



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

Luis Enrique Ángeles-González, Elena Solana-Arellano*, Victoria Díaz-Castañeda, Olga Flores-Uzeta, Maricarmen Necochea-Zamora

Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Carretera Ensenada-Tijuana, No. 3918, Zona Playitas, 22860 Ensenada, Baja California, Mexico.

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

ABSTRACT. This work constitutes an effort to evaluate benthic biodiversity in Bahía de Los Ángeles, Gulf of California, Mexico. To characterize macrofauna at the family level, 2 sampling campaigns took place during summer 2013 and winter 2014 at 6 coastal stations. A total of 18,403 invertebrates were collected, 7,880 in summer and 10,523 in winter. These invertebrates were grouped into 6 phyla and 110 families, comprising 39 mollusks, 33 crustaceans, 30 polychaetes, 5 echinoderms, 2 cnidarians, and 1 cephalochordate. In both sampling periods, mollusks were the dominant group, especially in summer, followed by polychaetes and crustaceans, which were more abundant in winter. Ten new records were established for the area. The most abundant trophic groups were deposit feeders and carnivores. This research could be used to evaluate future changes in benthic assemblages in Bahía de Los Ángeles.

Key words: benthic diversity, seasonal variation, biosphere reserve, ecosystem engineers.

RESUMEN. Este trabajo constituye un esfuerzo para evaluar la biodiversidad bentónica en bahía de Los Ángeles, golfo de California, México. Para caracterizar la macrofauna a nivel de familia, se realizaron 2 campañas de muestreo durante el verano de 2013 y el invierno de 2014 en 6 estaciones costeras. Se recolectaron un total de 18,403 invertebrados, 7,880 en verano y 10,523 en invierno. Los invertebrados estuvieron representados por 6 filos y 110 familias, que estaban compuestas por 39 moluscos, 33 crustáceos, 30 poliquetos, 5 equinodermos, 2 cnidarios y 1 cefalocordado. En ambos periodos de muestreo, los moluscos fueron el grupo dominante, especialmente en verano, seguido de los poliquetos y los crustáceos, los cuales fueron más abundantes en invierno. Se establecieron 10 nuevos registros para el área. Los grupos tróficos más abundantes fueron organismos detritívoros y carnívoros. Esta investigación podría ser utilizada para evaluar cambios futuros en ensamblajes bentónicos en bahía de Los Ángeles.

Palabras clave: diversidad bentónica, variación estacional, reserva de la biosfera, ingenieros de ecosistemas.

INTRODUCTION

In Mexico, Bahía de Los Ángeles (BLA) is an important protected area for ecological conservation and tourism purposes in the state of Baja California, Mexico. Benthic studies in BLA began in the 1960s with the sampling campaigns of the Beaudette Foundation and the Scripps Institute of Oceanography (Barnard and Grady 1968). The collected samples were analyzed by Coan (1968), Reish (1968), Barnard (1969), and Donath-Hernández (1993). However, these studies were time-, site-, or taxon-specific and lacked statistical analyses. This study thus aimed to update the records and characterize general benthic coastal macrofauna in BLA at the family level. We also provide macrofaunal comparisons between 2 seasonal surveys. The results from this work could be useful for environmental assessment and conservation studies since benthic organisms respond quickly to disturbances (Díaz-Castañeda and Reish 2009).

INTRODUCCIÓN

En México, bahía de Los Ángeles (BLA) es un área protegida importante para la conservación ecológica y el turismo en el estado de Baja California, México. Los estudios bentónicos en BLA comenzaron en la década de 1960 con las campañas de muestreo de la Fundación Beaudette y el Instituto Scripps de Oceanografía (Barnard y Grady 1968). Las muestras recolectadas fueron analizadas por Coan (1968), Reish (1968), Barnard (1969) y Donath-Hernández (1993). Sin embargo, estos estudios fueron específicos para tiempos, sitios o grupos taxonómicos y carecieron de análisis estadísticos. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo actualizar los registros y caracterizar la macrofauna bentónica costera general en BLA a nivel de familia. También proporcionamos comparaciones de macrofauna entre 2 muestreos estacionales. Los resultados obtenidos de este trabajo podrían ser útiles para la evaluación ambiental y los estudios de conservación, ya que los organismos bentónicos

MATERIALS AND METHODS

Six coastal stations were sampled in BLA between 10 and 15 m depth in September 2013 (summer) and February 2014 (winter). Whenever possible, sampling stations were set equidistant to cover the entire coastal strip of the bay. At each station, 4 samples were collected using a Petite Ponar grab and sea surface temperature (SST) and salinity (SSS) measurements were made using a YSI model 2030 probe. Samples were sieved using a 1 mm mesh (Couto et al. 2010) and fixed in a 5% formaldehyde solution. Additional samples were taken to determine organic matter (OM) content (Dean 1974).

In the laboratory, samples were washed using a 500 μm mesh screen, and the macrofauna were preserved in 70% ethanol. Organisms were separated into major taxonomic groups (polychaetes, crustaceans, mollusks, echinoderms, and miscellaneous taxa), quantified, and identified at the family level. A redundancy analysis (RDA) was performed to analyze family composition and benthic groups and their relationships with environmental variables (SST, SSS, and OM). Abundance data was treated with a Hellinger transformation (Legendre and Gallagher 2001). For the family composition analysis, only the most representative families were used (>20 organisms). A similarity percentages analysis (SIMPER) was performed to further describe the contribution of families (%) to the dissimilarity between seasons. All analyses were done in R 4.0.0 (R Core Team 2020) using the “vegan” library (Oksanen et al. 2019).

RESULTS

SST ranged from $\sim 29^\circ\text{C}$ in summer to $\sim 15^\circ\text{C}$ in winter. Conversely, SSS was lower in summer (~ 32) compared to winter (~ 34). We report OM concentrations between 1.00%–2.22% in summer and 1.28%–2.70% in winter (Table 1). A total of 18,403 invertebrates representing 6 phyla and 110 families were collected (7,880 in summer and 10,523 in winter). This work reports new family records for BLA: 2 Crustacea, 4 Mollusca, 1 Echinodermata, 1 Polychaeta, 1 Cnidaria, and 1 Chordata (Table S1). Six feeding guilds were reported: carnivores, herbivores, omnivores, filter feeders, deposit feeders, and scavengers, with carnivores being more abundant, followed by deposit and filter feeders. Mollusks dominated the coasts of BLA, mainly the carnivore Cylichnidae and the filter feeder Vermetidae. The Spionidae were abundant during summer and winter. The filter feeder Sabellidae, the deposit feeder Cirratulidae (polychaetes), and the burrowing Phoxocephalidae dominated in summer, while Corophiidae (detritivorous and omnivores) accounted for most of the crustacean abundance in winter.

Overall, mollusks were the dominant group in summer and winter, followed by polychaetes and crustaceans. Average densities per sampling date for most taxa were

responden rápidamente a los disturbios (Díaz-Castañeda y Reish 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon 6 estaciones costeras en BLA a 10–15 m de profundidad durante septiembre de 2013 (verano) y febrero de 2014 (invierno). Dentro de lo posible, las estaciones de muestreo fueron equidistantes para cubrir toda la franja costera de la bahía. En cada estación, se recolectaron 4 muestras con una draga Petite Ponar y se tomaron mediciones de la temperatura superficial del mar (TSM) y la salinidad (SSM) con una sonda YSI modelo 2030. Las muestras se tamizaron utilizando 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) (Dean 1974).

En el laboratorio, las muestras se lavaron utilizando una malla de 500 μm y la macrofauna se almacenó en etanol al 70%. Los organismos se separaron en grupos taxonómicos (poliquetos, crustáceos, moluscos, equinodermos y taxones misceláneos), se cuantificaron y se identificaron a nivel de familia. Se realizó un análisis de redundancia (ARD) para analizar la composición de las familias y los grupos bentónicos y su relación con las variables ambientales (TSM, SSM y MO). La abundancia se transformó con una transformación de Hellinger (Legendre y Gallagher 2001). Para el análisis de la composición de las familias, solo se utilizaron las familias más representativas (>20 organismos). Se realizó un análisis de porcentaje de disimilitud (SIMPER) para describir con más detalle la contribución de las familias (%) a la disimilitud entre las temporadas. Todos los análisis se realizaron en R 4.0.0 (R Core Team 2020) utilizando la biblioteca “vegan” (Oksanen et al. 2019).

RESULTADOS

La TSM varió de $\sim 29^\circ\text{C}$ en verano a $\sim 15^\circ\text{C}$ en invierno. Por el contrario, la SSM fue más baja en verano (~ 32) en comparación con el invierno (~ 34). Reportamos concentraciones de MO entre 1.00%–2.22% en verano y 1.28%–2.70% en invierno (Tabla 1). Se recolectaron un total de 18,403 invertebrados que representaron 6 filos y 110 familias (7,880 en verano y 10,523 en invierno). Este trabajo reporta nuevos registros de familias para BLA: 2 crustáceos, 4 moluscos, 1 equinodermo, 1 poliqueto, 1 cnidario y 1 cordado (Tabla S1). Se reportaron 6 gremios de alimentación: carnívoros, herbívoros, omnívoros, filtradores, detritívoros y carroñeros, siendo los carnívoros los más abundantes, seguidos por los detritívoros y los filtradores. Los moluscos predominaron en las costas de BLA, principalmente el carnívoro Cylichnidae y el filtrador Vermetidae. Durante el verano y el invierno, predominaron los carnívoros Spionidae. En el verano dominaron los filtradores Sabellidae, los detritívoros Cirratulidae (poliquetos) y los excavadores Phoxocephalidae, mientras

Table 1. Mean (\pm SE) temperature and salinity at each sampling station (E) in Bahía de Los Ángeles (BLA) in summer and winter. The values for organic matter and the sampling coordinates are also given. Also shown is the mean (\pm SD) density for all macrofaunal species grouped together and for the dominant faunal groups (Mollusca, Polychaeta, Crustacea). **Tabla 1.** Temperatura y salinidad media (\pm error estándar) en cada estación de muestreo (E) en BLA durante el verano y el invierno. También se muestran los valores de materia orgánica y las coordenadas de muestreo. Además, se muestra la densidad media (\pm desviación estándar) para todas las especies de macrofauna agrupadas y para los grupos de fauna dominantes (Mollusca, Polychaeta, Crustacea).

Variable	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Temperature (°C)						
Summer	29.82 \pm 0.10	29.39 \pm 0.10	29.97 \pm 0.10	30.24 \pm 0.10	30.45 \pm 0.10	30.49 \pm 0.10
Winter	14.72 \pm 0.10	15.22 \pm 0.10	16.42 \pm 0.10	16.57 \pm 0.12	16.10 \pm 0.08	15.92 \pm 0.10
Salinity						
Summer	32.16 \pm 0.10	32.29 \pm 0.10	32.25 \pm 0.10	31.97 \pm 0.10	32.05 \pm 0.10	32.17 \pm 0.10
Winter	33.10 \pm 0.10	34.60 \pm 0.10	34.90 \pm 0.10	34.60 \pm 0.10	34.90 \pm 0.10	35.00 \pm 0.10
Organic matter (%)						
Summer	2.22	1.61	1.00	1.87	1.60	1.19
Winter	2.70	1.28	1.70	2.47	1.49	2.57
Sampling coordinates						
North latitude	29°02'04.9"	28°59'19.2"	28°56'44.8"	28°54'07.3"	28°54'22.9"	28°54'54"
West latitude	113°32'18.9"	113°32'37.8"	113°33'12.9"	113°31'24.4"	113°28'47.6"	113°28'24.7"
Overall mean density (ind/m ²)						
Mollusca	14,678 \pm 2,159	9,289 \pm 2,784	9,256 \pm 694	10,589 \pm 525	7,467 \pm 1085	6,300 \pm 3,362
Polychaeta	1,067 \pm 146	1,244 \pm 606	1,044 \pm 367	967 \pm 285	644 \pm 376	0 \pm 0
Crustacea	448 \pm 155	122 \pm 84	100 \pm 21	33 \pm 11	178 \pm 77	56 \pm 55
Mollusca	2,367 \pm 391	978 \pm 685	1,567 \pm 453	2,344 \pm 522	2,444 \pm 1,249	4,100 \pm 1,588
Polychaeta	2,233 \pm 547	2,355 \pm 431	1,644 \pm 626	2,511 \pm 439	1,877 \pm 272	1,511 \pm 358
Crustacea	255 \pm 73	189 \pm 61	22 \pm 22	178 \pm 60	67 \pm 29	1,397 \pm 627

higher in winter than in summer, except for mollusks (Table 1). Many juvenile vermetids appeared brooding several capsules containing more than 300 embryos each. That is why small vermetid juvenile data were considered outliers and, therefore, omitted from statistical analysis. The RDA was significant ($P < 0.05$), showing that some families were associated with summer (i.e., Lascidae, Dentallidae, Collumbellidae) or winter (Sabellidae, Nereididae) conditions; however, other families, like Diadumenidae and Corophiidae, did not show such clear associations. Mollusks seemed to prefer summer conditions, while polychaetes thrived in winter. The relevance of OM was notably diminished by reducing the taxonomic resolution (Fig. 1). The summer and winter stations were separated because of the particular environmental conditions; however, station 6 was notably different. Finally, the SIMPER analysis showed that the families contributing about 50% of the differences observed between seasons were those belonging to the mollusks Cylindrichnidae, Cerithiidae, Oculinidae, and Collumbellidae, and the Spionidae polychaetes (Table S2).

DISCUSSION

Overall, deposit feeders, filter feeders, and carnivores predominated in summer. In contrast, carnivores and deposit feeders were more abundant in winter. We must emphasize that BLA is characterized by oceanographic processes that keep the water column mixed and favor primary productivity (Muñoz-Barbosa et al. 1991). These processes favor the development of deposit and filter feeders, which in turn are prey to carnivores and scavengers.

We also report the strong seasonality in SST and SSS in BLA. The trend has been noted for the Gulf of California (Brusca 1980) and BLA (Barnard and Grady 1968). The decrease in polychaete and crustacean fauna observed in the summer is consistent with the works of Coan (1968), Reish (1968), and Barnard (1969). Temperature has been hypothesized to possibly play an important role in determining the faunal composition of macrobenthic communities in BLA. Although no study has directly linked such association in this bay, increased macrofaunal polychaete and crustacean mortality in the Gulf of California is known to occur because of temperature seasonality (Brusca 1980). This study also provides the first description of gastropods in this region. Unlike polychaetes and crustaceans, mollusks, mainly gastropods, seem to have greater affinity for summer conditions. However, further studies are required to confirm this trend since no literature exists to contrast our results.

The RDA represent the first direct association between SST and SSS and macrobenthic fauna in BLA. Results suggest that SST and SSS may act synergistically on benthic populations. The influence of SST and SSS on faunal structure is not surprising since both control fitness at the organism, population, community, and ecosystem levels (Re et al. 2005, Angilletta 2009). Although OM seems to be an

que Corophiidae (detritívoros y omnívoros) representó la mayor parte de la abundancia de crustáceos en el invierno.

En general, los moluscos fueron el grupo dominante en verano e invierno, seguidos de los poliquetos y los crustáceos. Las densidades promedio por fecha de muestreo para la mayoría de los taxones fueron más altas en invierno que en verano, excepto para los moluscos (Tabla 1). Muchos verméticos juveniles se observaron incubando varias cápsulas que contenían más de 300 embriones cada una. Es por ello que los datos de verméticos pequeños fueron considerados valores atípicos; por lo tanto, se omitieron del análisis estadístico. El análisis ARD fue significativo ($P < 0.05$) y mostró que algunas familias estaban asociadas con condiciones de verano (i.e., Lascidae, Dentallidae, Collumbellidae) o invierno (Sabellidae, Nereididae); sin embargo, otras familias, como Diadumenidae y Corophiidae, no presentaron asociaciones tan claras. Los moluscos parecieron preferir las condiciones de verano, mientras que los poliquetos prosperaron en invierno. También es notable que la importancia de la MO disminuyó al reducir la resolución taxonómica (Fig. 1). Las estaciones de verano e invierno estuvieron separadas por sus condiciones ambientales; sin embargo, la estación 6 fue notablemente diferente. Finalmente, el análisis SIMPER mostró que las familias que contribuyeron el ~50% de las diferencias observadas entre estaciones fueron aquellas pertenecientes a los moluscos Cylindrichnidae, Cerithiidae, Oculinidae y Collumbellidae, y a los poliquetos Spionidae (Tabla S2).

DISCUSIÓN

En general, los detritívoros, los filtradores y los carnívoros predominaron en el verano. En contraste, los carnívoros y los detritívoros predominaron en el invierno. Debemos enfatizar que BLA se caracteriza por procesos oceanográficos que mantienen la columna de agua mezclada y favorecen la productividad primaria (Muñoz-Barbosa et al. 1991). Estos procesos favorecen el desarrollo de los detritívoros y los filtradores, que a su vez son presa de los carnívoros y los carroñeros.

Se observó una fuerte estacionalidad en la TSM y la SSM en BLA, una tendencia que se ha observado en el golfo de California (Brusca 1980) y en BLA (Barnard y Grady 1968). La disminución de la fauna de poliquetos y crustáceos observada en verano es consistente con los trabajos de Coan (1968), Reish (1968) y Barnard (1969). Se ha planteado la hipótesis de que la temperatura podría desempeñar un papel importante en la determinación de la composición de la fauna en las comunidades macrobentónicas en BLA. Aunque ningún estudio en la bahía vinculó directamente esta asociación, se sabe que la mortalidad de poliquetos y crustáceos macrofaunales aumenta en el golfo de California debido a la estacionalidad de la temperatura (Brusca 1980). Este estudio también describe por primera vez a los gasterópodos de esta región. A diferencia de los poliquetos y los crustáceos, los moluscos, principalmente gasterópodos, parecen tener una mayor afinidad por las condiciones de verano. Sin embargo,

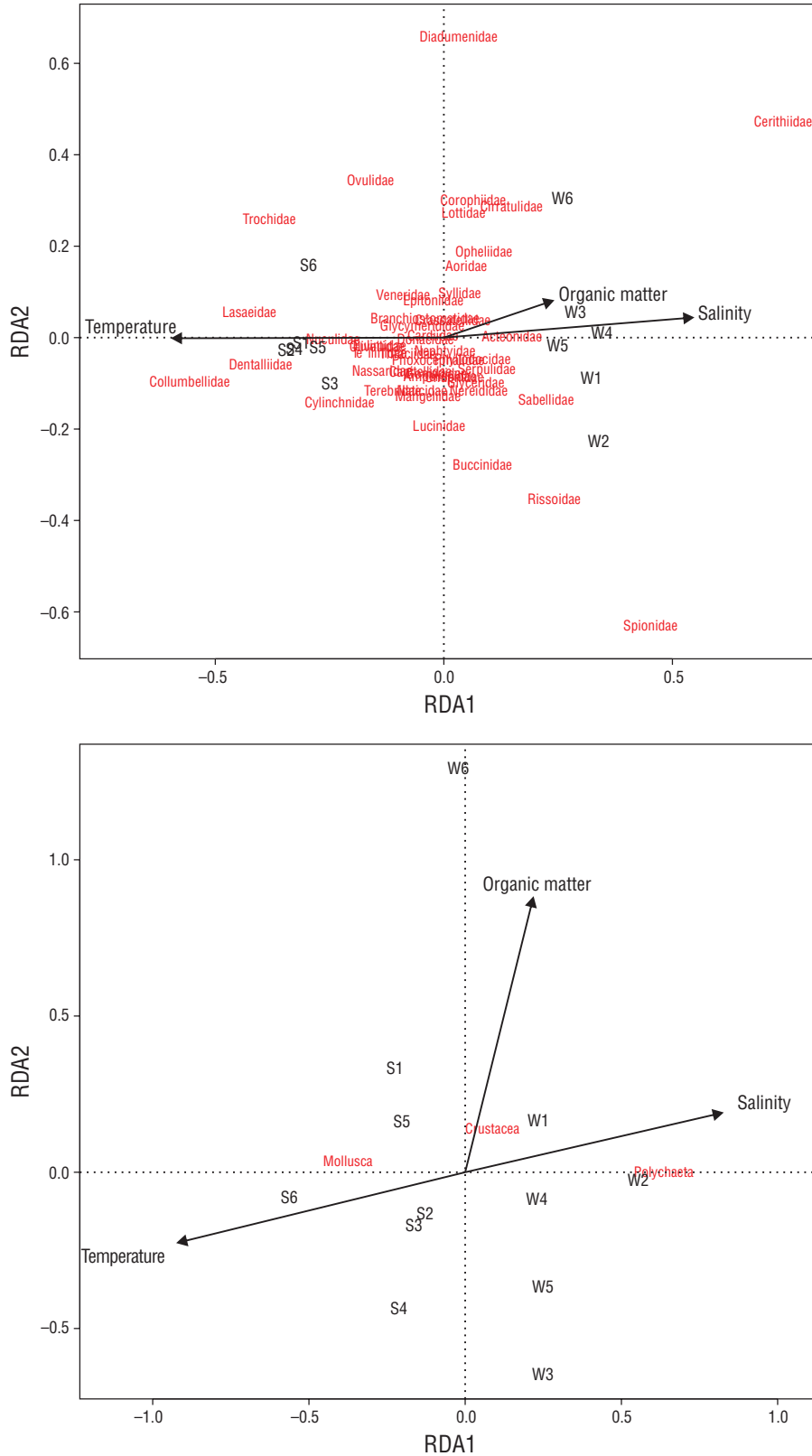


Figure 1. Redundancy analysis (RDA) triplots. Left: families, stations, and environmental variables. Right: orders, stations, and environmental variables. S, summer; W, winter.

Figura 1. Gráficas triespaciales del análisis de redundancia (RDA). Izquierda: familias, estaciones y variables ambientales. Derecha: órdenes, estaciones y variables ambientales. S, verano; W, invierno.

essential variable controlling faunal composition, the reduction of the resolution of the evaluated taxa weakens this association. The effect of OM is probably more evident when analyzed at the family level since different feeding families may be more strongly associated, directly or indirectly, with OM.

Regardless of these generalizations, the association of SST and SSS was weaker for crustaceans than for polychaetes, suggesting that other factors not considered here could be influencing faunal composition too. For example, in winter, the families Corophiidae (the most abundant family of crustacean) and Diadumenidae (anthozoan) were more abundant at station 6, which was associated with macroalgae (Schmidt 1972, Appadoo et al. 2002). This pattern could be related to the vicinity of the La Mona estuary that flows into BLA and periodically provides OM. In fact, a small increase in OM was observed; however, further analysis is required to establish this trend. Regarding vermetids, the collected organisms seemed to correspond to a specific recruitment event (all organisms were small and of similar size) and were also associated with the presence of macroalgae.

In this study, the proximity of the sampling sites to the coast and the shallow depths may have influenced the diversity results. The characterization of BLA benthic assemblages will require covering the entire bay with a network of stations. The last evaluation of benthic organisms (cumaceans) was published by Donath-Hernández (1993) from samplings conducted by the Beaudette Foundation and the Scripps Institute of Oceanography, and the present study updates the knowledge of benthic biodiversity in this bay.

ACKNOWLEDGMENTS

This article is the result of a Master's degree thesis project carried out at CICESE with a Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, Mexico) scholarship to the first author. The Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) granted the official permit (No. F00/DRP-BCPN/RBBLACBS/164) to conduct research activities. No animal testing was performed during this study. The authors declare they do not have any conflict of interest.

REFERENCES

- Angilletta MJ Jr. 2009. Thermal Adaptation a Theoretical and Empirical Synthesis. New York: Oxford University Press. 302 p. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198570875.001.1>
- Appadoo C, Myers AA, Fagoonee I. 2002. The genus *Mallacoota* (Crustacea, Amphipoda, Melitidae) from Mauritius, with description of a new species. *J Nat Hist.* 36(7):767–796. <https://doi.org/10.1080/00222930010024564>
- Barnard JL. 1969. A biological survey of Bahía de Los Angeles, Gulf of California, Mexico. IV. Benthic Amphipoda (Crustacea). *San Diego Soc Nat Hist T.* 15:175–228. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.12057>
- Barnard JL, Grady JR. 1968. A biological survey of Bahía de Los Angeles, Gulf of California, Mexico. I. General account. *San Diego Soc Nat Hist T.* 15(6):51–66.

se requieren más estudios para establecer esta tendencia, ya que no existe literatura para contrastar nuestros resultados.

Los ARD representan la primera asociación directa entre la TSM y la SSM y la fauna macrobentónica en BLA. Los resultados sugieren que la TSM y la SSM pueden actuar sinérgicamente en las poblaciones bentónicas. No es sorprendente que la TSM y la SSM influyan en la estructura de la fauna, ya que controlan la aptitud a nivel de organismo, población, comunidad y ecosistema (Re et al. 2005, Angilletta 2009). Aunque la MO parece ser una variable esencial que controla la composición de la fauna, la reducción de la resolución de los taxones evaluados debilita esta asociación. Por lo tanto, el efecto de la MO es probablemente más sustancial cuando se analiza a nivel de familia, ya que la alimentación de las diferentes familias puede estar asociada más fuertemente con la MO ya sea de manera directa o indirecta.

A pesar de estas generalizaciones, la asociación fue más débil para los crustáceos que para los poliquetos, lo que sugiere que otros factores no considerados aquí también podrían estar influyendo la composición de la fauna. Por ejemplo, en invierno, las familias Corophiidae (la familia más abundante de crustáceos) y Diadumenidae (antozario) fueron más abundantes en la estación 6, que estaba asociada con macroalgas (Schmidt 1972, Appadoo et al. 2002). Este patrón podría estar relacionado con la cercanía del estuario La Mona, cuyas aguas fluyen hacia BLA y aportan MO periódicamente. En efecto, se observó un pequeño aumento de la MO; sin embargo, se requiere un análisis más detallado para establecer esta tendencia. En cuanto a los verméticos, los organismos recolectados parecían corresponder a un evento de reclutamiento específico (todos los organismos eran pequeños y de tamaño similar) y también estaban asociados con la presencia de macroalgas.

En este estudio, la proximidad de los sitios de muestreo a la costa y su poca profundidad pudieron haber influido en los resultados de la diversidad. Se necesitaría cubrir toda la bahía con una red de estaciones para caracterizar las agrupaciones bentónicas en BLA. No obstante, la última evaluación de organismos bentónicos (cumáceos) fue publicada por Donath-Hernández (1993) con muestreos de la Fundación Beaudette y el Instituto Scripps de Oceanografía. Por lo tanto, el presente estudio actualiza el conocimiento de la biodiversidad bentónica de BLA.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es el resultado de una tesis de maestría realizada en el CICESE con una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) otorgada al primer autor. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) otorgó el permiso oficial (No. F00/DRPBCPN/RBBLACBS/164) para realizar actividades de investigación. No se realizaron pruebas en animales durante este estudio. Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

- Brusca RC. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. Tucson(AZ): University of Arizona Press. 513 p.
- Coan EV. 1968. A biological survey of Bahía de los Ángeles, Gulf of California, México. III. Benthic Mollusca. San Diego Soc Nat Hist T. 15(8):107–132.
- Couto T, Patricio J, Neto JM, Ceia FR, Franco J, Marques JC. 2010. The influence of mesh size in environmental quality assessment of estuarine macrobenthic communities. Ecol Indic. 10(6):1162–1173.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.019>
- Dean WE Jr. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. J Sediment Petrol. 44(1):242–248.
<https://doi.org/10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Díaz-Castañeda V, Reish DJ. 2009. Polychaetes in environmental studies. In: Shain D (ed.), Annelids as Model Systems in the Biological Sciences. New Jersey: John Wiley & Blackwell. p. 205–227.
<https://doi.org/10.1002/9780470455203.ch11>
- Donath-Hernández FE. 1993. Cumaceos de Bahía de los Ángeles, Baja California, México (Crustacea, Peracarida) = The Cumacea of Bahía de Los Angeles, Baja California, México (Crustacea, Peracarida). Cienc Mar. 19(4):461–471.
<https://doi.org/10.7773/cm.v19i4.944>
- Legendre P, Gallagher ED. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. Oecologia. 129(2):271–280.
<https://doi.org/10.1007/s004420100716>
- Muñoz-Barbosa A, Gaxiola-Castro G, Segovia-Zavala JA. 1991. Variabilidad temporal de la productividad primaria, clorofila y seston en la bahía de los Ángeles, golfo de California = Temporal variability of primary productivity, chlorophyll and seston in Bahía de Los Angeles, Gulf of California. Cienc Mar. 17(4):47–68.
<http://dx.doi.org/10.7773/cm.v17i4.845>
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlenn D, Minchin PR, O’Hara RB, Simpson GL, Solymos P, et al. 2019. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. [place unknown]: [publisher unknown]. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Re AD, Diaz F, Sierra E, Rodríguez J, Perez E. 2005. Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). J Therm Biol. 30(8):618–622.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2005.09.004>
- Reish DJ. 1968. A biological survey of Bahía de Los Angeles, Gulf of California, Mexico. II. Benthic polychaetous annelids. San Diego Soc Nat Hist T. 15(7):67–106.
- Schmidt H. 1972. Prodomus zu einer Monographie der mediterranen Aktinien. Zoologica. 42:1–146.

*Received 21 April 2020,
accepted 31 August 2020.*

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Table S1. Summer (S) and winter (W) abundance and feeding guilds (FG) of dominant taxa (family level) in Bahía de los Ángeles. The guilds are carnivores (C), herbivores (H), omnivores (O), filter feeders (F), deposit feeders (D), and scavengers (S). The asterisk indicates new records for the study site.

Table S1. Abundancia en verano (S) e invierno (W) y gremios de alimentación (FG) de taxones dominantes (a nivel de familia) en bahía de los Ángeles. Los gremios son carnívoros (C), herbívoros (H), omnívoros (O), filtradores (F), detritívoros (D) y carroñeros (S). El asterisco indica nuevo registro para el sitio de estudio.

Polychaeta	S	W	FG	Crustacea	S	W	FG	Mollusca	S	W	FG	Anthozoa	S	W	Echinodermata	S	W	Cephalochordata	S	W
Ampharetidae	1	8	D	Ampeliscidae	13	9	C, F, D, O	Acteonidae	1	40	C	Aiptasiidae	0	1	Amphiuridae	2	16	*Branchiostomatidae	16	10
Amphinomidae	0	1	C	Ampithoidae	0	1	H, D	Arcidae	1	6	F, O	*Diadumenidae	25	181	*Ophiacanthidae	0	1			
Arabellidae	1	0	C	Anthuridae	3	2	C, D	Buccinidae	0	20	C, S				Ophiactidae	1	3			
Capitellidae	44	13	D, O	Aoridae	0	22	F, D, O	Calypttracidae	4	0	F				Ophiotrichidae	0	2			
Chaetopteridae	1	0	F, D	Cirolanidae	0	1	S	Cardiidae	54	19	F				Ophiuridae	1	0			
Cirratulidae	28	124	D	Corophiidae	3	68	F, D, O	Carditidae	7	6	F									
Dorvilleidae	0	4	C, H	Crangonidae	8	0	C, D	Columbellidae	587	0	O, H									
Eunicidae	6	1	C, O	Cypridae	1	0	C, F, D	Conidae	4	6	C									
Flabelligeridae	2	6	D	Cytherellidae	1	0	F, D	Crassatellidae	14	19	C									
Glyceridae	19	28	C, D	Cytheruridae	1	0	F, D, S	Cylichnidae	1,644	541	C									
Goniadidae	74	40	C, S	Diastylidae	1	11	F, S	Dentallidae	392	0	F									
Hesionidae	4	7	C	Diogenidae	2	2	F, D	Donacidae	60	22	F									
Lumbrineridae	3	5	C, S, H	Eusiridae	4	8	O, H	Epitonidae	27	13	C									
Magelonidae	3	6	F, D	Gammaridae	0	15	O, D, H	Eulimidae	32	0	C									
Maldanidae	7	4	D	Isaeidae	1	0	F, O	Glycymeritidae	41	16	F									
Nephtyidae	40	23	C, D	*Janiridae	0	6	O, S, H	*Lacumidae	6	0	D									
Nereididae	2	29	DO	Lysianassidae	0	4	S	*Lasaeidae	402	0	D									
Onuphidae	11	10	O, S, H	Majidae	0	2	O	Lottidae	0	25	H, D									
Opheliidae	7	47	D	Mysidae	1	0	O	Lucinidae	50	33	F									
Orbinidae	0	1	D	Nannastacidae	0	1	F, D	Mactridae	4	0	F									
Phyllodoceidae	8	20	C	Nannosquillidae	2	0	C	*Mangelidae	150	71	C									
Pilargidae	1	1	C	Nebaliidae	1	2	C	Muricideae	6	3	C									
*Pisoniidae	0	3	C	Oedicerotidae	1	0	C, D	Mytilidae	1	0	F									
Polynoidae	0	1	C	Paguridae	5	7	O, D, S	Nassaridae	223	79	C									
Sabellariidae	0	2	F	*Paratanaidae	5	2	C, F, D	Naticidae	52	16	C									
Sabellidae	38	135	F	Pasimaemae	4	0	C, D	Nuculanidae	6	0	D									

Table S1 (Cont.)

Polychaeta	S	W	FG	Crustacea	S	W	FG	Mollusca	S	W	FG	Anthozoa	S	W	Echinodermata	S	W	Cephalochordata	S	W
Serpulidae	0	20	F	Phoxocephalidae	23	12	C,D	Nuculidae	152	0	D									
Spionidae	102	507	F,D	Pinnotheridae	1	5	F,D,O	Olivellidae	39	0	C,F,D									
Syllidae	42	38	C,O	Porcellanidae	2	1	F,O	Ovulidae	657	301	C									
Terebellidae	3	6	F,D	Processidae	1	3	C,F,D	Periplomatidae	0	6	F,D									
				Sphaeromatidae	2	2	D	*Solecurtidae	1	0	F,D									
				Unciolidae	1	0	O,D,S	Tellinidae	36	0	F,D									
				Xanthidae	0	1	C,O	Terebridae	49	0	C									
								Thraciidae	14	0	F,D									
								Thyasiridae	6	0	F,D									
								Trochidae	430	0	H									
								Turbinidae	4	0	H									
								Veneridae	26	0	F									
								Vermetidae	2,119	7,790	F									
									9	0										

Table S2. Contribution of each family to overall dissimilarities according to a similarity percentages analysis for summer and winter.
Tabla S2. Contribución de cada familia a las diferencias generales de acuerdo con un análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) para verano e invierno.

Family	Species contribution to average between-group dissimilarity	SD of contribution	Average to SD ratio	Average abundances in summer	Average abundances in winter	Ordered cumulative contribution
Cylinchidae	0.100	0.080	1.49	274.00	90.16	0.171
Cerithiidae	0.080	0.040	2.07	0	134.50	0.292
Ovulidae	0.060	0.070	0.87	109.50	50.16	0.384
Collumbellidae	0.060	0.010	3.99	97.83	0	0.473
Spionidae	0.040	0.040	1.22	17.00	84.50	0.541
Lasacidae	0.040	0.030	1.20	67.00	0	0.602
Dentaliidae	0.040	0.040	1.00	65.33	0	0.663
Trochidae	0.040	0.040	0.94	71.66	0	0.720
Diadumenidae	0.010	0.030	0.53	4.16	30.16	0.746
Nassaridae	0.010	0.010	1.35	37.16	13.16	0.771
Nuculidae	0.010	0.010	1.35	25.33	0	0.794
Cirratulidae	0.010	0.020	0.70	4.66	20.66	0.813
Sabellidae	0.010	0.008	1.50	6.33	22.50	0.830
Rissoidae	0.009	0.008	1.14	0	14.66	0.844
Mangeliidae	0.009	0.006	1.41	25.00	11.83	0.857
Goniadidae	0.007	0.005	1.28	12.33	6.66	0.867
Corophiidae	0.006	0.010	0.48	0.50	11.33	0.876
Terebridae	0.005	0.008	0.64	8.16	0	0.883
Donacidae	0.004	0.004	1.17	10.00	3.66	0.890
Cardidae	0.004	0.005	0.90	9.00	3.16	0.896
Acteonidae	0.004	0.003	1.43	0.16	6.66	0.903
Opheliidae	0.004	0.005	0.83	1.16	7.83	0.909
Naticidae	0.004	0.003	1.36	8.66	2.66	0.914
Olivellidae	0.004	0.002	1.72	6.50	0	0.920
Capitellidae	0.004	0.004	0.84	7.33	2.16	0.926
Tellinidae	0.003	0.001	2.12	6.00	0	0.931
Syllidae	0.003	0.003	1.19	7.00	6.33	0.937
Eulimidae	0.003	0.002	1.78	5.33	0	0.942

Table S2 (Cont.)

Family	Species contribution to average between-group dissimilarity	SD of contribution	Average to SD ratio	Average abundances in summer	Average abundances in winter	Ordered cumulative contribution
Glycymerididae	0.003	0.002	1.19	6.83	2.66	0.946
Nephtyidae	0.002	0.001	1.81	6.66	3.83	0.950
Lucinidae	0.002	0.002	1.25	8.33	5.50	0.954
Nereididae	0.002	0.003	0.90	0.33	4.83	0.958
Phoxocephalidae	0.002	0.003	0.72	3.83	2.00	0.962
Epitonidae	0.002	0.002	1.17	4.50	2.16	0.966
Veneridae	0.002	0.002	0.89	4.33	0	0.970
Glyceridae	0.002	0.002	1.24	3.16	4.66	0.973
Buccinidae	0.002	0.003	0.69	0	3.33	0.977
Serpulidae	0.002	0.003	0.69	0	3.33	0.980
Lottidae	0.002	0.004	0.46	0	4.16	0.983
Crassatellidae	0.002	0.001	1.17	2.33	3.16	0.986
Aoridae	0.002	0.003	0.51	0	3.66	0.9894
Branchiostomatidae	0.001	0.001	1.28	2.66	1.66	0.9919
Phyllodoceidae	0.001	0.001	1.22	1.33	3.33	0.9942
Thraciidae	0.001	0.001	0.79	2.33	0	0.9964
Onuphidae	0.001	0.0008	1.58	1.83	1.66	0.9982
Ampeliscidae	0.001	0.0007	1.61	2.16	1.5	1