



Universidad de Panamá  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología  
Escuela de Biología  
Departamento de Biología Marina y Limnología

## **Abundancia y biodiversidad de la fauna bentónica en los manglares de Chame, Panamá**

Presentado por:

Susania Yoidy Avila Misselis

8-976-806

Katherine Claudeth Bakes Ortiz

8-985-2043

Trabajo de graduación  
presentado a la Escuela de  
Biología, como requisito para  
optar por el Título de  
Licenciatura en Biología con  
orientación en Biología Marina y  
Limnología

Panamá, República de Panamá

Diciembre, 2025



Tribunal examinador

Título:

**Abundancia y biodiversidad de la fauna bentónica en los manglares de Chame, Panamá**

Por:

Susania Yoidy Avila Misselis  
8-976-806

---

Katherine Claudeth Bakes Ortiz  
8-985-2043

---

Trabajo de graduación presentado a consideración de la Escuela de Biología como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Biología con orientación en Biología Marina y Limnología.

Dr. Humberto Garcés B.

---

Asesor principal

Dr. Roberto Pino S.

---

Asesor

Mgtr. Edilberto Aguilar

---

Asesor

## DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi pilar más firme, por su amor incondicional, su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos en los que yo dudaba. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino, con paciencia, sabiduría y fuerza.

A mis hermanos, por ser mi refugio en los días difíciles, por escucharme sin juzgar y estar ahí siempre que los necesité. Su compañía y cariño han sido un consuelo invaluable.

A mi abuelo el señor Reginaldo Misselis Q. E. P. D., cuyo amor y presencia siguen vivos en mi memoria. Gracias por acompañarme en tantas noches de estudio, por ese café hecho con tanto cariño, y por ser mi compañía silenciosa y reconfortante. Tu apoyo fue luz en los momentos más oscuros, y tu recuerdo me sigue inspirando.

A mis amigos, por ser abrigo en el cansancio, por cada palabra de aliento, por cada gesto de apoyo y por estar siempre dispuestos a escucharme. Ustedes hicieron este camino más llevadero y humano.

Gracias a todos por caminar conmigo. Esta meta también es suya.

**Susania Avila**

A mi mamá, por estar en cada momento, desde un "cuídate", una comida, un abrazo, hasta ese consuelo silencioso que me ofrecía al escuchar mis lágrimas de frustración. Gracias por tu amor constante, tu cuidado y tu fortaleza.

A mi papá, por su apoyo silencioso, pero siempre presente, que me brindó sostén, protección y la tranquilidad de saber que siempre podía contar con él, incluso sin palabras.

A mi hermano, por madrugar tantas veces sólo para acompañarme en mis giras de campo, por esperarme al anochecer cuando salía tarde del laboratorio, por tu presencia firme, estable y fuerte que me sostuvo sin titubeos a lo largo de este camino.

Gracias por caminar a mi lado, por ser hogar, por ser refugio.

**Katherine Bakes**

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se desarrolló con el apoyo financiero de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), mediante el proyecto 084-2021 del Convenio de Cooperación SENACYT–Fundación Ciudad del Saber y el proyecto FID22-041. Al Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CCML) de la Universidad de Panamá y al Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), por facilitarnos sus instalaciones para el procesamiento de muestras y por el acompañamiento técnico recibido. Al Dr. Humberto Garcés B. por su orientación constante, paciencia y calidez durante el desarrollo de esta tesis. Al Dr. Carlos Vergara Chen, coordinador del Grupo de Investigación Ecología Funcional y Aplicada de la UTP, por permitirnos realizar este trabajo en el marco de los proyectos mencionados. Al Dr. Roberto Pino por su guía y ayuda en el procesamiento de muestras de sedimento. Al Magíster Edilberto Aguilar, director del CCML y la bióloga Marissa Quintero, por ayudarnos en el proceso estadístico de nuestro proyecto, al Ing. Nelson Collado de la ARAP, por su acompañamiento durante las giras de campo, al Magíster Carlos Vega, por su asesoría en la identificación de poliquetos, y al Magíster Edgardo Muñoz, por ayuda en la identificación de fauna y en el procesamiento de nuestras muestras.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Indice general .....	v
Indice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
I. Introducción .....	1
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos .....	5
II. Metodología.....	6
Área de estudio.....	7
Metodología de campo.....	8
Metodología de laboratorio.....	9
Análisis estadísticos.....	12
III. Resultados y discusión .....	14
IV. Conclusiones.....	25
V. Recomendaciones.....	26
VI. Bibliografía.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitios de colecta en el río Salado y la bahía de Chame.....	8
Figura 2. Composición promedio de la granulometría obtenida por estación y temporada en los manglares de Chame, marzo a junio 2024.....	15
Figura 3. Numero de individuos (n) y familias (f) y el porcentaje de taxa (%) en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024 .....	17
Figura 4. Distribución de la abundancia de la macrofauna bentónica por temporada, marzo a junio 2024.....	18
Figura 5. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de las estaciones de muestreo en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024.....	19
Figura 6. Ordenación por Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la macrofauna bentónica en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024.....	21

## RESUMEN

Los sedimentos de los manglares constituyen un componente esencial para la estructura ecológica y el funcionamiento de los ecosistemas costeros, especialmente en estuarios influenciados por dinámicas fluviales y marinas. El objetivo de este estudio fue analizar la granulometría y composición del sedimento, caracterizar la comunidad bentónica asociada y determinar cómo las variables ambientales influyen en la estructura de la macrofauna en los manglares del Río Salado y la bahía de Chame, Panamá. Se realizaron muestreos en cuatro estaciones durante tres temporadas climáticas (seca, transición y lluviosa; marzo, abril y junio de 2024), donde se recolectaron sedimentos para análisis granulométricos y de materia orgánica, así como organismos bentónicos para su identificación taxonómica y cuantificación. Los resultados mostraron que los sedimentos estuvieron dominados por fracciones finas, (superiores al 70 % en la mayoría de las estaciones), principalmente limo y arcilla con valores que predominaron en todas las temporadas, lo que refleja ambientes de baja energía hidrodinámica. La comunidad bentónica estuvo ampliamente dominada por Moluscos y Anélidos, que concentraron más del del 95 % de los organismos registrados (64,04 % Mollusca y 31,13 % Annelida) del total registrado. Las variaciones en la abundancia fueron marcadas entre temporadas, con incrementos durante la época lluviosa asociados a mayor aporte de nutrientes y escorrentía. El análisis multivariado indicó que la salinidad fue el factor más influyente en la distribución y abundancia de los principales grupos bentónicos, mientras que la materia orgánica y la granulometría contribuyeron a determinar la disponibilidad de microhábitats. Estos resultados señalan que la macrofauna bentónica de los manglares de Chame responde de manera directa a los gradientes ambientales estacionales y a la composición fina del sustrato, resaltando la importancia ecológica del sistema para el mantenimiento de comunidades adaptadas a condiciones altamente variables.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

Los manglares son ecosistemas marino-costeros localizados en zonas tropicales y subtropicales caracterizados por albergar comunidades de flora y fauna que se adaptan a condiciones de alta salinidad y suelos saturados. Estas áreas están formadas principalmente por árboles y arbustos halófitos, los cuales desarrollan raíces aéreas, conocidas como neumatóforos, que les permiten obtener oxígeno en suelos anegados (Díaz, 2011). Estas estructuras, además, estabilizan los sedimentos y contribuyen a mitigar la erosión costera (CONABIO, 2021).

La composición de estos ecosistemas incluye especies dominantes como *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* y *Avicennia germinans*, que prosperan en ambientes influenciados por procesos tanto terrestres como marinos (ARAP, 2013). Estas especies presentan adaptaciones como hojas gruesas y cerosas que les permiten resistir la exposición a la salinidad y al calor solar (Krauss & Ball, 2013). Su complejo sistema de raíces les permite estabilizar los sedimentos y crear hábitats para numerosas especies marinas y terrestres (Tomlinson, 2016).

A nivel global, estos ecosistemas desempeñan un papel clave en la mitigación del cambio climático al capturar y almacenar grandes cantidades de carbono, conocido como "carbono azul" (Secaira & Acevedo, 2017). Además, los ecosistemas de manglares funcionan como barreras naturales, reduciendo la fuerza de las olas y estabilizando los sedimentos. Sin estas comunidades, las zonas costeras quedarían expuestas a los efectos devastadores de tormentas y marejadas.

La biodiversidad de fauna asociada a los manglares incluye diversos grupos de especies, como mamíferos, aves, reptiles, peces, insectos y anfibios, esenciales para la alimentación y reproducción de muchas especies (Mendieta, 2006). Dentro de estos ecosistemas, los manglares ofrecen un hábitat crucial para una gran variedad de organismos durante diferentes etapas de su vida. Su conservación es fundamental para la conservación y sostenibilidad de numerosas especies en los ecosistemas marino-costeros (FAO & UNEP, 2020).

En particular, la fauna bentónica asociada a los manglares comprende organismos que habitan en el lecho marino, como moluscos, crustáceos, gusanos y microorganismos marinos (Alongi, 2002). Estos invertebrados desempeñan un papel vital en los ciclos de nutrientes y en la

descomposición de materia orgánica, aumentando la productividad primaria del ecosistema. Además, constituyen una fuente clave de alimento para otras especies, fortaleciendo la cadena trófica y promoviendo la diversidad biológica en estas áreas (Lee, 2008).

La presencia de la fauna bentónica en los manglares también contribuye a la estabilidad y enriquecimiento de los suelos costeros, ayudando a prevenir la erosión y protegiendo la línea costera de los efectos de mareas y tormentas (Nagelkerken *et al.*, 2008). Asimismo, estos organismos proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, como la filtración del agua y la mitigación de la contaminación. Esto resulta en una mejora significativa de la calidad del agua en los ecosistemas marino-costeros, subrayando su importancia ecológica y ambiental (FAO & UNEP, 2020).

Las corrientes marinas en los manglares de Chame son fundamentales para mantener la salud de este ecosistema, ya que dependen del flujo y reflujo de las mareas, que facilitan el intercambio de agua salada y dulce. Algunas especies de mangle necesitan este ciclo casi diario, mientras que otras sobreviven con inundaciones menos frecuentes según la época del año (Samaniego, 2017). Una característica de los manglares de Chame es que estos siempre se mantienen sumergidos de manera continua, independientemente del ciclo de mareas, debido a una combinación de factores naturales y ambientales que afectan su dinámica hidrológica y ecológica (CREHO, 2010).

Los manglares poseen un cuerpo de agua semicerrado con un sistema de canales de baja profundidad que permite un flujo continuo, incluso durante la marea baja, lo que provoca una acumulación constante de agua y evita su drenaje completo (Samaniego, 2024). El aumento del nivel del mar, asociado al cambio climático, ha intensificado la intrusión salina en los estuarios, manteniendo las áreas de manglar inundadas con agua salada por períodos más prolongados. Este fenómeno es posible debido a la ubicación geográfica de los manglares y a las dinámicas únicas del ecosistema local (Méndez & Estrada, 2024).

La interacción entre el relieve plano, el sistema estuarino semicerrado y el incremento del nivel del mar, sumada a la capacidad adaptativa de los manglares, genera un ambiente donde la

inundación constante es una característica natural. Los manglares de Chame permanecen en condiciones de humedad permanente, sin verse afectado por las variaciones de la marea, esto debido a su geomorfología, la intrusión salina, el cambio climático y su adaptación natural a las condiciones estuarinas (Rincón *et al.*, 2020). Este proceso es fundamental para la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas del ecosistema.

En Panamá, los manglares tienen una importancia particular debido a la extensa línea costera y su biodiversidad asociada. Un estudio previo realizado en el área de Chame destacó la riqueza faunística y su relación con el clima tropical de sabana (Villalobos & Justavino, 1996). Por otro lado, la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá subrayó su relevancia como hábitat para especies comerciales como el cangrejo centollo y la langosta espinosa, fundamentales para la economía local (ARAP, 2019).

Desde el punto de vista ecológico, los manglares proporcionan hábitats cruciales para una gran diversidad de especies, incluidas aquellas de fauna bentónica, esenciales para el ciclo de nutrientes y la estabilidad del suelo (Guevara-Fletcher *et al.*, 2011). La investigación científica en estos ecosistemas de mangle ha resaltado la necesidad de identificar zonas prioritarias para la conservación (Perén, 2022). Este enfoque integral garantiza un equilibrio entre la protección ambiental de los ecosistemas costeros y el desarrollo de actividades humanas sostenibles, promoviendo la conservación a largo plazo de regiones particularmente vulnerables al cambio climático y la intervención antrópica (Vega & Morán, 2007).

El estado actual de los ecosistemas de manglares en Panamá enfrenta desafíos significativos, como la deforestación, la expansión urbana y la contaminación, lo que compromete su integridad y funcionalidad. Instituciones como la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) han liderado investigaciones centradas en evaluar la calidad de los sedimentos y los niveles de contaminación en áreas como las bahías de Panamá y Chame (SENACYT, 2023). Estas investigaciones buscan proporcionar datos fundamentales para desarrollar estrategias de conservación efectivas que ayuden a proteger estos ecosistemas críticos para la biodiversidad y la salud de las comunidades costeras.

Futuras investigaciones son esenciales para entender mejor los procesos ecológicos y las amenazas que enfrentan los manglares en Panamá. Estudiar su capacidad para mitigar el cambio climático y su relevancia para el bienestar humano permitirá reforzar los argumentos para su preservación. Estos estudios proporcionarán las bases para el desarrollo de políticas de manejo sostenible que aseguren la conservación de estos recursos y su uso responsable a largo plazo, garantizando su preservación para las futuras generaciones (ANAM, 2016).

El propósito de esta investigación es evaluar la biodiversidad y la abundancia de la fauna bentónica en el ecosistema de manglar de la bahía de Chame, con el fin de cuantificar la estructura de sus comunidades y comprender su papel específico y su contribución en el ciclo de nutrientes y la estabilidad del suelo. Esta investigación pretende promover un enfoque de gestión integrada que equilibre las actividades humanas con la protección de la biodiversidad, asegurando así la conservación a largo plazo de los recursos naturales de la región.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Determinar la abundancia y biodiversidad de la fauna bentónica encontrada en los manglares del estero del río Salado y la bahía de Chame, Pacífico de Panamá.

### **Objetivos específicos.**

- Analizar las características granulométricas y la composición del sedimento en el área de estudio.
- Caracterizar la composición taxonómica y funcional de la fauna bentónica de los manglares de Chame estudiados.
- Relacionar la composición y abundancia de los principales grupos bentónicos encontrados con las variables ambientales tomadas.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

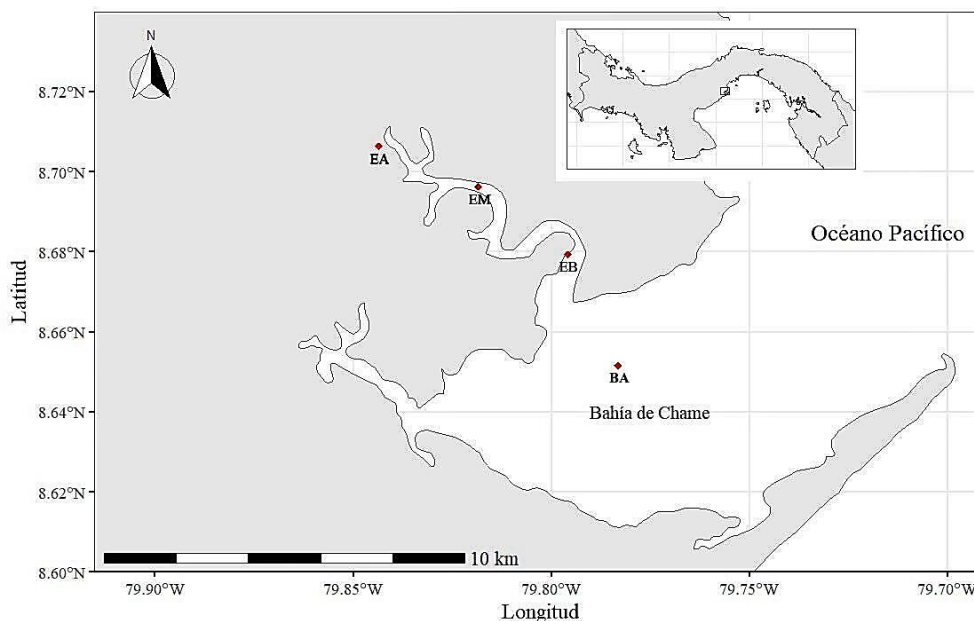
## 2.1 Área de estudio.

El proyecto se llevó a cabo en los manglares de Chame, específicamente en el estero del río Salado y la bahía de Chame, ambos sitios ubicados en la región costera del Pacífico panameño. El estero del río Salado se localiza en la provincia de Panamá Oeste, distrito de Chame, sus coordenadas geográficas son 8°42'29.0" N y 79°50'31.0" W, abarcando un área de gran importancia ecológica (Gratwicke, 2022). Por otro lado, la bahía se sitúa al sur del distrito de Chame, en la misma provincia, sus coordenadas son 8°39'01.4" N y 79°44'57.5" W, abarcando una amplia franja costera que incluye estuarios y áreas de manglar (CREHO, 2010).

El régimen de mareas en la bahía de Chame es semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares diarias, alcanzando alturas de hasta 4,9 m durante la pleamar y bajando hasta -0,2 m en bajar, como se registró el 8 de abril de 2025. Estas variaciones influyen significativamente en la dinámica hídrica del sistema, especialmente en el estero del río Salado, donde las mareas también presentan amplitudes considerables (Blundell, 2025). Además, tanto la bahía como el estero reciben aportes de ríos como el Chame, Lagarto y María, que proveen agua dulce y nutrientes esenciales para el ecosistema de manglares (MIAMBIENTE, 2023).

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo, tres de ellas ubicadas a lo largo del río Salado, abarcando las zonas alta, media y baja; mientras que, la cuarta estación se situó en la entrada de la bahía (Figura 1). Este diseño tuvo como objetivo representar de manera integral las diversas condiciones ambientales presentes en el estuario (Correa, 2016), estas fueron:

1. Estuario alto (EA): se localizaba en la parte alta del río Salado, en el lado norte del mismo, con las coordenadas 8°42'29.0" N y 79°50'31.0" W.
2. Estuario medio (EM): se encontraba en la parte media del río, específicamente en las coordenadas 8°41'50.0" N y 79°49'05.0" W.
3. Estuario bajo (EB): estaba situada en la parte baja del río, en su desembocadura, con las coordenadas 8°40'50.0" N y 79°47'35.0" W.
4. Bahía (BA): se ubicaba en la bahía de Chame, con las coordenadas 8°39' 06.0" N y 79°46'59.0" W.



**Figura 1.** Sitios de colecta en el río Salado y la bahía de Chame (Fuente: STRI GIS DATA PORTAL, 2025).

### **Metodología de campo.**

La toma de muestras de sedimento se llevó a cabo entre los meses de marzo y junio de 2024, recolectándose una muestra por temporada. De este modo, se obtuvieron muestras representativas de la temporada seca (marzo), de transición (abril) y lluviosa (junio) en cada una de las áreas de estudio. Para la extracción de sedimentos, se empleó una draga Wildco modelo Petite Ponar, con brazos de acero inoxidable, dimensiones de 15,24 x 15,24 cm (6 x 6"), un peso de 7,26 kg (16 lb) y capacidad para 2400 ml (Wildco, 2024).

Para la toma de muestras, se bajaba la draga utilizando una cuerda gruesa, asegurándose de hacerlo lentamente para evitar que se cerrara antes de tocar el sustrato. Al alcanzar el fondo, la draga se levantaba ligeramente y se dejaba caer con fuerza, permitiendo que los brazos de acero se cerraran correctamente y atraparan el sustrato dentro de las agarraderas (Espino *et al.*, 2004). Posteriormente, se extraía la draga de manera lenta y cuidadosa para evitar la pérdida de la muestra recolectada.

Las muestras obtenidas se colocaban en una bandeja de aluminio, donde se utilizaba una pala de jardinería para transferirlas a bolsas Ziploc previamente etiquetadas con información detallada del lugar, fecha, estación y profundidad. En cada estación de muestreo, se recolectaron cuatro muestras de sedimento, dos muestras a cada extremo del río a una distancia de aproximadamente 10 m (Torrado, 2020). Este procedimiento aseguró la obtención de muestras representativas de los sedimentos y la fauna bentónica del fondo del estuario (Olivero *et al.*, 2018).

Las muestras destinadas al análisis de fauna bentónica fueron fijadas *in situ* con formalina para evitar la división de la materia orgánica (Gorzelany & Nelson, 1987). Asimismo, se les agregó rosa de bengala para teñir los organismos y facilitar su identificación durante el análisis. Las muestras de sedimento, por otro lado, no fueron tratadas con productos químicos (EPA, 2016). Finalmente, todas las muestras se trasladaron al laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá para su procesamiento y análisis final.

Para la toma de factores físicoquímicos, se empleó un medidor multiparamétrico de calidad de agua de marca YSI modelo ProQuatro. Este dispositivo medía factores como la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto, entre otros (PROQUATRO, 2020). Las mediciones se realizaron en la parte superficial del cuerpo de agua en cada estación.

El medidor se colocaba en el cuerpo de agua y se dejaba en la misma posición durante aproximadamente 5 min. Posteriormente, los datos quedaban registrados en la memoria del equipo (Martínez *et al.*, 2023). Estos se descargaban en el laboratorio para su procesamiento y análisis posterior.

### **Metodología de laboratorio**

Para procesar las muestras de granulometría y carbonato, se separaron 200 g de sedimento empleando una balanza analítica. La muestra pesada fue colocada en una bandeja de aluminio y se dejó secar al aire libre durante tres días (Núñez *et al.*, 2016). Una vez finalizado el secado, se tomaron 100 g de muestra para granulometría y 5 g para la determinación de carbonato.

El análisis granulométrico se realizó según las normas ASTM D-422 mediante el procedimiento de tamizado. Se colocaron 100 g de muestra en una batería de tamices con diferentes mallas (N° 10, 18, 35, 60, 120, 230, 400 y fondo). El sedimento fue diluido lentamente con agua para facilitar el paso de las partículas finas por los tamices, asegurando que el agua filtrada quedara completamente clara (Ticona, 2014).

Una vez que el agua pasó limpia a través de los tamices, se secó la muestra completamente para eliminar la humedad residual. Posteriormente, se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz para determinar su proporción respecto al peso total de la muestra (Blott & Pye, 2001). Los datos obtenidos fueron organizados en tablas de Excel para su posterior análisis y comparación.

Para la determinación del contenido de carbonato, se utilizó el método de digestión con ácido, el cual consiste en la reacción del carbonato con ácido clorhídrico (HCl) para liberar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (FAO, 2021). En este procedimiento, se pesaron 5,0 g de sedimento seco y se colocaron en un vaso químico previamente pesado, registrando este valor en una tabla antes de la reacción. Posteriormente, se añadieron cuatro gotas de HCl al sedimento, agitando hasta que cesara la reacción (Schumacher, 2002).

El proceso se repitió alternando la adición de HCl con lavados cuidadosos con agua destilada, para garantizar la eliminación completa de los carbonatos. Cada muestra fue escurrida cuidadosamente durante el proceso, evitando la pérdida de partículas de sedimento. Finalmente, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente durante al menos 48 h antes de ser pesadas nuevamente para registrar el peso final (Núñez *et al.*, 2016).

El contenido de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) se calculó utilizando la diferencia entre los 5,0 g iniciales y el peso final de la muestra. Para expresar este contenido en porcentaje, se empleó la fórmula:  $\% \text{CaCO}_3 = (\text{CaCO}_3 \times 100) / 5$ . Estos resultados fueron registrados en tablas de Excel para su interpretación y análisis en conjunto con los datos granulométricos (Núñez *et al.*, 2016).

Para el análisis de materia orgánica se empleó el método por ignición, que se basa en la pérdida de peso de la muestra al someterla a altas temperaturas. Inicialmente, se pesaron 50,0 g de sedimento en una balanza y la muestra fue colocada en una bandeja de aluminio para secarse al aire libre durante 48 h. Posteriormente, se separaron 25,0 g de la muestra para continuar con el análisis en crisoles de porcelana previamente pesados y rotulados con el número de estación correspondiente (Izquierdo & Arévalo, 2021).

Los crisoles conteniendo las muestras se introdujeron en un horno mufla Lindberg General Signal, modelo 51848, programado para alcanzar una temperatura de hasta 1 100 °C. Una vez que el horno llegó a los 500 °C, se mantuvo esta temperatura durante 1 h para asegurar una calcinación adecuada (Barrezueta-Unda *et al.*, 2020). Transcurrido este tiempo, el horno se apagó y se dejó la puerta entreabierta durante 15 min para permitir la disipación del calor y manipular los crisoles de forma segura.

Tras enfriarse parcialmente, los crisoles fueron transferidos a un desecador donde permanecieron durante 30 min (Bautista & Hernández, 2021). Este procedimiento permitió que las muestras alcanzaran una temperatura adecuada para ser manipuladas y pesadas con precisión. Una vez enfriadas, se registró el peso de los crisoles con las muestras calcinadas, y los datos obtenidos fueron organizados en una tabla para su análisis posterior.

Para calcular el porcentaje de materia orgánica, se empleó la fórmula: % M.O. = [(Peso inicial - Peso final) / Peso inicial] x 100. Esta fórmula permitió determinar la diferencia entre el peso inicial del sedimento seco y el peso después de la ignición, reflejando así el contenido orgánico presente en las muestras (Dabadie *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos fueron utilizados para evaluar la cantidad de materia orgánica en las diferentes estaciones de muestreo.

Las muestras de sedimentos fijadas con formalina fueron colocadas en un tamiz de 1,00 mm, donde se les vertió agua de manera lenta y controlada para eliminar los sedimentos no deseados y conservar únicamente las muestras de interés. Posteriormente, el material biológico obtenido se trasladó a frascos de vidrio con tapa, los cuales se rotularon con la fecha de colecta, el número

de estación y la fecha de procesamiento. Finalmente, estas muestras fueron fijadas con alcohol para garantizar su conservación (Gonzales & Maestre, 2014).

Una vez agrupadas todas las muestras biológicas en sus respectivos frascos, se procedió a separar y extraer los organismos bentónicos del tejido vegetal y otros residuos. Para ello, se tomó una pequeña cantidad de cada muestra y se depositó en una placa Petri plástica de 10 x 15 mm con 10,0 ml de agua para facilitar su dilución (Garza, 2011). Con un estereoscopio Leica MZ6 y una aguja de insulina de 1,0 ml, se revisó meticulosamente cada fragmento hasta localizar y separar los organismos presentes.

Los organismos encontrados fueron clasificados según su tamaño y almacenados individualmente en frascos de 5,0 ml para los pequeños y de 20,0 ml para los grandes, todos fijados con alcohol. Posteriormente, se tomaron fotografías de cada espécimen utilizando un estereoscopio StereoBlue Euromex con cámara y el software ImageFocus Plus V2. Estas imágenes fueron esenciales para realizar una identificación precisa de los organismos con la ayuda de claves taxonómicas especializadas (Sánchez *et al.*, 2024).

La identificación de los organismos se basó en la observación de sus rasgos morfológicos externos, empleando las claves taxonómicas disponibles (Keen, 1971; Fauchald, 1977; Liñero, 1997; Moscoso, 2013; Angulo *et al.*, 2021). Tras la clasificación de cada individuo en su respectivo taxón, se procedió al conteo de la cantidad de organismos presentes en cada grupo identificado. Finalmente, los datos obtenidos del conteo fueron sometidos a análisis estadísticos con el propósito de generar resultados detallados y confiables sobre la composición de la fauna bentónica.

### **Análisis estadísticos**

Los resultados del muestreo fueron inicialmente tabulados en Microsoft Excel para su organización y posterior procesamiento utilizando el programa PAST versión 4.14 (Brown & Jones, 2018). La tabulación inicial fue fundamental para estructurar las grandes matrices de datos de abundancia faunística y variables fisicoquímicas, permitiendo la correcta aplicación de

los métodos multivariantes posteriores. Este proceso aseguró la calidad y la preparación de los datos para el análisis ecológico detallado de los organismos bentónicos.

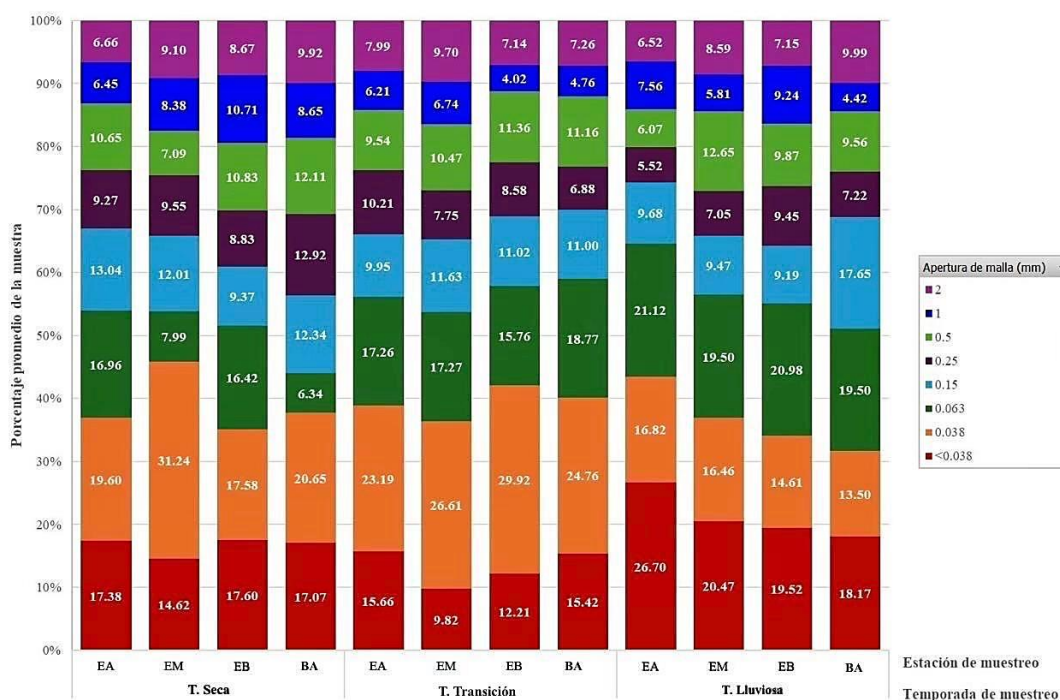
Para el análisis de agrupamiento de variables con base en sus características, se empleó un dendrograma por el método UPGMA y la métrica de Bray-Curtis (Osorto-Núñez *et al.*, 2023). Este análisis jerárquico permitió agrupar las estaciones de muestreo con características granulométricas y fisicoquímicas similares, reflejando así la estructura del sedimento en relación con la abundancia y composición faunística del área (García *et al.*, 2012). Finalmente, la distribución granulométrica promedio de los sedimentos por estación y temporada se visualizó mediante un gráfico de barras apiladas.

Se aplicó un análisis de Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para visualizar las distancias ecológicas entre las muestras de los manglares del estuario del río Salado y la bahía de Chame. El análisis se basó en la composición faunística, permitiendo la interpretación de los gradientes ambientales que influyeron en la distribución de la fauna bentónica a lo largo del sistema estuarino (Gómez & Peñuela, 2016). La ordenación resultante facilitó la identificación de patrones de agrupación y separación de las estaciones en función de sus comunidades de organismos.

Para comparar las medias de las variables entre temporadas o estaciones, se consideró la aplicación de una prueba paramétrica *post-hoc* lícita. Específicamente, se utilizó la prueba de Tukey para identificar cuáles pares de medias de los grupos muestrales (estaciones o temporadas) presentaron diferencias estadísticamente significativas (Gómez & Peñuela, 2016). El análisis se realizó considerando un nivel de significancia de  $p \leq 0.1$ , con el fin de evaluar si las variaciones observadas en la granulometría y otras variables ambientales fueron estadísticamente significativas a lo largo del estuario.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las barras apiladas muestran la distribución granulométrica promedio de los sedimentos recolectados en los manglares del estuario del río Salado y la bahía de Chame (Figura 2), clasificándolos por temporada (seca, transición y lluviosa) y estación (EA, EM, EB, BA). El análisis reveló que las fracciones finas (especialmente las partículas menores a 0,063 mm) constituyeron consistentemente el componente dominante del sustrato en todos los sitios muestreados. Este predominio de partículas finas es característico de los ambientes estuarinos de baja energía en el Pacífico panameño, donde la alta deposición de sedimentos finos favorece el desarrollo del ecosistema de manglar (PNUD & MIAMBIENTE, 2020).



**Figura 2.** Composición promedio de la granulometría (%) obtenida por estación (EA, EM, EB) y temporada (seca, transición, lluviosa) en los manglares de Chame, marzo a junio 2024

Las fracciones correspondientes a partículas menores a 0,038 mm y entre 0,038–0,063 mm mostraron porcentajes elevados, representando entre 14 % y 31 % del total por estación, destacando la estación EM durante la temporada seca con un valor máximo de 31,24 %. En la temporada de transición, estas fracciones fluctuaron de manera moderada, con valores entre 15,66 % y 29,92 %, mientras que en la temporada lluviosa se mantuvieron entre 18,17 % y 26,70 %. Esta variación temporal y espacial evidencia la influencia combinada de los pulsos de agua dulce, la dinámica de los flujos del río y el efecto de las corrientes de marea, factores que

modifican la deposición y redistribución de sedimentos finos en el estuario (López-Alfano et al., 2017).

Las fracciones correspondientes a limo y arcilla entre 0,063–0,250 mm presentaron valores relativamente estables entre estaciones, manteniéndose dentro de un rango aproximado de 10 % a 21 %, lo cual indica una presencia constante pero importante de partículas finas en el sistema. En contraste, las fracciones más gruesas (arena media a muy gruesa, 0,500–2,00 mm) se mantuvieron siempre por debajo del 10 %, registrando valores entre 6,21 % y 9,99 % a lo largo de todas las temporadas y estaciones. La reducida presencia de arenas gruesas confirma las condiciones de baja energía hidráulica del estuario, donde la capacidad de transporte y deposición de partículas de mayor tamaño es limitada, dando como resultado un sustrato predominantemente limoso característico de los manglares estudiados.

El análisis de la abundancia relativa mostró un claro predominio del Phylum Mollusca, con 755 individuos, lo que representa el 64,04 % del total de organismos registrados durante el muestreo (Figura 3). Esta alta representatividad evidencia que los moluscos constituyen el grupo dominante en la comunidad bentónica del estuario, lo cual sugiere que las condiciones del sustrato y la disponibilidad de materia orgánica favorecieron su establecimiento y permanencia. Su abundancia está asociada a su capacidad de adaptarse a ambientes con baja energía y alta estabilidad sedimentaria.

El segundo grupo más representativo fue el phylum Annelida, con 367 individuos (equivalente al 31,13 % del total), compuesto principalmente por poliquetos. La elevada densidad de anélidos indica la existencia de hábitats con suficiente contenido orgánico y oxigenación moderada, condiciones que suelen caracterizar los sedimentos estuarinos. Su presencia resalta su papel ecológico como bioturbadores y recicladores de nutrientes, esenciales para la dinámica trófica del ecosistema.

En contraste, los Phyla Nematoda, Arthropoda y Chordata presentaron abundancias significativamente menores, con 3,14 %, 1,61 % y 0,08 %, respectivamente. Estos valores sugieren que dichos grupos ocupan nichos más específicos o poseen tolerancias ecológicas más

restringidas frente a las condiciones físico-químicas del ambiente. En conjunto, los resultados reflejan una comunidad bentónica fuertemente estructurada por moluscos y anélidos, lo que pone de manifiesto la importancia de estas taxa en la composición y funcionalidad ecológica del estuario.

Taxa	n	%	f	%
Nematoda	37	3.14	3	3.23
Annelida	367	31.13	30	32.26
Arthropoda	19	1.61	6	6.45
Mollusca	755	64.04	53	56.99
Chordata	1	0.08	1	1.08
Total	1179	100.00	93	100.00

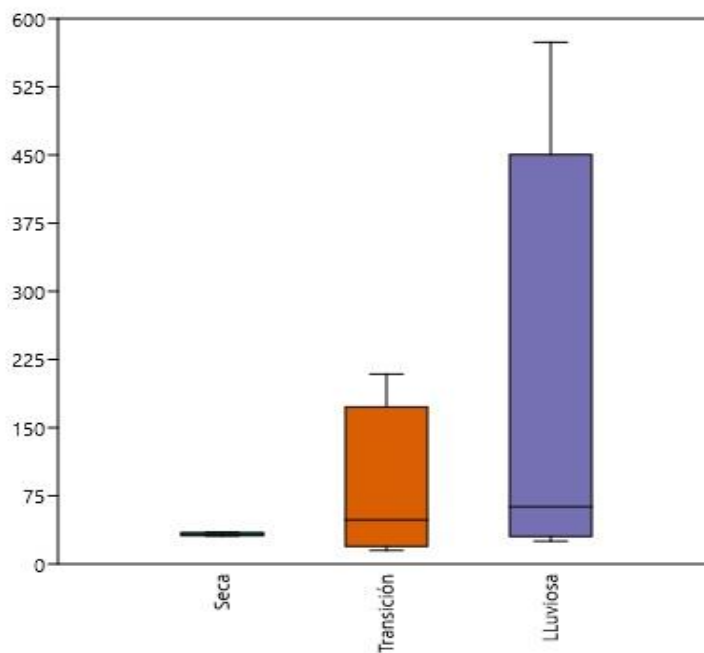
**Figura 3.** Numero de individuos (n) y familias (f) y el porcentaje de taxa (%) en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024.

La salinidad (SAL) se identificó como el factor primario que estructuró la fauna de Chame, evidenciado por el descenso en la dominancia de Mollusca durante la temporada seca (marzo) con valores de SAL por encima de 36 ppm y su repunte en la temporada de lluvias ( $\approx 33\text{--}35$  ppm). Este patrón es típico de los estuarios tropicales con marcada estacionalidad, donde la llegada de la época lluviosa y la consecuente dilución del agua actúa como un pulso que favoreció la riqueza de especies eurihalinas y la migración de fauna bentónica (Nagelkerken *et al.*, 2008). Por ejemplo, en los manglares del golfo de México, la fauna experimentó cambios drásticos entre la estación de secas y la de lluvias, con el aumento de la biodiversidad y la abundancia durante la época húmeda, similar a lo observado en el estuario del río Salado.

Los sustratos de arena fina/muy fina predominantes en el estudio de Chame ejercieron una selectividad ecológica comparable a la observada en el Caribe colombiano, donde el tamaño de grano fue un predictor clave de la distribución faunística (Diz *et al.*, 2008). El bajo porcentaje de Carbonato ( $\approx 9\%$  a  $31\%$ ) registrado en Chame es también típico de los ambientes dominados por la influencia fluvial en el Pacífico, a diferencia de los manglares en ambientes de arrecifes coralinos, donde la matriz del sedimento es frecuentemente más calcárea. La agrupación de la Gasteropoda con altos valores de materia orgánica en la bahía de Chame (BA en mayo) se

interpretó como la respuesta de organismos raspadores o depositívoros a un aumento en la disponibilidad de detritus, un fenómeno que se reportó ampliamente en zonas de acumulación de sedimentos finos ricos en MO en Venezuela y otras áreas del trópico (Lárez-Rodríguez *et al.*, 2023).

La temporada seca se caracteriza por presentar la mediana de abundancia más baja y, previsiblemente, la menor dispersión total, reflejada en una caja y bigotes más compactos (Figura 4). Esto sugiere un periodo de estabilidad ambiental (alta salinidad) donde la comunidad bentónica se encuentra en un estado basal, sin grandes eventos de reclutamiento o proliferación (Nayak *et al.*, 2022). La baja variabilidad indica que las densidades poblacionales son relativamente uniformes entre los distintos puntos de muestreo en esta época, dominando comunidades más resistentes a condiciones de alta salinidad, como ciertos Poliquetos (Cutrim *et al.*, 2018).



**Figura 4.** Distribución de la abundancia de la macrofauna bentónica por temporada en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024.

El paso a la temporada de transición marca un cambio evidente en la dinámica de la comunidad bentónica, ya que durante este periodo la mediana de la abundancia incrementa considerablemente en comparación con la temporada seca. Asimismo, la caja y los bigotes del diagrama se vuelven más extensos, lo que refleja no solo un aumento en el número promedio de

individuos, sino también una mayor variabilidad en las densidades registradas entre las distintas muestras. Este patrón constituye el primer indicio claro de una respuesta de la comunidad a la variación estacional, generalmente asociada con el inicio del descenso de la salinidad y la llegada de los primeros pulsos de nutrientes, factores que suelen desencadenar los eventos iniciales de reclutamiento de especies oportunistas o de organismos adaptados a condiciones de salinidad fluctuante, como ciertos moluscos o poliquetos (Cutrim *et al.*, 2018).

La temporada lluviosa exhibe la mediana de abundancia más alta y, crucialmente, la mayor dispersión de los datos, a menudo manifestada por una caja ancha y la presencia de valores atípicos (“outliers”) extremos. Este pico de abundancia se atribuye a un reclutamiento masivo y exitoso de organismos bentónicos. Las muestras que arrojan estos valores extremos son, por lo general, aquellas ubicadas en zonas con condiciones ambientales óptimas (*e.g.* baja salinidad costera y alto aporte de materia orgánica) que favorecen la proliferación de un grupo dominante, como los bivalvos (*eg.* Cyrenoididae).

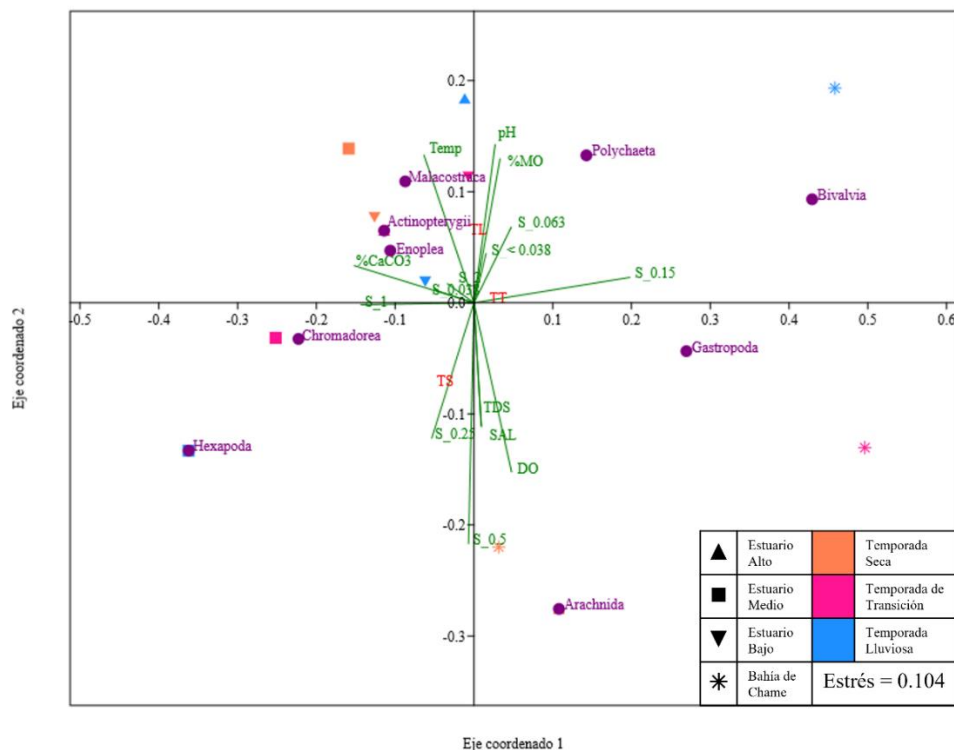
El dendrograma se construyó utilizando el método UPGMA y la métrica de Bray-Curtis, estableciendo una jerarquía de similitud entre las muestras de manglares (Clarke & Warwick, 2001). Esta estructura demostró cómo los sitios de muestreo se fusionaron progresivamente, desde alta similitud (ramas más bajas) hasta baja similitud (ramas más altas, cerca de la base del árbol) (Figura 5). La unión inicial de ramas a valores de similitud superiores a 0.90, como se observó en los pares EM/EB y EA/EB de la temporada lluviosa (color azul), indicó que existieron sitios geográficos que, a pesar de las posibles diferencias en su microambiente, mantuvieron una composición faunística o florística casi idéntica en ese momento estacional.



comunidad en la estación seca, un patrón esperable en el Pacífico panameño debido a los cambios hidrológicos (Vega & Morán, 2007).

El dendrograma permitió visualizar que la temporada se comportó como el factor primario que estructuró las comunidades, pero también reveló relaciones específicas en los sitios de muestreo. Las muestras BA de la temporada de transición se unieron entre sí con una similitud del 0.38, confirmando una alta similitud dentro de ese sitio durante esa época. No obstante, este par se unió al resto del dendrograma a un nivel de similitud extremadamente bajo (cerca de 0.08), lo cual señaló que los manglares de la bahía de Chame albergaban una comunidad particular y marcadamente distinta del resto del estuario del río Salado, posiblemente influenciada por la tala ilegal o la extracción de arena reportada en la zona (Méndez & Estrada de Oses, 2024).

El análisis de Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) se aplicó para visualizar las distancias ecológicas entre las muestras de los manglares del estuario del río Salado y la bahía de Chame, en función de su composición faunística (Figura 6). El valor de estrés de 0.104 que se obtuvo indicó una buena calidad de representación de las diferencias de similitud reales entre las muestras en el espacio bidimensional, confirmando la fiabilidad de las agrupaciones observadas (Clarke, 1993). Por lo tanto, las muestras cercanas compartieron una alta similitud en la estructura de sus comunidades, mientras que las distantes evidenciaron una clara disimilitud.



**Figura 6.** Ordenación por Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la macrofauna bentónica en los manglares de Chame, marzo a junio de 2024.

La ordenación reveló una clara segregación de las muestras, lo cual se interpretó como una respuesta de las comunidades a los gradientes ambientales dominantes del estuario. Los sitios de la temporada lluviosa (color azul) se agruparon estrechamente en el cuadrante superior derecho, lo que reflejó una alta similitud y homogeneidad comunitaria durante el periodo de mayor descarga de agua dulce. En contraste, los sitios del estuario medio durante la temporada de transición (cuadrados color magenta) y, particularmente, el punto de la bahía de Chame, se ubicaron distantes del clúster principal, lo que evidenció una composición faunística distintivamente diferente, a menudo asociada con variaciones locales en el impacto antrópico (PNUD & MIAMBIENTE, 2020).

Los vectores que representaron los parámetros ambientales indicaron el gradiente de cambio que estructuró a las comunidades, sugiriendo que la salinidad (SAL) y el oxígeno disuelto (DO) en el eje coordinado 4 fueron cruciales. Los grupos taxonómicos como Gasteropoda y Bivalvia se encontraron en el lado opuesto a estos vectores, lo que se interpretó como una asociación a las condiciones menos salinas o a los efectos de la lluvia sobre la calidad del agua. Este patrón

confirmó que la variabilidad temporal de los parámetros fisicoquímicos, un factor conocido en el Pacífico panameño, fue el principal motor de la diferenciación de las comunidades bentónicas (López-Alfano *et al.*, 2017).

#### **IV. CONCLUSIONES**

1. El sedimento de los manglares estudiados estuvo dominado por fracciones finas (limo y arcilla), lo que evidencia ambientes de baja energía hidrodinámica característicos de sistemas estuarinos.
2. Los elevados porcentajes de materia orgánica (símbolo mayor 60%), junto con bajos niveles de carbonato (9-31 %), indican una fuerte influencia de aportación terrígena y acumulación de detrito en los manglares.
3. La textura fina del sedimento favorece procesos de retención de nutrientes y establece condiciones favorables para comunidades bentónicas adaptadas a sustratos blandos.
4. La comunidad bentónica estuvo dominada por Mollusca y Annelida, que representaron la mayor parte de los organismos colectados entre el 80-90% del total de organismos, reflejando una estructura comunitaria asociada a sedimentos finos y ricos en detrito.
5. Se observaron cambios temporales marcados en la abundancia total, con incrementos notorios durante la temporada lluviosa al presentar la mediana de abundancia más alta y la mayor dispersión de datos, asociados a procesos de reclutamiento y disponibilidad de recursos.
6. La salinidad emergió como el principal factor ambiental valor que regula la abundancia y distribución de los grupos bentónicos, mostrando disminuciones durante la temporada seca y aumentos durante la lluviosa ( $p \leq 0.1$ ).

## **V. RECOMENDACIONES**

- ✓ Revisión y validación de las metodologías para el procesamiento de muestras de sedimentos fangosos, ya que no todas se adaptan a las características especiales de nuestra región.
- ✓ Promoción de investigaciones y proyectos que profundicen en el conocimiento de las especies bentónicas que habitan los manglares, destacando su biodiversidad única y su papel en el ecosistema local.
- ✓ Realización de charlas, talleres y actividades comunitarias que resalten la importancia de los manglares, su conservación y los beneficios que ofrecen, como la protección costera y la captura de carbono.
- ✓ Identificación de zonas representativas dentro de los manglares, considerando la proximidad a actividades humanas, corrientes de agua y vegetación predominante.
- ✓ Utilización de núcleos de sedimento para obtener muestras de organismos bentónicos en distintas capas del sustrato.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

- Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331-349. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>
- ANAM. (2016). Estado de los manglares en la costa de Chame, Panamá. Informe Autoridad Nacional del Ambiente.
- Angulo, A., Ramirez-Coghi, A. R., & López S., M. (2021). Identification keys for the fish of continental and insular waters of Costa Rica. Part I: Families. *UNED Research Journal*, 13(1), e3145. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i1.3145>
- ARAP. (2013). Los manglares de Panamá. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá.
- ARAP. (2019). Informe anual sobre especies comerciales en manglares. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá.
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera Leon, J., & Condoy-Gorotiza, A. (2020). Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia el Oro-Ecuador. *FAVE - Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-36. <https://www.scielo.org.ar/pdf/fave/v19n2/1666-7719-fave-19-02-25.pdf>
- Bautista, J. I., & Hernández, J. J. (2021). Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261>
- Blundell, R. (2025). Horarios de mareas de Bahía de Chame. <https://www.tideschart.com/Panama/Panama-Oeste/Bahia-de-Chame/>
- Brown, H., & Jones, M. (2018). Taxonomic classification and biodiversity evaluation. *Ecology Letters*, 21(7), 789-804.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. 2a Ed. PRIMER-E.
- CONABIO. (2021). Manglares. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares>
- Correa-Araneda, F. J. (2016). Diseño muestral y métodos de muestreo en ríos, lagunas y humedales para el estudio de bioindicadores de calidad de agua (pp. 81–88). En B. Chatata, C. Talavera & F. Villasante (Eds.), Estudio de comunidades biológicas como

- bioindicadores de calidad de agua. Universidad Nacional de San Agustín-CONCYTEC. [https://www.researchgate.net/publication/311054291\\_Diseño\\_muestreal\\_y\\_metodos\\_de\\_muestreo\\_en\\_rios\\_lagunas\\_y\\_humedales\\_para\\_el\\_estudio\\_de\\_bioindicadores\\_de\\_calidad\\_de\\_agua](https://www.researchgate.net/publication/311054291_Diseño_muestreal_y_metodos_de_muestreo_en_rios_lagunas_y_humedales_para_el_estudio_de_bioindicadores_de_calidad_de_agua)
- CREHO. (2010). Inventario de los humedales continentales y costeros de la República de Panamá. Centro regional Ramsar para la capacitación e investigación sobre humedales para el hemisferio occidental. Editora Novo Art, S.A. [https://fliphtml5.com/eebm/dqfe/Inventario\\_de\\_los\\_Humedales\\_Continetales\\_y\\_Costeros\\_de\\_Panam%C3%A1/153/](https://fliphtml5.com/eebm/dqfe/Inventario_de_los_Humedales_Continetales_y_Costeros_de_Panam%C3%A1/153/)
- Cutrim, A., S., T., Sousa, L., K., S., Ribeiro, R., P., Oliveira, V., M., Almeida, Z., S. (2018). Structure of a Polychaete community in a mangrove in the Northern coast of Brazil. *Acta biológica colombiana*, 23(3), 286-294. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n3.67245>
- Dabadie, M., Pérez, C., Arturi, M., Goya, J., & Sandoval, M. (2018). Calibración del método de pérdida de peso por ignición para la estimación del carbono orgánico en Inceptisoles del NE de Entre Ríos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 117(1), 157–162. <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/7330>
- Díaz, J. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355-369. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46121063005.pdf>
- Diz, P., Francés, G., Alejo, I., & Vilas, F. (2001). Asociaciones de foraminíferos bentónicos en el Holoceno de la ría de Vigo: interpretación paleoecológica. *Rev. Soc. Geol. España*, 14(1-2), 19-33. [https://sge.usal.es/archivos/REV/14\(1-2\)/Art02.pdf](https://sge.usal.es/archivos/REV/14(1-2)/Art02.pdf)
- EPA. (2016). Standard Operating Procedure for Benthic Invertebrate Field Sampling. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-01/documents/sop-for-benthic-invertebrate-field-sampling-201603-8pp.pdf>
- Espino, G. D., Moreno, J. L., Godines, J. L., Campos, I. H., Hernández, J. L., Sandoval, J. C., Sarabia, d. O., & Hernández, S. (2004). Guía para la colecta, manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua. *Comisión Nacional del Agua*. [https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/229\\_011.pdf](https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/229_011.pdf)
- FAO. (2021). Procedimiento operativo estándar para el análisis de carbonato de calcio equivalente en suelo método del calcímetro volumétrico Food and Agriculture Organization. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f323bf80-a8d7-40a2-b173-4fb7424681e4/content>
- FAO-UNEP. (2020). El estado mundial de los bosques 2020. Food and Agriculture Organization and United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Fauchald, K. (1977). The polychaete worms. Natural History Museum of Los Angeles County.

- García, F., Palacio, C., & Garcia, U. (2012). Calidad del agua en el área costera de Santa Marta (Colombia). *Dyna*, 79(173), 85-94.
- Garza, M. E. (2011). Biodiversidad de poliquetos capitélidos (Annelida: Polychaeta) de las costas mexicanas. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2(3), 1-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498150311001>
- Gómez, M., I. N., & Peñuela, M., G. A. (2016). Revisión de los métodos estadísticos multivariados usados en el análisis de calidad de aguas. *Revista Mutis*, 6(1), 54–63. <https://doi.org/10.21789/22561498.1112>
- Gonzales, C. P., & Maestre, J. A. (2014). Bentos (macroinvertebrados). Pp. 37-43. En Valer, I. S., Ching, V. R., Gonzales, C. P., Maestre, J., Torres, H. O., Roldán, V. C., & Hidalgo, M. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente de Perú. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>
- Gorzelany, J., & Nelson, W. G. (1987). The effects of beach replenishment on the benthos of a sub-tropical Florida beach. *Marine Environmental Research*, 21(2), 74-94. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(87\)90043-2](https://doi.org/10.1016/0141-1136(87)90043-2)
- Gratwicke, B. (2022). Río Salado. Mapcarta. <https://mapcarta.com/es/19771762>
- Guevara-Fletcher, C. E., Cantera Kintz, J. R., Mejía-Ladino, L. M., & Cortés, F. A. (2011). Benthic macrofauna associated with submerged bottoms of a tectonic estuary in tropical eastern Pacific. *Marine Biology*, 3, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2011/193759>
- Izquierdo, J., & Arévalo, J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28. <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/2527>
- Keen, A. M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. 2a Ed. Stanford University Press.
- Krauss, K. W., & Ball, M. C. (2013). On the halophytic nature of mangroves. *Trees*, 27(1), 7-11. <https://doi.org/10.1007/s00468-012-0767-7>
- Lárez-Rodríguez, L., Nava-Ferrer, M., Mendoza-Luzardo, J., Hernández-Pulgar, N., & Cabrera-Salas, L. (2023). Macrofauna bentónica asociada a raíces de *Rhizophora mangle* en la Ciénaga de La Palmita, Sistema de Maracaibo, Venezuela. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 15(1), 53-74. <https://doi.org/10.15359/revmar.15-1.4>
- Lee, S. (2008). Mangrove macrobenthos: Assemblages, services, and linkages. *Journal of Sea Research*, 59(1-2), 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.05.002>

- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology*. 3rd ed. *Amsterdam*: Elsevier.
- Liñero, A. I. (1997). Poliquetos bentónicos de Venezuela. Instituto Oceanográfico de Venezuela.
- López-Alfano, O., Garibaldi, C., Romero, G., T. E., & Mejía, L. (2017). Investigadores resaltan la importancia de los Ecosistemas de Manglar en Panamá. Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. <https://www.senacyt.gob.pa/investigadores-resaltan-la-importancia-de-los-ecosistemas-de-manglar-en-panama/>
- Martínez, G., Medina, A., González, Romero, T., Sánchez-Noguera, C., Vargas, C. A., & Vergara-Chen, C. (2023). Calidad del agua y flujo de CO<sub>2</sub> en el estuario del Río Salado, Bahía de Chame, Pacífico de Panamá. Pp. 210-217. XIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. APANAC. <https://doi.org/10.33412/apanac.2023.3937>
- Méndez, M., & Estrada de Oses, V. (2024). Impacto de la deforestación de los manglares de la Bahía de Chame y medidas de mitigación ambiental. *Synergía*, 3(1), 58-74. <https://doi.org/10.48204/synergia.v3n1.5069>
- Mendieta, J. (2006). Los manglares y su biodiversidad. Editorial Tropical.
- MIAMBIENTE. (2023). Informe del componente de adaptación local. Chame-Panamá Oeste. Ministerio de Ambiente. [https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wpcontent/uploads/2024/06/Informe-de-adaptacion-Chame\\_v.10jun.pdf](https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wpcontent/uploads/2024/06/Informe-de-adaptacion-Chame_v.10jun.pdf)
- Moscoso, V. (2013). Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Boletín Instituto de Mar del Perú*. 28(1-2), 8-135. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2194>
- Nagelkerken, I., Blaber, S. J., Bouillon, S., Green, P. H., Kirton, L. G., Meynecke, J.-O., Pawlik, J., Penrose, H., Sasekumar, A., & Somerfield, P. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 155-185. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007>
- Nayak, A., Equbal, J., Rout, S. S., Dash, B., Thiruchitrabalam, G., Bhadury, P., Satyanarayana B., & Raut, D. (2022). Macrobenthic community of an anthropogenically influenced mangrove associated estuary on the East coast of India: An approach for ecological assessment. *Front. Mar. Sci.*, 9, 01-20. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1008912>
- Núñez, F., Ugas, M., Hernández, M., & Dieppa, G. (2016). Análisis granulométrico y contenido de CaCO<sub>3</sub> del depósito tipo playa, localizado en la Ensenada de Puerto Cruz, estado Vargas, Venezuela. *Revista de Investigación*, 40 (89), 46-67. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142016000300003](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142016000300003)

- Olivero, J., Moreno, V., & Novoa, D. (2018). Protocolo para toma de muestras de sedimentos para análisis de mercurio y otros metales. Dirección Territorial Amazonia. <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2019/07/PROTOCOLO-SEDIMENTOS.pdf>
- Osorto-Núñez, M. H., Martínez R., D., & Rodríguez, V. M. (2023). Evaluación de la calidad de agua mediante un análisis multivariante en los esteros del golfo de Fonseca, Honduras. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 52(1), 65-92. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2023.52.1.1181>
- Perén, F. A. D. C. (2022). Manglares en Panamá: importancia, biodiversidad y medidas para su conservación. *Biocenosis*, 33(2), 17-27. <https://doi.org/10.22458/rb.v33i2.4538>
- PNUD & MIAMBIENTE. (2020). Manual de técnicas de restauración para áreas degradadas de manglar en Panamá. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Ministerio de Ambiente. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan204023anx.pdf>
- PROQUATRO. (2020). Medidor portátil y multiparamétrico de calidad de agua. Xylem Inc. [https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Specification%20Sheets/YSI-ProQuatro-Specification-Sheet-Spanish.pdf?srsId=AfmBOopE\\_QEjUvsvU\\_cj-yW0NvgXRIgOY06kR2zklkVIYUhmaRbRMIMV](https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Specification%20Sheets/YSI-ProQuatro-Specification-Sheet-Spanish.pdf?srsId=AfmBOopE_QEjUvsvU_cj-yW0NvgXRIgOY06kR2zklkVIYUhmaRbRMIMV)
- Rincón, J., Vergara, L., Villarreal, R., & Meneses, E. (2020). Desgaste en la zona costera de Punta Chame, Panamá. Piragua – Fuego y agua. Trabajo de Maestría. <https://piraguamdp.com/2020/05/05/desgaste-en-la-zona-costera-de-punta-chame-panama/>
- Samaniego, A. (2024). "Estrés hídrico" en los manglares de la bahía de Panamá y Chame por el fenómeno de El Niño. La Prensa. <https://www.prensa.com/sociedad/estres-hidrico-en-los-manglares-de-la-bahia-de-panama-y-chame-por-el-fenomeno-de-el-nino/>
- Samaniego, M. (2017). Proyecto de conservación y repoblación de áreas amenazadas del bosque de manglar del pacífico panameño (ANAM-OIMT). CONFOREC, S.A.
- Sánchez, M. S., Moreno, M., Trejos, E., Villalaz, J., Gómez H., J. A., & Goti, I. (2024). Estructura del macrobentos en la playa urbana de Panamá viejo. *Scientia*, 34(1), 32-65. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4577>
- Schumacher, B. A. (2002). Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. United States Environmental Protection Agency: [https://bcodata.whoi.edu/LaurentianGreatLakes\\_Chemistry/bs116.pdf](https://bcodata.whoi.edu/LaurentianGreatLakes_Chemistry/bs116.pdf)
- Secaira, E., & Acevedo, J. (2017). El carbono azul en los manglares: mitigación del cambio climático. Fundación Biodiversidad.
- SENACYT. (2023). Proyecto de investigación sobre la calidad de sedimentos marinos en Panamá. Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

- STRI GIS DATA PORTAL. (2025). Panama Boundaries Locator. Smithsonian Tropical Research Institute.  
<https://si.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=abb150e8b74f40bebc8eb13c6328739b>
- Ticona, A. (2014). Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422).  
<https://es.slideshare.net/slideshow/analisis-granulometrico-por-tamizado-38024430/38024430>
- Tomlinson, P. B. (2016). *The botany of mangroves*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139946575>
- Torrado, D. A. (2020). Epifauna e infauna asociada a fondos blandos, puerto Drummond vía Ciénaga – Santa Marta. Tesis de Licenciatura. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/10297/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, A., Smith, O., & Morán, M. (2007). Diagnóstico del Estado Actual de los Manglares, su Manejo y su Relación con la Pesquería en Panamá. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá and Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe.  
<https://aquadocs.org/items/399c2492-de1d-4c91-a669-6353d644b036>
- Villalobos, R., & Justavino, J. (1996). Estudio descriptivo de la fauna marina asociada al ecosistema de manglar en las áreas de Chame, Azuero y Chiriquí. Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables de Panamá.
- Wildco. (2024). Draga Petite Ponar 6" X 6". Weather controls S.A.S.  
<https://www.weathercontrols.com/index.php/home/dredge/draga-petite-ponar-6-x-6-detail?srsltid=AfmBOorlZlsnIqOoQUHa2I4DjiNaPs1zA0JE4I8IrTXjkuS827uTdCoM>