



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

1.13

ENERO - MARZO 2025

Artículo Científico

9 - 17



ARTÍCULO
Científico

PRIMER INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN BAHÍA LIMÓN, COLÓN, PANAMÁ

FIRST INVENTORY OF ZOOPLANKTON DIVERSITY IN BAHÍA LIMÓN, COLÓN, PANAMA

Edgardo Abdiel Muñoz Tejeira

edgardoabdiel@gmail.com

ORCID: 0009-0005-7925-8964

Universidad de Panamá, Panamá, Panamá

Aceptación: 04 de Enero del 2025

Publicación: 25 de Enero del 2025

RESUMEN

Se realizó un estudio cuantitativo, transversal y descriptivo con un componente comparativo, mediante colectas en 6 estaciones (6 sitios por estación) de zooplancton marino costero en Bahía Limón, Colón, Panamá, para determinar su diversidad, en 36 puntos, utilizando una red cónica de 1 metro con malla de 300 micras por 5 minutos. Las muestras fueron preservadas en formalina al 4% y analizadas en el laboratorio; encontrando 9 filos, 15 clases, 20 órdenes, 29 familias y 30 especies, siendo los *phylum arthropoda* los más relevantes (representando a más del 70% de los organismos colectados). Los datos no presentaron una distribución paramétrica por lo que se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, evidenciando que no habían diferencias significativas en las medias de las estaciones muestreadas, revelando una composición homogénea. El análisis del índice de Shannon reveló valores que oscilan de medios a altos (2.454-2.994). Los análisis de Simpson y Pielou dieron valores altos para todas las estaciones (>0.9). Una prueba *t* de Student utilizando el índice de Shannon mostró que la estación 4 tiene diferencias en la estructura de la comunidad en comparación con las estaciones 1, 2 y 6. Esta misma prueba utilizando Simpson no indica diferencias significativas.

Palabra clave: Zooplancton, Shannon, Simpson, Diversidad zooplanctónica.

ABSTRACT

A quantitative, cross-sectional, and descriptive study with a comparative component was conducted through sampling at 6 stations (6 sites per station) of coastal marine zooplankton in Bahía Limón, Colón, Panama, to determine its diversity at 36 points. A 1-meter conical net with a 300-micron mesh was used for 5 minutes at each sampling site. The samples were preserved in 4% formalin and analyzed in the laboratory, revealing 9 phyla, 15 classes, 20 orders, 29 families, and 30 species, with the phylum Arthropoda being the most relevant (accounting for over 70% of the collected organisms). The data did not follow a parametric distribution, so the Kruskal-Wallis test was applied, showing no significant differences in the mean values of the sampled stations, indicating a homogeneous composition. The Shannon diversity index analysis registered values ranging from medium to high (2.454–2.994). The Simpson and Pielou indices provided high values for all stations (>0.9). A t-Student test using the Shannon index classifies that station 4 differs in community structure compared to stations 1, 2, and 6. The same Simpson test did not show significant differences.

Keyword: Zooplankton, Shannon, Simpson, Zooplankton diversity.

PRIMER INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN BAHÍA LIMÓN, COLÓN, PANAMÁ

Edgardo Abdiel Muñoz Tejeira

ORCID: 0009-0005-7925-8964

<https://revista.scienceevolution.com/>





INTRODUCCIÓN

En 1884 se inventó el término “plancton” para referirse a organismos dispuestos de forma aleatoria en el espacio; sin embargo, tiempo después se descubrió que el plancton estaba distribuido uniformemente en el espacio. Luego, al estudiar la estructura física de los lagos, los limnólogos notaron una distribución vertical y horizontal para el zooplancton, que es aplicable en todos los ambientes, y en los años 50 desarrollaron diferentes patrones de distribución: grupos, enjambres o agregados (Lomartire et al., 2021).

El zooplancton es muy abundante en los sistemas acuáticos y vive en hábitats bien delineados en el paisaje, de los cuales se pueden deducir fácilmente los límites poblacionales y los patrones de conectividad. Además, es un grupo sumamente variado, con una gran diversidad filogenética, taxonómica y funcional. Estos organismos, en su conjunto, incluyen desde bacterívoros, herbívoros, carnívoros, omnívoros y detritívoros hasta formas parásitas. Casi todos los filos están representados en el zooplancton marino, aunque los crustáceos constituyen el componente dominante. Algunas especies de zooplancton pasan todo su ciclo de vida en la columna de agua y otras solo atraviesan una etapa planctónica transitoria. Las especies de los distintos grupos de zooplancton también difieren en atributos de dispersión importantes, como el tamaño de los propágulos y el tamaño corporal. Los organismos zooplanctónicos tienen una gama amplia de fracciones de tamaño, que varía entre 2,0 μm , en el caso del nanozooplancton y 20 μm , en el caso del megazooplancton. A su vez, el aumento del tamaño de los propágulos y de los cuerpos de los adultos en especies que se dispersan pasivamente, conduce a una limitación gradual de la dispersión (Deosti et al. 2024; Uttieri et al. 2023).

Los organismos zooplanctónicos también proporcionan el eje entre los niveles tróficos primarios y terciarios, contribuyen a la bomba biológica de carbono, regulan el stock de biomasa de otros grupos planctónicos, impactan la dinámica de los ecosistemas, son excelentes señalizadores del cambio climático y son cruciales en la prestación de servicios ecosistémicos (Uttieri et al. 2023).

Asimismo, el zooplancton tiene una gran capacidad para filtrar partículas microscópicas y su presencia abundante en el medio marino lo convierte en un indicador de alta productividad (Ramos & Napa, 2020; Quijije et al., 2020). Las poblaciones zooplanctónicas son componentes bióticos significativos que influyen en gran medida sobre el funcionamiento de las cadenas alimentarias en los ecosistemas acuáticos (Vairagade, 2024), facilitando en gran medida la transferencia de energía desde los productores primarios, como el nano- y fitoplancton, hacia los consumidores de niveles superiores (Ramos & Napa, 2020; Quijije et al., 2020), llegando incluso a alterar la concentración de poblaciones de presas (por consumo) y de depredadores (al ser consumidos), generando efectos sobre la biomasa de los peces (Lomartire et al. 2021).

En todo ecosistema las comunidades están estructuradas por una combinación de interacciones intrínsecas (competencia, parasitismo, depredación y mutualismo) y extrínsecas (interacciones que involucran efectos del ambiente sobre ellas); por ejemplo, el cambio climático en combinación con otros factores naturales reestructura de forma repentina las comunidades, modificando drásticamente la estructura y función del ecosistema. En consecuencia, el zooplancton reacciona rápidamente a la variación en los atributos fisicoquímicos y biológicos de su entorno (bioindicadores del cambio climático), debido a su naturaleza poiquilotérmica, sensibilidad, ciclo de vida corto y comportamiento de flotación libre durante toda su vida, convirtiéndose en víctima inmediata del cambio climático. Por ello, el crecimiento y la abundancia general del plancton varía con respecto a la estación, el clima y las propiedades del agua, revelando la diversidad de estos importantes organismos dentro de su ecosistema, dado que el clima es un factor clave para la determinación de fluctuaciones a largo plazo en las comunidades de plancton, tanto en ecosistemas marinos como limnéticos (Arafat et al., 2021).

Aunque el zooplancton es menos susceptible a eventos de extinción local por sus grandes densidades poblacionales, alta producción de propágulos y su gran capacidad de dispersión, también es sensible a los cambios ambientales y responde con facilidad a la degradación ambiental al cambiar la composición de especies entre sitios (Deosti et al. 2024). Considerando la importancia significativa del zooplancton, este es una de las peores víctimas de los patrones climáticos cambiantes, debido a que los profundos efectos del cambio climático en la comunidad del zooplancton, inciden constantemente en la destrucción de toda la red alimentaria acuática, generando preocupaciones más graves sobre los niveles tróficos superiores y la dinámica general de la biota acuática, resultando en la pérdida interminable de la dinámica del ecosistema acuático que podría prevalecer y continuar aumentando (Arafat et al., 2021).



Los organismos zooplanctónicos presentan una amplia distribución en los océanos del mundo, desde las zonas superficiales hasta las profundidades abisales (Crespo et al., 2020). En las comunidades de zooplancton costero, la distribución, abundancia, diversidad y biomasa pueden usarse como indicadores de variabilidad ambiental porque están asociadas con la variabilidad climática, procesos oceanográficos de mayor escala, eventos de surgencia, corrientes costeras y patrones de salinidad.

Dentro de la región del Pacífico Tropical Oriental se encuentra Panamá, un país que cuenta con una plataforma continental de aproximadamente 25 000 km², incluyendo diversas áreas insulares, de esta extensión, 19 000 km² corresponden a la región del Pacífico, con una línea costera de 1700 km de longitud (Olivera et al. 2023). La Bahía Limón es la puerta de entrada al Canal de Panamá en el Atlántico, extendiéndose por aproximadamente 7 millas (11 km) hasta las esclusas de Gatún, ubicada en el extremo norte del canal, en la ciudad de Colón. Esta bahía cumple un papel fundamental en el tránsito marítimo global, facilitando la conexión entre los océanos Atlántico y Pacífico (Bray et al., 2025). Por ello, el presente estudio constituye un aporte valioso para la región, porque la Bahía Limón, es una zona estratégica del Caribe panameño con una dinámica ecológica única debido a su conexión con el canal de Panamá y su exposición a diversas influencias oceanográficas.

Por otro lado, a pesar de la importancia ecológica del zooplancton en la región, el cual desempeña un rol clave en las redes alimentarias marinas y es una fuente principal de biodiversidad, sus estudios son limitados y la mayoría de ellos se realizaron recientemente (Olivera et al. 2023). Los estudios previos están relacionados con la abundancia y dinámica del zooplancton y se encuentran limitados a la costa pacífica del país, dejando una gran brecha de conocimiento en la zona caribeña (Brugnoli et al, 2023 y Camarena & Vega, 2021).

En ese sentido, la información obtenida en este estudio, servirá como línea base para futuras investigaciones sobre biodiversidad, monitoreo ambiental e impactos antropogénicos, contribuyendo al desarrollo de estrategias de gestión sostenible para los ecosistemas marinos costeros de Panamá.

MÉTODO

Enfoque metodológico

El enfoque es cuantitativo, dado que se basa en la recolección, análisis y comparación de datos numéricos para evaluar la diversidad y composición del zooplancton en las estaciones estudiadas.

Diseño de estudio

El diseño es transversal, dado que los datos se recolectaron en un único momento del tiempo (aunque en múltiples estaciones), permitiendo un análisis sin seguimiento temporal.

Tipo de estudio

La investigación es de tipo cuantitativa y descriptiva, debido a que busca caracterizar y cuantificar la diversidad de zooplancton en términos de taxones y parámetros ecológicos como índices de Shannon, Simpson y Pielou. También se incluye un componente comparativo, al analizar diferencias entre estaciones con pruebas estadísticas.

Población y muestra

Bahía Limón se localiza hacia la entrada norte del Canal de Panamá, es una zona que comparte un uso industrial, una zona portuaria (Puerto Cristóbal), zonas urbanas y zonas turísticas. Específicamente, la zona donde se realizó el estudio presenta un área de unos 1.4 km² y se localiza frente a la planta de Gas AES Colón, ubicada en una zona conocida como Telfers. En la costa se observa un litoral rocoso, zonas arenosas, fangosas y praderas de hierbas marina, tal como se muestra en la Figura 1.



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

1.13

ENERO - MARZO 2025

Artículo Científico

9 - 17

PRIMER INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN BAHÍA LIMÓN, COLÓN, PANAMÁ

Edgardo Abdiel Muñoz Tejeira

ORCID: 0009-0005-7925-8964

<https://revista.scienceevolution.com/>



Figura 1

Mapa general de Bahía Limón de Google Earth



Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizó un muestreo sistemático de zooplancton marino costero en 6 estaciones de Bahía Limón, con 6 puntos de muestreo por estación.

Además, se utilizaron fuentes secundarias de información diversas, tales como Scopus, Dialnet, Google Scholar, Sciencedirect, entre otras, para complementar y contextualizar los hallazgos obtenidos en el trabajo de campo.

Instrumentos

En la zona de estudio se establecieron 6 estaciones subdivididas en 6 sitios o subestaciones cada una para un total de 36 puntos de muestreo. Las estaciones fueron denominadas Estación-1, Estación-2, Estación-3, Estación-4, Estación-5 y Estación-6. Todas las estaciones fueron georeferenciadas, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 1

Estaciones de puntos de muestreo



En cada estación se realizó un muestreo del zooplancton utilizando una red cónica de un metro de largo con una boca de 12 pulgadas y un tamiz de 300 micras, por un periodo de 10 minutos a una velocidad de aproximadamente 4-5 nudos. Las muestras fueron colocadas en envases plásticos de 100 ml. previamente rotulados, y luego fijadas con formalina al 5%. Las colectas se realizaron el 7 de junio y el 1 y 16 de julio del año 2016.

Análisis de datos

Para determinar la diversidad de las especies dentro del sistema, se utilizó el índice de Shannon-Wiener (Brower & Zar, 1977; Franco et al., 1985; Moreno, 2001). También se determinó el índice de Simpson y la equidad de Pielou. Los análisis de diversidad se realizaron utilizando el programa estadístico PAST 4.3. Además, se hicieron pruebas de normalidad y homogeneidad de los datos obtenidos y por último pruebas *t* de Student entre las estaciones muestreadas.



RESULTADOS

Riqueza de especies

En los muestreos realizados se reportaron 9 filos, 15 clases, 20 órdenes, 29 familias y 30 especies. Los *phylum arthropoda* son los más sobresalientes con 4 clases, 8 órdenes, 15 familias y 18 especies. Se identificaron también larvas y juveniles de moluscos (bivalvos y gasterópodos), además de crustáceos en estado nauplio, tal como lo describe la Tabla 1.

Tabla 1
Evaluación de capacitación

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	
Annelida	Polychaeta	Sabellida	Serpulidae	<i>Larva de polychaeta</i>	
		Branchiopoda	Ctenopoda	Sidadidae	<i>Penilia sp.</i>
			Onychopoda	Pododinae	<i>Evadne sp.</i>
	Copepoda	Calanoida	Calanidae	Calanidae	<i>Calanus sp.</i>
			Centropagidae	Centropagidae	<i>Centropages sp.</i>
			Clausocalanidae	Clausocalanidae	<i>Pesudocalanus sp.</i>
			Diaptomidae	Diaptomidae	<i>Diaptomus sp.</i>
			Paracalanidae	Paracalanidae	<i>Paracalanus sp.</i>
			Parvocalanus sp.		<i>Parvocalanus sp.</i>
			Temoridae	Temoridae	<i>Temora sp.</i>
	Cyclopoida	Cyclopoida	Corycaidae	Corycaidae	<i>Corycaeus sp.</i>
			Cyclopidae	Cyclopidae	<i>Cyclops sp.</i>
			Oithonidae	Oithonidae	<i>Oithona sp.</i>
Oncaceidae			Oncaceidae	<i>Oncaea sp.</i>	
Cyclopidae			Cyclopidae	<i>Mesocyclops sp.</i>	
Harpacticoida			Tachidiidae	<i>Euterpina sp.</i>	
Malacostraca			Cumacea	Bodotriidae	<i>Cyclaspis sp.</i>
Ostracoda	n.i.	n.i.	n.i.	sp.	
					Stomatopoda
Chaetognatha	Sagittidae	Aphragmophora	Sagittidae	<i>Sagitta sp.</i>	
Chordata	Appendicularia	Copelata	Oikopleuridae	<i>Oikopleura sp.</i>	
	Teleostei	Eupercaria	Sparidae	<i>Huevos de pez</i>	
	Thaliacea	Doliolida	Doioliidae	<i>Doliolum sp.</i>	
Cnidaria	Hydrozoa	Siphnophorae	Physaliidae	<i>Physalia sp.</i>	
Ctenophora	n.i.	n.i.	n.i.	sp.	
Echinodermata	Asterozoa	Paxillosida	Luidiidae	<i>Larva pluteus</i>	
	Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	<i>Larva de Bivalvo</i>	
Mollusca	Gasterópoda	Cephalaspidea	Bullidae	<i>Juv. gasterópodo</i>	
		Pteropoda	Creseidae	<i>Creseis sp.</i>	
		Ploima	Brachionidae	<i>Keratella sp.</i>	
Rotífera	Eurotatoria	Ploima	Brachionidae	<i>Keratella sp.</i>	

Los *phylum arthropoda* fue el mejor representado en las muestras colectadas, principalmente en las estaciones más cercanas a la costa, representando más del 70 % de la muestra; mientras que, en las estaciones más alejadas este porcentaje baja a alrededor del 50 %. Los cordados (*Filo Chordata*) representados por huevos de peces (Clase Teleostei), además de la clase *Appendicularia*, y *Thaliacea* se comienzan a manifestar con más frecuencia hacia las estaciones más alejadas de la costa (Estación 5 y 6). Los *phylum Cnidaria* también son representados en casi todas las estaciones mientras que los *phylum Echinodermata*, *Mollusca* y *Quetognatos* se comienzan a manifestar a partir de la estación 2. Los *phylum Polychaeta* solo se reportaron en la Estación 4.

Tabla 2
Porcentaje de *phylum* por estación colectada

Phylum	Estación	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Arthropoda	74.4 %	72.6 %	73.8 %	53.8 %	57.8 %	53.3 %
Chordata	20.9 %	11.3 %	18.0 %	27.5 %	26.7 %	30.0 %
Cnidaria	4.7 %	1.6 %		5.0 %	2.2 %	1.7 %
Echinodermata		8.1 %	4.9 %	3.8 %	4.4 %	5.0 %
Mollusca		4.8 %	1.6 %	5.0 %	2.2 %	8.3 %
Polychaeta						1.7 %
Quetognatos		1.6 %	1.6 %	3.8 %	6.7 %	

Se realizaron pruebas estadísticas para determinar si los datos presentaban una distribución paramétrica y los resultados fueron negativos. Se procedió entonces a realizar una prueba no



paramétrica (Kruska-Wallis) para encontrar si había diferencias significativas en las muestras colectadas, pero no se reportaron diferencias significativas entre las medianas de los grupos ($p > 0.05$). H (χ^2): 1.221, Hc (corregido por empates): 1.381, p: 0.9264.

Diversidad zooplanctónica

El índice de *Shannon* osciló entre rangos medios y altos (2.464 y 2.994), el índice de Simpson (1-D) presenta una diversidad alta con un rango de 0.9083 y 0.9452, la equitatividad de Pielou también mostró valores altos en todas las estaciones colectadas, que oscilaron entre 0.9371 y 0.9686. En general, estos resultados apoyan lo obtenido en el análisis de Kruskal-Wallis donde parece que estamos ante una zona marino-costera bastante homogénea, tal como lo vemos en la Tabla 3.

Tabla 3
Resultados del análisis de diversidad zooplanctónica

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Taxones_S	13	18	16	22	16	15
Individuos	26	33	31	45	30	30
Simpson_1-D	0.9083	0.9219	0.9178	0.9452	0.9222	0.9111
Shannon_H	2.464	2.709	2.623	2.994	2.656	2.546
Equitabilidad_J	0.9608	0.9371	0.9461	0.9686	0.9579	0.9401

Para tratar de establecer alguna diferencia específica entre la diversidad de cada estación se realizaron pruebas de *t* de Student con el fin de comprobar la relación entre la diversidad de Shannon y Simpson entre estaciones. Los resultados indicaron que en la diversidad de Shannon había diferencias en la estructura de la comunidad entre las estaciones 1-4, 3-4 y 4-5, mientras que en la estación 2-4 y 4-5, los resultados estuvieron cerca del valor de significancia. En el caso de la diversidad de Simpson solo se observó un valor cercano al valor de significancia en la estación 4-6, tal como vemos en la Tabla 4.

Tabla 4
Resultados de las pruebas *t* de Student para las estaciones colectadas

	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Estación 1	0.2884	0.3544	0.0032**	0.2659	0.8039
Estación 2		0.8470	0.0721*	0.9360	0.2112
Estación 3			0.0342**	0.7860	0.2588
Estación 4				0.0979*	0.0024**
Estación 5					0.1953
Simpson 1-D	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Estación 1	0.2336	0.6885	0.1993	0.6674	0.3901
Estación 2		0.8687	0.2912	0.8175	0.3002
Estación 3			0.3375	0.9233	0.2314
Estación 4				0.4931	0.0634*
Estación 5					0.2484

Nota: *Cerca del valor de significancia

**Hay diferencia significativa entre la diversidad entre las dos muestras.

DISCUSIÓN

La información acerca del zooplancton marino costero en la vertiente caribeña de Panamá es muy escasa, particularmente en la Bahía Limón, esto dificulta la comparación directa del número de taxones presentes. Sin embargo, estudios realizados en otras regiones tropicales proporcionan un marco de referencia para esta investigación. Crespo et al. (2020) indican que en la zona caribeña de Venezuela, las comunidades planctónicas muestran una alta diversidad biológica, distinguiéndose por tener una gran cantidad de especies a densidades bajas y una reducida dominancia, un patrón que podría ser aplicable a Bahía Limón.

Por otro lado, Cheng et al. (2022) estudiaron los perfiles de profundidad de la diversidad del zooplancton y sus variaciones regionales en el noreste del Océano Índico utilizando el análisis molecular 18S, encontrando que los perfiles de profundidad de las distribuciones de las comunidades pueden estar influenciados principalmente por la temperatura en los mares profundos de los océanos tropicales. Además, en el noreste del Océano Índico, el perfil de profundidad de la diversidad del zooplancton mostró un patrón bimodal, concluyendo que la zona mínima de oxígeno puede restringir significativamente la distribución vertical de las comunidades



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

1.13

ENERO - MARZO 2025

Artículo Científico

9 - 17

PRIMER INVENTARIO DE LA DIVERSIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN BAHÍA LIMÓN, COLÓN, PANAMÁ

Edgardo Abdiel Muñoz Tejeira

ORCID: 0009-0005-7925-8964

<https://revista.scienceevolution.com/>



de zooplancton. En contraste, factores similares podrían influir en la comunidad zooplanctónica de Bahía Limón, dado su entorno tropical y las posibles variaciones en los niveles de oxígeno disuelto.

Otro estudio realizado por Criales-Hernández et al. (2023) coincide con los hallazgos de la presente investigación al afirmar que las variaciones en la composición y diversidad de la comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Paredes, Santander, Colombia, son afectadas por los cambios en las variables de transparencia, conductividad, dureza total y alcalinidad. La elevada riqueza y abundancia de rotíferos puede atribuirse a la disponibilidad de materia orgánica que ofrece la ciénaga de Paredes, porque estos organismos pueden beneficiarse de la tolerancia que muestran hacia las variaciones en la columna de agua. Por esta causa, la diversidad en la ciénaga de Paredes ha mermado en este cuerpo acuático, indicando alteraciones en las características que podrían influir en el funcionamiento del ecosistema, lo que hace urgente llevar a cabo investigaciones a largo plazo que ayuden a comprender la estructura y dinámica no solo de la ciénaga, sino también de sus cuencas vecinas y sus posibles impactos antropogénicos.

Esquivel-Garrote y Morales-Ramírez (2020) a través de un estudio en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Isla del Coco, sitio Patrimonio de la Humanidad en el Pacífico Tropical Oriental, que constó de cuatro temporadas de muestreo, notaron que la composición de la comunidad de zooplancton en la Isla del Coco no mostró diferencias con las comunidades zooplanctónicas típicas de las islas oceánicas tropicales y subtropicales y de las lagunas arrecifales de coral que se encuentran bajo influencia oceánica, caracterizándose por la alta presencia de copéodos calanoides, quetognatos y larváceos. Sin embargo, la biomasa y abundancia del zooplancton se vieron aparentemente afectadas por la temporada del fenómeno del Niño costero y las condiciones oceanográficas, lo que resalta la importancia de evaluar las condiciones oceanográficas locales en Bahía Limón para comprender mejor las fluctuaciones en la abundancia y diversidad del zooplancton.

La diversidad zooplanctónica encontrada en Bahía Limón desempeña un papel fundamental dentro de la cadena trófica marina costera, debido a que actúa como eslabón intermedio entre el fitoplancton y los niveles tróficos superiores. La alta diversidad observada en algunos puntos de muestreo, expone una comunidad ecológicamente adaptable y estable, con gran capacidad de responder a variaciones ambientales, en concordancia con los hallazgos de Cheng et al. (2022), quienes señalaron que la biodiversidad zooplanctónica puede responder dinámicamente a cambios ambientales.

Los *phylum arthropoda* fueron el taxón dominante en las muestras colectadas, con una notable presencia de estados nauplios. Esta dominancia puede estar relacionada con el aporte de nutrientes provenientes de las operaciones del Canal de Panamá, los cuales podrían influir en la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica local; además, el análisis estadístico revela grandes diferencias en la estación 4 en comparación con otras estaciones, posiblemente a causa de factores fisicoquímicos no evaluados en el presente estudio. La ubicación central de la estación 4 indica que podría recibir influencias tanto de aguas dulces como marinas. Por su parte, los índices de Shannon y Simpson, discrepan entre sí, demostrando que las diferencias observadas están correlacionadas en mayor medida con la equidad de las especies que con la dominancia.

Cabe resaltar que, debido al número limitado de estaciones de muestreo y la falta de evaluaciones temporales, se podría ver afectada la representatividad de los resultados. Asimismo, la falta de análisis de parámetros fisicoquímicos limita la interpretación de las diferencias observadas en la comunidad zooplanctónica.

Este estudio representa una línea base útil para el monitoreo continuo de la biodiversidad zooplanctónica en Bahía Limón. Se recomienda realizar estudios futuros que exploren la relación entre los factores ambientales y la composición del zooplancton, así como análisis detallados sobre la dinámica poblacional de especies clave en la zona. También, se puede predecir que si los factores causales del cambio climático continúan operando más allá de sus límites, existe la máxima posibilidad de un cambio importante en la dinámica del ecosistema acuático en lo que respecta a su biota y estabilidad. Por ello, investigaciones posteriores deben explorar acerca de la dinámica del zooplancton y su relación con los parámetros bióticos (parásitos, depredadores, entre otros) y abióticos (disponibilidad de luz, temperatura, salinidad, nutrientes y pH) para proporcionar una comprensión amplia de su respuesta al cambio climático (Arafat et al., 2021).

Es un hecho que los efectos del cambio climático y la variabilidad climática sobre la diversidad del zooplancton marino son múltiples y dependen del sistema. En consecuencia, los agentes indirectos pueden actuar de forma independiente, sinérgica, aditiva o antagónica para los grupos de zooplancton, sin embargo pueden responder de forma diferente a los mismos estímulos,



poniéndose de relieve la importancia de cuantificar las respuestas individuales de cada grupo y la respuesta acumulativa mediante métricas de diversidad (Bezerra et al., 2023).

En resumen, la implementación de muestreos estacionales podría ser clave, dado que permitiría evaluar la variabilidad temporal de la comunidad, determinado además que la estructura de la comunidad zooplanctónica local se ve influenciada por múltiples factores ambientales. Por tal razón, se sugiere incluir en los estudios futuros, el análisis de nutrientes y condiciones hidrológicas para tener mayor claridad respecto a la influencia de las aportaciones del Canal de Panamá en la diversidad zooplanctónica local.

CONCLUSIONES

Los *phylum arthropoda* fueron el grupo más abundante en la Bahía Limón, se identificaron 30 especies en las muestras analizadas, representando más del 70 % de los organismos colectados y reflejando una gran heterogeneidad taxonómica. Este patrón es característico de ecosistemas marinos costeros tropicales, donde los crustáceos pueden ser utilizados como indicadores clave de biodiversidad en la zona. Su abundancia indica que la Bahía Limón cuenta con una comunidad zooplanctónica típica de zonas costeras tropicales, resultando en un ecosistema saludable y bien estructurado.

La alta presencia de los *phylum arthropoda* reafirma su rol como eslabón fundamental entre el fitoplancton y los niveles tróficos superiores, demostrando que la dinámica trófica en Bahía Limón se encuentra en equilibrio con las características del entorno. La composición zooplanctónica es relativamente homogénea a escala de la bahía, según el análisis de Kruskal-Wallis, que no mostró diferencias importantes entre las estaciones, a pesar de los patrones espaciales observados. Esta homogeneidad podría estar relacionada con condiciones ambientales estables, como la temperatura y la salinidad, que mantienen una distribución uniforme de las especies a lo largo del área de estudio.

Por otro lado, la abundancia de los *phylum arthropoda* en las estaciones más cercanas a la costa, es una particularidad del ecosistema local, lo que podría atribuirse a la disponibilidad de nutrientes, el aporte de materia orgánica terrestre y las condiciones de menor profundidad. En las estaciones más alejadas se detectó la existencia de cordados, probablemente debido a su preferencia por hábitats pelágicos, en tanto que la proporción de *phylum arthropoda* se redujo hasta un 50 %, con un aumento relativo de filos como *Chordata* (huevos de peces y organismos pelágicos como *Appendicularia* y *Thaliacea*), resaltando un gradiente ecológico directamente influenciado por factores como la profundidad y las corrientes oceánicas. A pesar de la dominancia de los *phylum arthropoda*, se

identificaron otros filos como *Cnidaria*, *Echinodermata*, *Mollusca* y *Chaetognatha*, evidenciando la riqueza del ecosistema marino en Bahía Limón. En la estación 4 se detectaron únicamente *polychaeta*, lo que podría denotar condiciones locales específicas del sustrato.

A su vez, los *phylum arthropoda* fueron el taxón dominante en las muestras colectadas, con una notable presencia de estados nauplios, dado que esta dominancia puede estar relacionada con el aporte de nutrientes proveniente de las operaciones del Canal de Panamá, los cuales podrían influir en la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica local. Además, el análisis estadístico revela grandes diferencias en la estación 4 en comparación con otras estaciones, posiblemente a causa de factores fisicoquímicos no evaluados en el presente estudio, por lo que la ubicación central de la estación 4 indica que podría recibir influencias tanto de aguas dulces como marinas. También, los índices de Shannon y Simpson discrepan entre sí, demostrando que las diferencias observadas están correlacionadas en mayor medida con la equidad de las especies que con la dominancia.

En conclusión, los hallazgos de este estudio aportan información valiosa sobre la biodiversidad marina en Bahía Limón, una zona poco estudiada, resaltando la importancia de su conservación y manejo sostenible. Sumado a ello, la caracterización de la comunidad zooplanctónica permite comprender mejor su papel ecológico y su relación con las condiciones ambientales locales, contribuyendo al desarrollo de estrategias de gestión de los recursos marinos costeros. Cabe resaltar que, debido al número limitado de estaciones de muestreo y la falta de evaluaciones temporales, se podría ver afectada la representatividad de los resultados. Al mismo tiempo, la falta de análisis de parámetros fisicoquímicos limita la interpretación de las diferencias observadas en la comunidad zooplanctónica.

De manera que, este estudio representa una línea base útil para el monitoreo continuo de la biodiversidad zooplanctónica en Bahía Limón.



Se recomienda realizar estudios futuros que exploren la relación entre los factores ambientales y la composición del zooplancton, así como análisis detallados sobre la dinámica poblacional de especies clave en la zona. Asimismo, deberían enfocarse en evaluar los factores fisicoquímicos del agua para comprender mejor su influencia en la distribución de las especies y en analizar la variabilidad temporal de la comunidad zooplanctónica para identificar posibles fluctuaciones estacionales en la composición de especies.

REFERENCIAS

- Arafat, M. Y., Bakhtiyar, Y., Mir, Z. A., & Tak, H. I. (2021). Paradigm of climate change and its influence on zooplankton. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 18(2). <https://bit.ly/3jMS84W>
- Bezerra, W. C. A., Figueiredo, G. M., & Kozłowski-Suzuki, B. (2023). Can we meaningfully estimate the impacts of climate on zooplankton biodiversity? A review on uses and limitations of marine time series. *Marine Pollution Bulletin*, 195, 115515. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115515>
- Bray, W. D., Padelford, N. J., Gordon, B. L., Cho, A., & Worthington, W. E. (2025). *Panama Canal*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/Panama-Canal>
- Brower, E.J., & Zar, J.H. (1977). *Field and laboratory methods for general ecology*. W. C. Brqon Company Publishers.
- Brugnoli Olivera, E., Molina, L., Till, I., Camarena, M., Morales-Ramírez, A., & Díaz-Ferguson, E. (2023). Mesozooplankton and oceanographic conditions in the North zone of Coiba National Park (Panamá, Central America). *Regional Studies in Marine Science*, 66, 103136. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103136>
- Camarena, Vargas, M.G., & Vega, A.J. (2021). Estructura poblacional del mesozooplankton en el pináculo de Bajo Tico, Noreste del Parque Nacional Isla Coiba, Panamá.
- Cheng, X.-W., Zhang, L.-L., Gao, F., Tan, Y.-H., Xiang, R., Qiu, Z.-Y., & He, L.-J. (2022). Biodiversity of zooplankton in 0–3000 m waters from the eastern Indian Ocean in spring 2019 based on metabarcoding. *Water Biology and Security*, 1(1), 100005. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2022.100005>
- Criales-Hernández, M.I., Sánchez Lobo, D.M., Rueda Parra, A.M. & López-Gómez, S.M. (2023). Diversidad y estructura de la comunidad zooplanctónica en la Ciénaga de Paredes. *Acta Biológica Colombiana*, 28(1), 95-107. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.94931>
- Deosti, S., Bonecker, C. C., Mantovano, T., Bonfim, F. de F., & Lansac-Tôha, F. A. (2024). Zooplankton metacommunity knowledge over 20 years: A systematic review. *Journal of Plankton Research*, 46(6), 644–653. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbae064>
- Esquivel-Garrote, O., & Morales-Ramírez, Á. (2020). Community structure of coral reef zooplankton in Isla del Coco National Park, a natural World Heritage site in the Eastern Tropical Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 68(Suppl. 1), 248–260. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is1.41188>
- Franco, L., De la Cruz, A.J.G., Rochar, R.A., Navarrete, S.N., Flores, G.M., Kato, E.M. Sanchez, S.C., Abarca, L.G.A., Bedia, C.M.S., & Winfield, I.A. (1985). *Manual de Ecología*. Ed. Trillas.
- Lomartire, S., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2021). The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. *Ecological Indicators*, 129, 107867. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107867>
- Quijije, L., Napa, J., Alio, J. y Del Valle, D. (2020). Abundancia, composición y diversidad del zooplancton en la zona de Cojimíes, Manabí, durante los meses de mayo a octubre del 2018. *Dom. Cien.*, Vol. 6, Num. 3; Especial Septiembre 2020, pp. 735-756.
- Ramos-Centeno, J., & Napa-España, J. (2020). Abundancia, composición y diversidad del zooplancton en la zona de Cojimíes - Manabí, durante los meses de mayo - octubre del 2018: Artículo de investigación. *Revista De Ciencias Del Mar Y Acuicultura YAKU*. 3(5), 21–40. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/yaku/article/view/7>
- Uttieri, M., Carotenuto, Y., Di Capua, I., & Roncalli, V. (2023). Ecology of marine zooplankton. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(10), 1875. <https://doi.org/10.3390/jmse11101875>
- Vairagade, S. P. (2024). A review on zooplankton diversity with reference to physico-chemical parameters of lentic ecosystems in Maharashtra. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 11(2), 37-48. <https://doi.org/10.32628/IJSRST524111103>