



**DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE COPEPODOS EN PUERTO BOLÍVAR  
(CARIBE COLOMBIANO) EN DOS PERIODOS CLIMÁTICOS DEL 2021**

PRESENTADO POR  
**GINA ALEJANDRA GIL DAZA**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECÓLOGA DE ZONAS  
COSTERAS

ASESORES

**FERNANDO JOSE PARRA VELANDIA *DrSc***

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**LISETH JOHANA ARREGOCÉS SILVA *MSc***

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL  
CARIBE - CIOH

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE ECOLOGÍA DE ZONAS COSTERAS  
SEDE CIENCIAS DEL MAR  
TURBO 2023

---

Cita

(Gil Daza, 2023)

---

**Referencia**

Gil Daza. (2023). *Distribución y abundancia de copépodos en puerto bolívar (caribe colombiano) en dos periodos climáticos del 2021*. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)

---



Biblioteca Sede Ciencias del Mar (Turbo)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **DEDICATORIA**

Para mi familia, que siempre me animaron y apoyaron en mis sueños, Son ustedes los amores de mi vida.

A quien me dio su apoyo, sabiduría y paciencia incondicional, Fernando Parra.

Para todos los ángeles que me encontré en mi camino por Cartagena y Urabá.

## AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios, y los ángeles que me guiaron por el camino de la ciencia, cuidando mis pasos.

A la Universidad de Antioquia y todo el equipo de la Corporación Académica Ambiental-Ecología de Zonas Costeras por toda su gestión en mi ciclo académico.

Al Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-Cartagena (CIOH, APROM, 2022), a Dirección General Marítima (DIMAR, 2022), por la oportunidad en la participación en el proyecto de investigación “Producir información técnica-científica para PMM en Áreas Marinas y zonas Portuarias”. A los grupos GEOc y GISMAC de la Universidad de Antioquia por la financiación y apoyo logístico prestados a este trabajo.

A mis asesores por el acompañamiento y los aprendizajes en todos los pasos de mi trabajo.

A Liseth Arregocés por el espacio, ayuda y apoyo en la etapa de pasantía, a Fernando Parra por fomentarme el amor a la ecología, y a la justicia.

A los profesores de Ciencias del Mar, la profesora Mónica Zambrano por toda la ayuda, a la profesora y jefe Jenny Leal por sus enseñanzas y comprensiones en mi proceso, al profesor José Riascos por su ayuda pertinente en mi trabajo.

Al equipo de laboratorio del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Dirección General Marítima-Sede Caribe, por sus enseñanzas y amistades únicas, quienes me abrieron las puertas del centro con mucho amor.

A mi familia entera que me acompañaron en este proceso denso pero satisfactorio, quienes son mi motor y razón de ser, a mi madre María Esperanza por darme ánimos en los momentos más difíciles es ella el amor de mi vida, a mi padre Antonio por darme sabiduría, a mis hermanos Jair y Kevin por proteger a su princesa, y a mi sobrino Jhoan por enseñarme de amor y paciencia.

Al amor mío que me animaba y me apoya en todas las ocasiones, gracias por enseñarme el amor comprensivo.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABLAS .....	7
LISTA DE ANEXOS .....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT .....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	11
3. HIPÓTESIS .....	15
4. OBJETIVOS.....	15
4.1 Objetivo general.....	15
4.2 Objetivos específicos .....	15
5. METODOLOGÍA.....	16
5.1 Área de estudio .....	16
5.2 Fase de campo.....	17
5.3 Fase de laboratorio.....	18
5.3.1 Identificación de copépodos .....	19
5.4. Análisis estadístico .....	19
5.4.1 Índices ecológicos .....	19
6. RESULTADOS .....	21
6.1. Diversidad y abundancia de copépodos.....	21
6.2. Índices ecológicos.....	25
6.3 Factores fisicoquímicos .....	26
6.3 Análisis estadísticos .....	30
7. DISCUSIÓN.....	34
8. CONCLUSIONES.....	36
9. RECOMENDACIONES .....	37
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
11. ANEXOS .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de la morfología externa de los copépodos calanoides, esquema de una hembra adulta. A – Vista ventral B – Vista lateral. Fuente: (Prusova et al., 2012).....	12
Figura 2 Ubicación de estaciones de muestreo de plancton en Puerto Bolívar. Fuente: DIMAR, 2021 .....	16
Figura 3. Curva de acumulación de especies por muestras y época, utilizando la solución analítica Mao's tau.....	25
Figura 4. Análisis de componentes principales (PCA), aplicado a las estaciones por época climática y las variables fisicoquímicas (Clorofila a, pH, salinidad y solidos totales disueltos) tomados en Puerto Bolívar. ....	29
Figura 5 Análisis de la comunidad de copépodos en Puerto Bolívar. A) Dendrograma de análisis de clasificación usando la matriz de Bray-Curtis, para la estructura de la comunidad de copépodos por estación en cada época climática. Línea a 40% de similaridad, los recuadros de color rojo, verde y negro limitan los grupos una similitud igual o mayor. B) Distribución porcentual de las especies que componen la comunidad de copépodos. ....	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de muestreo. Distancia a la costa calculada usando Google Maps sobre una imagen de origen múltiple 2023. Profundidades estimadas a partir de la carta náutica 229, CIOH 1997. ....	18
Tabla 2. Número de individuos y especies de copépodos muestreados en Puerto Bolívar durante las dos épocas climáticas del 2021. Los recuadros sombreados indican muestras que alcanzaron el máximo muestreable. La tabla con los valores corregidos usada en la descripción de datos se puede ver en el Anexo C.....	22
Tabla 3. Índices de Diversidad de Shannon, Riqueza de Margalef y Equitatividad de Pielou de los copépodos identificados en Puerto Bolívar. Número de especies (S). Número de Individuos (N). ....	26
Tabla 4. Datos fisicoquímicos y abióticos colectados en las dos épocas climáticas del 2021. *MLD: Menor al límite de detección. Volumen muestreado en metro cúbicos, volúmenes concentrado y analizado en mililitros. ....	27

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Método de ensayo empleado para el análisis de los variables fisicoquímicos. Fuente: Área de Protección del medio Marino APROM- CIOH.2021.....	45
Anexo B. Fichas taxonómicas de los copépodos encontrados en Puerto Bolívar .....	46
Anexo C. Número de individuos, ajustado por volumen muestreado, concentrado y analizado, para cada especie de copépodos colectados en Puerto Bolívar durante las dos épocas climáticas del 2021. Los recuadros sombreados indican muestras que alcanzaron el máximo muestreable.....	52



## RESUMEN

La composición de plancton en la zona portuaria de Puerto Bolívar tiene una dinámica interesante debido a las influencias marina y antropogénica que allí se presentan. Por un lado, las condiciones marinas están dominadas por las características fisicoquímicas propias de época seca y de época húmeda del Caribe, y, por otro lado, la descarga de aguas de lastre de las embarcaciones que arriban al lugar y actúan como vectores de introducción de especies de zooplancton no nativas. Mediante siete muestreos realizados en época seca y húmeda durante el 2021 en Puerto Bolívar para el proyecto “Producir información técnica-científica para PMM en Áreas Marinas y Zonas Portuarias” ejecutado por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas-Sede Caribe, se obtuvo un listado taxonómico de 14 especies de copépodos pertenecientes a siete familias, encontrando una alta presencia de la familia *Oithonidae* en las dos épocas climáticas, seguida de la familia *Acartiidae* y la familia *Temoridae* respectivamente. En la época húmeda se registró la mayor de abundancia de individuos, pero la menor diversidad de especies con respecto a la época seca, indicando que la variación en factores fisicoquímicos como Clorofila *a*, pH y salinidad alteran la composición de la comunidad de copépodos.

**Palabras clave:** Abundancia, composición, copépodos, diversidad, épocas climáticas variables fisicoquímicas.

## ABSTRACT

The plankton composition in the port area of Puerto Bolivar has an interesting dynamic due to the marine and anthropogenic influences present there. On the one hand, marine conditions are dominated by the physicochemical characteristics of the dry and wet seasons of the Caribbean, and on the other hand, the discharge of ballast water from vessels that arrive at the site act as vectors for the introduction of non-native zooplankton species. Through seven samplings carried out in the dry and wet seasons during 2021 in Puerto Bolivar for the project "Producing technical-scientific information for MMP in Marine Areas and Port Zones" executed by the Oceanographic and Hydrological Research Center-Caribbean Headquarters, a taxonomic list of 14 species of copepods belonging to seven families was obtained, with a high presence of the *Oithonidae* family in both climatic seasons, followed by the *Acartiidae* and *Temoridae* families, respectively. In the wet season, the highest abundance of individuals was recorded, but the lowest diversity of species compared to the dry season, indicating that variations in physicochemical factors such as Chlorophyll *a*, pH, and salinity alter the composition of the copepod community.

**Key words:** Abundance, composition, copepods, diversity, climatic season, physicochemical variables.

## 1. INTRODUCCIÓN

Al consumir el fitoplancton, las comunidades zooplanctónicas participan en la transferencia de carbono en el océano, facilitando el flujo de energía y materia desde los productores hacia los niveles tróficos superiores (Falkowski et al., 1998). Dentro de la comunidad zooplanctónica, los copépodos son reconocidos como los mayores consumidores de fitoplancton, bacterioplancton y protistas heterotróficos, y comúnmente son presa del ictioplancton y otros carnívoros pelágicos más grandes (Turner, 2004). Especies de los géneros *Acartia* y *Eurytemora* pueden utilizarse como indicadores de la disponibilidad de alimento. Lo anterior permite que el estudio de este grupo sea clave para entender los flujos biogénicos de energía y la dinámica trófica en la columna de agua (Adrian et al., 1999).

Los copépodos se destacan por dominar, en número y biomasa, la comunidad mesozooplanktonica en las zonas epipelágica y pelágica (ej. Giraldo y Gutiérrez, 2007). Adicionalmente, la diversidad de copépodos facilita su estudio desde diferentes enfoques: análisis de modelos biogeográficos, evaluación de cambio climático, determinación de tendencias temporales de variación ambiental, valoración de contaminación, entre otros. Como indicadores de los efectos de la variabilidad climática sobre las comunidades planctónicas algunos estudios han demostrado que existe una asociación entre la ampliación en la distribución espacial de especies de aguas cálidas y la reducción del número de especies de aguas frías y la tendencia en el aumento de la temperatura y la variación en el comportamiento de estructuras atmosféricas (Beugrant, 2002).

Aun cuando los copépodos constituyen entre 60% y 80 % de la biomasa zooplanctónica, y han sido intensamente estudiados (Morales-Ramírez y Suárez-Morales, 2009; Fuentes-Reinés y Suárez-Morales, 2017), el estudio de su dinámica ecológica es complejo debido a las migraciones verticales nictimerales que presentan por la influencia de la capa de mezcla, los ciclos lunares, e incluso de la presencia de otros grupos de zooplankton (López, 2012).

Sin embargo, y aunque la capacidad natatoria de estos organismos no es suficiente para desplazarse horizontalmente (López, 2012), se han descrito algunas especies fuera de su área de distribución geográfica natural particularmente en zonas portuarias, y se ha asociado este fenómeno a su transporte no intencional en aguas de lastre (Gaviria et al., 2019); así, estudios en algunas zonas portuarias del Caribe colombiano han reportado nuevos registros de especies de copépodos no nativas, con un aumento de 16 taxones de zooplankton, donde se destaca el género *Oithona* sin registros publicados antes para el Caribe (Ahrens et al., 2010).

En el Mar Caribe colombiano han reportado 217 especies de copépodos pertenecientes principalmente a los órdenes Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida, Mormonilloida, Poecillostomatoida y Siphonostomatoida (Bernal y Zea, 1993; Martínez-Barragan, 2007; Gutiérrez, 2011). Ellas presentan diferencias en su distribución temporal, su abundancia y su espectro de tallas, diferencias que son atribuidas a la variabilidad de mesoescala, la circulación dominante, las interacciones entre estructuras de circulación y a las condiciones locales. En este último caso, el aporte de nutrientes por afloramientos estacionales incide en

el aumento de las tallas y en el incremento en la cantidad de taxones debido al ascenso de especies de aguas profundas (Medellín-Mora et al. 2018). Sin embargo, aparte de estos inventarios, en el Caribe colombiano se han realizado pocos estudios adicionales enfocados en copépodos (Gaviria et al., 2019; Dorado et al., 2021), y particularmente es limitada la información relacionada con este grupo taxonómico y su relación con los variables fisicoquímicos para la zona portuaria de Puerto Bolívar.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo de grado desarrollado a partir de la información de reconocimiento biológico portuario adelantado por la Dirección General Marítima a través del proyecto de investigación “*Producir información técnica-científica para PMM en Áreas Marinas y Zonas Portuarias*”, tiene como objeto actualizar el inventario de las especies de copépodos en la zona Portuaria de Puerto Bolívar y evaluar la influencia de las variables fisicoquímicas en la distribución, riqueza y la abundancia de la comunidad de copépodos en las dos épocas climáticas del 2021. Lo anterior como actualización de los inventarios biológicos en zonas con alta incidencia de tráfico marítimo internacional para evaluar la presencia de especies no nativas y como contribución al conocimiento de la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas marino-costeros.

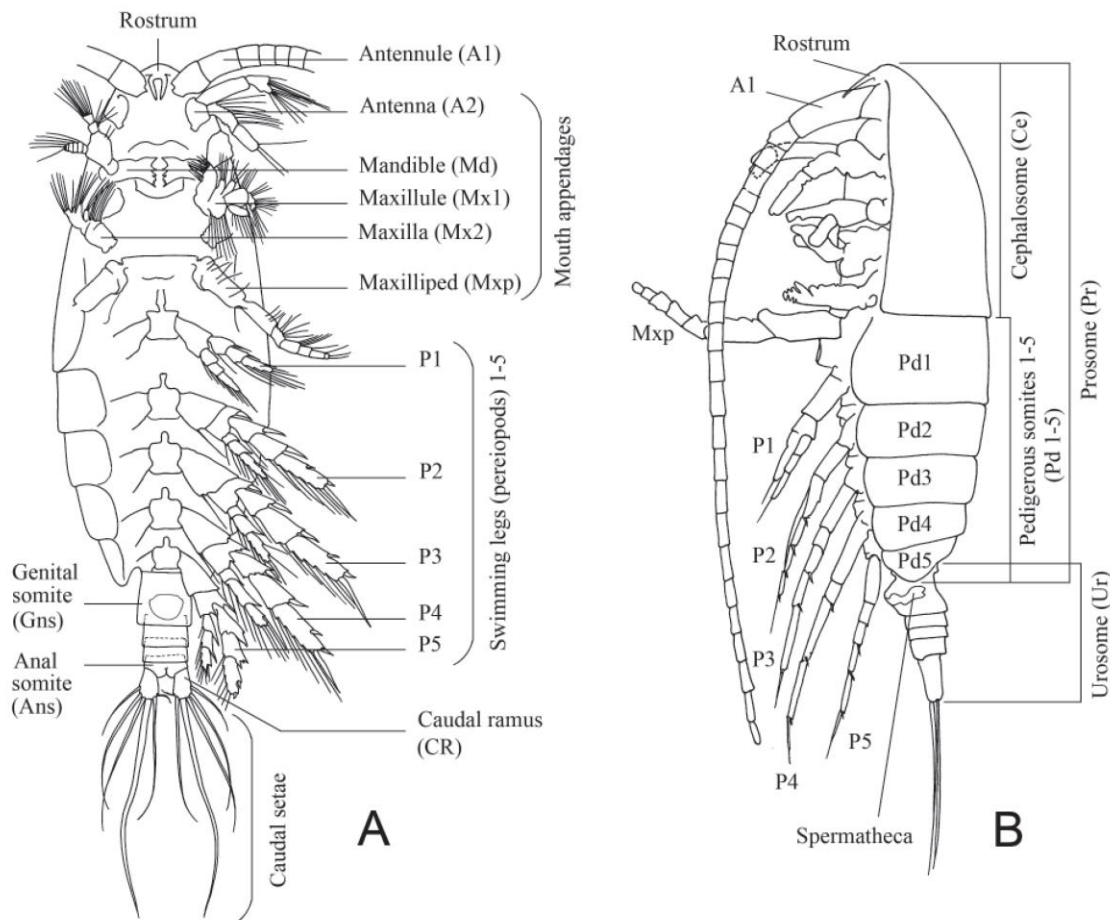
## **2. MARCO TEÓRICO**

Los copépodos son los crustáceos más abundantes en el plancton y se clasifican dentro de 10 órdenes, siendo los Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida los más representativos en el Caribe. Pueden ser nadadores, bentónicos o parásitos. Se encuentran presentes en aguas dulces, estuarinas y marinas, exhiben gran diversidad de formas y estructuras, así como variadas estrategias de alimentación y movimiento a lo largo de la columna de agua, esto último facilitado por la articulación de la parte anterior y posterior de su cuerpo, que hace eficiente su natación (Hernandez, 1989). A continuación, se amplían aspectos como diagnosis, características de clasificación, ciclo de vida, distribución, indicadores de alimento, hábitat y registros en Colombia.

La identificación de los copépodos se basa en caracteres anatómicos y morfológicos como el tamaño del cuerpo, número de somitas, forma y longitud del cefalosoma, metasoma y urosoma, presencia o ausencia de cefalotórax, el número y longitud de antenas y el número y longitud de las patas, y la presencia en cuerpo y apéndices de setas, espinas, espinulas y setulas. También se usan como caracteres de identificación la presencia de puntuaciones, estrías, poros, papilas, sensilas, granulaciones, membranas hialinas o crenulados; aunque cada orden tiene aspectos específicos que sirven para su clasificación (Velázquez et al., 2021).

El grupo posee al menos dos pares de patas natatorias con los miembros conectados entre sí por una placa rígida, un cefalosoma de 6 somitos, conectado con el primer somito del tronco que suele tener 9 somitos. En las anténulas, algunos segmentos poseen función mecanorreceptora (Galassi, 2001). En general los copépodos tienen un tamaño corporal

reducido (0,2 a 5 mm), pero géneros de vida libre pueden alcanzar tamaños de hasta 25 mm (Velázquez et al., 2021). Los copépodos presentan dimorfismo sexual marcado que se observa en la geniculación de una o ambas anténulas y en la modificación del quinto par de patas en los machos, y en diferencias en la segmentación del urosoma entre machos y hembras (Velázquez et al., 2021), aunque no en todos los órdenes (Ver figura 1).



**Figura 1. Ejemplo de la morfología externa de los copépodos calanoides, esquema de una hembra adulta. A – Vista ventral B – Vista lateral. Fuente: (Prusova et al., 2012).**

El ciclo de vida de los copépodos comienza por una reproducción sexual (Egloff y Fofonoff, 1997) y se desarrolla por completo en la columna de agua, por lo que se categorizan como holoplanctónicos (Gasca y Suárez-Morales, 1996). Durante la cópula, el macho agarra a la hembra con sus antenulas y deposita los espermátóforos en las aberturas del receptáculo seminal de ella. Suelen tener 12 estadios de desarrollo, constituidos por huevo, 5 fases de larva nauplio, 5 de copepodito y el adulto. El desarrollo puede tardar desde menos de una semana hasta un año, y su etapa reproductiva variar entre seis y doce meses. Alcanzan un alto grado de sincronización poblacional en el crecimiento y la reproducción; también presentan diapausa cuando las condiciones ambientales se hacen favorables para su

desarrollo (Santer, 1998). En los copépodos, los machos suelen ser más pequeños que las hembras y aparecer en menor abundancia, así mismo los copépodos tienen mayores tasas de mortalidad en los primeros estadios, lo que es un 'cuello de botella' en la dinámica poblacional del grupo (Giraldo et al., 2019); como estrategia adaptativa para minimizar este efecto se ha observado la sincronización de la reproducción con la disponibilidad de recursos y la tasa de depredación (Seebens, 2008).

La estrategia de vida descrita hace que los copépodos tengan una amplia distribución y gran abundancia por lo que los copépodos, junto con los Cladóceros, están entre los grupos más diversos y adaptables, y representan el mayor porcentaje de la biomasa zooplanctónica (Márquez et al., 2007). La variación en abundancia y distribución vertical de este grupo está relacionada positivamente con la presencia de frentes oceánicos y surgencias (López, 2012); así mismo puede ser influenciada por procesos físicos como el viento, que induce una distribución diferencial de las partículas suspendidas en la columna de agua, cambiando la disponibilidad de nutrientes que se ve reflejada en la productividad primaria, que a su vez determina la estructura de las poblaciones (Torres et al., 1998).

Por lo dicho anteriormente, los copépodos son importantes indicadores de disponibilidad de alimento en el ambiente, pues el análisis de su densidad y abundancia permite comprender la estructura y funcionamiento de las redes tróficas, sus flujos de energía y su respuesta a las perturbaciones por cambios en la biodiversidad. Dada su tolerancia a amplios rangos de salinidad y variación ambiental, los copépodos son dominantes en zonas estuarinas y costeras, siendo los principales consumidores primarios en la red trófica, lo que los convierte en buenos indicadores de cambios temporales (Ruiz-Pineda et al., 2016).

Como se dijo antes, los parámetros fisicoquímicos son importantes en el ensamblaje de las comunidades de copépodos en la columna de agua, y los variables ambientales que presentan mayor influencia sobre su abundancia son las concentraciones de fósforo y nitrógeno, el pH, la transparencia y los niveles de oxígeno disuelto (Xiaoyu et al., 2014). En sistemas cerrados el ciclo hidrológico cambia la estructura comunitaria de los copépodos durante las distintas épocas climáticas. Así, los niveles de agua reducidos durante la temporada seca incrementan la depredación, mientras que el control ejercido por el ciclo climático sobre las características limnológicas y la disponibilidad recursos alimentarios explican las variaciones en abundancia y riqueza de especies durante la época húmeda (Bonecker et al., 2001). En Puerto Bolívar los estudios de copépodos se han concentrado en su abundancia en la comunidad de zooplancton, y aún no existen análisis que relacionen sus variables poblacionales con variables fisicoquímicas (Moreno et al., 2008; López y Cañón, 2010).

La depredación modifica la estructura de la población de copépodos en diversas formas; alterando la abundancia, reduciendo la fecundidad o aumentando la mortalidad de los juveniles (Patalas, 1971; Smith y Cooper, 1982). Para su supervivencia los copépodos adultos pueden moverse en el sedimento y a lo largo de la columna de agua, con sus patas nadadoras se desplazan hacia la superficie durante la noche y hacia la profundidad durante el día (Giraldo et al., 2012). En estado larval, su movimiento es pasivo y depende de las corrientes, lo que facilita su depredación (Muelle, 2012).

Así mismo, el movimiento pasivo de los juveniles facilita que uno de los vectores para la su dispersión sean las aguas de lastre, “aguas transportadas por los buques para garantizar la estabilidad, el asiento y la integridad estructural” (Ahrens et al., 2011), que es un problema ambiental que impacta a los países costeros (Muelle, 2012). Estas aguas de lastre pueden generar una serie de cambios en la temperatura, la salinidad y el pH, además de cambios biológicos y microbiológicos. La mezcla de las aguas de lastre con las aguas receptoras provoca cambios puntuales y tienen el potencial de traer especies no nativas de plancton; en conjunto estas variables pueden afectar a las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas (Lemay, 1998). En el Mar Caribe colombiano el inventario de especies no-nativas o no reportadas de zooplancton mostró un aumento en 10 taxa, y resaltan los copépodos del género *Oithona* que hasta 2011 no tenía registros publicados en el Caribe colombiano, sugiriendo esto que las embarcaciones actuaron como vectores de introducción de zooplancton no-nativo en los puertos colombianos (Ahrens et al., 2011).

Dada la importancia del zooplancton, la Dirección General Marítima (DIMAR), en el marco de la producción de información técnica-científica para el medio marino (PMM) en Áreas Marinas, liderada por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas-Caribe (CIOH); realizó campañas de muestreo en siete puntos del área de Puerto Bolívar (Guajira) durante la época seca (abril) y húmeda (septiembre) del 2021, estas muestras se procesaron en este trabajo para actualizar el inventario de especies de copépodos en el Puerto y establecer su variación temporal. Se elaboró un listado taxonómico con su descripción, se estimó su abundancia y se caracterizó su relación con el pH, la salinidad, los sólidos totales disueltos, los nitritos, los ortofosfatos y la clorofila *a*.

### **3. HIPÓTESIS**

Durante el transcurso del año en el área de estudio se produce una fluctuación en los movimientos de agua que son inducidos por el régimen de vientos, lo que a su vez influye en la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua según las épocas climáticas. Esta variación en la disponibilidad de nutrientes tiene un impacto significativo en la comunidad de fitoplancton, lo que a su vez afecta las tasas de alimentación y la preferencia alimentaria de los copépodos. Como resultado de estos cambios, se produce una variación en la diversidad y abundancia de los copépodos.

Así mismo, las aguas de lastre descargadas por las embarcaciones de distinto origen que arriban al puerto carbonífero, traen especies no nativas que se detectarán en las estaciones cercanas al puerto y no en las estaciones lejanas.

### **4. OBJETIVO**

#### 4.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de las variables fisicoquímicas en la distribución, la riqueza y la abundancia de la comunidad de copépodos en las dos épocas climáticas del año 2021 en Puerto Bolívar.

#### 4.2 Objetivos específicos

Identificar las especies de copépodos colectados en las dos épocas climáticas.

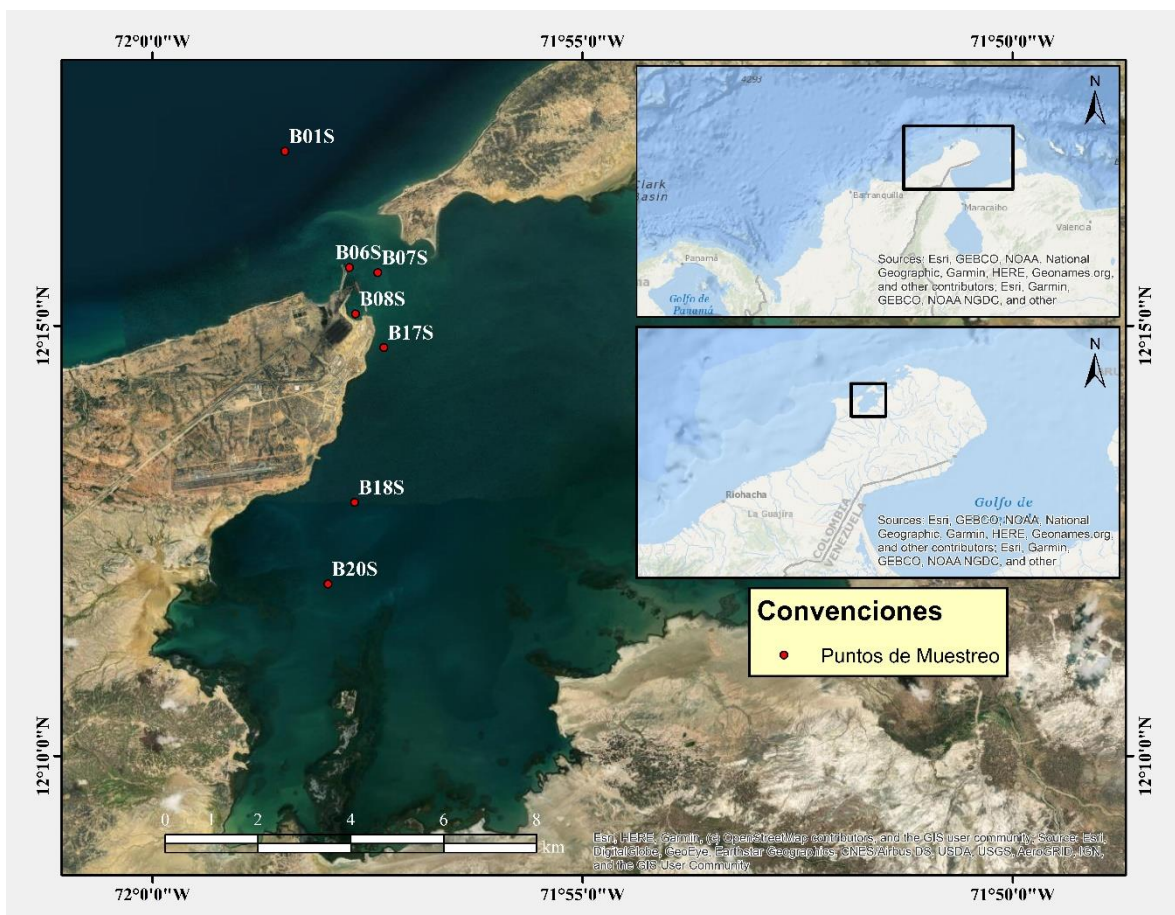
Describir la variación en la distribución, la riqueza y la abundancia de los copépodos entre las dos épocas climáticas en función del pH, la salinidad, los sólidos totales disueltos y la clorofila *a*.

Actualizar el inventario de especies de la comunidad de copépodos para Puerto Bolívar.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Área de estudio

Bahía Portete ( $12^{\circ} 8' 45'' - 12^{\circ} 17' N$ ,  $71^{\circ} 49' 48'' - 72^{\circ} 0' 1'' W$ ) está situada al extremo norte del Caribe colombiano, entre el Cabo de la Vela y Punta Gallinas, y se comunica con mar abierto por una boca de dos kilómetros de ancho. En el costado izquierdo de la boca se encuentra Puerto Bolívar (Figura 1). La bahía tiene un largo de 17 km y un ancho de 12 km aproximadamente, con profundidades entre 3 a 9 m, su fondo es plano con sedimentos arenoso-fangosos. Presenta praderas de pastos y manglares en el litoral sureste y formaciones coralinas en los litorales sur y occidental (UMI, 2006). Las estaciones de muestreo están repartidas entre el exterior, la boca y el costado occidental de la bahía (Figura 2).



**Figura 2** Ubicación de estaciones de muestreo de plancton en Puerto Bolívar. Fuente: DIMAR, 2021



El clima terrestre está influenciado por la oscilación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). La precipitación anual total es de 326 mm, la mayor parte de la cual cae entre septiembre, octubre y noviembre con 70 mm/mes, y durante los meses restantes cae un promedio de 18 mm/mes. La temperatura media anual es de 28,4°C, las temperaturas promedio mensual más altas se registran en los meses de junio, julio, agosto y septiembre con 29,3°C promedio y las temperaturas más bajas en diciembre, enero, febrero y marzo con un promedio mensual de 27,2°C. Los vientos predominantes son del noreste y en menor proporción del norte, con una velocidad media anual de 18,5 km/h, la máxima se registra en la época seca con 44,4 km/h y la mínima de 9,25 km/h en la época húmeda (IDEAM, 2010).

Las condiciones oceanográficas también dependen los movimientos de la ZCIT y su variación está asociada con el régimen de vientos. Entre las épocas seca menor y húmeda mayor la transparencia del agua oscila entre 1,6 a 2,2 m respectivamente, la temperatura del agua varía entre 27° y 27,8° C, la salinidad (UPS) entre 35,6 y 36,7, el oxígeno disuelto entre 5,6 y 4,8 ml/L, el pH entre 7,2 y 8,6, la clorofila *a* entre 1,4 y 1,6 mg/m<sup>3</sup>; y la biomasa del zooplancton entre 10,3 y 78,5 mg/m<sup>3</sup>. La influencia continental por escorrentía está restringida a la época de húmeda (INVEMAR, 1992; 2004; Gallego-Zerrato y Giraldo, 2018). El debilitamiento de los vientos alisios del noreste durante la época húmeda permite el regreso hacia la costa de aguas cálidas tropicales (Andrade, 2000), reduciendo la surgencia de la Guajira e incrementando la influencia de la contracorriente del Darién, que por su origen contiene baja concentración de nutrientes inorgánicos. En esta zona no están presentes grandes ríos que aporten materia orgánica y la plataforma continental es poco amplia y no contiene islas que propicien el aumento de la productividad acuática produciendo una menor disposición de nutrientes, lo que reduce la actividad fotosintética y la productividad biológica (Gaspar y Acero, 2020).

En los puertos de Puerto Bolívar, Santa Marta, y Coveñas se descargó en 2014 el 94,7% de las aguas de lastre totales descargadas en Colombia, este alto valor se relaciona con el tipo de operación que en estos lugares se desarrolla, muy orientada a la exportación de petróleo y carbón (Morales et al., 2016). En dicho año en Puerto Bolívar se registró una descarga de algo más de 10 millones metros cúbicos de aguas de lastre, 35% del total para Colombia y corresponde a la mayor frecuencia de arribo y volumen descargado en el país en dicho año, la mayoría de los arribos provenían de Rotterdam/Holanda e Immingham/Reino Unido (Morales et al., 2016).

## 5.2 Fase de campo

Se recolectaron muestras en siete (7) estaciones repartidas entre el exterior, la entrada y el costado oeste de Bahía Portete (Figura 2), teniendo en cuenta el área de influencia del tráfico marítimo (Tabla 1). Los muestreos se llevaron a cabo en época seca (abril) y en época húmeda (septiembre) durante mañana y tarde. Para la obtención de muestras microzooplanctónicas, en cada estación se realizaron arrastres superficiales horizontales durante 10 minutos usando una red Bongo con diámetro de boca de 30 cm y ojo de malla de 200 µm.

Las muestras se fijaron con un volumen de formaldehído al 36% neutralizado con tetraborato de sodio para obtener una concentración final del 4% (Vivanco y Seguel, 2009). Se usó formaldehído como fijador porque las muestras se conservan durante más tiempo (Edler y Elbrächter, 2010). Las muestras fueron almacenadas en botellas Nalgene ámbar de 250 mL (para evitar la degradación por la luz) hasta análisis en laboratorio el laboratorio de la DIMAR-Sede Caribe.

**Tabla 1. Estaciones de muestreo. Distancia a la costa calculada usando Google Maps sobre una imagen de origen múltiple 2023. Profundidades estimadas a partir de la carta náutica 229, CIOH 1997.**

Estación	Longitud	Latitud	Distancia a la costa (m)	Profundidad (m)	Observaciones
B01S	71°58'27,588"O	12°17'01,788"N	2600	20	Aguas afuera.
B06S	71°57'42,588"O	12°15'40,788"N	92	11	Punta Media Luna, en la boca.
B07S	71°57'22,788"O	12°15'37,188"N	617	7	Centro en la boca.
B08S	71°57'38,412"O	12°15'8,388"N	140	7	En Puerto Bolívar, en la boca.
B17S	71°57'18,612"O	12°14'44,988"N	248	7	Cerca de la Bodega de Alimentos, interna cercana a la boca.
B18S	71°57'38,988"O	12°12'56,988"N	1060	14	Frente al Aeropuerto, interna lejos de la boca.
B20S	71°57'57,600"O	12°12'00,000"N	2330	13	Frente a Punta Ishep, interna lejos de la boca.

Para la determinación de la salinidad, pH, sólidos disueltos y variables abióticas (nitritos, ortofosfatos y clorofila *a*), se recolectaron muestras de agua a un metro de profundidad usando una botella Niskin de 5 L. Las muestras de agua para análisis de clorofila *a* se almacenaron en botellas plásticas oscuras y se mantuvieron refrigeradas hasta su filtración en campo, los filtros GF/F con el material biológico retenido se preservaron en nitrógeno líquido y posteriormente se procesaron en el laboratorio en Cartagena. Las muestras de nutrientes se almacenaron en frascos plásticos y se congelaron para procesarse también en el laboratorio. Las mediciones de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos *Standard Methods for the examination of wáter and wastewater, 23<sup>ava</sup> edición* (Baird et al., 2017) mostrados en el anexo A.

### 5.3 Fase de laboratorio

En el laboratorio cada muestra de agua se homogeneizó con movimientos verticales sobre el eje más largo del contenedor. La totalidad de la muestra se vertió en tubos cónicos Falcon con capacidad de 50 ml, estos tubos se mantuvieron en reposo verticalmente durante 24 horas con el fin de concentrar los organismos microzooplantónicos por sedimentación, y se trató de que el volumen final obtenido fuera de alrededor de 30 ml. Se revisaron 3 alícuotas de 1 ml por cada muestra, los copépodos se contaron en una cámara Sedgewick-Rafter usando un

microscopio invertido a 40X, el conteo se realizó hasta alcanzar 200 individuos para la especie más abundante.

#### 5.3.1 Identificación de copépodos

Las muestras se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible siguiendo las publicaciones de Medellín-Mora *et al* (2009), Medellín-Mora y Navas (2010), Gaviria y Araguren (2003). Los organismos se analizaron en un microscopio de luz a 40X y se detallaron las ornamentaciones, forma de anténulas, mandíbulas, maxilas, maxilípedos y patas (Ver Figura 1).

A partir de las microfotografías tomadas a los morfotipos y su posterior identificación usando las guías mencionadas, se produjo un catálogo preliminar de especies para las dos épocas de muestreo para el área de Puerto Bolívar (Ver Anexo B).

#### 5.4. Análisis estadístico

Dado que los volúmenes muestreados, concentrados y analizados no fueron homogéneos entre las muestras (ver Tabla 4), se realizó un ajuste proporcional del número total de individuos por cada especie y muestra, de manera tal que se corrigieran las diferencias volumétricas entre ellos sin alterar la proporción de los datos. La matriz de datos resultante (Anexo C) se empleó en los análisis posteriores.

Para determinar las asociaciones espaciales y temporales de los datos se llevó a cabo un análisis de agrupamiento (Grupos no ponderados con media aritmética) usando la matriz de Bray Curtis. La evaluación de las variaciones entre las dos épocas climáticas se hizo por medio de un escalamiento multidimensional no métrico (nMDS). La información fisicoquímica se normalizó usando Past 4.1 (Hammer et al., 2009) y posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (PCA) usando una matriz de distancias euclidianas seguido de un análisis de coeficientes de correlación entre la matriz de similaridad de especies y la matriz de datos fisicoquímicos usando una correlación de Spearman (BIO-ENV) para explicar la correlación entre la abundancia y las variables fisicoquímicos.

##### 5.4.1 Índices ecológicos

Se elaboró una matriz de especies, con los individuos identificados con abundancia absoluta por estación. con dicha matriz se calcularon los índices de Riqueza (Margalef), Equitatividad (Pielou) y Diversidad (Shannon) utilizando Past 4.11 (Hammer et al., 2009). Estos índices son herramientas útiles para evaluar y comparar la diversidad biológica de diferentes comunidades o ecosistemas (Ver Tabla 3).

Diversidad de Shannon

$$H' = \Sigma - \left(\frac{n}{N}\right) * (\text{Log}_2\left(\frac{n}{N}\right))$$

Donde n corresponde al número de individuos de la especie y N corresponde al número de todos los individuos de todas las especies.

Equitatividad de Pielou

$$J' = H' / \text{Log}_2 S$$

Donde H' corresponde al valor del índice de diversidad de Shannon y S corresponde al número máximo de especies en la muestra.

Riqueza de Margalef

$$d = (S - 1) / \text{Log} N$$

Donde S corresponde al número de especies y N corresponde al número de todos los individuos de todas las especies.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Diversidad y abundancia de copépodos

En Puerto Bolívar se identificaron 5505 individuos de copépodos pertenecientes a 14 especies, 7 familias y 3 órdenes. Aunque la diferencia en número de individuos entre las dos épocas no es muy grande (pero ver párrafo siguiente), la menor abundancia (2649 individuos) y la mayor diversidad (14 especies, 7 familias 3 ordenes) se presentó en época seca y las familias más representativas durante esta época fueron Oithonidae, Acartiidae, Temoridae, sobresaliendo por su abundancia las especies *Oithona davisae*, *Oithona follax* y *Oithona nana*. En la época de húmeda se presentó la mayor abundancia (2856 individuos) y la menor diversidad (10 especies, 4 familias y 2 ordenes), las familias más destacadas fueron nuevamente Acartiidae y Oithonidae, y las especies representativas fueron *Arcatia clausii* y *O. davisae* (Ver Tabla 2).

Dada la diferencia volumétrica descrita en la metodología, los números de individuos corregidos presentan diferencias importantes entre épocas (Ver Anexo C). Así la época seca presenta notablemente menos individuos estimados (10993 individuos) que la época húmeda (44936 individuos). El orden de representatividad de las familias es el mismo, aunque el orden de las especies cambia a *O. davisae*, *O. nana* y *A. clausii*. En la época de húmeda el orden de representatividad de las familias se invierte a Oithonidae y Acartiidae y el de las especies cambia a *O. davisae*, *A. clausii* y *Oithona* sp1.

La especie *A. clausii* estuvo presente en todas las estaciones durante la época seca con alta abundancia en la estación del puerto (B08S), seguida de las estaciones interna lejana de la costa (B20S) y externa de la boca (B07S), les siguen con valores más bajos la estación interna más cercana a la costa (B18S), luego la estación aguas afuera (B01S) y las estaciones con valores más bajos fueron la más externa de la boca (B06S) y la interna cercana a la boca (B17S). En época húmeda *A. clausii* es bastante frecuente en las estaciones de la boca (B07S, B17S, B06S y B08S), sus números descienden en la estación interna más lejana de la costa (B20S) y no aparece en la estación aguas afuera (B01S) ni en la estación interna más cercana a la costa (B18S).

La especie *Acartia. danae* en época seca aparece con valores bajos únicamente en la estación interna cercana a la costa (B18S) y la interna de la boca (B07S), en el resto de las estaciones no es registrada; durante la época húmeda la especie aparece en la estación interna cercana a la costa (B18S), en la estación de aguas afuera (B01S), en la estación del puerto (B08S) y en la estación interna lejana de la costa (B20S) y no aparece en las estaciones restantes.

En general la familia Acartiidae en época seca aparece con frecuencia en la estación interna más lejana de la costa (B20S), la interna cercana a la boca (B17S), y la del puerto (B08S), y con alguna frecuencia en las demás estaciones. En época húmeda la familia no está presente en la estación interna cercana a la costa (B18S), y presenta una concentración alta en las estaciones de la boca (B07S, B08S), en la estación aguas afuera (B01S), en la interna lejana

de la costa (B20S) y con números bajos en el resto de las estaciones (B06S y B17S) (Ver Tabla 2).

**Tabla 2. Número de individuos y especies de copépodos muestreados en Puerto Bolívar durante las dos épocas climáticas del 2021. Los recuadros sombreados indican muestras que alcanzaron el máximo muestreable. La tabla con los valores corregidos usada en la descripción de datos se puede ver en el Anexo C.**

Familia	Especie/Estación	Temporada											
		Seca						Húmeda					
		B01S	B06S	B07S	B08S	B17S	B18S	B20S	B01S	B06S	B07S	B08S	B17S
Acartiidae	<i>Acartia clausii</i>	80	6	70	200	3	35	107	0	200	200	82	200
	<i>Acartia danae</i>	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	8	4
Clausocalanidae	<i>Clausocalanus</i> sp	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i>	15	3	0	0	0	45	1	0	0	0	0	0
Temoridae	<i>Temora stylifera</i>	8	2	200	0	0	0	0	82	16	7	0	0
Corycaeidae	<i>Agetus flaccus</i>	0	0	0	13	0	0	0	90	16	7	0	0
	<i>Corycaeidae</i> sp	6	0	80	0	0	8	0	7	0	0	0	0
Oithonidae	<i>Farranula gracilis</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oithona davisae</i>	0	0	0	46	0	200	200	73	147	63	200	190
	<i>Oithona follax</i>	41	30	47	0	200	34	22	20	15	0	57	25
	<i>Oithona nana</i>	200	200	7	0	49	12	7	73	0	0	31	32
	<i>Oithona</i> sp1	35	15	100	150	10	10	21	200	73	40	27	41
	<i>Oithona</i> sp2	21	0	29	12	36	0	0	0	0	6	0	0
Miraciidae	<i>Macrosetella gracilis</i>	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.A.	Larvas	24	1	46	86	27	60	75	21	4	20	30	50

La familia Clausocalanidae (*Clausocalanus* sp) en época seca solo aparece en la estación interna lejana de la costa (B20S), y la interna cercana a la boca (B17S), y no aparece en el resto de las estaciones y en ninguna estación durante la época húmeda.

La familia Paracalanidae (*Paracalanus parvus*) en época seca aparece en mayor abundancia en la estación más interna de la boca (B07S), con valores más bajos en la estación interna más leja de la costa (B20S), y en la estación cercana a la boca en la parte interna (B17S), y se registra apenas su presencia en la estación agua afuera (B01S), sin presencia en el resto de las estaciones y en ninguna estación durante la época húmeda.

La familia Temoridae (*Temora stylifera*) en época seca presenta alta preferencia por las condiciones interna de la boca (B17S), con menor número en las estaciones más internas de la bahía (B20S y B07S), y no aparecen en el resto de las estaciones. En época húmeda aparecen en altos números en la estación más interna de la boca (B07S), con menor número en la estación muy cerca al puerto (B08S) y en aguas afuera (B01S), sin registro en las demás estaciones.

La familia Miraciidae (*Macrosetella gracilis*) en época seca se encuentra en la estación más externa de la boca de la bahía (B06S) y en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S), no se encuentra en el resto de las estaciones y tampoco en ninguna estación durante la época húmeda (Ver Tabla 2 y Anexo C).

La especie *Agetus flaccus* en época seca solo aparece en la estación aguas afuera de la bahía (B01S), sin registro en el resto de las estaciones. En época húmeda aparece en gran número en la estación más interna de la boca (B07S), y en menores números en el puerto (B08S) y en las estaciones de aguas afuera de la bahía (B01S), sin registro en las demás estaciones.

La especie de la familia Corycaeidae sp en época seca presenta alta preferencia por la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), y números menores en la estación más externa de la boca (B06S) y la estación aguas afuera de la bahía (B01S), y sin registro en las demás estaciones. En época húmeda se encuentra únicamente en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S). La especie *Farranula gracilis* en época seca solo aparece en la boca interna de la bahía (B17S), en época húmeda no aparece en ninguna estación.

La familia Corycaeidae en época seca se adapta preferentemente a las condiciones que se presentan en la estación más externa de la boca (B06S), en menor proporción en la estación afuera de la bahía y la estación del puerto (B01S y B08S), con menor número en la estación cercana a la boca en la parte interna (B17S) y sin registro en las demás estaciones. En época húmeda se adapta a las condiciones de la estación más interna de la boca (B07S), en menores números en la estación del puerto (B08S) y en aguas afuera de la bahía (B01S), sin registros en las demás estaciones (Ver Tabla 2 y Anexo C).

La especie *Othiona divisae* en época seca se ubica preferentemente en las estación de la boca (B07S), y en menores números en la estación interna de la bahía más cercana de la costa (B18S), y la estación cercana a la boca (B17S), sin registros en el resto de estaciones; en época húmeda los registros más altos se reportan en estaciones alrededor de la boca (B17S, B06S) y las estaciones internas dentro de la bahía (B20S y B18S), y en menor número en la estación de la boca (B08S), la estación más interna (B07) y aguas afuera de la bahía (B01S).

La especie *O. follax* en época seca se encuentra en altos números en aguas afuera de la bahía (B01S), y en menor pretensión todas las estaciones en números en estaciones internas (B18S, B17S, B08S), sin registro en estación más externa de la boca (B06S), en época húmeda la estación con mayores números de individuos fue registrada em la estación más externa de la boca (B06S) y en menores números en la estación del puerto (B08S), en la estación interna de la bahía más lejana de la costa (B20S), y en la estación más cercana a la boca e interna en la bahía (B17S), sin registros para las demás estaciones.

La especie *O. nana* en época seca aparece en las todas las estaciones excepto en la del puerto, tiene mayor abundancia en la estación interna más cercana a la costa (B18S), con menores números en la estación aguas afuera (B01S), en la estación interna de la bahía más lejana de la costa (B20S),y en la estación más interna de la boca de la bahía (B07S), y números aún más bajos en las estaciones cercana y más externa de (B17S, B06S) y sin registros para la estación del puerto (B08S); en la época húmeda es muy abundante en la estación más externa de la boca (B06S),con registros menores en la estación más interna en la boca (B07S), en estación interna más cercana a la costa (B18S) y la estación de la costa (B17S) y en aguas afuera de la bahía (B01S), y sin registros para las demás estaciones.

La especie *Othiona* sp1 en época seca aparece en mayor número en la estación más interna en la boca (B07S), y en la estación interna de la bahía lejana de la costa (B20S), y en aguas fuera de la bahía (B01S), y en menores números en las estaciones del puerto (B08S), la estación más externa de la boca (B06S), en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S) y en la estación cercana a la boca interna en la bahía (B17S); en la época húmeda tiene altas abundancias en las estaciones más externa de la boca de la bahía (B06S), con estación interna de la bahía más lejana de la costa (B20S), y en menores números en las estaciones más interna de la boca (B07S), la estación aguas afuera de la bahía (B01S), la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S), la estación cercana a la boca interna de la bahía (B17S) y en la estación del puerto (B08S).

La especie *Othiona* sp2 en época seca se ubica preferentemente en la estación aguas afuera de la bahía (B01S) y en menor número en la estación más externa de la boca (B06S), en la estación del puerto (B08S) y en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), y sin registros en las demás estaciones; en la época húmeda solo tiene presencia en la estación más interna en la boca (B07S).

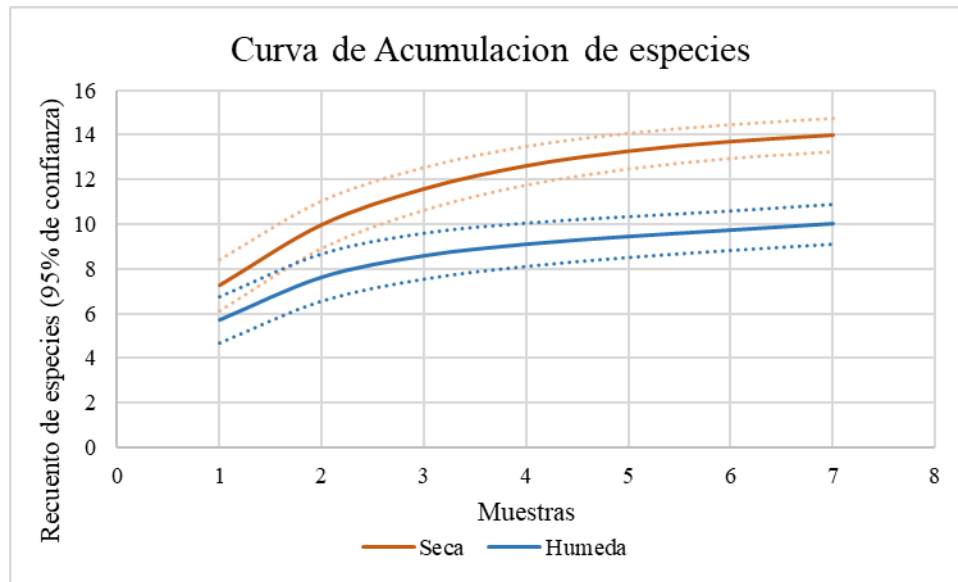
La familia Oithonidae en época seca registra mayores números en las estaciones más externa de la boca de la bahía (B06S) y en la estación de la bahía más cercana a la costa (B18S), registrando menores números en estaciones más internas de la boca (B07S, B17S, B08S, B20S) y en la estación aguas afuera de la bahía (B01S); en época húmeda el registro de mayores números de individuos se registró en la estación del puerto y de la parte externa (B08S, B06S, B01S), y en menores números en las estaciones más cercanas a la boca y la parte interna de la bahía (B18S, B17S, B20S, B07S) (Ver Tabla 1 y Anexo C).

Las larvas en época seca se registraron en mayor abundancia en las estaciones cerca a la boca interna de la bahía (B17S), en la estación interna de la bahía más lejana de la costa (B20S), en la estación aguas afuera de la bahía (B01S) y la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), y registrados en menor número en las estación del puerto (B08S), en la estación más externa de la boca de la bahía (B06S) y en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S); en la época húmeda presenta altos números en casi todas las estaciones (B17S, B20S, B18S, B08S, B01S, B07S), y solo en menor proporción en la estación más externa de la boca de la bahía (B06S).

De manera general, en todas las estaciones se colectaron copépodos, aunque el orden de abundancia cambia con la época. En la época húmeda la mayor cantidad de individuos se presentó en la estación aguas afuera (B01S) y en la época seca la mayor cantidad se presentó en la estación de la boca menos expuesta (B07S).



## 6.2. Índices ecológicos



**Figura 3.** Curva de acumulación de especies por muestras y época, utilizando la solución analítica Mao's tau.

Para calcular el número total de especies potenciales se usó la matriz de abundancia total de especies y el estimador analítico Mao's tau, las curvas de acumulación de especies estimadas así parecen estabilizarse para la asíntota para 14 en época seca y 10 especies en época húmeda para el séptimo muestreo aproximadamente (Figura 3).

Los índices ecológicos para describir la diversidad, riqueza y equitatividad de las especies se calcularon a partir de la tabla ajustada que es mostrada en el Anexo C, así en época seca en Puerto Bolívar se estimó un N de 9812 individuos, y en época húmeda de 42168 individuos.

Durante la época seca se estimó un S de 14 especies de copépodos en total, un promedio de 7.3 ( $\pm 1.6$ ) por estación, que variaron entre 10 (B01S) y 5 (B17S) especies por estación. Ninguna estación presentó las 14 especies. Durante la época húmeda se identificaron 10 especies en total, un promedio de 5,7 ( $\pm 1,0$ ) por estación, que variaron entre 7 (B01S) y 4 (B18S), de nuevo ninguna estación presentó todas las especies.

El índice de diversidad de Shannon en época seca fue de 2,08 considerado un valor de diversidad media, por estaciones el valor más alto se dio en la estación aguas afuera (B01S) y el menor en la estación más externa de la boca de la bahía (B06S). En época húmeda el índice fue menor (1,68), nuevamente los valores altos en la estación aguas afuera (B01S), y valor mínimo en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S). Solo el valor de Shannon en época seca se considera diversidad media, el resto de los valores de estaciones y la época húmeda se consideran como de baja diversidad (Ver Tabla 3).

El índice de riqueza específica de Margalef registra para época seca un valor de 1,41 que indica baja diversidad, el valor más alto se presentó en la estación aguas afuera (B01S), mientras que el valor más bajo se ubicó en la estación cerca a la boca interna de la bahía

(B17S). En época húmeda el índice fue de 0,85 indicando también baja diversidad, registra el valor más alto en la estación bocas afuera (B01S), y el valor más bajo en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S).

**Tabla 3. Índices de Diversidad de Shannon, Riqueza de Margalef y Equitatividad de Pielou de los copépodos identificados en Puerto Bolívar. Número de especies (S). Número de Individuos (N).**

Estaciones	S	N	Diversidad	Riqueza	Equitatividad
<b>Época seca</b>					
B01S	10	610	1,74	1,40	0,76
B06S	8	1773	0,85	0,94	0,41
B07S	8	2136	1,68	0,91	0,81
B08S	7	1716	1,26	0,81	0,65
B17S	5	596	0,98	0,63	0,61
B18S	7	1835	1,35	0,80	0,69
B20S	6	1144	1,12	0,71	0,62
<b>Total Seca</b>	<b>14</b>	<b>9812</b>	<b>2,08</b>	<b>1,41</b>	<b>0,79</b>
<b>Época húmeda</b>					
B01S	7	8704	1,67	0,66	0,86
B06S	6	5684	1,36	0,58	0,76
B07S	6	4584	1,11	0,59	0,62
B08S	6	5749	1,40	0,58	0,78
B17S	6	6984	1,31	0,56	0,73
B18S	4	3804	0,81	0,36	0,59
B20S	5	6658	1,16	0,45	0,72
<b>Total húmeda</b>	<b>10</b>	<b>42168</b>	<b>1,68</b>	<b>0,85</b>	<b>0,73</b>
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>51978</b>	<b>1,82</b>	<b>1,20</b>	<b>0,69</b>

El índice de equitatividad en época seca registro un valor de 0,79 indicando uniformidad alta entre especies, registra un valor alto en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), y el valor más bajo en la estación más externa de la boca de la bahía (B06S). En la época húmeda registro un valor de 0,69 indicando también uniformidad alta, con un valor alto en la estación aguas afuera (B01S), y el valor más bajo en la estación interna de la bahía más cercana a la costa (B18S).

### 6.3 Factores fisicoquímicos

Los datos de las 6 variables fisicoquímicas utilizadas para el análisis estadístico en cada época climática en Puerto Bolívar son mostrados en la Tabla 4, allí se muestran adicionalmente la hora de la toma de la muestra, y los volúmenes muestreados, concentrados y analizados.

**Tabla 4. Datos fisicoquímicos y abióticos colectados en las dos épocas climáticas del 2021.**  
**\*MLD: Menor al límite de detección. Volumen muestreado en metro cúbicos, volúmenes concentrado y analizado en mililitros.**

Época	Estación	Hora muestreo	pH	SST (mg/L)	Salinidad (UPS)	Nitritos (mg/L)	Ortofosfatos (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Vol. muestra (m <sup>3</sup> )	Vol. conc. (ml)	Vol. anal. (ml)
Seca	B01S	9:10	8,2	9,58	35,6	0,0072	0,0035	0,9	1,98	37	1
	B06S	9:34	8,2	7,36	36,5	0,0022	MLD	1,22	1,98	15	0,5
	B07S	9:37	8,33	12,11	36,7	0,0026	MLD	1,71	2,54	20	0,5
	B08S	9:50	8,24	0,54	36,5	0,0039	MLD	1,72	2,54	20	0,5
	B17S	10:00	8,38	2,1	36,6	0,0032	MLD	1,62	2,54	40	0,5
	B18S	10:05	8,31	11,24	36	0,0036	MLD	0,78	2,54	15	0,5
Húmeda	B20S	10:22	8,33	0,62	36,7	0,0057	MLD	1,3	2,54	25	0,5
	B01S	13:30	8,23	2,77	35,9	0,0009	0,0290	0,26	1,27	10	0,5
	B06S	13:35	8,21	4,37	36	0,0009	0,0035	0,84	1,11	15	0,5
	B07S	13:51	8,22	9,12	36,3	MLD	0,0074	0,89	0,95	15	0,5
	B08S	13:58	8,23	4,13	36,6	MLD	0,0052	0,72	0,95	15	0,5
	B17S	14:07	8,26	4,6	36,6	MLD	0,0027	0,9	0,95	15	0,5
	B18S	14:12	8,28	4,78	36,8	MLD	0,0161	0,54	0,95	15	0,5
	B20S	14:28	8,24	5,18	36,8	MLD	0,0049	0,64	0,95	15	0,5

Respecto a los variables fisicoquímicos y abióticos analizados se encontró que el factor del pH en época seca se registró una media de 8,28 (desviación estándar  $\pm 0,07$ ), con altos valores en las estaciones interna cercana a la boca (B17S), interna lejana de la costa (B20S), externa de la boca (B07S), la estación interna cercana a la costa (B18S), le siguen valores bajos en las estaciones aguas afuera (B01S), la más externa de la boca (B06S) y la estación del puerto (B08S). En época húmeda la media de pH fue 8,23 (d.e.  $\pm 0,03$ ), con altos valores en la estación interna más cerca de la costa (B18S), seguida de la estación de la boca interna de la bahía (B17S), la estación aguas afuera (B01S) y la estación interna más lejana a la costa (B20S), y en menor valor en las estaciones afuera de la bahía y la estación del puerto (B01S y B08S), seguido de la estación más interna en la boca de la bahía (B07S) y la estación más externa de la boca (B06S).

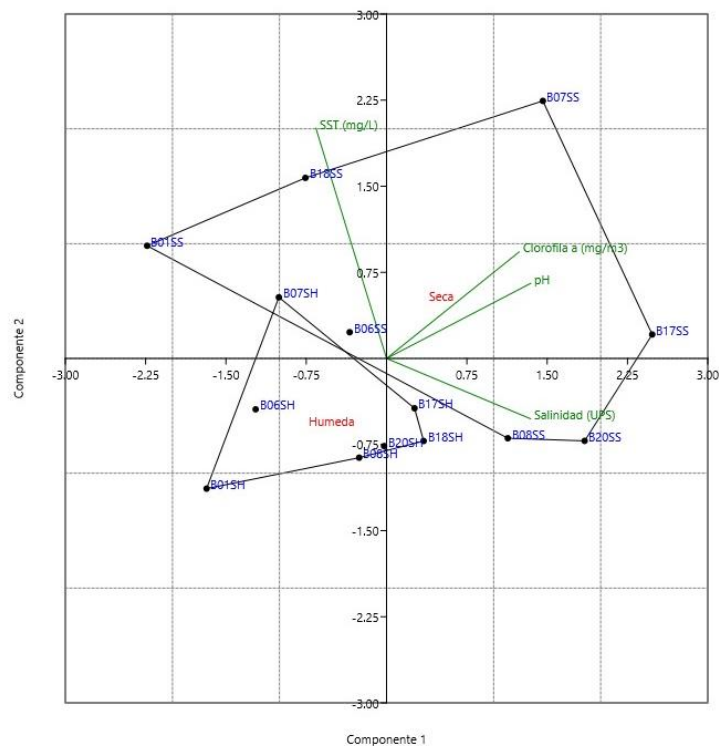
En sólidos totales disueltos para época seca la media es de 6,22 mg/L (d.e.  $\pm 5,1$  mg/L), se registró el valor más alto en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), seguido de las estaciones más cercana de la costa (B18S), y la estación aguas afuera (B01S), registrando valores menores en la estación más externa de la boca (B06S) y la estación de la boca interna de la bahía (B17S), los valores más bajos se registraron en la estación de la boca interna de la bahía (B17S) y la estación la bahía más lejana a la costa (B20S). En la época húmeda la media fue de 5 mg/L (d.e.  $\pm 2,0$  mg/L), el valor más alto registrado se presentó en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), seguido por la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), con valores más bajos en las estaciones interna más cercana de la costa (B18S), la estación de la boca interna de la bahía (B17S), la estación más externa de la boca (B06S) y la estación del puerto (B08S), registrando el valor más bajo en la estación aguas afuera (B01S).

La salinidad tiene en época seca una media de 36,4 UPS (d.e.  $\pm 0,4$ ), los valores más altos se presentan en la estación más interna en la boca de la bahía (B07S), la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), seguida de la estación de la boca interna de la bahía (B17S), con valores iguales en las estaciones más externa de la boca (B06S) y la estación del puerto (B08S), seguido de la estación (B18S), con el valor más bajo en la estación aguas afuera (B01S). En época húmeda la media fue de 36,5 UPS (d.e.  $\pm 0,4$ ), se registraron valores iguales en las estaciones interna más cercana de la costa (B18S) y la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), seguido por valores iguales en las estaciones del puerto (B08S) y la estación de la boca interna de la bahía (B17S), luego las estaciones más interna en la boca de la bahía (B07S), y la estación más externa de la boca (B06S) y el menor valor registrado ocurrió en la estación aguas afuera (B01S).

Los nitritos en época seca tuvieron una media de 0,0041 mg/L (d.e.  $\pm 0,002$  mg/L), los valores más altos se encontraron en la estación aguas afuera (B01S) y en la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), seguido de la estación del puerto (B08S), la estación interna más cercana de la costa (B18S), y la estación de la boca interna de la bahía (B17S), los valores más bajos se registraron en la estación interna en la boca de la bahía (B07S), y la estación más externa de la boca (B06S); en época húmeda se registró una media 0,009 mg/L (d.e.  $\pm 0,0$ ), con valores bajos en las estaciones aguas afuera (B01S) y la estación más externa de la boca (B06S), en el resto de estaciones los valores fueron menores al límite de detección.

Para ortofosfatos en época seca solo tiene registro de la estación aguas afuera (0,0035 mg/L; B01S), el resto de estaciones los valores fueron menores al límite de detección; en época húmeda el valor medio fue de 0,01 mg/L (d.e.  $\pm 0,01$  mg/L), registrando el mayor valor en la estación interna más cercana de la costa (B18S), seguido de la estación aguas afuera (B01S), con menores valores en las estaciones interna en la boca de la bahía (B07S), la estación del puerto (B08S), la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), la estación más externa de la boca (B06S) y la estación de la boca interna de la bahía (B17S).

La Clorofila *a* en época seca registro un valor promedio de 1,32 mg/m<sup>3</sup> (d.e.  $\pm 0,4$  mg/m<sup>3</sup>), con valores altos en las estaciones del puerto (B08S), la estación interna en la boca de la bahía (B07S), y la estación interna cercana a la boca (B17S), seguido de las estaciones interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), la estación más externa de la boca (B06S), la estación aguas afuera (B01S) y la estación interna más cercana de la costa (B18S); en época húmeda la media fue de 0,68 mg/m<sup>3</sup> (d.e.  $\pm 0,23$  mg/m<sup>3</sup>), reportando valores altos en las estación interna cercana a la boca (B17S), estación interna en la boca de la bahía (B07S), la estación más externa de la boca (B06S), la estación del puerto (B08S) y la estación interna de la bahía más lejana a la costa (B20S), con los valores más bajos en las estaciones interna más cercana de la costa (B18S) y aguas afuera (B01S).



**Figura 4. Análisis de componentes principales (PCA), aplicado a las estaciones por época climática y las variables fisicoquímicas (Clorofila a, pH, salinidad y solidos totales disueltos) tomados en Puerto Bolívar.**

Los factores fisicoquímicos durante la época seca presentan mayor variación para los sólidos totales disueltos (coeficiente de variación 81.2%), seguidos de nitritos (c.v. 44%) y clorofila *a* (c.v. 29%). En la época húmeda la mayor variación se presenta para los ortofosfatos (c.v. 97,4%), los sólidos totales disueltos (c.v. 39,5%) y finalmente la clorofila *a* (c.v. 33,8%). Las variables restantes en cada época apenas presentan coeficientes de variación muy cercanos al 1%.

Los análisis de varianza a una vía comparando entre épocas por estación para las variables fisicoquímicas solo indicaron diferencias significativas en clorofila *a* ( $p=0,003$ , datos normales  $p=0,93$ , homocedásticos  $p=0,14$ ). La correlación entre los factores fisicoquímicos para la época seca indicó una correlación positiva entre clorofila *a* y la salinidad (79%), y una correlación negativa entre nitritos y salinidad (-60%). Para la época húmeda se encontraron correlaciones positivas entre pH y salinidad (63%), clorofila *a* y solidos totales disueltos (59%) y una correlación negativa entre ortofosfatos y clorofila *a* (-91%).

Para el análisis de componentes principales (PCA) de las variables fisicoquímicas se eliminaron las variables de nitritos y ortofosfatos por presentar algunos valores por debajo del límite de detección del método (Figura 3). Para la época seca se destaca una mayor heterogeneidad entre las estaciones, influenciada por el pH, la clorofila *a*, y con menor

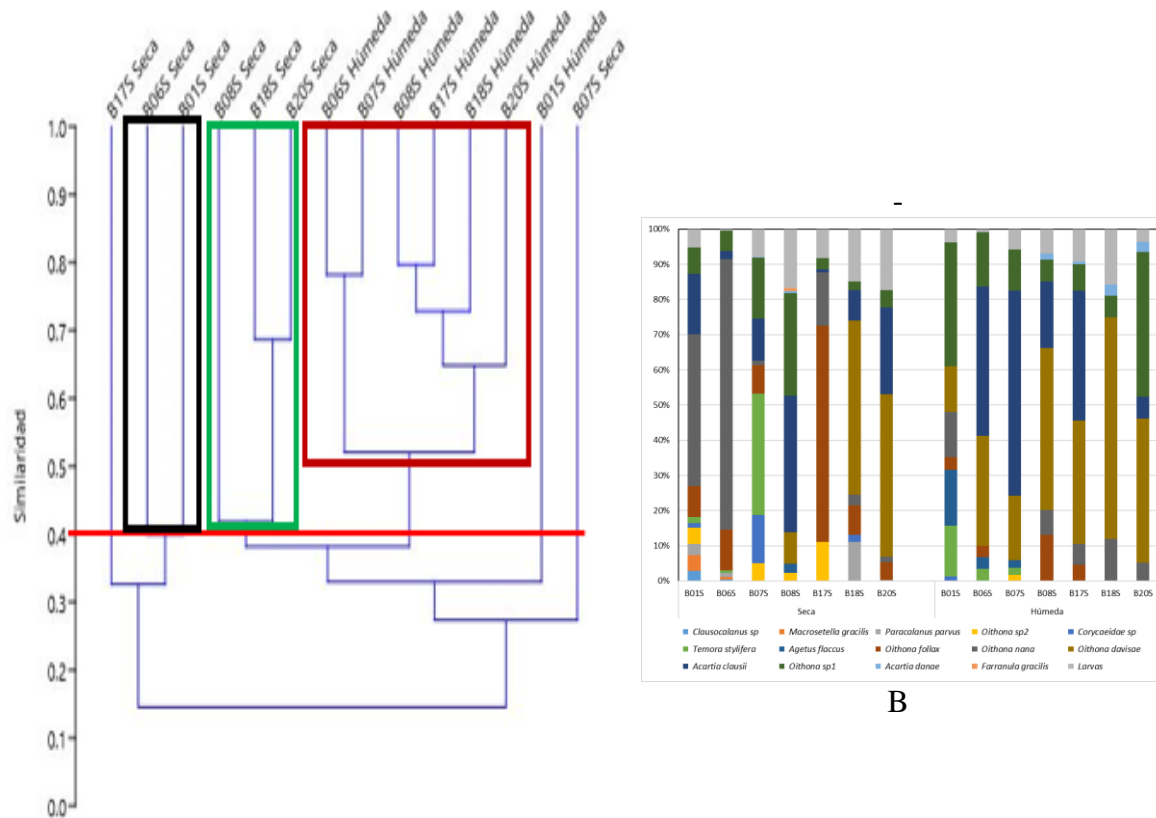
influencia de la salinidad y solidos totales. Para la época húmeda, las estaciones presentan mayor homogeneidad, sin influencia importante de algún valor fisicoquímico, los análisis de similitud de Bray Curtis indican un comportamiento similar.

### 6.3 Análisis estadísticos

El análisis de correlación entre factores fisicoquímicos y la abundancia relativa de las especies con presencia en cuatro o más estaciones para la época seca, indicó una correlación negativa entre *Oithona nana* con pH (-67%). Una correlación positiva entre *Oithona* sp1 y clorofila *a* (63%). Correlación negativa entre *Paracalanus parvus* con salinidad (-63%) y negativa con clorofila *a* (-80%). También se encontraron correlaciones negativas entre *Macrosetella gracilis* y *Clausocalanus* sp con pH (-62% y -60% respectivamente), con salinidad (-81% ambas), y positiva con nitritos (71% y 72% respectivamente).

Para la época húmeda se encontraron correlaciones positivas entre *O. davisae* con pH (65%) y salinidad (80%). El análisis también indicó correlación positiva entre *Acartia clausii* con solidos totales disueltos (68%), con clorofila *a* (85%) y correlación negativa con ortofosfatos (-60%). Se halló correlación positiva entre larvas con pH (88%) y con salinidad (64%). Por otro lado se halló correlación positiva entre *O. nana* con pH (67%) y ortofosfatos (76%), y correlación negativa con solidos totales disueltos (-64%) y clorofila *a* (-84%). Finalmente se encontró correlación positiva entre *A. danae* con pH (63%) y con salinidad (87%).

El análisis de agrupamiento mostró las similaridades entre la comunidad de copépodos de cada estación por época climática en Puerto Bolívar (Figura 4A). En la figura se muestran tres estaciones que queda aisladas y tres grupos de estaciones diferenciados por los recuadros rojo, verde y negro. La primera estación aislada en el análisis es B07S de la época seca que presenta la mayor cantidad de individuos, allí la especie *Temora stylifera* alcanza su mayor abundancia para la época. Presenta el mayor valor en solidos totales disueltos, en salinidad y una de las más altas concentraciones de clorofila *a*. Así mismo, presenta el mayor valor de equitatividad y diversidad de Shannon.



A

**Figura 5** Análisis de la comunidad de copépodos en Puerto Bolívar. A) Dendrograma de análisis de clasificación usando la matriz de Bray-Curtis, para la estructura de la comunidad de copépodos por estación en cada época climática. Línea a 40% de similitud, los recuadros de color rojo, verde y negro limitan los grupos una similitud igual o mayor. B) Distribución porcentual de las especies que componen la comunidad de copépodos.

La segunda estación aislada es B17S de la época seca, presentó el menor número de individuos, con la mayor cantidad de individuos de *Oithona follax* para la época. No se destaca especialmente en ningún valor de fisicoquímicos. Presenta el segundo valor más bajo en diversidad de Shannon, el menor valor de diversidad específica de Margalef, y un valor promedio en equitatividad.

La tercera estación aislada es B01S de la época húmeda, presentó el mayor número de individuos, con la mayor cantidad de *Agetus flaccus*, *Corycaeidae* sp, *Oithona nana*, *Oithona* sp1 y *Temora stylifera* para la época. Presentó el mayor valor en nitritos y ortofosfatos y el menor valor en clorofila *a*. Así mismo presenta los valores más altos para todos los índices ecológicos.

El recuadro negro registra similitud entre las estaciones B01S y B06S en época seca, presentaron altas abundancias de las especies *Clausocalanus* sp y *Macrosetella gracilis*, valores medios en las especies *Oithona follax*, *Oithona nana*, *Oithona* sp1, *Paracalanus parvus* y *Temora stylifera*. Estas estaciones presentaron valores bajos en pH y salinidad, y valores medios en solidos totales y clorofila *a*. Aunque la estación B01S presentó valores más altos de diversidad, riqueza y equitatividad que la estación B06S.

En el recuadro verde se agruparon tres estaciones de la época seca B08S, B18S y B20S. Las estaciones B18S y B20S presentaron la mayor similitud, con alta abundancia para *Oithona davisae* y *Acartia clausii* y *Paracalanus parvus*, valores medios de las especies *Oithona follax*, *Oithona* sp1 y *Oithona nana* y sin registros para las demás especies. La estación B08S en época seca registro valores altos en la abundancia de *Acartia clausii*, *Acartia danae*, *Oithona* sp1, *Agetus flaccus* y *Farranula gracilis*, valores medios de las especies *Oithona davisae* y *Oithona* sp2, sin registros para las demás especies. Todas las estaciones presentaron valores medios para pH, salinidad y clorofila *a*; B18S y B20S presentan valores extremos para solidos totales, B08S tiene un menor valor para esta variable. Todas ellas presentaron valores promedio en los índices ecológicos.

En el recuadro rojo se agrupan todas las estaciones de la época húmeda excluyendo B01S, destaca la mayor similitud las estaciones B06S y B07S, que registran altas abundancias para *Acartia clausii*, valores medios de *Agetus flaccus*, *Oithona davisae*, *Oithona davisae* y *Oithona davisae*, y sin registros de las demás especies (Figura 3A), la estructura de este agrupamiento es bastante clara en la Figura 3B. Estas dos estaciones presentan los valores más bajos en pH, tienen el segundo y tercer valor más alto en Clorofila *a*, con valores extremos de la media en solidos totales, para la salinidad presenta un valor bajo del promedio y cerca del promedio. Así mismo presentan valores promedios para todos los índices ecológicos. Las estaciones B08S y B17S presentan altos valores de individuos de las especies *Oithona davisae*, *Oithona follax*, y *Acartia clausii*, valores medios de las especies *Oithona nana*, *Oithona* sp1 y *Acartia danae*, sin presencia de las demás especies. Estas dos estaciones presentan valores altos de pH mientras que para clorofila *a* y solidos totales tienen valor intermedio. Así mismo presentan valores promedio para todos los índices ecológicos. La estación B18S, presenta la abundancia más alta de *Oithona davisae* y valores promedios para *Oithona nana*, *Oithona* sp1 y *Acartia danae*, sin presencia de las demás especies. Esta estación presenta el valor más alto de pH, mientras que clorofila *a* y solidos totales presentan valores intermedios. Así mismo presenta el número de individuos más bajos y valores bajos para los índices ecológicos. La estación B20S, presenta valores altos de las especies *Oithona davisae* y *Oithona* sp1 y valores promedios de las especies *Oithona nana*, *Acartia clausii* y *Acartia danae*, sin presencia de las demás especies. Presenta valores intermedios para pH, clorofila *a* y salinidad. Así mismo presenta alta cantidad de individuos y valores promedio para todos los índices ecológicos.

La Figura 3B muestra la participación porcentual de cada especie en la comunidad de copépodos discriminada por estación y época. Se muestra con mayor claridad el patrón *O. nana* – *O. follax* – *A. clausii* en las estaciones aguas afuera (B01S) y expuesta de la boca (B06S) durante la época seca. También es evidente el patrón *O. davisae* – *A. clausii* – *Oithona*



sp1 que se da durante la época seca (B08S, B18S y B20S) y durante la época húmeda (B06S, B07S, B08S, B17S, B18S y B20S) pero en esta última incluye *O. nana*.

## 7. DISCUSIÓN

La diversidad de copépodos en Puerto Bolívar puede considerarse baja ya que se encontraron en época seca 14 especies (7 familias repartidas en 3 órdenes), mientras que en época húmeda se encontraron 10 especies (4 familias y 2 órdenes). Esta diversidad está por debajo de la registrada para el área de influencia del río Magdalena en el Golfo de Salamanca (77 especies en época seca y 64 especies en época húmeda) y parcialmente en el rango de lo detectado en Parque Nacional Natural Tayrona (10 especies seca y 33 especies húmeda) que presenta una surgencia estacional en época seca (Franco y Castro, 2006) aunque el patrón de diversidad temporal en PNN Tayrona estaría invertido con respecto a lo que se encontró en Puerto Bolívar en el presente trabajo.

Así mismo, en comparación con una zona oceánica como Isla de Providencia y Santa Catalina donde en época húmeda se identificaron 16 familias para 3 órdenes de copépodos (Martinez-Barragan, 2007), nuevamente Puerto Bolívar presenta baja diversidad. Finalmente, en el área de Cartagena de Indias se han reportado 61 especies (20 familias y 5 ordenes) y de ellas 19 especies en época húmeda, 49 en época de transición y 35 especies para la época seca (Dorado Roncancio *et al.*, 2015). Una razón que podría explicar esta baja diversidad es la casi ausencia de escorrentía y la limitación al flujo de nutrientes desde la zona externa de la Bahía hacia su interior (Villalba *et al.* 2017)

De 14 morfoespecies reportadas aquí, 4 no pudieron ser identificadas a nivel específico. Un morfotipo de la familia Corycaeidae, dos del género *Oithona* y uno del género *Clausocalanus*. Tres especies reportadas aquí (*Oithona davisae*, *O. follax* y *Acartia clausii*) no fueron listadas en la más reciente revisión y actualización de copépodos para el Caribe colombiano (Gaviria *et al.*, 2019) y serían nuevos registros para el área. Así mismo se confirma la presencia en la Guajira de *Acartia danae*, *Oithona nana*, *Agetus flaccus* y *Paracalanus parvus*, que en la revisión mencionada aparecían sin confirmar, sin embargo, esto depende de la revisión del material por parte de un experto en dichos grupos. Finalmente, Gaviria *et al.* (2019) lista para la Guajira 63 especies de copépodos, de las cuales se reportan aquí 3 (*Farranula gracilis*, *Temora stylifera* y *Macrosetella gracilis*).

El análisis de similitud muestra que, aunque existen diferencias en la composición y abundancia de la comunidad de copépodos entre las dos épocas climáticas, se da una dominancia constante de las familias Oithonidae y Acartiidae. En las dos épocas climáticas el ensamblaje de copépodos de Puerto Bolívar estuvo dominado por la abundancia y la riqueza de la familia Oithonidae, que concuerda con lo reportado en trabajos previos realizados en el Caribe colombiano (Dorado-Roncancio, 2020). Esta familia presenta niveles diferenciales de adaptabilidad a parámetros físicos e hidrológicos e incluye especies cosmopolitas y especies con rango de distribución estrecho (Dahm y Tseng, 2015), tiene además una posición fundamental en las redes alimentarias marinas, en los bucles microbianos y en el ciclo del carbono (Saiz *et al.*, 2003), su alimentación se compone de organismos de menor tamaño, como microbios heterótrofos o autótrofos y nauplios de otros copépodos, y son el alimento preferido de las larvas de peces (Elwers y Dahms, 1999).

En Puerto Bolívar la segunda familia más abundante en ambas épocas climáticas fue Acartiidae, familia que se considera oportunista y tolerante a las variaciones en las concentraciones de materia orgánica y nutrientes, y la precipitación (Álvarez-Silva et al., 2005), pues poseen una dieta herbívora y tienen la capacidad de distribuirse en la columna y la superficie del agua, debido a ello presentan una distribución amplia pues aprovechan bien las aguas ricas en partículas orgánicas (Dorado-Roncancio, 2009). Acartiidae es descrita como una familia que puede aclimatarse cuando el cambio ambiental en salinidad o temperatura se presenta de manera gradual, lo que les permite sobrevivir a las condiciones inusuales o más intensas que se presenten en el sistema (Lance, 1963).

Después de las familias anteriores, siguen en abundancia las familias Temoridae, Corycaeidae y Paracalanidae, patrón que coincide con un trabajo previo en la región PNN Tayrona-Guajira (Hernández, 2019), que presenta en época húmeda el mismo orden de abundancias, pero además reporta mayores abundancias relativas en época húmeda respecto a la época seca, hallazgo que también coincide con lo encontrado en este trabajo.

El comportamiento de la estructura de la comunidad de copépodos en Puerto Bolívar se puede atribuir a la surgencia de la Guajira que es constante y más activa durante la época seca (Cabrera y Donoso, 1993). Sin embargo, una abundancia alta, esperable durante la surgencia más intensa, no se encontró aquí y por el contrario se encontró alta abundancia para la época húmeda cuando la surgencia es menor, fenómeno que se describió anteriormente y que podría ser atribuible a un efecto de la descarga continental (Márquez et al., 2007).

Las correlaciones descritas entre las variables fisicoquímicas y algunas especies de la comunidad de copépodos indicarían la respuesta en distribución y abundancia de dichas especies a la disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton (*Clausocalanus* sp y *M. gracilis* con nitritos en época seca; *O. nana* y *A. clausii* con ortofosfatos en época húmeda) o la densidad fitoplancton (clorofila *a* con *P. parvus* y *Oithona sp1* en época seca, con *O. nana* y *A. clausii* en época húmeda). Esto puede causar cambios en la comunidad, como disminución de diversidad y pérdida de algunos grupos que son reemplazados por grupos más tolerantes (Álvarez-Silva et al., 2005).

Durante la época húmeda en Puerto Bolívar el número de individuos de algunas especies aumenta significativamente, aunque el número total de especies disminuye, este comportamiento se ha reportado en varios sistemas estuarinos tropicales, donde se registran altas densidades durante la estación lluviosa como en Bahía Vitória, sureste de Brasil (Sterza y Fernandes, 2006) o el golfo de Cariaco, Venezuela (Marquez-Rojas et al., 2020). Estos estudios que coinciden en que la salinidad es el factor determinante en la distribución espacial de algunas especies, así en este trabajo se encontró correlación negativa entre la salinidad y la abundancia de *P. parvus*, *M. gracilis* y *Clausocalanus* sp en época seca y positiva en los mismos factores para *O. davisae*, *A. danae* y las larvas en época húmeda.

Los dos párrafos anteriores permiten aceptar, al menos parcialmente, la hipótesis de que la variación estacional en la disponibilidad de nutrientes tiene impacto sobre la diversidad y abundancia de la comunidad de copépodos. Por otro lado, la presencia de *Clausocalanus* sp podría significar la existencia en Puerto Bolívar de una especie no nativa, sin embargo, al no

tener certeza sobre su identidad específica y dado que el género está reportado en el país (Martínez-Barragán, 2007), no podemos ni afirmar ni descartar el impacto de la descarga de aguas sobre la diversidad de los copépodos del puerto.

## 8. CONCLUSIONES

Según los resultados de este estudio, en Puerto Bolívar la comunidad de copépodos está compuesta por 14 especies. Sin embargo, entre las dos épocas climáticas existen diferencias en riqueza y abundancia, pues durante la época seca se encontraron cuatro especies y tres familias más que durante la época húmeda, mientras que la abundancia fue mayor durante la época húmeda. Estas diferencias estuvieron asociadas a las variaciones en concentración de clorofila *a* y la presencia de nitritos y ortofosfatos.

Las familias exclusivas de la época seca fueron (*Paracalanus parvus*), Miraciidae (*Macrosetella gracilis*), *Clausocalanus* sp y *Farranula gracilis*) mientras que las familias presentes en las dos épocas climáticas fueron Oithonidae (*Oithona davisae*, *O. nana*, *O. fallax*, *Oithona* sp1, *Oithona* sp2) Acartiidae (*Acartia clausii*, *A. danae*), Temoridae (*Temora stylifera*) y Corycaeidae (*Agetus flaccus* y Corycaeidae sp); su presencia y abundancia se correlacionó con la alta concentración de clorofila *a* y la presencia de nitritos durante la época seca. Para la época húmeda se correlacionó con bajos valores de clorofila *a*, y la presencia de ortofosfatos.

Aquí se reportan por primera vez para Colombia las especies *O. davisae*, *O. fallax* y *A. clausii* y se confirma la presencia en la Guajira de *A. danae*, *O. nana*, *A. flaccus* y *P. parvus*, aunque se requiere una revisión experta del material.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para poder ejecutar análisis más completos y que estos tengan un mayor grado de certeza, se recomienda en todos los muestreos medir la misma cantidad de variables (ej. Nitritos y ortofosfatos en ambas épocas) así mismo incluir mediciones de temperatura. Por otro lado, se sugiere tomar réplicas de las muestras para asegurar una mayor certeza sobre la presencia y ausencia de las especies y una mejor estimación de sus abundancias.

Se considera que es necesario tomar muestras directas y determinar la composición zooplanctónica de las aguas de lastre de los buques que arriban a Puerto Bolívar para poder tener una mejor comprensión de la biota que está ingresando.

Se aconseja construir una colección de referencia de zooplancton que pueda servir como patrón de comparación para la identificación de las especies.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrian, R., Hansson, S., Sandin, B., Stasio, D.B. and Larsson, U. (1999). *Effects of Food Availability and Predation on a Marine Zooplankton Community — a Study on Copepods in the Baltic Sea*. International Review of Hydrobiology, 84:609-626.
- Andrade A., C.A. (2000). *The circulation and variability of the Colombian Basin in the Caribbean Sea*. Thesis degree of Doctor of Philosophy. School of Ocean Sciences. University of Wales, 227 p.
- Álvarez-Silva, C., G. Miranda, G. De Lara-Issasi, y L. Gomez-Aguirre. (2005). *Zooplankton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Penzacola, Chiapas en época seca y húmedas*. Hydrobiologia. 16(2):175-182.
- Ahrens M, López M, Dorado J. (2010). *Evaluación de bioinvasiones marinas en tres puertos mayores del Caribe Colombiano y su relación con el tráfico marítimo*. III. Congreso Colombiano de Zoología. 12(2):3-14.
- Baird, R., Eaton, A., Rice, E. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23<sup>rd</sup> edition. 40p.
- Beaugrand G, Reid PC, Ibañez F, Lindley JA, Edwards M. (2002). *Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate*. Science 296(5573):1692-4. DOI: 10.1126/science.1071329.
- Bernal V., Á. R. y Zea, S. (1993). *Variaciones nictemerales en la comunidad de zooplancton de la bahía de Santa Marta, Mar Caribe colombiano*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 22(1):5-20.
- Bradford, M. (1976). *Partial revision of the Acartia subgenus Acartiura (Copepoda: Calanoida: Acartiidae)*. Journal of Marine and Freshwater Research 10(1):159-202, DOI: 10.1080/00288330.1976.9515606.
- Bradford, M. (1999). *Copépoda. Zooplankton del Atlántico Sur*. D. Boltovskoy. Leiden, Países Bajos, Backhuys Publishers. 1: 869-1098.
- Bonecker, C.C., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Rossa, D.C. (2001). *The temporal distribution pattern of copepods in Corumbá Reservoir, State of Goiás, Brazil*. In: Lopes, R.M., Reid, J.W., Rocha, C.E.F. (eds) *Copepoda: Developments in Ecology, Biology and Systematics*. Developments in Hydrobiology, 156: 375-384. DOI:10.1007/0-306-47537-5\_31.
- Bottger, R. (1989). *Body length of female Macrosetella gracilis (Copepoda: Harpacticoida) from various depth zones in the Red Sea*. Marine Ecology Progress series. 52: 33-37.

- Cabrera, E., Donoso M. (1993). *Estudio de las características oceanográficas del Caribe colombiano. Región III, Zona I, PDCTM*. Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanograficas e Hidrologicas. 13:19-32.
- Conway, D., White, R., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C., y Robins, D. (2003). *Guide to the Surface and Coastal Zooplankton of the South-West Indian Ocean*. Marine Biology UK Association.15: 24-35.
- Dahm, H. Tseng, L. (2015). *Biogeographic distribution of the cyclopoid copepod genus Oithona: from mesoscales to global scales*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 467: 26-32.
- DIMAR. (2021). *Boletín meteomarinero mensual de septiembre 2021 del Caribe colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) (105). 36p.
- Dorado, E., Medellín, J. y Mancera, J. (2021). *Taxonomic diversity and ecological attributes of copepods of the Colombian Caribbean Sea*. Neotropical Biodiversity. 7(1):491-502.
- Dorado-Roncancio, J. (2009). *Composición y distribución del zooplancton en el sistema cenagoso del parque vía isla salamanca en dos momentos hidrológicos*. Trabajo de Grado Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 78 p.
- Dorado-Roncancio, E. (2015). *Estructura del zooplancton en la bahía de cartagena (caribe colombiano) en las tres épocas climáticas de 2010*. Trabajo de Grado Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 108 p.
- Dorado-Roncancio, E. (2020). *Variación horizontal y vertical de la comunidad oceánica de copépodos en el Caribe colombiano*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe, Santa Marta. 114 p.
- Edler, L., & Elbrächter, M. (2010). *The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis*. 13-20. En: *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*. IOC Manuals and Guides, UNESCO, Paris. (55). 110p.
- Elwers, K.y Dahms, A. (1999). *Species composition and seasonal population structure of Oithona similis (Copepoda, Cyclopoida) in the Potter Cove (Jubany, King George Island, Antarctica)*. The Potter Cove Coastal Ecosystem – Synopsis 1998. Ber. Polarforsch. 299:150-155.
- Egloff, D., & Fofonoff, P. (1997). *Reproductive Biology of Marine Cladocerans*, Editor(s): J.H.S. Blaxter, A.J. Southward, *Advances in Marine Biology* (31):79-167.
- Farran, G. (1913). *Plankton of Christmas Island, Indian Ocean. II. On Copepoda of the genera Oithona and Paroithona*. 185-287p.
- Falkowski, P., Barber, R., & Smetacek, V. (1998). *Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production*. Science, 281:200-206.

- Ferrari, F. & Bowman, T. (1980). *Pelagic copepods of the family Oithonidae (Cyclopoida) from the eastern coasts of Central and South America*. Smithsonian Contributions to Zoology C 312:1–27.
- Ferrari, F.D. & J.J. Orsi. (1984). *Oithona davisae, new species, and Limnoithona sinensis (Burckhardt, 1912) (Copepoda: Oithonidae) from the Sacramento-San Joaquin Estuary, California*. Journal of Crustacean Biology, 4:106–126
- Franco-Herrera, A, & Casto, L. (2006). *Plankton Dynamics in the South-Central Caribbean Sea: Strong Seasonal Changes in a Coastal Tropical System*. 16p.
- Fuentes-Reinés, J.M. & Suárez-Morales, E. (2017). *A new species of Echinolaophonte and record of E. armiger (Gurney, 1927) (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida, Laophonticae) from the Caribbean with a key to species*. Zookeys, 722:19-36.
- Galassi, D. (2001). *Groundwater copepods: diversity patterns over ecological and evolutionary scales*. Hydrobiologia. 227-253.
- Gallego-Zerrato, J. J., & Giraldo, A. (2018). *Variación espacial y temporal de larvas de peces en una bahía hipersalina del Caribe colombiano*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 47(1):117-141.
- Gasca, R. y Suárez-Morales, E. (1996). *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 711 p.
- Gaspar, A. y Acero, A. (2020). *Comparación de las surgencias de la Guajira colombiana y del oriente venezolano*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 49(2):131-172.
- Gaviria, S., Dorado, J. y Ahrens J. (2019). *Revisión y actualización de la lista de especies de copépodos (Crustacea: Hexanauplia) del Caribe colombiano*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras.48(1):119-151.
- Gaviria, S., y Aranguren, N. (2003). *Guía de laboratorio para identificación de Cladóceros (Anomopoda y Ctenopoda) y copépodos (Calanoida y Cyclopoida)*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 22 p.
- Giraldo, A. y E. Gutiérrez. (2007). *Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003)*. Investigaciones Marinas. Valparaíso, 35(1):117-122.
- Giraldo, A., Críales-Hernández, M. I., Jeréz-Guerrero, M. y Mojica-Moncada, M. (2019). *Biomasa del mesozooplancton y ensamblaje de copépodos epipelágicos en el estrecho de Gerlache (Antártica) durante el verano austral de 2015*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 48(1):9-26.
- Giraldo, A., Valencia, B., Acevedo, J., Rivera, M. (2012). *Columna de agua*. Universidad del Valle. 18p.



- Gutiérrez, J. (2011). *Estructura vertical del zooplancton oceánico del mar Caribe colombiano*. Tesis de Maestría en Biología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias- (CECIMAR). 124p.
- Hammer, O., Harper, D., Ryan, P. (2009). *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9pp.
- Hernandez, S. (1989). *Variación de la distribución de los copépodos en el pacífico de baja California sur*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Ciencias Marinas-(CICIMAR). 59p.
- Hernandez, L. (2019). *Estructura del zooplankton y su relación con las condiciones marinas en Caribe norte colombiano*. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. 38p.
- INVEMAR. (1992). *Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la bahía Portete. Determinación del área de influencia de Puerto Bolívar afuera de la bahía Portete*. Informe final. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 67 p.
- INVEMAR. (2004). *Monitoreo de ecosistemas representativos de bahía Portete*. Informe final, *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 137 p.
- IDEAM. (2010). *Promedios multianuales estación meteorológica Puerto Bolívar, municipio de Uribe*, Data. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 1981-2010. 3p.
- Lance, J. (1963). *The salinity tolerance of some estuarine planktonic copepods*. *Limnology and Oceanography*. 8, 440-449p.
- Lemay M. (1998). *Coastal and Marine Resource Management in Latin America and the Caribbean*. Interamerican Development Bank Technical Study. Washington DC, EEUU, 7p.
- López-Osorio R., y Cañón Páez M. L. (2010). *Comunidad planctónica en el Golfo de Morrosquillo, Córdoba-Sucre*. *Boletín Científico CIOH*. (28):154-172.
- López, R. (2012). *Distribución y abundancia de copépodos pelágicos en el pacífico colombiano*. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 8(1): 108-131.
- Martinelli, M., Melo, R., Lopes, C. (1991). *Rare sexual anomalies in Temora stylifera (Dana, 1849) (Copepoda: Calanoida)*. *Brazilian Journal of Biology*. 69(2):6-55.
- Marquez-Roja, B., Troccoli, L., Zoppi de Roa., E. (2020). *Variación estacional de la comunidad de copépodos en el sector oriental del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 49(1),113-134.
- Margalef, R.G. (1972). *Ecología Marina*. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. Editorial DOSSAT, S.A. España, Madrid. 711 p.
- Márquez, B., B. Marín, J.R. Díaz-Ramos, L. Troccoli y S. Subero-Pino. (2007). *Variación estacional y vertical de la biomasa del macrozooplankton en la bahía de Mochima, Estado*

Sucre - Venezuela, durante 1997 - 1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 42(3):241-252.

Martinez-Barragan, M. (2007). *Composición y abundancia del zooplancton marino de las islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano), durante la época climática lluviosa (octubre-noviembre) de 2005*. Trabajo de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 119p.

Medellín-Mora, J. Campos, N, Franco-Herrera, A. y Jaimes, J. (2009). *Taxonomía de larvas zoea de crustáceos decápodos del área nororiental del mar Caribe colombiano*. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 38(2):55-73.

Medellín-Mora, J. Escribano, R, Correa-Ramírez, M. Campos, Néstor. (2018). *Spatial variability of zooplankton community structure in Colombian Caribbean waters during two seasons*. *Revista de Biología Tropical*. 34p.

Medellín-Mora, J. y Navas., G. (2010). *Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del mar Caribe Colombiano*. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 39 (2):265-306.

Moreno, C., Alonso, C., Quintero, S. (2008). *Diseño de un área marina protegida para Bahía Portete La Guajira, Caribe colombiano*. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 37(2):189-212.

Morales, J., Palacio, E., Cañón, M. (2016). *Aproximación a la evaluación de riesgo de introducción de especies en puertos colombianos, a través del agua de lastre*. *Boletín Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas*. 34:13-26.

Morales-Ramírez, A. y. Suárez-Morales. (2009). *Copepods*. Wehrtmann, I.S. and J. Cortés (eds.). *Marine diversity of Costa Rica, Central America*. Springer Science. Business Media B.V. 291-306.

Muelle, A. (2012). *El principio de precaución y su aplicabilidad en la temática de aguas de lastre en Colombia*. *Investigación de Derecho*. Universidad Sergio Arboleda. 166p.

Patalas, K. (1971). *Crustacean plankton communities in forty-five lakes in the Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario*. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 28:231-244.

Prusova, I., Smith. S., Popova, Elena. (2012). *Calanoid Copepods of the Arabian Sea Region*. Sultan Qaboos University - Academic Publication Board. 240p.

Razouls, C., Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N. (2010). *Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods*. 23p.

Rakhesh, M., Raman, AV & Sudarsan, D. (2006). *Discrimination of zooplankton assemblages in neritic and oceanic waters: a case for the northeast coast of India, Bay of Bengal*. *Marine Environmental Research*, 61, 93-109.

- Ruiz-Pineda, C., Suarez-Morales, E., & Gasca, R. (2016). *Planktonic copepods of Chetumal Bay, Mexican Caribbean: seasonal variations during an annual cycle*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(2):301-316.
- Saiz, E. Calbert, A. Broglio, E. (2003). *Effects of small- scale turbulence on copepods: The case of Oithona davisae*. *Limnology and Oceanography*. 48(3):1304 - 1311.
- Sameoto, J. (1986). *Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronecton in the eastern tropical Pacific*. *Marine Biology*. 93:263-279.
- Santer, B. (1998). *Life cycle strategies of free-living copepods in fresh waters*. *Journal of Marine Systems*. 15(1-4):327-336.
- Seebens, H. (2008). *Influence of oligotrophication and climate variability on a copepod community: The roles of seasonality, life cycle strategy, and stage-structured interactions*. Konstanz: University of Konstanz. Environmental Science. 111p.
- Smith, D. W. y Cooper, S. D. (1982). *Competition among Cladocera*. *Ecology*. 63(4):1004-1015.
- Sterza, J & Fernandez, L. (2006). *Zooplankton community of the vitória bay estuarine system (southeastern brazil). characterization during a three-year study*. *Brazilian Journal of Oceanography*. 54(2):95-105.
- Torres, B., Roberto, E., Zanatta, S. (1998). *Species composition, abundance, and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, México*. *Revista de Biología Tropical*. 46(2):285-296.
- Turner, J. T. y Roff, J.C. (2004). *Trophic levels and trophospecies in marine plankton: lessons from the microbial food web*. *Marine Microbial Food Webs*. 7(2):225-248.
- UMI. (2006). *Unidad de manejo integrado-Bahía Portete costa Caribe colombiana*. CORPOGUAJIRA-ONG.2003.
- Velázquez, K., Suarez, M., Ayon, M. (2021). *Catálogo de los copéodos (Crustacea: Copepoda: Calanoida y Cyclopoida) de cuerpos de agua temporales de Jalisco, México. Taxonomía y distribución*. El Colegio de la Frontera Sur. 136 p.
- Vivanco, X. y Seguel, M. (2009). *Manual Técnico – Curso teórico-práctico para el muestreo, identificación y enumeración de Alexandrium catenella y otros taxa nocivos*, Instituto de Fomento Pesquero. Universidad Austral de Chile. 60 p.
- Villalba, W., Marquez-Rojas, B., Troccoli, L., Alzolar, M y López, J. (2017). *Composición y abundancia del zooplancton en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela*. *Facultad de Ciencias Biologicas UNMSM, Perú*. 24(4): 343 – 356.
- Vives, F. y Shmeleva, A. (2010). *Crustacea, copéodos marinos II, Non Calanoida*. *Fauna Iberica*. 33p.

Walter, T., Boxshall, G. (2021). *World of Copepods database*. *Paracalanus parvus parvus* (Claus, 1863).

Xiaoyu, L., Hongxian, Y., Chengxue, M. (2014). *Zooplankton community structure in relation to environmental factors and ecological assessment of water quality in the Harbin Section of the Songhua River*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology 32(6):1344-1351.

## 11. ANEXOS

*Anexo A. Método de ensayo empleado para el análisis de los variables fisicoquímicos. Fuente: Área de Protección del medio Marino APROM- CIOH.2021*

Ensayo	Método	Unidades	Intervalo	Límite de detección	Condiciones ambientales	
					T de ensayo (°C)	Humedad relativa (%)
<b>Salinidad</b>	2520 B. Electrical Conductivity Method. SM ED.23	UPS	1 a 35	0.1	21.0	74.2
<b>pH</b>	4500-H+ B. Electrometric Method.	Unidades	0 a 14	0.1	21.0	74.2
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103 -105 °C. p 2-70. SM ED.23	mg/L	ND	ND	23.0	73.9
<b>Nitrito</b>	4500-NO2- B. Colorimetric Method. SM ED.23	mg/L	0.05 a 0.5	0.0002	22.9	58.1
<b>Ortofosfatos</b>	4500-P E Ascorbic Acid Method. SM ED.23	mg/L	0.05 a 0.5	0.0006	22.3	54.3
<b>Clorofila <i>a</i></b>	10200 H. 2. b. Determination of Chlorophyll <i>a</i> in the presence pheophytin <i>a</i> . SM ED.23	µg/L	0.5 a 100	0.125	21.6	66.8

*Anexo B. Fichas taxonómicas de los copépodos encontrados en Puerto Bolívar*

**Phylum:** Arthropoda  
**Clase:** Copepoda  
**Orden:** Calanoida  
**Familia:** Acartiidae  
**Género:** *Acartia*

**Especie:** *Acartia clausii*, Giesbrecht, 1889



**Diagnosis:** Hembra: talla 1.20-1.30 mm. Metasoma posterior bordeado con 2-4 fuertes espinas dorsalmente y algunos pelos rígidos ventralmente. El segmento genital y el segmento 2 del urosoma bordean dorsalmente con espinas conspicuas. Macho: talla 1.00-1.07 mm. Metasoma posterior bordeado por espinas dorsales y pelos ventrales rígidos, segmento genital bordeado por pelos posterodorsales, segmentos de urosoma 2-4 bordeados por pequeñas espinas posterodorsales, y segmento de urosoma 2 con pequeñas espínulas lateralmente (Bradford, 1976).

**Distribución:** Esta especie se encuentra en Mediterráneo, Mar Negro, Islandia, Mar del Norte, Gran Bretaña, Noruega, Islas Canarias (Bradford, 1976).

**Hábitat:** Especie mayormente encontrada en entornos marinos (Bradford, 1976).

**Comentario:** Especie dominante en época seca en estaciones en la boca y la salida de la bahía.

**Especie:** *Acartia danae*, Giesbrecht, 1889



**Diagnosis:** Hembra: talla 1,00–1,30 mm. El prosoma termina en un par de puntos simétricos. La pata cinco es una columna vertebral modificada, dentada en ambos lados. El urosoma tiene pelos dorsales finos en el borde posterior de las 2 primeras somitas. Somita genital más largo que la siguiente somita. Macho: talla 0,70–0,90 mm. Pierna derecha, segmento 1 con proceso distal. Urosoma de cinco segmentos Anténula uno geniculado solo del lado derecho (Bradford, 1999).

**Distribución:** Esta especie tiene una distribución en Australia (Razouls et al, 2010). Distribución mundial: una especie cosmopolita que se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos.

**Hábitat:** Una de las dos especies de Acartia que habitan principalmente en aguas oceánicas. Epipelágico, costero (Rakhesh et al., 2006).

**Comentario:** Especie de menor abundancia en la época seca

**Orden:** Cyclopodia

**Familia:** Corycaeidae

**Género:** *Agetus*

**Especie:** *Agetus flaccus*, Giesbrecht, 1891



**Diagnosis:** Hembra: talla 1,20 - 1,89 mm. Cefalosoma separado de la primera somita. Cefalosoma 1,8 veces más largo que ancho. Urosoma y ramas caudales en longitudes proporcionales 4:3. Macho: talla 1,15 - 1,68 mm. Cefalosoma fusionado con la primera somita. Lentes oculares separados. Antena, margen interior de la segunda articulación basal sin dientes grandes, finamente dentada. Somita genital 1,5 veces más largo que ancho (Bradford, 1999).

**Distribución:** Esta especie se extiende en los trópicos y subtrópicos del Índico, el Pacífico y el Atlántico (Bradford, 1999).

**Habitat:** Se caracteriza por ser especie de zonas epipelágicos, costeros y oceánicos. (Bradford, 1999).

**Comentarios:** Especie con mayor número de individuos en época húmeda.

**Familia:** Corycaeidae

**Especie:** Corycaeidae sp, Burmeister, 1835



**Diagnosis:** El cuerpo de estos copépodos es tipo podoplea, con limiteprosomaurosoma situado entre los segmentos que llevan las patas cuarta y quinta. Las anténulas de las hembras pueden presentar un máximo de 26 artejos y la de los machos pueden ser geniculadas (Vives y Shemeleva, 2010).

**Distribución:** Especies presentes en aguas del océano pacifico (Vives y Shemeleva, 2010).

**Hábitat:** Son familias planctónicas (Vives y Shemeleva, 2010).

**Comentario:** La especie presenta mayor abundancia en época seca.

**Género:** *Farranula*

**Especie:** *Farranula gracilis*, Dana, 1849



**Diagnosis:** Hembra: talla 0,79-1,10 mm. Prosoma 2 segmentado Pico como quilla en la superficie ventral. Sin giba dorsal media en el segundo segmento del prosoma. La cuarta pata sin rastro de endópodo, 1 seta desnuda en la base Urosoma 1 segmentado. Macho: talla 0,66-0,96 mm. Urosoma <3 veces más largo que las ramas caudales. Margen posterior de los agrandamientos genitales 2/3 del camino hacia abajo del urosoma. Ramos caudales > 2 veces más largos que anchos (Conway, 2003).

**Distribución:** Se extiende en los trópicos y subtropical del océano Pacífico (Conway, 2003).

**Hábitat:** Son pelágicas y oceánicas (Conway, 2003).

**Comentario:** La especie con menos individuos colectados en época seca

**Familia:** Oithonidae

**Género:** *Oithona*

**Especie:** *Oithona davisae*, Ferrari y Orsi, 1984



**Diagnosis:** Hembra: talla 0,49-0,61 mm. Prosoma algo mayor que el urosoma, terminado en punta curvada, urosoma con cinco segmentos, siendo el genital de longitud menor al resto del abdomen. Macho: talla 0,47-0,54 mm, rostro aplastado, curvado hacia abajo en forma de punta roma, urosoma con seis artejos, pata quinta semejante al de la hembra y la pata sexta formada por una larga seda, basado en Ferrari y Orsi (1984).

**Distribución:** Océano pacífico (Ferrari y Orsi, 1984), encontrado en el noroeste de las costas españolas, (Ferrari y Orsi, 1984).

**Hábitat:** La especie habita en estuarios y lagunas con salinidad alta, especie introducida en puertos y ensenadas mediante barcos (Ferrari y Orsi, 1984).

**Comentario:** Tiene una mayor abundancia en época húmeda, en los puntos de muestreo a lo largo de la bahía.



**Especie:** *Oithona fallax*, Farrán, 1913



**Diagnosis:** Longitud de 88-94 mm, cefalotórax de 48 mm, longitudes proporcionales de segmentos abdominales y furca, la antena llega hasta el comienzo del segmento genital

**Distribución:** Su distribución conocida va desde Mediterraneo (Farrán,1913), Océanos Pacífico, Atlántico e Índico en aguas más cálidas (Farrán,1913).

**Hábitat:** Especie Marino, salobre, ocupa desde las superficies hasta los 100 m (Farrán,1913).

**Comentarios:** Segunda especie con mayor abundancia encontrada en época seca.

**Especie:** *Oithona nana*, Giesbrecht, 1893



**Diagnosis:** Hembra: talla 0,50-0,80 mm, frente truncada, sin punta, anténula que llega hasta el borde posterior del tercer segmento torácico, mandíbula con dos espículas. Macho: talla 0,48-0,60 mm. Rostro ausente, línea de separación entre primer y segundo segmento torácico fuertemente arqueado

**Distribución:** Se distribuye en Atlántico y gofo de México, Mediterráneo, mar rojo, mar negro, Japón, mar oriental de China y Nueva Celedonia (Razouls, 1996).

**Hábitat:** La especie se encuentra en las zonas plantónicas, estuarinas, superficie costera y epipelagico (Ferrari, 1980).

**Comentarios:** Se encontró en mayor abundancia en época seca.

Familia: Clausocalanidae

Género: *Clausocalanus*

**Especie:** *Clausocalanus sp*, Giesbrecht, 1888



**Diagnosis:** Tienen una talla general de 0.7-1. 5 mm (Sameoto, 1986).

**Distribución:** Este género se distribuye en el océano subtropical y tropical (Sameoto, 1986)

**Hábitat:** Es una especie epipelagica, y circumglobar (Sameoto, 1986).

**Comentario:** Genero presente en la época seca, con muy poca diversidad.

Familia: Paracalanidae

Género: *Paracalanus*

**Especie:** *Paracalanus parvus*, Claus, 1863



**Diagnosis:** Hembra: talla. 0,6-1,3 mm; prosoma de hembra con 4 segmentos y urosoma con 4 segmentos las primeras antenas son más largas que el prosoma. Macho: talla 0,8-1,4 mm (Walter, 2021).

**Distribución:** Se caracteriza por ser cosmopolita, está en zonas tropicales y subtropicales de todos los océanos (Walter, 2021).

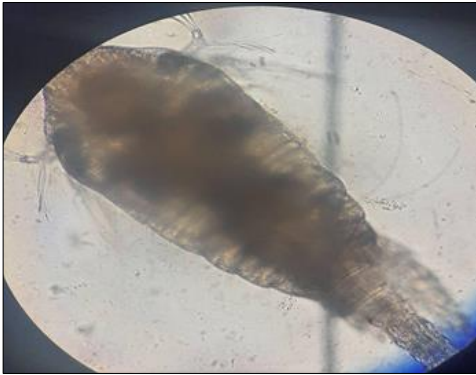
**Hábitat:** Especie Principalmente costero-nerítico, epipelágico (Walter, 2021).

**Comentario:** Especie presente en época seca con pocos individuos en la parte más externa de la bahía

**Familia:** Temoridae

**Género:** *Temora*

**Especie:** *Temora stylifera* Dana, 1849



**Diagnosis:** La talla general va de 1,0-1,2 mm. Tiene Somita genital femenino y estructuras reproductivas que incluyen ovario y oviductos. Los caracteres sexuales restantes, como A1 y P5, son típicamente masculinos. Con una anomalía individual ginandromórfica (Martinelli, 1991).

**Distribución:** Se encuentra principalmente en el Atlántico, frente a las costas de América Central, el norte de América del Sur, el oeste de Europa y el norte de África. También se puede encontrar en grandes cantidades en el Mar Mediterráneo y el Mar Rojo (Martinelli, 1991).

**Hábitat:** Se encuentra en mayor abundancia en aguas circundantes (Martinelli, 1991).

**Comentario:** Presenta en mayor densidad en época seca, líder en el conteo en la muestra de más cerca de la bahía.

**Familia:** Clausocalanidae

**Género:** *Clausocalanus*

**Especie:** *Macrosetella gracilis* Dana, 1846



**Diagnosis:** Hembra talla 1,2-1,6 mm. Macho talla 1,0-1,2 mm. Son gonocóricos y sexualmente dimórficos. Durante la cópula, el macho pega los espermatozoides al vientre de la hembra. Ciclo de vida: los huevos pasan por seis etapas naupliar y cinco larvales antes de convertirse en adultos. (Bottger, 1989).

**Distribución:** Indo-Pacífico occidental y Atlántico centro-occidental: China a Filipinas y las Bahamas (Bottger, 1989).

**Hábitat:** Reportadas en áreas pelágicas, epipelágicas, mesopelágicas y zonas batipelágicas océanos tropicales y subtropicales. (Bottger, 1989)

**Comentario:** Presente en época seca, con pocos individuos en la parte externa de la bahía

*Anexo C. Número de individuos, ajustado por volumen muestreado, concentrado y analizado, para cada especie de copépodos colectados en Puerto Bolívar durante las dos épocas climáticas del 2021. Los recuadros sombreados indican muestras que alcanzaron el máximo muestreable.*

Orden	Familia	Especie/Estación	Seca							Húmeda						
			B01S	B06S	B07S	B08S	B17S	B18S	B20S	B01S	B06S	B07S	B08S	B17S	B18S	B20S
Calanoida	Acartiidae	<i>Acartia clausii</i>	111	41	280	800	6	187	342	0	2434	2839	1164	2839	0	426
		<i>Acartia danae</i>	0	0	4	12	0	0	0	0	0	0	114	57	142	199
	<b>Total familia Acartiidae</b>		<b>111</b>	<b>41</b>	<b>284</b>	<b>812</b>	<b>6</b>	<b>187</b>	<b>342</b>	<b>0</b>	<b>2434</b>	<b>2839</b>	<b>1278</b>	<b>2896</b>	<b>142</b>	<b>625</b>
	Clausocalanidae	<i>Clausocalanus</i> sp	18	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i>	21	21	0	0	0	240	3	0	0	0	0	0	0	0
Cyclopoida	Temoridae	<i>Temora stylifera</i>	11	14	800	0	0	0	0	1310	195	99	0	0	0	0
	Corycaeidae	<i>Agetus flaccus</i>	0	0	0	52	0	0	0	1437	195	99	0	0	0	0
		Corycaeidae sp	8	0	320	0	0	43	0	112	0	0	0	0	0	0
		<i>Farranula gracilis</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total familia Corycaeidae</b>		<b>8</b>	<b>0</b>	<b>320</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>1549</b>	<b>195</b>	<b>99</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	Oithonidae	<i>Oithona davisae</i>	0	0	0	184	0	1067	640	1166	1789	894	2839	2697	2839	2839
		<i>Oithona follax</i>	57	205	188	0	400	181	70	319	183	0	809	355	0	0
		<i>Oithona nana</i>	277	1368	28	0	98	64	22	1166	0	0	440	454	539	355
		<i>Oithona</i> sp1	49	103	400	600	20	53	67	3194	888	568	383	582	284	2839
		<i>Oithona</i> sp2	29	0	116	48	72	0	0	0	0	85	0	0	0	0
<b>Total familia Oithonidae</b>		<b>412</b>	<b>1676</b>	<b>732</b>	<b>832</b>	<b>590</b>	<b>1365</b>	<b>800</b>	<b>5845</b>	<b>2859</b>	<b>1547</b>	<b>4472</b>	<b>4088</b>	<b>3662</b>	<b>6033</b>	
Harpacticoida	Miraciidae	<i>Macrosetella gracilis</i>	29	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N.A.	N.A.	Larvas	33	7	184	344	54	320	240	335	49	284	426	710	710	256
<b>Total de individuos</b>			<b>643</b>	<b>1779</b>	<b>2320</b>	<b>2060</b>	<b>650</b>	<b>2155</b>	<b>1386</b>	<b>9040</b>	<b>5731</b>	<b>4869</b>	<b>6175</b>	<b>7694</b>	<b>4514</b>	<b>6913</b>