta información para las especies de micromoluscos en México, esta es bastante limitada. Por lo tanto, es necesario mejorar nuestro conocimiento sobre las distribuciones y la ecología de las especies de micromoluscos en México para evaluar adecuadamente las poblaciones, especialmente aquellas en regiones prioritarias para la conservación de la flora y la fauna. Actualmente, Bahía de los Ángeles (BLA) está protegida. Esta bahía costera en el golfo de California, ecológicamente importante y biológicamente productiva, proporciona áreas de anidación y alimentación para varias especies de tortugas marinas (Seminoff et al. 2008) y un área de agregación para tiburones ballena (*Rhincodon typus*) que llegan cada verano para alimentarse (Rodríguez-Dowdell et al. 2008). La falta de información sobre los micromoluscos de BLA ha impedido que se implementen medidas de conservación adecuadas en esta importante área de conservación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar las familias de microgasterópodos que se encuentran en BLA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y recolección de muestras

BLA (28°95' N y 113°55' W; Fig. 1) se encuentra en Baja California, México, a lo largo de la costa occidental del golfo de California en la Reserva de la Biosfera Bahía de los Ángeles, Canal de Ballenas y Salsipuedes. Las mareas son semidiurnas, y el clima es árido y muy influenciado por las regiones desérticas de la península, con escasas precipitaciones y altas tasas de evaporación (Cavazos 2008). BLA tiene poca influencia antropogénica y sus variados hábitats que albergan diversos organismos bénticos están relativamente intactos.

Blanco-Betancourt et al. (2004) describieron temperaturas superficiales del mar (TSM) en BLA que oscilaron entre 28.7 °C en verano y 15.3 °C en invierno. Amador-Buenrostro et al. (1991) indicaron que la circulación observada en la bahía es producida por su configuración y batimetría; ellos identificaron un giro persistente frente a punta La Gringa en las áreas norte y central de la bahía y encontraron que las corrientes más fuertes (3 cm·s⁻¹) se encuentran en punta La Gringa y en la región sur de la bahía. Las corrientes inducidas por el viento pueden alcanzar velocidades de 25 cm·s⁻¹.

Se recolectaron un total de 24 muestras de sedimentos de 6 estaciones distribuidas a lo largo de la costa (10-15 m de profundidad) en septiembre de 2013 y febrero de 2014, que se consideraron representativas de las condiciones de verano

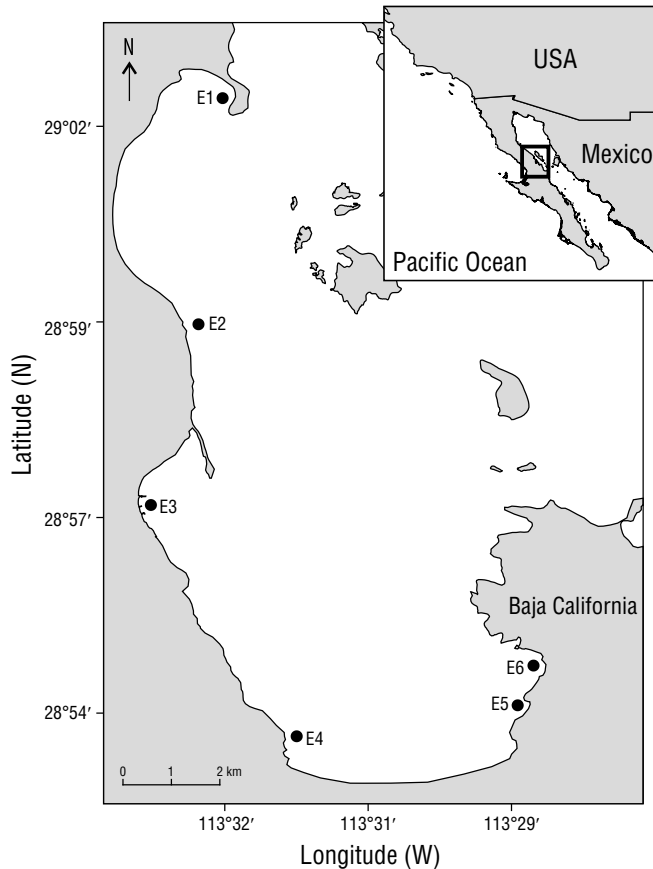


Figure 1. Study area and location of sampling stations (E1–E6, black dots). The stations covered the entire bay and had depths that ranged from 10–15 m.

Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo (E1–E6, puntos negros). Las estaciones cubrían toda la bahía y tenían profundidades que oscilaban entre 10 y 15 m.

each sieve was weighted with a Denver balance (resolution of ± 0.01 g). The granulometric classification was obtained with Sysgran v.3.0 (Folk and Ward 1957, Rendón-Márquez 1995).

Faunistic analysis

The samples were washed in the laboratory with tap water using a 500- μm mesh screen, and all fauna were stored in 70% ethanol. Organisms were grouped into the following taxa: crustaceans, echinoderms, mollusks, polychaetes, and miscellaneous. Sediment samples were processed to separate macrofauna and micromollusks. Organisms were counted and identified to the family level according to the criteria of Abbott (1974), Brusca (1980), and McLean and Gosliner (1996) using a Wild M10 Stereo Zoom Microscope (Leica, Wetzlar, Germany). The feeding guilds of each family were determined using the information available in the literature (Tripp-Quezada et al. 2018, Arvizu-Ruiz and Reyes Bonilla 2021, Srivastava and Singh 2021).

e invierno, respectivamente. Las 6 estaciones estaban relativamente equidistantes entre sí (Fig. 1). Durante el verano e invierno, se recolectaron 4 muestras en cada estación utilizando un Petite Ponar Grab (Wildco, Yulee, FL, EE. UU.). Las muestras se tamizaron con una malla de 1 mm (Couto et al. 2010) y se fijaron con una solución de formaldehído al 5%. Se tomaron muestras adicionales para determinar el contenido de materia orgánica (MO), la cual se evaluó con el método de pérdida por ignición (Byers et al. 1978). También se tomaron medidas de la TSM y salinidad (SL) en cada estación utilizando un medidor YSI Pro2030 (Yellow Springs, OH, EE. UU.). Para el análisis granulométrico, muestras de sedimento de 20 g se tamizaron en seco a través de una serie de tamices de malla (90 μm a 1 cm) y se agitaron mecánicamente durante 15 min. El sedimento retenido en cada tamiz se pesó con una balanza Denver (resolución de ± 0.01 g). La clasificación granulométrica se obtuvo con Sysgran v.3.0 (Folk y Ward 1957, Rendón-Márquez 1995).

Análisis faunístico

Las muestras se lavaron en el laboratorio con agua corriente utilizando un tamiz de malla de 500 μm y toda la fauna se almacenó en etanol al 70%. Los organismos se agruparon en los siguientes taxones: crustáceos, equinodermos, moluscos, poliquetos y misceláneos. Las muestras de sedimentos se procesaron para separar macrofauna y micromoluscos. Los organismos se contaron e identificaron a nivel de familia según los criterios de Abbott (1974), Brusca (1980) y McLean y Gosliner (1996) utilizando un microscopio Wild M10 Stereo Zoom (Leica, Wetzlar, Alemania). Los gremios tróficos de cada familia se determinaron utilizando la información disponible en la literatura (Tripp-Quezada et al. 2018, Arvizu-Ruiz y Reyes Bonilla 2021, Srivastava y Singh 2021).

Análisis de datos

Utilizamos un análisis de varianza bayesiano (ANDEVA) debido a su naturaleza probabilística (Box y Tiao 2011) para detectar diferencias en la densidad de micromoluscos entre verano e invierno. Se realizó un análisis de correlación canónica (ACC) para analizar la composición de los grupos bentónicos a nivel de familia y las posibles relaciones con variables ambientales (TSM, SL y MO). Todos los análisis se realizaron en R v.4.0.0 (R Core Team 2020). Para el ACC, no consideramos a la familia Tornidae porque, cuando incluimos esta familia, los datos no cumplieron con los requisitos para el análisis, lo que probablemente se debió a la baja abundancia de esta familia en ambas temporadas.

RESULTADOS

Se recogieron un total de 20,353 ejemplares con 15,310 en verano y 5,043 en invierno. Identificamos 7

Data analyses

We used a Bayesian analysis of variance (ANOVA) due to its probabilistic nature (Box and Tiao 2011) to detect differences in micromollusk density between summer and winter. A canonical correlation analysis (CCA) was performed to analyze the composition of benthic groups at the family level and the potential relationships with environmental variables (SST, SL, and OM). All analyses were conducted in R v.4.0.0 (R Core Team 2020). For the CCA, we did not consider the Tornidae family because, when we included this family, the data did not meet the requirements for the analysis, which was probably due to the low abundance of this family in both seasons.

RESULTS

A total of 20,353 specimens were collected with 15,310 in summer and 5,043 in winter. We identified 7 micromollusk families in the samples in both seasons: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae, and Tornidae. As Eulimidae was represented by very few organisms in both seasons (<30 individuals), this family was discarded from the statistical analyses to avoid bias arising from an excess of zeros. Table 1 shows the total abundance per family in both periods and the corresponding feeding guilds and trophic levels. Density values also showed a similar pattern, with 679,200 ind·m⁻² and 223,111 ind·m⁻² in summer and winter, respectively. In summer, Caecidae showed the maximum density (278,044 ind·m⁻²) among all families, whereas, in winter, Barleeidae showed the highest density (142,222 ind·m⁻²) among all families. During both seasons, Tornidae showed the lowest densities (1,867 and 1,411 ind·m⁻² in summer and winter, respectively). Station 6 showed the highest mean density for both periods (~69,288 and 39,807 ind·m⁻² in summer and winter, respectively), whereas station 2 showed the minimum mean density for both periods (15,556 and 4,467 ind·m⁻² in summer and winter, respectively).

During summer, SST ranged from 30.0 to 29.4 °C, whereas, in winter, it ranged from 15.8 to 16.4 °C. In contrast, salinity had lower values in summer (~32) compared to those in winter (~34). In addition, OM concentrations ranged between 1.00% and 2.22% in summer and 1.28% and 2.70% in winter (Table 2). The results from the granulometry analysis for summer (fine to coarse) and winter (medium to coarse) sands are shown in Table 3.

The results of the Spearman correlation analysis showed a significant correlation between SST ($r = 0.890$, $P < 0.05$) and abundance in summer, although no significant correlations with any abiotic variable were observed in winter ($r < 0.305$, $P > 0.05$ for all abiotic variables). The results of the Bayesian ANOVA indicated a low probability of differences in mean density among stations in winter (BF = 0.25). Conversely, some stations had high probabilities of

familias de micromoluscos en las muestras en ambas temporadas: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae y Tornidae. Como Eulimidae estuvo representada por muy pocos organismos en ambas temporadas (<30 individuos), esta familia fue descartada de los análisis estadísticos para evitar sesgos por exceso de ceros. La Tabla 1 muestra la abundancia total por familia en ambos periodos y los gremios tróficos y niveles tróficos correspondientes. Los valores de densidad también mostraron un patrón similar, con 679,200 ind·m⁻² y 223,111 ind·m⁻² en verano e invierno, respectivamente. En verano, la familia Caecidae presentó la densidad máxima (278,044 ind·m⁻²), mientras que en invierno Barleeidae presentó la densidad más alta (142,222 ind·m⁻²) de todas las familias. Durante ambas temporadas, Tornidae tuvo las densidades más bajas (1,867 y 1,411 ind·m⁻² en verano e invierno, respectivamente). La estación 6 presentó la densidad media más alta para ambos periodos (~69,288 y 39,807 ind·m⁻² en verano e invierno, respectivamente), mientras que la estación 2 presentó la densidad media mínima para ambos periodos (15,556 y 4,467 ind·m⁻² en verano e invierno, respectivamente).

Durante el verano, la TSM osciló entre 30.0 y 29.4 °C, mientras que en invierno osciló entre 15.8 y 16.4 °C. En contraste, la salinidad tuvo valores más bajos en verano (~32) que en invierno (~34). Además, las concentraciones de MO oscilaron entre 1.00% y 2.22% en verano y entre 1.28% y 2.70% en invierno (Tabla 2). Los resultados del análisis de granulometría para las arenas de verano (finas a gruesas) e invierno (medianas a gruesas) se muestran en la Tabla 3.

El análisis de correlación de Spearman mostró una correlación significativa entre la TSM ($r = 0.890$, $P < 0.05$) y la

Table 1. Total abundance per family in summer and winter as well as the corresponding feeding guilds. c = carnivore, d = detritivore, e = ectoparasite, and h = herbivore.

Tabla 1. Abundancia total por familia en verano e invierno, así como los gremios de alimentación correspondientes. c = carnívoro, d = detritívoro, e = ectoparásito y h = herbívoro.

Family (Feeding guild, Trophic level)	Summer (abundance)	Winter (abundance)
Barleeidae (h, d)	4,821	3,200
Caecidae (h, d)	6,256	470
Cerithiidae (h, d)	2,488	807
Eulimidae (c, e)	28	21
Pyramidellidae (c, e)	1,454	412
Rissoidae (h, d)	221	88
Tornidae (h, d)	42	45
Total	15,310	5,043

being different in summer (Table 4). Moreover, most stations, with the exception of station 6, had high probabilities of showing differences between seasons (Table 4). The CCA found a high canonical correlation coefficient ($r = 0.880$, $P < 0.01$) between temperature and the linear representation of the families Caecidae, Cerithiidae, and Pyramidellidae; Barleeidae, Rissoidae, and Tornidae were not specifically associated with any station or abiotic variables (Fig. 2).

DISCUSSION

Overall, a total of 7 families were identified in BLA: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae, and Tornidae. Of these, the most abundant families were Caecidae and Barleeidae. This is likely because Barleeidae mollusks are known to be abundant and widely distributed (Hansen-Bernal 2014), which may be in part because these mollusks exhibit direct development without a planktotrophic stage (Ponder 1983) that may also contribute to their relatively high diversity. The Tornidae and Eulimidae families were the least abundant micromollusks in this study.

Raines (2019) points out that even though caecids are not very diverse, they tend to be very prolific in shallow waters. This could have resulted in the very high abundance observed in our study (6,256 organisms). Along the northwestern Pacific coast of the United States, Bartsch (1920) reported the presence of Caecidae, and Raines (2019) added a new species of this family to those reported by McLean (1978) for the same region. Aguilera-Vilchis and Rivas-Lechuga (2022) analyzed the Caecidae family and listed 31 *Caecum* species in the Pacific coast of Mexico.

Although we only found 7 micromollusk families in our study site, our abundances were higher than those reported previously. Tapia-Díaz (2018) conducted an extensive study of micromollusks in Nayarit in the southern Gulf of California during winter 2013 and found only 288 micromollusks. In contrast, 20,353 individuals were collected in this study. We collected 5,043 organisms during winter alone, which is far more than what Tapia-Díaz (2018) collected. García-Tello (2013) collected 9,440 organisms (51 families)

abundancia en verano, aunque no se observaron correlaciones significativas con ninguna variable abiótica en invierno ($r < 0.305$, $P > 0.05$ para todas las variables abióticas). Los resultados del ANDEVA bayesiano indicaron una baja probabilidad de diferencias en la densidad media entre las estaciones en invierno (BF = 0.25). Por el contrario, algunas estaciones presentaron altas probabilidades de ser diferentes en verano (Tabla 4). Además, la mayoría de las estaciones, con excepción de la estación 6, tuvieron altas probabilidades de presentar diferencias entre temporadas (Tabla 4). El ACC presentó un alto coeficiente de correlación canónica ($r = 0.880$, $P < 0.01$) entre la temperatura y la representación lineal de las familias Caecidae, Cerithiidae y Pyramidellidae; Barleeidae, Rissoidae y Tornidae no se relacionaron de manera específica con ninguna estación o variable abiótica (Fig. 2).

DISCUSIÓN

En general, se identificaron un total de 7 familias en BLA: Barleeidae, Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Pyramidellidae, Rissoidae y Tornidae. De estas, las familias más abundantes fueron Caecidae y Barleeidae. Esto probablemente se deba a que los moluscos Barleeidae son abundantes y están ampliamente distribuidos (Hansen-Bernal 2014), lo que puede deberse en parte a que estos moluscos exhiben un desarrollo directo sin una etapa planctotrófica (Ponder 1983), que también puede contribuir a su diversidad relativamente alta. Las familias Tornidae y Eulimidae fueron los micromolluscos menos abundantes en este estudio.

Raines (2019) señala que, si bien la familia Caecidae no es muy diversa, tiende a ser muy prolífica en aguas poco profundas. Esto podría haber resultado en la gran abundancia observada en nuestro estudio (6,256 organismos). Bartsch (1920) reportó la presencia de Caecidae a lo largo de la costa noroeste del Pacífico de los Estados Unidos; para la misma región, Raines (2019) agregó una nueva especie de esta familia a las reportadas por McLean (1978). Aguilera-Vilchis y Rivas-Lechuga (2022) analizaron la familia Caecidae y listaron 31 especies de *Caecum* en la costa del Pacífico de México.

Table 2. Mean (\pm SD), temperature ($^{\circ}$ C), salinity, and organic matter (%) for summer and winter in Bahía de los Angeles (BLA).

Tabla 2. Media (\pm desviación estándar [SD]), temperatura ($^{\circ}$ C), salinidad y materia orgánica (%) para verano e invierno en Bahía de los Angeles (BLA).

	Temperature		Salinity		Organic matter	
	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter
Mean \pm SD	30.1 \pm 0.4	15.8 \pm 0.7	33.2 \pm 0.1	34.5 \pm 0.7	1.6 \pm 0.4	2.04 \pm 0.6
Minimum	29.4	15.2	32.0	33.1	1.0	1.3
Maximum	30.0	16.4	32.3	35.0	2.2	2.7

Table 3. Summer and winter granulometry results for each sampled station.

Tabla 3. Resultados de granulometría de verano e invierno para cada estación muestreada.

Station	Summer	Winter
E1	Fine sand	Medium sand
E2	Medium sand	Medium sand
E3	Fine sand	Medium sand
E4	Medium sand	Medium sand
E5	Medium sand	Coarse sand
E6	Coarse sand	Coarse sand

in Acapulco in the Pacific coast of Mexico, which is also far less than the total number of organisms collected in this study. This indicates that the Gulf of California is a highly productive system.

Esparza-Carrera et al. (2018) collected micromollusks in Tenacatita, Jalisco (11 families), and Manzanillo, Colima (9 families), whereas Esparza-Carrera and Esqueda-González (2019) collected micromollusks in Manzanillo, Colima (4 families), Tenacatita, Jalisco (5 families), Bahía Banderas, Jalisco (11 families), and Mazatlán, Sinaloa (13 families). Hansen-Bernal (2014) collected micromollusks in Michoacán, Jalisco, and Guerrero in areas with macroalgae and found 12 micromollusk families, with *Barleeia* and *Fossarus* being the most abundant genera. In our study, we collected 7 families of microgasteropods. The family richness of our study is slightly lower, although we only collected in 6 stations in BLA. Nonetheless, the family richness in our study is higher than those of Manzanillo and Tenacatita.

The analysis of feeding guilds revealed that 5 of the 7 families were comprised of herbivores and deposit-feeders. The remaining 2 families, Pyramidellidae and Eulimidae, were comprised of carnivores and ectoparasites. These 2 families were more abundant in summer than in winter. This may be because mollusks were highly abundant in the summer of 2013 (Ángeles-González et al. 2021), and Pyramidellidae species feed mainly on other mollusks and annelid worms (Robertson and Mau-Lastovicka 1979).

Ángeles-González et al. (2021) found significant differences in the abundance of benthic fauna between summer and winter in BLA during the same years as those of our study, with higher abundances for summer than for winter. This same trend was also reported in other studies (Gulf of California, Brusca 1980; BLA, Barnard and Grady 1968). Nevertheless, our results contrast with those from the Pacific. For example, Olabarria et al. (2001) found higher abundances in winter than in summer along the coast of Sinaloa. As stated by Alvarez-Borrego (2008), the tidal currents of the

Table 4. Given that we did not find differences in winter stations, the first 2 columns show differences between summer stations and the Bayes factor (BF_{10}) in favor of the alternative hypothesis. The last 2 columns show differences of the same station between the seasons with its respective Bayes factor (BF). The BF indicates the times that the probability of differences is bigger than the probability of no differences.

Tabla 4. Dado que no encontramos diferencias en las estaciones de invierno, las primeras 2 columnas muestran diferencias entre las estaciones de verano y el factor de Bayes (BF_{10}) a favor de la hipótesis alternativa. Las últimas 2 columnas muestran las diferencias de una misma estación entre las estaciones con su respectivo factor de Bayes (BF). El BF indica las veces que la probabilidad de diferencias es mayor que la probabilidad de no diferencias.

Differences	BF_{10}	Differences	BF_{10}
E2S vs. E4S	16.072	E1W vs. E1S	6.643
E2S vs. E5S	5.719	E2W vs. E2S	5.719
E3S vs. E4S	5.930	E3W vs. E3S	4.579
E3S vs. E5S	3.245	E4W vs. E4S	24.406
		E5W vs. E5S	6.156

Aunque solo encontramos 7 familias de micromoluscos en nuestra área de estudio, las abundancias fueron más altas que las reportadas previamente. Tapia-Díaz (2018) realizó un extenso estudio de micromoluscos en Nayarit en el sur del golfo de California durante el invierno de 2013 y encontró solo 288 micromoluscos. En cambio, en el presente estudio recolectamos 20,353 individuos. Solo durante el invierno recolectamos 5,043 organismos, que son muchos más que los recolectados por Tapia-Díaz (2018). García-Tello (2013) recolectó 9,440 organismos (51 familias) en Acapulco, en la costa del Pacífico de México, que también es mucho menor que el número total de organismos recolectados en el presente estudio. Esto indica que el golfo de California es un sistema altamente productivo.

Esparza-Carrera et al. (2018) recolectaron micromoluscos en Tenacatita, Jalisco (11 familias) y Manzanillo, Colima (9 familias), mientras que Esparza-Carrera y Esqueda-González (2019) recolectaron micromoluscos en Manzanillo, Colima (4 familias), Tenacatita, Jalisco (5 familias), bahía Banderas, Jalisco (11 familias), y Mazatlán, Sinaloa (13 familias). Hansen-Bernal (2014) recolectó micromoluscos en áreas con macroalgas de Michoacán, Jalisco y Guerrero y encontró 12 familias; los géneros más abundantes fueron *Barleeia* y *Fossarus*. En nuestro estudio, recolectamos 7 familias de microgasterópodos. La riqueza de familias de nuestro estudio es ligeramente menor, pero solo recolectamos muestras en 6 estaciones en BLA. No obstante, la riqueza de familias en nuestro estudio es superior a las de Manzanillo y Tenacatita.

El análisis de los gremios tróficos reveló que 5 de las 7 familias estaban compuestas por herbívoros y detritívoros.

Midriff Islands Region are very intense. Indeed, the energy dissipation rates in the region exceed $0.3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Argote et al. 1995). Intense mixing creates a similar situation to that of constant upwelling. The resulting cold surface and subsurface waters could be responsible for the higher abundances observed in summer (15,310) compared to those observed in winter (5,043) in this study.

Ángeles-González et al. (2021) showed a direct relationship between SST and SL and the abundance of macrobenthic fauna in BLA. We found similar results for most micromollusk families, although the CCA did not reveal any associations between the other abiotic variables and the abundance of microbenthic fauna in BLA. In addition, the Spearman correlation analysis indicated a significant relationship between abundance and temperature (SST; $r = 0.89$, $P < 0.05$) in summer but not in winter. We found no significant correlations between abundance and any other abiotic variable ($r < 0.305$, $P > 0.05$). Moreover, the CCA and correlation analyses did not indicate any associations between OM and abundance for any season, which could be because most families in this study are deposit-feeders. As a detritus pool is composed of dead organic matter that has variable nitrogen and carbon content and nutritional value (Kenneth 1988), we assumed that OM was always available, and thus abundance should not be correlated with OM.

Las 2 familias restantes, Pyramidellidae y Eulimidae, estaban compuestas por carnívoros y ectoparásitos. Estas 2 familias fueron más abundantes en verano que en invierno. Esto puede deberse a que los moluscos fueron muy abundantes en el verano de 2013 (Ángeles-González et al. 2021) y a que las especies de Pyramidellidae se alimentan principalmente de otros moluscos y gusanos anélidos (Robertson y Mau-Lastovicka 1979).

Ángeles-González et al. (2021) encontraron diferencias significativas en la abundancia de fauna bentónica entre verano e invierno en BLA durante los mismos años que los de nuestro estudio, con mayores abundancias para verano que para invierno. Esta misma tendencia también se informó en otros estudios (golfo de California, Brusca 1980; BLA, Barnard y Grady 1968). Sin embargo, nuestros resultados contrastan con los del Pacífico. Por ejemplo, Olabarria et al. (2001) encontraron mayores abundancias en invierno que en verano a lo largo de la costa de Sinaloa. Como indicó Alvarez-Borrego (2008), las corrientes de marea de la Región de las Grandes Islas son muy intensas. De hecho, las tasas de disipación de energía en la región superan los $0.3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Argote et al. 1995). La mezcla intensa crea una situación similar a la de un afloramiento constante. Las frías aguas superficiales y subterráneas resultantes podrían ser responsables de las mayores abundancias observadas en verano

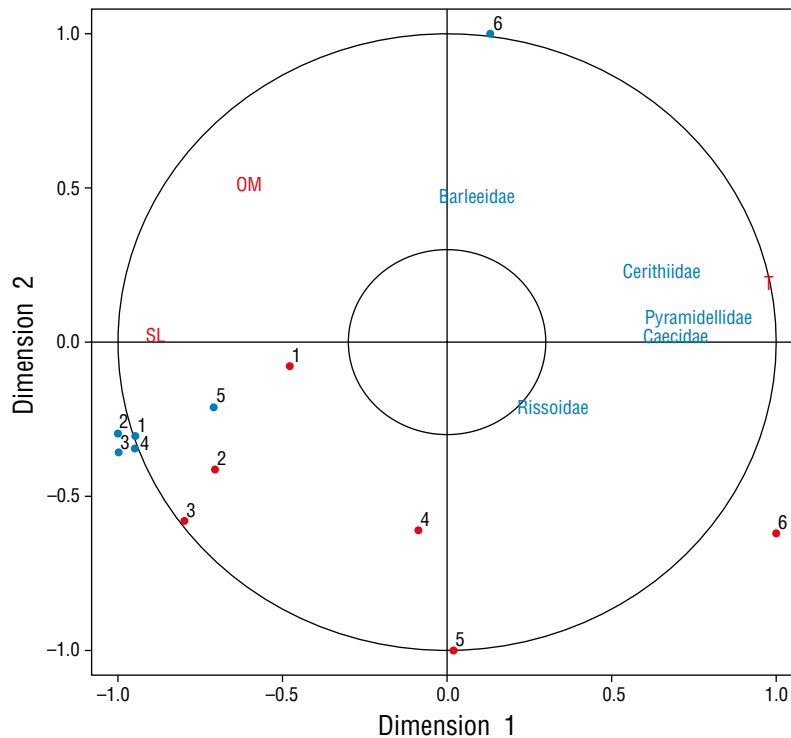


Figure 2. The canonical correlation analysis (CCA) plot of families tested (CCA $r = 0.88$; $P < 0.01$). Numbers indicate the 6 stations sampled. Red dots and blue dots are summer and winter stations, respectively. T = temperature, SL = salinity, OM = organic matter.

Figura 2. La gráfica del análisis de correlación canónica (ACC) de las familias probadas (ACC $r = 0.88$; $P < 0.01$). Los números indican las 6 estaciones muestreadas. Los puntos rojos y los puntos azules son estaciones de verano e invierno, respectivamente. T = temperatura, SL = salinidad, OM = materia orgánica.

Deposit-feeders regenerate nutrients that can be used by microalgae, macroalgae, and seagrasses through their foraging activities. These activities favor the presence of herbivore species that can exploit the phytobenthos. The sedimentary food of deposit-feeders includes drifting macroalgal debris, benthic diatoms, and algal remains. An increase in deposit-feeders has been found to enhance bioturbation activity, which in turn provides nutrients for macroalgae and seagrasses while favoring an increase in herbivore abundance (Byren 2004, Andrade-Díaz 2016).

To the best of our knowledge, there are no records of micromollusks in BLA, although records exist for the mollusk families of Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Tornidae, Pyramidellidae, and Rissoidae in BLA and throughout the Gulf of California (Coan 1968, Hendrickx et al. 2007). However, the Barleidae family has only been reported by Hendrickx et al. (2007) in the Gulf of California and along the Pacific coast of Mexico in Tijuana, Baja California, by Tapia-Díaz (2018) in Puerto Vallarta, Jalisco, and more recently by Gama-Kwick et al. (2021) and GBIF (2020) in the coasts of Guerrero.

In Mexico, micromollusk studies are in the early stages, and malacologists have much ground yet to cover. It is likely that numerous micromollusk species are already endangered due to pollution and climate change, as they are calcifying organisms that must build shells to survive (Doney et al. 2012, Gazeau et al. 2013, Díaz-Castañeda et al. 2019). Therefore, it is important to study these benthic organisms to understand how entire communities may respond to changing environmental conditions. Studies of benthic communities require great effort, as they involve special sampling techniques and time-consuming laboratory work and organism identification, yet they are sorely needed. In this study, the proximity of the sampling sites to the coast and their shallow depths may have influenced the number of families and their abundance in the samples. Nevertheless, due to the ecological importance of micromollusks, we believe that this study contributes valuable information to address the knowledge gaps associated with this important group.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Maricarmen Necoechea for her help identifying micromollusk families and Andrea Lievana-MacTavish for English editing. We also thank Adán Avilés for correcting the figures.

REFERENCES

- Abbott RT. 1974. American Seashells. New York (NY): Van Nostrand Reinhold. 663 p.
- Aguilera-Vilchis C, Rivas-Lechuga G. 2022. Estado del conocimiento del género *Caecum* Fleming, 1813 (Gastropoda: Caecidae) en México. XXV Congreso Nacional de Zoología; 2022 October 24-28, Ciudad de México, México. Mexico.
- Álvarez-Borrego S. 2008. Oceanografía de la región de las grandes islas. In: Danemann DG, Ezcurra E (eds.), Bahía de Los Angeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007, Capítulo 2.

(15,310) en comparación con las observadas en invierno (5,043) en este estudio.

Ángeles-González et al. (2021) mostraron una relación directa entre TSM y SL y la abundancia de fauna macrobentónica en BLA. Encontramos resultados similares para la mayoría de las familias de micromoluscos, aunque el ACC no reveló ninguna asociación entre las otras variables abióticas y la abundancia de fauna microbentónica en BLA. Además, el análisis de correlación de Spearman indicó una relación significativa entre la abundancia y la temperatura (TSM; $r = 0.89$, $P < 0.05$) en verano, pero no en invierno. No encontramos correlaciones significativas entre la abundancia y cualquier otra variable abiótica ($r < 0.305$, $P > 0.05$). Además, el ACC y los análisis de correlación no indicaron ninguna asociación entre la MO y la abundancia para ninguna temporada, lo que podría deberse a que la mayoría de las familias en este estudio se alimentan de depósitos. Debido a que el depósito de detritos está compuesto de materia orgánica muerta cuyo contenido de nitrógeno y carbono y valor nutricional varía (Kenneth 1988), asumimos que la MO siempre estuvo disponible y, por lo tanto, la abundancia no debería correlacionarse con la MO.

Los detritívoros regeneran nutrientes que pueden ser utilizados por microalgas, macroalgas y pastos marinos a través de sus actividades de alimentación. Estas actividades favorecen la presencia de especies de herbívoros que pueden aprovechar el fitobentos. El alimento sedimentario de los detritívoros incluye desechos de macroalgas a la deriva, diatomeas bentónicas y restos de algas. Se ha encontrado que un aumento en los detritívoros mejora la actividad de bioturbación, que a su vez proporciona nutrientes para macroalgas y pastos marinos mientras favorece un aumento en la abundancia de herbívoros (Byren 2004, Andrade-Díaz 2016).

Hasta donde sabemos, no hay registros de micromoluscos en BLA, aunque existen registros de las familias de moluscos Caecidae, Cerithiidae, Eulimidae, Tornidae, Pyramidellidae y Rissoidae en BLA y en todo el golfo de California (Coan 1968, Hendrickx et al. 2007). Sin embargo, la familia Barleidae solo ha sido reportada por Hendrickx et al. (2007) en el golfo de California y a lo largo de la costa del Pacífico de México en Tijuana, Baja California, por Tapia-Díaz (2018) en Puerto Vallarta, Jalisco, y más recientemente por Gama-Kwick et al. (2021) y GBIF (2020) en las costas de Guerrero.

En México, los estudios de micromoluscos se encuentran en las primeras etapas y los malacólogos aún tienen mucho camino por recorrer. Es probable que numerosas especies de micromoluscos ya estén en peligro debido a la contaminación y cambio climático, ya que son organismos calcificadores que deben construir caparazones para sobrevivir (Doney et al. 2012, Gazeau et al. 2013, Díaz-Castañeda et al. 2019). Por lo tanto, es importante estudiar estos organismos bénticos para comprender cómo pueden responder comunidades enteras a los cambios en las condiciones ambientales. Los estudios de las comunidades bentónicas requieren un gran esfuerzo,

- Mexico: Pronatura Noroeste AC., Semarnat, INE, San Diego Natural History Museum. p. 45-64.
- Amador-Buenrostro A, Serrano-Guzmán SJ, Argote-Espinoza ML. 1991. Modelado numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de Los Ángeles, BC, México. *Cienc Mar*. 17(3):39-57.
<https://doi.org/10.7773/cm.v17i3.822>
- Andrade-Díaz C 2016. Trophic structure and flow in marine benthic communities of the Magellan region southern Chile [dissertation]. Bremen (Germany): Bremen University. 104 p.
- Ángeles-González LE, Solana-Arellano E, Díaz-Castañeda V, Flores-Uzeta O, Necoechea-Zamora M. 2021. Soft-bottom macrofauna along the coast of Bahía de Los Ángeles, Gulf of California, during the summer and winter = Macrofauna de fondo blando a lo largo de la costa de bahía de Los Ángeles, golfo de California, durante el verano y el invierno. *Cienc Mar*. 47(1):49-59.
<https://doi.org/10.7773/cm.v47i1.3146>
- Ankel WE. 1949. Die Mundbewaffnung der Pyramidelliden [The Pyramidellid's mouth weapon]. *Arch Molluskenkd*. 77:79-82.
- Argote ML, Amador A, Lavín MF, Hunter JR. 1995. Tidal dissipation and stratification in the Gulf of California. *J Geophys Res*. 100(8):16103-16118.
- Arruda E, Domaneschi O, Amaral AC. 2003. Mollusc feeding guilds on Sandy beaches in Sao Paulo State, Brazil. *Mar Biol*. 143:691-701.
- Arvizu-Ruiz A, Reyes-Bonilla H. 2021. Characterization of food guilds of the class Gastropoda on the northeast rocky coast of the Gulf of California. *CICIMAR Ocean*. 36(1-2):37-46.
- Baker F, Hanna GD, Strong AM. 1928. Some Pyramidellidae from the Gulf of California. *Proc Calif Acad Sci*. 17(7):205-246.
- Baker F, Hanna GD, Strong AM. 1930. Some rissoid Mollusca from the Gulf of California. *Proc Calif Acad Sci*. 19(4):23-40.
- Baker F, Hanna GD, Strong AM. 1938. Some Mollusca of the families Cerithiopsidae, Cerithiidae and Cyclostrematidae from the Gulf of California and adjacent waters. *Proc. Calif. Acad. Sci*. 23:217-244.
- Barnard JL, Grady JR. 1968. A Biological Survey of Bahía de Los Angeles, Gulf of California, Mexico. *Trans San Diego Soc Nat Hist*. 15(6):51-66.
- Bartsch P. 1920. The west American mollusks of the families Rissoellidae and Synceratidae, and the rissoid genus Barleeia. *Proc US Natl Mus*. 58 (2331):159-176.
- Barrera N, Tunnell JW. 2001. Micromolluscan faunal survey of the East and West Flower Garden Banks, Long-term monitoring of the East and west Flower Gardens Banks, 1998-1999 Annual Report. New Orleans (LA): Texas A & M University, NOAA. p. 99-108.
- Blanco-Betancourt R, Pacheco-Ruiz R, Guzmán-Calderón, JM, Zertuche-Gonzalez JA, Chee-Barragán A, Martínez-Díaz de León A, Gálvez-Téllez A, López-Vivas JM. 2004. Base de datos de la temperatura de agua de mar de seis bahías de la costa noroccidental del Golfo de California, México. Reporte técnico 2004(1). Ensenada (BC): IIO. p. 1-35.
- Blanco C, Cano S, Cortes C, Montoya B. 2016. Micromoluscos (gastropodos) presentes en sedimentos del arrecife de Isla Verde, Veracruz. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. Mexico City: UNAM; [accessed 2023 Aug 5].
https://www.academia.edu/26295084/Micromoluscos_Gastr%C3%B3podos_gasteropodos_del_arrecife_Verde_Veracruz
- Box GE, Tiao GC. 2011. Bayesian inference in statistical analysis (Vol. 40). India: John Wiley and Sons. 608 p.
- Brusca RC. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. Tucson (AZ): University of Arizona Press. 558 p.
- Byers SCH, Mills CEL, Steward PL. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, ya que involucran técnicas especiales de muestreo y trabajo de laboratorio e identificación de organismos que demandan mucho tiempo, pero son muy necesarios. En este estudio, la proximidad de los sitios de muestreo a la costa y su poca profundidad pueden haber influido en el número de familias y su abundancia en las muestras. Sin embargo, debido a la importancia ecológica de los micromoluscos, creemos que este estudio aporta información valiosa para abordar la falta de conocimiento asociado con este grupo importante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Maricarmen Necoechea por su ayuda en la identificación de familias de micromoluscos y a Andrea Lievana-MacTavish por la edición en inglés. También agradecemos a Adán Avilés por corregir las figuras.

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

with suggestion for a standard method. *Hidrobiologia*. 58(1):43-47.

Byren L. 2004. Deposit-feeding macrofauna: tracer studies from the Baltic Sea [dissertation]. [Sweden]: Sotockholm University. 104 p.

Castillo-Rodríguez ZG. 2014. Biodiversidad de Molusco marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Suplemento Biodiversidad de México-enero*. 85:419-430.
<https://doi.org/10.7550/rmb.33003>

Cavazos T. 2008. Clima. In: Danemann DG, Ezcurra E (eds.), Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007, Capítulo 3. Mexico: Pronatura Noroeste AC., Semarnat, INE, San Diego Natural History Museum. p. 67-90.

Chapman AD. 2009. Numbers of Living Species in Australia and the World. 2nd ed. Canberra (Australia): Australian Biological Resources Study; [accessed 2012 Jun 17]. <http://www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/publications/other/species-numbers/2009/04-02-groups-invertebrates.html#mollusca>.

Coan EV. 1968. A biological survey of Bahía de los Ángeles, Gulf of California, México. III. Benthic Mollusca. *San Diego Soc Nat Hist Trans*. 15(8):107-132.

Couto T, Patricio J, Neto J, Ceia F, Franco J, Marques JC. 2010. The influence of mesh size in environmental quality assessment of estuarine macrobenthic communities. *Ecol Ind*. 10(6):1162-1173.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.019>

Díaz-Castañeda V, Cox ET, Gazeau F, Fitzer S, Delille J, Alliouane S, Gattuso JP. 2019. Ocean acidification affects calcareous tube growth in adults and reared offspring of serpulid polychaetes. *J Exp Biol*. 222(13):1-11.
<https://doi.org/10.1242/jeb.196543>

Doney S, Rockelshaus M, Duffy JE, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, et al. 2012. Climate change impacts on marine ecosystems. *Mar Science*. 4:11-37.

Esparza-Carrera M, Esqueda-González MC, Ruiz-Ramos R, Velázquez-Hernández M, Ruiz-Jara E. 2018. Conference: Registros de Micromoluscos del Pacífico Tropical Mexicano. [accessed 2018 Sep]. https://www.researchgate.net/publication/327925459_REGISTROS_DE_MICROMOLUSCOS_EN_EL_PACIFICO_TROPICAL_MEXICANO.

- Esparza-Carrera M, Esqueda-González MC. 2019. Conference: Micromoluscos, minúsculos habitantes del Pacífico Tropical Mexicano. Jalisco (Mexico): Universidad de Guadalajara; [accessed 2019 Oct]. https://www.researchgate.net/publication/346955652_MICROMOLUSCOS_MINUSCULOS_HABITANTES_DEL_PACIFICO_TROPICAL_MEXICANO.
- Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos River bar—A study in the significance of grain size parameters. *J Sediment Petrol.* 27:3-26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Gama-Kwick N, Aguilar-Estrada LG, Quiroz-González N, Ruíz-Boijseauneau I. 2021. Nuevos registros de gasterópodos (Mollusca) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Rev Mex Biodiversidad.* 92:e923441.
- Garcés-Salazar SJ. 2011. Micromoluscos bivalvos de la bahía de Acapulco, Guerrero: composición específica y diversidad [BSc thesis]. [Mexico City (Mexico)]: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.
- García-Cubas A. 1969. Ecología y distribución de los micromoluscos recientes de la Laguna de Tamiahua Veracruz, Ciudad de Mexico. *Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.* 91:1-53.
- García-Cubas A. 1982. Moluscos de un Sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de Mexico (Laguna de Términos Campeche) = Mollusks of a tropical lagoon system in the southern Gulf of Mexico (Laguna de Términos, Campeche). Contribución 294. 1st ed. Mexico City (Mexico): Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 181 p.
- García-Cubas A. 1991. Ecología y distribución de los micromoluscos recientes de Laguna Madre, Tamaulipas Mexico. *Boletín Instituto de Geología 86: Universidad Nacional Autónoma de México.* p. 1-44.
- García-Tello ID. 2013. Moluscos gasterópodos de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México: sistematica e indicadores ecológicos [BSc thesis]. [Mexico City (Mexico)]: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 86 p.
- Gazeau F, Parker LM, Coumeau S, Gattuso JP, O'Connor WA, Martin S, Pörtner HO, Ross PM. 2013. Impacts of ocean acidification on marine shelled molluscs. *Mar Biol.* 160(8):2207-2245. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2219-3>
- [GBIF] GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY BIF Secretariat. 2020. Backbone Taxonomy: GBIF; [accessed 2020 Jan 13]. <https://www.gbif.org/species/5284517>. <https://doi.org/10.15468/39omei>
- Geiger DL, Marshall BA, Ponder WF, Sasaki T, Warén A. 2007. Techniques for collecting, handling, preparing, storing and examining small molluscan specimens. *Mollus Res.* 27(1):1-50. [Accessed 2014 Mar 29]. <https://www.molluscabase.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=176243>.
- Hansen-Bernal S. 2014. Micromoluscos asociados con macroalgas del intermareal rocoso de Michoacán, Oaxaca y Guerrero, México [BSc thesis]. [Mexico City (Mexico)]: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 40 p.
- Hendrickx ME, Brusca RC, Cordero M, Ramírez GR. 2007. Marine and brackish-water molluscan biodiversity in the Gulf of California, Mexico. *Sci Mar.* 71(4):637-647.
- Kenneth RT. 1988. Nitrogen. In: Blackburn TH, Sorensen J (eds.), *Benthic Food Chains, Chapter 9: Nitrogen Cycling in Coastal Marine Environment*, SCOPE. Nueva Jersey (NY): John Wiley & Sons. p. 191-206.
- McLean JH. 1978. *Marine Shells of Southern California*. Revised Edition: Natural History Museum of Los Angeles County Science Series 24. p. 104.
- McLean JH, Gosliner TM. 1996. The Gastropoda. In: Paul H, Scott J, Blake AJ, Lissner AL (eds.), *Taxonomic Atlas of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel, Vol. 9: The Mollusca part 2*. Santa Barbara (CA): Santa Barbara Museum of Natural History press. p. 1-228.
- Middelfart PU, Kirkendale LA, Wilson NG. 2016. Australian tropical marine micromolluscs: an overwhelming bias. *Diversity.* 8(3):17. <https://doi.org/10.3390/d8030017>
- Narciso S, Prieto-Arcas A, Acosta-Balbás V. 2005. Microgasterópodos asociados con el banco natural de la pepitona *Arca zebra* (Swainson, 1833; Mollusca: Bivalvia) ubicado en la localidad de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela = Microgasterópodos associated with the natural bank of *Arca zebra* (Swainson, 1833; Mollusca: Bivalvia) located in Chacopata, Sucre State, Venezuela. *Cienc Mar.* 31(1A):119-124. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v31i1.71>
- Naim O. 1988. Distributional pattern of mobile fauna associated with *Halimeda* on the *Tiahura* coral-reef complex (Morea, French Polynesia). *Coral Reefs.* 6(3):237-250. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00302020>
- Olabarria C, Chapman MG. 2001. Comparisons of patterns of spatial variation of microgastropods between two contrasting intertidal habitats. *Mar Ecol Prog Ser.* 220:201-211. <http://doi.org/10.3354/meps220201>
- Pimm SL. 1982. Food webs. In: *Food Webs. Population and Community Biology* ebook. Dordrecht (Holland): Springer. 219 p. https://doi.org/10.1007/978-94-009-5925-5_1
- Ponder W. 1983. Review of the genera of Barleeidae (Mollusca: Gastropoda: Rissoacea). *Rec Aust Mus.* 35(6):231-281. <https://doi.org/10.3853/j.0067-1975.35.1983.320>
- Ponder WF, Lindberg DR. 2008. *Phylogeny and evolution of the Mollusca*. Berkeley (CA): University of California press. 469 p.
- Pagliosa P. 2005. Another diet of worms: the applicability of polychaete feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. *Mar Ecol.* 26(3-4):246-254. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2005.00065.x>
- Raines BK. 2019. Caecidae of the northeast Pacific (Gastropoda: Caenogastropoda). *Zoosymposia.* 13:097-103. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.13.1.10>
- Raines BK. 2020. A Rosetta stone for eastern Pacific Caecidae (Gastropoda: Caenogastropoda). *Zootaxa.* 4827(1):1-146. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4827.1.1>
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; [accessed 2020 May 5]. <https://www.r-project.org/index.html>.
- Rendón-Márquez G. 1995. Técnicas petrográficas para el estudio de rocas y sedimentos en el Laboratorio de Petrología. Informe técnico CTGOT6501. Ensenada (BC): Comunicación Académica Serie Geología CICESE. 33 p.
- Rodríguez-Dowdell N, Enríquez-Andrade R, Cárdenas-Torres N. 2008. Tiburón Ballena. In: Danemann DG, Ezcurra E (eds.), *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad*. Línea base 2007, Capítulo 13. Mexico: Pronatura Noroeste AC., SEMARNAT, INE, San Diego Natural History Museum. p. 363-384.
- Robertson R, Mau-Lastovicka T. 1979. The ectoparasitism of *Boonea* and *Fargoa* (Gastropoda: Pyramidellidae). *Biol Bull.* 157(2):320-333. <https://doi.org/10.2307/1541058>
- Skoglund C. 1965. *Gastropods of Cholla Bay, Sonora, Mexico. Biological Studies in the Gulf of California Vol. II.* 17 p.
- Sasaki T. 2008. Micromolluscs in Japan: taxonomic composition, habitats, and future topics. *Zoosymposia.* 1:147-232. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.1.1.12>
- Seminoff JA, Reséndiz-Hidalgo A, Jiménez de Reséndiz B, Nichols WJ, Todd-Jones T. 2008. Tortugas marinas. In: Danemann DG, Ezcurra E (eds.), *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y*

- comunidad. Línea base 2007, Capítulo 16. Mexico: Pronatura Noroeste AC., SEMARNAT, INE, San Diego Natural History Museum. p. 457-494.
- Srivastava AK, Singh VK. 2021. Feeding Behaviours in Gastropod Molluscs. *J Cell Mol Bio*. [accessed 2021 April 16]; 5(1):013. https://www.researchgate.net/profile/Arun-Srivastava-4/publication/350995090_Feeding_Behaviours_in_Gastropod_Molluscs_Journal_of_Cell_Molecular_Biology/links/607e9f858ea909241e1071b3/Feeding-Behaviours-in-Gastropod-Molluscs-Journal-of-Cell-Molecular-Biology.pdf
- Schwartzlose R, Álvarez-Millán D, Brueggeman P. 1992. Gulf of California: Bibliography of Marine Sciences, California digital library, University of California. California: UC San Diego. 425 p. <https://escholarship.org/uc/item/2973x3tq>.
- Shacklock PF, Doyle RW. 1983. Control of epiphytes in seaweed cultures using grazers. *Aquaculture*. 31(2-4):141-151. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(83\)90308-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(83)90308-3)
- Tapia-Díaz P. 2018. Micromoluscos de Nayarit, México: sistemática e indicadores ecológicos [BSc thesis]. [Mexico City (Mexico)]: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 p.
- Tripp-Quezada A, Tripp-Valdez A, Tripp-Valdez MA, Capetillo-Piñar N, Villalejo-Fuerte M. 2018. Composición y estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos de la isla Santa Cruz, golfo de California, México = Composition and community structure of soft bottom mollusks on Santa Cruz Island, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica*. 28(1):51-59. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n1/Tripp>