

**CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA BIOMASA DEL ZOOPLANCTON EN EL CARIBE
COLOMBIANO**

EDNA SOFÍA GÓMEZ COJO

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA
SANTA MARTA
2023**

**CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA BIOMASA DEL ZOOPLANCTON EN EL CARIBE
COLOMBIANO**

EDNA SOFÍA GÓMEZ COJO

Informe Técnico del Trabajo Profesionalizante para optar al título de Bióloga Marina

Supervisora

DIANA KATERINE RUBIO LANCHEROS

Bióloga Marina

Bióloga Ambiental

Monitor

PAULO CÉSAR TIGREROS BENAVIDES

Biólogo Marino Mag. Cienc. Mar.

Asesora

DIANA BUSTOS MONTES

Bióloga Marina Mag. Biol.; Dr. Biol.

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA

PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA

SANTA MARTA

2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mi familia, por apoyado incondicional, colaboración y oraciones durante todo este proceso

A la investigadora Diana Rubio (supervisora), profesor Paulo Tigreros (monitor) y la profesora Diana Bustos (asesora), por su ayuda y dedicación en las correcciones de este documento

A mis compañeros y compañeras que compartí a lo largo de mi vida universitaria, en especial en la sede Bogotá a Yiss, Juan, Diego Andrés y Diego Alejandro, por su amistad ... y en la sede Santa Marta a la Tocaya y José David, por ayudarme a mejorar mi destreza en el mar, Daniel, Nelson y Miguel, por sus chistes.

A la planta docente y de cátedra de pregrado, por sus enseñanzas y conocimiento brindado, en especial a la profe Elvira, el profe Gonzalo, la profe Aminta y el profe Sanjuan.

Al señor Fabián, por ser mi ángel guardián del transporte en las madrugadas y su apoyo.

A la familia Cubillos Fortunati por su hospitalidad en Santa Marta.

A los funcionarios de la sede Santa Marta, por estar pendientes de nosotros, en especial a Charlie, Joe, Daisy, Alexis y Emilio.

A Alfonso Gamero (Jefe de los laboratorios sede Santa Marta), por su amabilidad y ayuda en el laboratorio. Además, de los consejos en los momentos de dificultad.

A los miembros del proyecto de Redes, en especial Anubis y Luis, por su colaboración y momentos de alegría.

A los estudiantes, que me colaboraron en el laboratorio, en especial a Mari Cristancho, Andrea Giraldo y Stefania Vargas.

Al Dj Luis López, por el excelente programa de música dance Next Level, que fue mi compañía musical especialmente en el laboratorio y en el desarrollo de este documento.

Al capitán Hernán Acevedo Rendon, por sus historias de superación personal y motivación, que me ayudaron a seguir persiguiendo mi sueño.

A las personas, que de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación académica y personal.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	6
Lista de figuras	7
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	5
3.1 MARCO TEÓRICO.....	5
4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	7
4.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	7
4.2 OBJETIVOS.....	7
4.2.1 Objetivo general.....	7
4.2.2 Objetivos específicos.....	7
5. HIPÓTESIS.....	8
6. METODOLOGÍA.....	9
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	9
6.2 DISEÑO MUESTREAL.....	9
6.2.1 Fase de campo.....	9
6.2.2 Fase de laboratorio	11
6.2.3 Fase de gabinete	13
7. RESULTADOS	15
7.1 Variables fisicoquímicas	15
7.2 Biomasa zooplanctónica.....	17
7.3 Correlación entre la biomasa y las variables fisicoquímicas	19
8. DISCUSIÓN.....	21
9. CONCLUSIONES	24

10.	RECOMENDACIONES.....	25
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de la biomasa húmeda encontrada por diferentes autores. CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta.....	6
Tabla 2. Ubicación geográfica de los lugares de muestreo seleccionados.....	10
Tabla 3. Medidas descriptivas generales de las variables fisicoquímicas para las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. MA: media aritmética, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo y SO: saturación de oxígeno.	17
Tabla 4. Medidas descriptivas generales de la biomasa para las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. MA: media aritmética, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo y Máx: máximo.....	19
Tabla 5. PERMANOVA aplicado a la biomasa zooplanctónica (transformación $\log(x+1)$) para los factores región y época climática.....	19
Tabla 6. Comparación de algunas variables fisicoquímicas del agua con estudios previos en las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. ND: no descrito, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, CAI: ciénaga de La Caimanera y CIS: bahía de Cispatá.....	23

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudio de los sectores A) Magdalena y B) Sinú, indicando la ubicación de las estaciones de muestreo (rombos), cada una con tres unidades muestréales: Rodadero, Ciénaga Grande de Santa Marta, Tasajera, Salamanca, Atlántico, ciénaga de la Caimanera, bahía de Cispatá, Sinú, Tinajones e Isla Fuerte..... 10
- Figura 2.** Procesamiento para la obtención de biomasa húmeda. A) Tamizado, B) Muestra tamizada, C) Almacenamiento, D) Pesaje, E) Elaboración de orificios y F) Frasco listo para almacenamiento 12
- Figura 3.** Procesamiento para la obtención de biomasa liofilizada. A) Congelamiento, B) Liofilización, C) Muestra liofilizada, D) Desecador, E) Maceración, F) Almacenamiento y G) Pesado..... 13
- Figura 4.** Comportamiento de las variables fisicoquímicas evaluadas para dos épocas climáticas (Lluviosa y seca). A) Temperatura, B) Salinidad, C) pH y D) Saturación de oxígeno (SO%)..... 17
- Figura 5.** Biomasa registrada para las épocas A) Lluviosa y B) Seca por sectores. 18
- Figura 6.** Correlación de Spearman de las épocas A) Lluviosa y B) Seca..... 20

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la biomasa tanto liofilizada como húmeda del zooplancton y su relación con las variables fisicoquímicas en las zonas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú en el Caribe colombiano. Se llevó a cabo dos muestreos para las dos épocas climáticas: lluviosa (noviembre de 2021) y seca (abril del 2022) características del Caribe colombiano. Para cada estación se realizaron arrastres circulares superficiales y los parámetros fisicoquímicos fueron medidos simultáneamente. Se encontró que la biomasa tanto húmeda como liofilizada fue mayor en el sector del Magdalena que en el Sinú para las dos épocas climáticas. En la época lluviosa, hubo una correlación positiva entre la salinidad y la biomasa liofilizada y el pH y la biomasa húmeda. En conclusión, no hay diferencias significativas en las biomosas tanto húmedas como liofilizadas entre épocas climáticas, pero si entre sectores, debido a las características propias de cada sector.

Palabras clave: Zooplancton, biomasa húmeda, biomasa liofilizada, variables fisicoquímicas, épocas climáticas

1. INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas marinos el plancton desempeña un papel importante en el funcionamiento de la red trófica, dentro del cual se encuentra el zooplancton como fuente de alimento para organismos superiores, incluidos los peces (Achary *et al.*, 2020). A esto se suma su función en el ciclo del carbono, participando en la bomba biológica que potencia la exportación de carbono orgánico fijado fotosintéticamente desde la superficie a los océanos intermedios y profundos (Longhurst y Harrison, 1989; Turner, 2002; Turner, 2015; Steinberg y Landry, 2017).

La distribución del zooplancton está influenciada por el cambio de las condiciones climáticas, los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, mareas, corrientes) (Brodeur *et al.*, 1996; Richardson, 2008; Ndah *et al.*, 2022), además de los factores bióticos (la fisiología, crecimiento, y comportamiento) y abióticos localizados y transitorios (afloramiento, frentes oceánicos y mezcla de vientos), que influyen en el aumento de la productividad. Por consiguiente, varía a escalas espaciales y temporales, generando parches heterogéneos (Brodeur *et al.*, 1996; Arashkevich *et al.*, 2002; Yebra *et al.*, 2009).

Una de las maneras para evaluar la capacidad productiva de los ecosistemas acuáticos es mediante la medición de la biomasa, un indicador cuantitativo generalmente utilizado para evaluar la comunidad zooplanctónica, que permite comprender que la distribución de la biomasa de zooplancton en los océanos a nivel mundial es primordial para estimar su aporte al flujo de energía a través de las redes tróficas pelágicas (Piontkovski y Castellani, 2009; Duarte *et al.*, 2014). La biomasa puede ser medida de varias formas, cada una con unidades distintas. Por ejemplo, se puede calcular a partir del peso del zooplancton (masa húmeda, masa seca o masa de carbono), o del biovolumen del zooplancton (volumen de desplazamiento, volumen sedimentado) como se ha hecho desde hace décadas como en los estudios de Lovegrove (1966), Corral (1970), Le Borgne (1975) o de manera reciente por McEnulty *et al.* (2020).

La biomasa liofilizada de zooplancton se refiere a la materia orgánica de origen acuático compuesta por zooplancton, el cual se somete a un proceso de liofilización, que implica la eliminación del agua mediante la aplicación de frío y vacío, para producir una sustancia seca y estable que puede utilizarse como alimento para animales acuáticos y estudios bioquímicos (Liapis y Bruttini, 2014).

La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto “Redes tróficas marinas del Caribe colombiano en la era del plástico y los contaminantes tóxicos” (código Minciencias 71475), enmarcada en la línea de investigación de oceanografía física, química y biológica del grupo

Dinámica y Manejo de Ecosistemas Marino-Costeros-DIMARCO de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, cuyo objetivo fue determinar la biomasa tanto liofilizada como húmeda del zooplancton y su relación con las variables fisicoquímicas en las zonas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú en el Caribe colombiano.

2. JUSTIFICACIÓN

La comunidad zooplanctónica responde a considerables alteraciones como la entrada de sedimentos, la carga de nutrientes y la acidificación. Además, tienen una gran transcendencia en la pesca (Jhingran, 1975; Van der Lingen *et al.*, 2006), por lo cual, el zooplancton ejerce un rol importante como indicador de la calidad del agua (Hao, 1996; Webber y Webber, 1998; Webber *et al.*, 2005; Dvoretzky y Dvoretzky, 2013; Suthers *et al.*, 2019; Ndah *et al.*, 2022). Es así como su biomasa es utilizada como parámetro útil en los estudios de impacto climático en los ecosistemas marinos, debido a que interviene en la capacidad de carga de los sistemas marinos como la de peces, calamares y crustáceos comercializados, la cantidad de mamíferos marinos, aves y tortugas marinas, y la variedad de comunidades de peces e invertebrados que habitan en el fondo (Dvoretzky y Dvoretzky, 2013; McEnnulty *et al.*, 2020).

Los estudios relacionados con la biomasa liofilizada del zooplancton, se han realizado en acuicultura, al complementar la dieta de invertebrados marinos como *Octopus vulgaris* y peces como *Hucho hucho* (Grabner *et al.*, 1981; Jungwirth *et al.*, 1989; De Verga y Böhm, 1992; JACUMAR, 2004), así como en estudios de composición bioquímica como la extracción de ácidos grasos (Chen y Chen, 1992; Pinto-Coelho *et al.*, 1997; Perga *et al.*, 2006; Santeiro *et al.*, 2006; Lau *et al.*, 2021; Kers, 2022) y el análisis de isotopos estables (Perga *et al.*, 2006; Harmelin-Vivien *et al.*, 2019; Zakharova, 2019; Bergström *et al.*, 2021).

En las últimas décadas, se ha registrado cambios sistémicos en la biomasa, la abundancia y la estructura de la comunidad planctónica para muchas partes del mundo como en el mar Báltico, el fiordo Roskilde en Dinamarca, mar del norte, mar de China oriental, mar de Bering, suroeste del Mediterráneo, Santa Barbara en California, entre otros (Beaugrand *et al.*, 2002; Edwards y Richardson, 2008; Hays *et al.*, 2005; Field *et al.*, 2006; Brodeur, 2008; Lips y Lips, 2017; Capuzzo *et al.*, 2018; Haraguchi *et al.*, 2018; Xiao *et al.*, 2018). Sin embargo, hace falta información para el Caribe colombiano.

Por lo descrito previamente, esta investigación contribuirá al conocimiento acerca de la caracterización espaciotemporal de la comunidad zooplanctónica a partir de biomasa liofilizada y aporta al cumplimiento del objetivo enmarcado en la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros (PNOEC), de salvaguardar para las generaciones actuales y futuras un territorio sano, seguro, desarrollado y próspero que permita convertir a Colombia en una Potencia Media Oceánica que redunde en el aumento de la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo nacional (CCO,

2018), en el foco temático de la Misión Internacional de Sabios: Océanos y recursos hidrobiológicos, punto focal que hace referencia a la comprensión de los procesos entre los cuerpos de agua, el suelo y la atmósfera, así como el entendimiento de la dinámica del medio marino y fluvial debido a procesos físicos, químicos, o aquellos relacionados con cambios entre dichos biomas acuáticos y el sistema climático (Minciencias, 2019), la meta 14.a del Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 14: Aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, teniendo en cuenta los criterios y directrices para la transferencia de tecnología marina de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, a fin de mejorar la salud de los océanos y potenciar la contribución de la biodiversidad marina al desarrollo de los países en desarrollo, en particular los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados (ONU, 2022), y la acción del Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030 que enuncia: Contribuir datos, información, conocimiento y capacidad relevante para lograr las aspiraciones contenidas en otros marcos legales y de políticas globales como: la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Marco Sendai para la reducción del riesgo de desastres (CCO, 2022). Por lo cual, este trabajo aporta a nuevo conocimiento para el Caribe colombiano y será información útil para análisis de comparación con estudios futuros.

3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

3.1 MARCO TEÓRICO

El zooplancton es un grupo de organismos marinos que poseen una limitada capacidad de locomoción en relación con las masas de agua en las que viven (Lalli y Parsons, 1957; Teodósio y Barbosa, 2021). Gracias a su abundancia y papel vital en los ecosistemas, es primordial para el funcionamiento de la red trófica, debido a que es la principal conexión de energía desde los productores primarios hasta los consumidores de niveles tróficos superiores (Schminke, 2007). En esta fracción del plancton se dan los estadios anuales de muchas especies bentónicas y de la mayoría de especies de peces (Krause *et al.*, 2003), de tal forma que representan una enorme diversidad taxonómica y de tamaños, que pueden ir desde unos escasos micrómetros hasta varios metros (Karsenti *et al.*, 2011; Stemmann y Boss, 2012).

Los patrones de variabilidad del zooplancton en composición, distribución y abundancia, se establecen en función de su adaptación con los factores abióticos (el viento, los frentes oceánicos, los giros, y el afloramiento) (Yebra *et al.*, 2009), bióticos (la fisiología, crecimiento, y comportamiento) (Arashkevich *et al.*, 2002) y parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, mareas, corrientes) a distintas escalas (Brodeur *et al.*, 1996; Mann y Lazier 2006; Marqués *et al.*, 2006; Richardson, 2008; Ndah *et al.*, 2022). Por ejemplo, a escala estacional, la abundancia de zooplancton reacciona de manera indirecta a la existencia de nutrientes, debido a que estos afectan su fuente de alimentación, el fitoplancton (concentraciones de clorofila a) (Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006). Por lo cual, la biomasa del zooplancton tiende a ser mayor en zonas con altos niveles de productividad primaria, como las zonas de afloramiento costero o las regiones cercanas a las desembocaduras de los ríos, por el contrario, las regiones de mar abierto con bajos niveles de nutrientes pueden tener una biomasa de zooplancton más baja (Bernal y Zea, 2000; Zavala-García *et al.*, 2016).

La biomasa de zooplancton es utilizada como parámetro útil en los estudios de impacto climático en los ecosistemas marinos (Hays *et al.*, 2005; Batchelder *et al.*, 2013; Dvoretzky y Dvoretzky, 2013), debido a que los cambios en la biomasa pueden indicar alteraciones en la composición de la comunidad de plancton, en las condiciones oceanográficas y en la estructura de la red trófica (Pitois y Fox, 2006; Medellín-Mora *et al.*, 2016; Medellín-Mora *et al.*, 2018; Shi *et al.* 2020; Fanelli *et al.*, 2022). Por ejemplo, si se ocasiona una disminución de la biomasa de zooplancton, puede producirse

una reducción de las poblaciones de peces, lo que conlleva a efectos en cascada en toda la cadena alimentaria, incluidos los mamíferos marinos y las aves marinas (McEnnulty *et al.*, 2020; Lomartire *et al.*, 2021).

3.2. ESTADO DEL ARTE

Los estudios sobre zooplancton en el Caribe colombiano se han centrado en la composición, abundancia, biomasa y distribución espacio-temporal (Del Real Martínez, 1970; Samper, 1970; Ávila, 1971; Ávila y Rentería, 1972; Serrano y Larrahondo, 1981; Giraldo y Villalobos, 1983; Godoy y Escobar, 1984; Lozano, 1986; Bernal, 1990; Lozano, 1991; Buitrago, 1998; Londoño, 1999; Mariño y Merchán, 1993; Bernal, 2000; Mendoza y Rojas, 2000; Romero y Mejía, 2002; Vanegas, 2002; Vargas, 2003; Bernal y Zea, 2004; León, 2004; Barón, 2005; Medellín-Mora, 2005; Franco-Herrera, *et al.*, 2006; Martínez, 2007; Rodríguez, 2007; Orozco, 2008; López-Céron, 2009; Dorado-Roncancio, 2009; Dorado, 2010; Medellín-Mora y Martínez-Ramírez, 2010; Gutiérrez, 2011; Rodríguez-Fierro, 2013; Medellín-Mora, 2016; Medellín-Mora *et al.*, 2018; Hernández, 2019; Vargas y Córdoba, 2022). Así como, el efecto de la surgencia y la descarga continental (Bernal, 1994; Bernal y Zea, 2000; Bernal *et al.*, 2004; Franco-Herrera, 2006; Cepeda, 2007; Franco-Herrera y Castro, 2008; López-Céron y Franco-Herrera, 2010). Además, de la implicación de las variables fisicoquímicas del agua en la dinámica del zooplancton (Rentería, 1975; Serrano y Larrahondo, 1981; Mariño y Merchán, 1993; Londoño, 1999; Vanegas, 2002; Cañón *et al.*, 2005; García-Garay *et al.*, 2018).

Específicamente, para la biomasa húmeda del zooplancton se han adelantados algunos estudios (Tabla 1) en el Caribe colombiano.

Tabla 1. Resultados de la biomasa húmeda encontrada por diferentes autores. CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta.

Autor	Año de muestreo y época climática	Zona de estudio	biomasa húmeda (g/m ³)
Serrano y Larrahondo (1981)	Abril 1980	bahía de Cartagena	28.59
Mendoza y Rojas (2000)	Febrero 2002	bahía de Gaira	0.04 - 0.20
	Noviembre 1997		0.29 - 0.54
León (2004)	Noviembre 2001	CGSM	1.35 - 12.63
Este estudio	Noviembre 2021	bahía de Gaira (ROD-1 y	0.65
		ROD-2)	
		CGSM	0.96

4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

4.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La comunidad zooplanctónica del Caribe colombiano ha sido ampliamente estudiada desde su composición, abundancia, biomasa y distribución espacio-temporal, así como la implicación de las variables fisicoquímicas del agua en la dinámica del zooplancton y el efecto de la surgencia y la descarga continental. Sin embargo, no se han llevado investigaciones acerca de la caracterización espacio temporal del zooplancton a partir de la biomasa liofilizada. Por lo anterior, se llevó a cabo un estudio de la comunidad zooplanctónica durante dos épocas climáticas en los sectores de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. Esta información servirá para ampliar el conocimiento acerca de la comunidad zooplanctónica del Caribe colombiano. Por consiguiente, la pregunta que se abordó en esta investigación fue:

¿Existen diferencias en la biomasa tanto liofilizada como húmeda del zooplancton entre los sectores de influencia de los ríos Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas?

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 *Objetivo general*

Determinar la biomasa tanto liofilizada como húmeda del zooplancton y su relación con las variables fisicoquímicas en las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú en el Caribe colombiano.

4.2.2 *Objetivos específicos*

Evaluar si los cambios en la biomasa de los organismos está asociada a variables fisicoquímicas.

Establecer si hay diferencias de las biomásas tanto liofilizada como húmeda entre épocas climáticas.

Establecer si hay diferencias de las biomásas tanto liofilizada como húmeda entre sectores.

5. HIPÓTESIS

Habrá una asociación entre cada una de las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, pH y saturación de oxígeno) con los cambios en la biomasa de los organismos, debido a la interacción de estas con el zooplancton.

Habrá diferencias en las biomosas tanto húmedas como liofilizadas entre épocas climáticas, porque en la época lluviosa hay una mayor descarga de aguas continentales que en la época seca.

Habrá diferencias en las biomosas tanto húmedas como liofilizadas entre sectores, debido a que en el sector del Magdalena hay un mayor caudal de los ríos que en el sector Sinú.

6. METODOLOGÍA

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

El río Magdalena, con una longitud de 1538 km, es la principal arteria fluvial colombiana recorriendo el país de sur a norte, descarga cerca de 142.6×10^6 t/año, representando el 97 % del total de sedimentos en suspensión aportado por todos los ríos en el Caribe. Nace en el macizo colombiano a 3600 msnm, se dirige hacia el norte atravesando el valle del Magdalena, luego ingresa a la depresión Momposina y, por último, se dirige hacia el norte hasta Calamar, lugar donde se forman dos canales distributarios; el canal del Dique que desemboca en la bahía de Cartagena y otro que conduce a Barranquilla, a lo largo del extremo occidental del cinturón de San Jacinto, en donde desemboca al mar Caribe (Restrepo-López *et al.*, 2015). Por su parte, el río Sinú tiene una longitud de 415 km aproximadamente y un aporte de sedimentos de 6.1×10^6 t/año (Restrepo y Kjerfve, 2004). Nace en el Nudo de Paramillo a 3960 msnm, se desplaza en el valle aluvial formado por las serranías de Abibe y San Jerónimo, luego pasa por una compleja red de ciénagas de una gran llanura aluvial, hasta desembocar en la Boca de Tinajones. Además, es el principal medio fluvial de la región de Córdoba, que alimenta al sistema de ciénagas de la bahía de Cispatá a través del Caño Sicará y Caño Grande (Sánchez-Páez *et al.*, 2005). Desde 1938 ha tenido cambios en su dinámica hídrica y desembocaduras debido a un fenómeno de avulsión, generando así el ecosistema de manglar más representativo de la región (Olaya-Hernández *et al.*, 1991; Robertson y Chaparro, 1998).

6.2 DISEÑO MUESTREAL

6.2.1 *Fase de campo*

Los muestreos fueron realizados en el área de influencia de la desembocadura de los ríos Magdalena y Sinú durante noviembre del 2021 (época lluviosa) y abril del 2022 (época seca) (Figura 1).

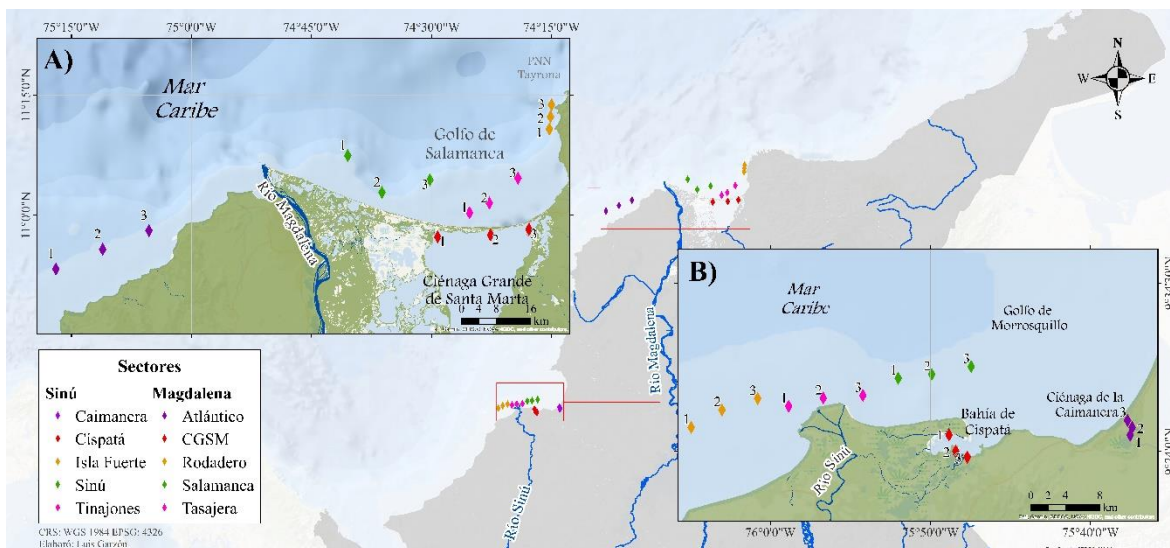


Figura 1. Área de estudio de los sectores A) Magdalena y B) Sinú, indicando la ubicación de las estaciones de muestreo (rombos), cada una con tres unidades muestréales: Rodadero, Ciénaga Grande de Santa Marta, Tasajera, Salamanca, Atlántico, ciénaga de la Caimanera, bahía de Cispata, Sinú, Tinajones e Isla Fuerte.

Tabla 2. Ubicación geográfica de los lugares de muestreo seleccionados.

Sector	Localidad	Estación	Coordenadas	
			Longitud (W)	Latitud (N)
Magdalena	Rodadero	ROD-1	74°15'17,11"	11°10'45,07"
		ROD-2	74°15'08,19"	11°12'17,68"
		ROD-3	74°15'00,88"	11°13'47,19"
	Ciénaga Grande de Santa Marta	CGS-1	74°29'14,2"	10°57'17,7"
		CGS-2	74°22'37,57"	10°57'32,4"
		CGS-3	74°17'50,09"	10°58'14,81"
	Tasajera	TAS-1	74°25'15,5"	11°0'18,84"
		TAS-2	74°22'47,06"	11°1'31,52"
		TAS-3	74°19'12,17"	11°4'37,78"
Salamanca	SAL-1	74°40'28,14"	11°7'26,35"	
	SAL-2	74°36'11,91"	11°2'50,63"	
	SAL-3	74°30'12,55"	11°4'25,01"	
Atlántico	ATL-1	75°16'56,28"	10°53'17,56"	
	ATL-2	75°11'5,83"	10°55'44,97"	
	ATL-3	75°5'18,73"	10°58'4,88"	
Sinú	Ciénaga de La	CAI-1	75°37'31,15"	9°25'0,45"
	Caimanera	CAI-2	75°37'23,73"	9°25'29,39"

Sector	Localidad	Estación	Coordenadas	
			Longitud (W)	Latitud (N)
		CAI-3	75°37'41,2"	9°25'55,5"
	Bahía de Cispatá	CIS-1	75°48'50,0"	9°25'0,4"
		CIS-2	75°48'26,6"	9°24'0,8"
		CIS-3	75°47'43,0"	9°23'38,7"
		SIN-1	75°52'00,81"	9°28'33,63"
	Sinú	SIN-2	75°49'55,33"	9°28'48,16"
		SIN-3	75°47'27,34"	9°29'17,04"
		TIN-1	75°58'51,5"	9°26'48,7"
	Tinajones	TIN-2	75°56'41,89"	9°27'19,3"
		TIN-3	75°54'13,25"	9°27'29"
		ISF-1	76°4'56,78"	9°25'29,59"
	Isla Fuerte	ISF-2	76°3'01,42"	9°26'34,69"
		ISF-3	76°0'47,74"	9°27'17,56"

En cada estación, se realizaron 3 arrastres horizontales circulares de 5 min con una red bongo de 250 μm diámetro de poro y 30 cm de diámetro de boca, la cual tuvo un flujómetro (HydroBios) previamente calibrado con el fin de determinar el volumen de agua filtrado por la red. Posterior a los arrastres, la red fue lavada por su parte exterior a fin de desprender los organismos del paño y concentrarlos en el colector de donde se trasvasaron a frascos de vidrio ámbar de 2.8 L sin fijar, las cuales se mantuvieron refrigeradas hasta su procesamiento en el laboratorio.

Los análisis fisicoquímicos se midieron simultáneamente a la obtención de las muestras de zooplancton. A partir de una muestra de agua extraída con una botella Niskin (4 L) a una profundidad de 0.5 m se hizo la medición de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), conductividad (mS/cm) y salinidad con la sonda multiparamétrica WTW 3110 Cond-PA 1, el oxígeno disuelto (mg/L) y la saturación del oxígeno (%) con una sonda YSI PRO-20 Oxi PA-2, y el pH con la sonda WTW 3110 pH-PA 1.

6.2.2 Fase de laboratorio

6.2.2.1 *Biomasa húmeda*

Las muestras se pasaron por un tamiz de 200 μm (Figura 2A), el zooplancton tamizado fue guardado con ayuda de palillos de madera en frascos de vidrio previamente lavados (Figura 2B y C) (con agua destilada, jabón neutro, ácido nítrico durante 24 h y un nuevo lavado con agua destilada para

eliminar el exceso de este), y pesados en balanza semianalítica marca Pioneer™ (0.0001 mg de precisión), fueron nuevamente pesados con la muestra con el fin de saber la cantidad de muestra húmeda (Figura 2D). Luego, la abertura de los frascos fue sellada con papel Parafilm, al cual se le hicieron unos orificios para evitar la ruptura de los frascos en el liofilizador (Figura 2E y F). A continuación, las muestras se preservaron a -20 °C para el proceso de liofilización.

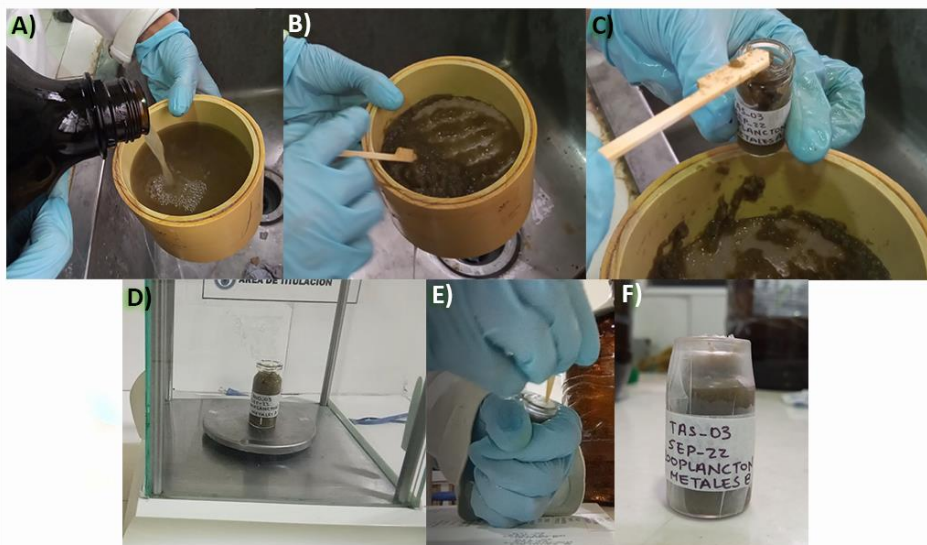


Figura 2. Procesamiento para la obtención de biomasa húmeda. A) Tamizado, B) Muestra tamizada, C) Almacenamiento, D) Pesaje, E) Elaboración de orificios y F) Frasco listo para almacenamiento

6.2.2.2 Biomasa liofilizada

La obtención de la biomasa liofilizada se obtuvo a partir de las anteriores muestras, que se llevaron a -80 °C por 24 h y finalmente a liofilización por 48 a 72 h, con el fin de eliminar el agua en forma de hielo de las muestras mediante sublimación a presión reducida (Figura 3A y 3B).

Las muestras se liofilizaron en el Laboratorio de Bioprospección Marina-LABBIM del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés hasta obtener un peso constante (Figura 3C), las muestras que no tuvieron el peso constante se pusieron en un desecador y nuevamente se pesaron (Figura 3D). Posteriormente, en el laboratorio de química de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, sede Santa Marta, fueron maceradas en los mismos frascos, para evitar la pérdida de muestra (Figura 3E). Por lo cual, para el análisis, se juntaron las tres estaciones

por localidad en bolsas plásticas resellables previamente pesadas, debido a la baja cantidad de muestra por estación con la finalidad de conocer la cantidad de muestra liofilizada (Figura 3F y 3G).



Figura 3. Procesamiento para la obtención de biomasa liofilizada. A) Congelamiento, B) Liofilización, C) Muestra liofilizada, D) Desecador, E) Maceración, F) Almacenamiento y G) Pesado

6.2.3 Fase de gabinete

Los datos obtenidos se organizaron en hojas de Excel para la realización de los análisis exploratorios (media aritmética, error estándar, valores máximos y mínimos y coeficiente de variación) y para ejecutar las pruebas estadísticas, se utilizaron los programas RStudio y Primer 7 para ejecutar las pruebas estadísticas (Clarke y Gorley, 2015; RStudio Team, 2015).

La biomasa húmeda se obtuvo mediante la división del peso húmedo de zooplancton entre el volumen de agua filtrado por la red para cada estación, así mismo se obtuvo la biomasa liofilizada, pero empleando el peso liofilizado de zooplancton.

Para determinar si existe una relación entre cada una de las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, pH y saturación de oxígeno) con la biomasa de los organismos, se evaluaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) con el fin de determinar el tipo de correlación a utilizar. Como los datos no presentaron normalidad, se les realizó una transformación logarítmica ($\log(x+1)$), pero aún así los datos no siguieron una distribución normal. Por lo cual, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), prueba no paramétrica que es una medida de asociación lineal, cuyos valores varían entre -1 a 1, indicando asociaciones positivas significativas o negativas ($r \geq 0.95$; p

<0.05 ; $r \leq 0.95$; $p > 0.05$), respectivamente y 0, cuando hay asociación no lineal (Ludwig y Reynolds, 1988; Zar, 1999).

Con el fin de determinar diferencias en las biomásas tanto húmedas como liofilizadas entre épocas climáticas y entre sectores, se realizaron pruebas estadísticas univariadas y multivariadas, para las cuales se comprobaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Barlett si había normalidad o de Levene sino la había). Sin embargo, los datos que no presentaron normalidad, se les realizó una transformación logarítmica ($\log(x+1)$). Las variables que no se ajustaron a la normalidad, pero si homogeneidad con y sin transformación, se les aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (prueba post hoc de Dunn). Se realizó un PERMANOVA con transformación logarítmica ($\log(x+1)$) y 9999 permutaciones (Zar, 1999; Clarke et al., 2014).

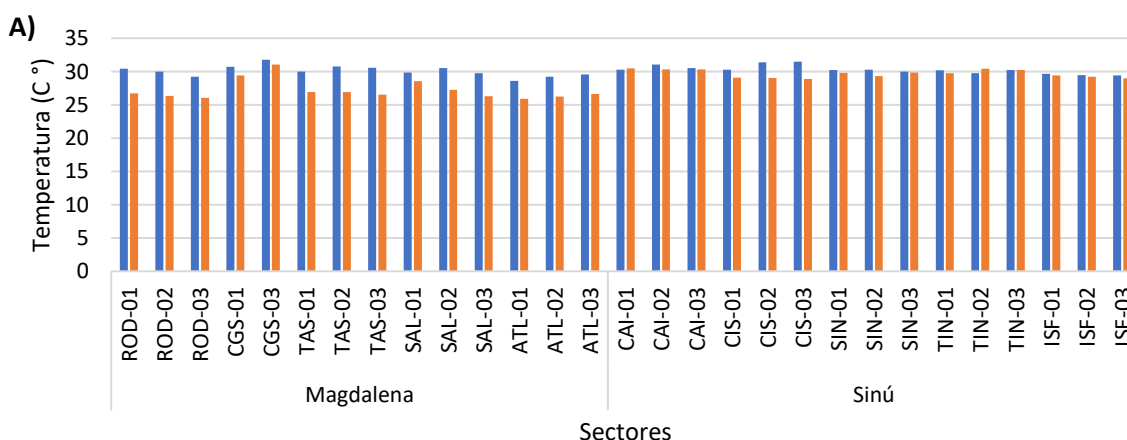
La estación CGS-2, no se incluyó para los análisis debido a que la muestra presento un gran contenido de materia orgánica (algas laminares circulares), que no fue retirada en su totalidad en el procesamiento de laboratorio, lo cual origino erróneos valores de biomasa húmeda y liofilizada muy altos en comparación con las otras estaciones.

7. RESULTADOS

7.1 Variables fisicoquímicas

En el sector Magdalena para la época lluviosa, se registraron altas temperaturas (28.60 a 31.77 °C) y bajas salinidades (0.60 a 36.57), en comparación con la época seca, que presentó aguas más frías (25.90 a 31.07 °C) y con valores de salinidad más altos (12.43 a 36.13) lo cual es característico de aguas de surgencia y la disminución del caudal de los ríos, a excepción de la localidad Atlántico (Tabla 3; Figura 4A y B). No obstante, la localidad de la CGSM, presentó los valores más altos en todas las variables fisicoquímicas, especialmente en la salinidad y la saturación de oxígeno para las dos épocas climáticas. En cuanto al pH, fue mayor en la época lluviosa (8.22 a 8.81;) que en la seca (8.12 a 8.54) y la saturación de oxígeno, fue menor en la época lluviosa que en la seca (76.33 a 122.13 %; 92.80 a 118.63 %, respectivamente) (Tabla 3; Figura 4C y D).

En el sector de Sinú, también se presentaron altas temperaturas para la época lluviosa (29.43 a 31.50 °C) pero también mayores salinidades, a excepción de las localidades de CAI y CIS, mientras que, en la época seca, la temperatura (28.87 a 30.47 °C) y la salinidad (23.87 a 31.37) disminuyeron, pero esta última variable aumentó en las localidades de CAI, CIS-1 y CIS-2 (Tabla 3; Figura 4A y B). En cuanto al pH y la saturación de oxígeno (%), las mayores concentraciones se registraron en la época lluviosa (7.61 a 8.27; 55.03 a 122.13 respectivamente), y el valor más bajo de pH fue de la estación TIN-2 (6.75) para la época seca (Tabla 3; Figura 4C y D). Sin embargo, en la época lluviosa las localidades de CAI y CIS (a excepción de CIS-2), tuvieron valores de saturación de oxígeno <70 % (Tabla 3; Figura 4D).



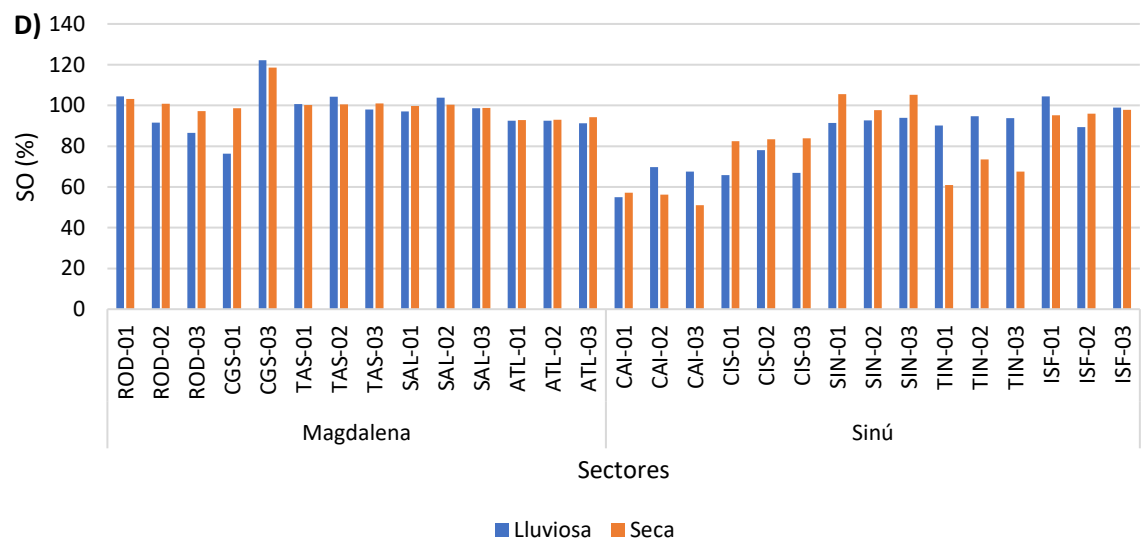
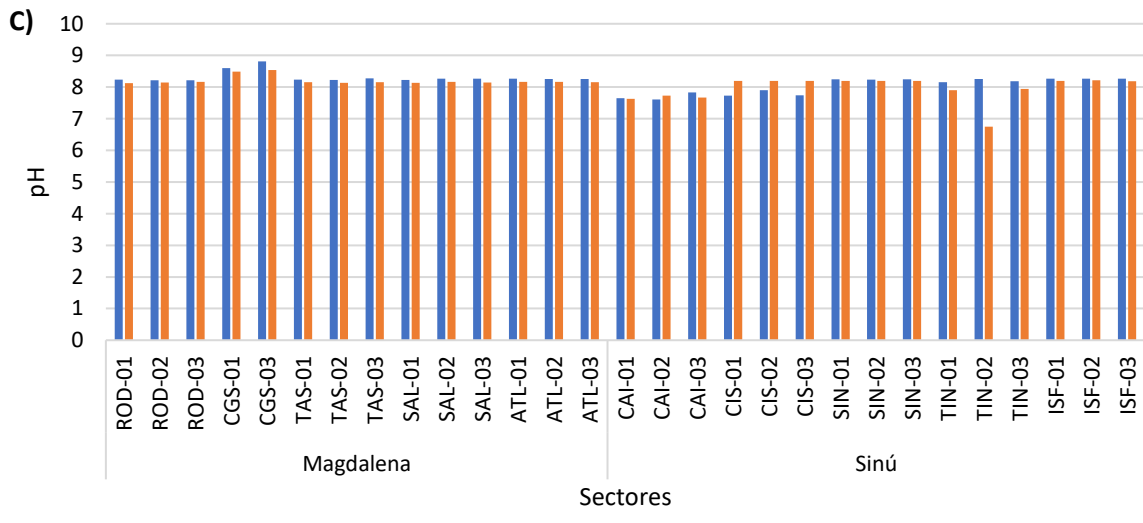
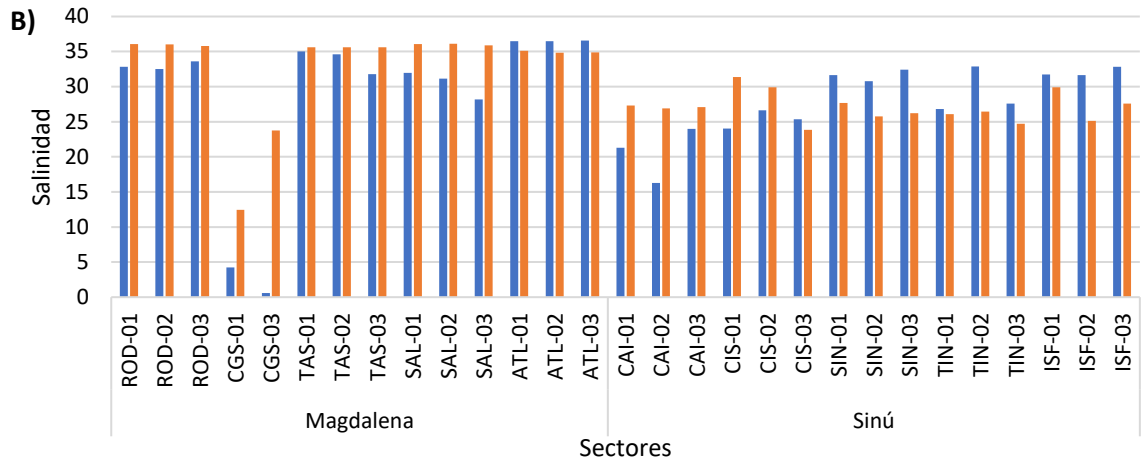


Figura 4. Comportamiento de las variables fisicoquímicas evaluadas para dos épocas climáticas (Lluviosa y seca). A) Temperatura, B) Salinidad, C) pH y D) Saturación de oxígeno (SO%).

Tabla 3. Medidas descriptivas generales de las variables fisicoquímicas para las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. MA: media aritmética, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo y SO: saturación de oxígeno.

Época	Sector	Variable fisicoquímica	N	MA	EE	CV (%)	Mín.	Máx.
Lluviosa	Magdalena	Temperatura	14	30.06	0.21	3	28.60	31.77
		Salinidad	14	29	3.08	40	0.60	36.57
		pH	14	8.31	0.05	2	8.22	8.81
		SO (%)	14	97.13	2.81	11	76.33	122.13
	Sinú	Temperatura	15	30.28	0.16	2	29.43	31.05
		Salinidad	15	27.73	1.27	18	16.27	32.90
		pH	15	8.04	0.07	3	7.61	8.27
		SO (%)	15	83.47	3.85	18	55.03	104.37
Seca	Magdalena	Temperatura	14	27.20	0.40	5	25.90	31.07
		Salinidad	14	33.13	1.81	20	12.43	36.13
		pH	14	8.20	0.04	2	8.12	8.54
		SO (%)	14	99.94	1.67	6	92.80	118.63
	Sinú	Temperatura	15	29.67	0.15	2	28.87	30.47
		Salinidad	15	27.07	0.53	8	23.87	31.37
		pH	15	7.96	0.10	5	6.75	8.22
		SO (%)	15	80.92	4.83	23	51	105.60

7.2 Biomasa zooplanctónica

En la época lluviosa, la biomasa húmeda (BH) y la biomasa liofilizada (BL) presentaron los mayores valores en el sector de Magdalena (BH: 0.25 ± 0.06 ; BL: $0.02 \pm <0.01 \text{ g/m}^3$) que en el Sinú (BH: 0.11 ± 0.04 ; BL: $0.01 \pm <0.01 \text{ g/m}^3$), siendo las estaciones ATL-3, SAL-1, CGS-1 y CIS-1 (0.65 , 0.63 , 0.56 y 0.52 g/m^3 , respectivamente) las que presentaron los mayores valores de biomasa húmeda y ATL-3, CGS-1, ATL-2 y CIS-1 (0.04 , 0.03 , 0.03 y 0.03 g/m^3 , respectivamente) de biomasa liofilizada (Tabla 4; Figura 5A). Nuevamente, para la época seca el sector de Magdalena registro la mayor concentración de biomasa húmeda y liofilizada (BH: 0.17 ± 0.05 ; BL: $0.02 \pm <0.01 \text{ g/m}^3$) que en el Sinú (BH: 0.12 ± 0.02 ; BL: $0.01 \pm <0.01 \text{ g/m}^3$), siendo CGS-1, ATL-3 y CAI-3 (0.74 , 0.39 y 0.26 g/m^3 , respectivamente), las estaciones con los valores de biomasa húmeda y así mismo de biomasa liofilizada más altos (0.06 , 0.04 y 0.03 g/m^3 , respectivamente) (Tabla 4; Figura 5B).

El PERMANOVA de dos factores no encontró diferencias significativas entre épocas, pero si entre sectores para la biomasa zooplanctónica húmeda y liofilizada (Tabla 5).

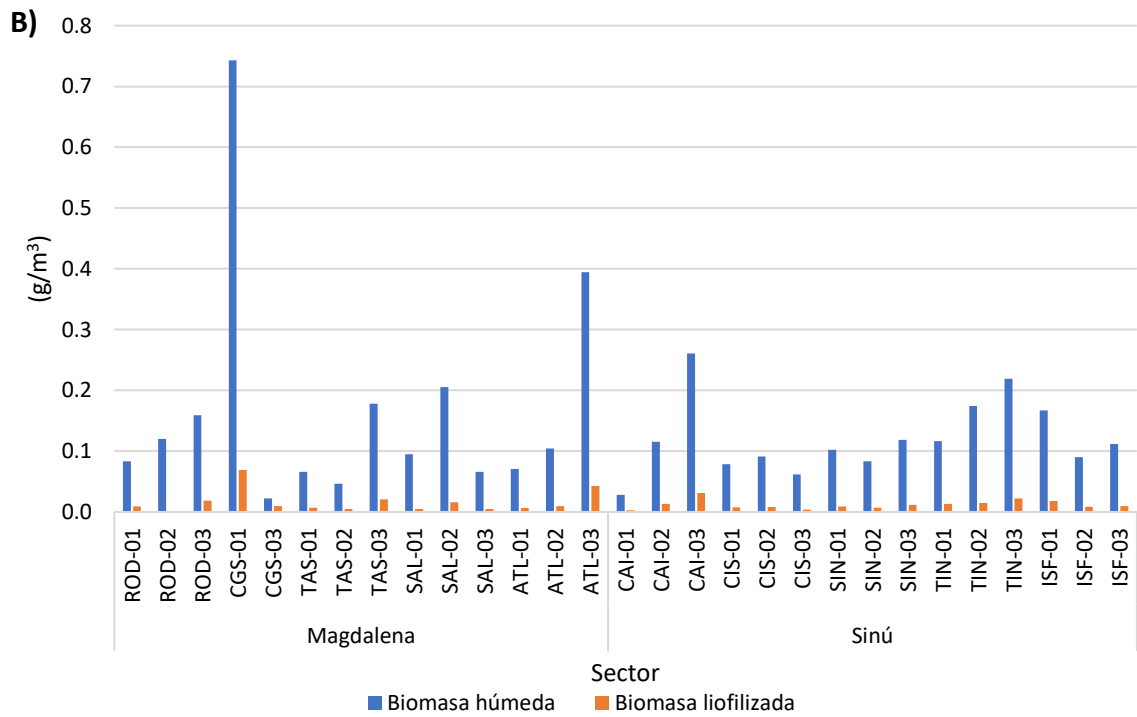
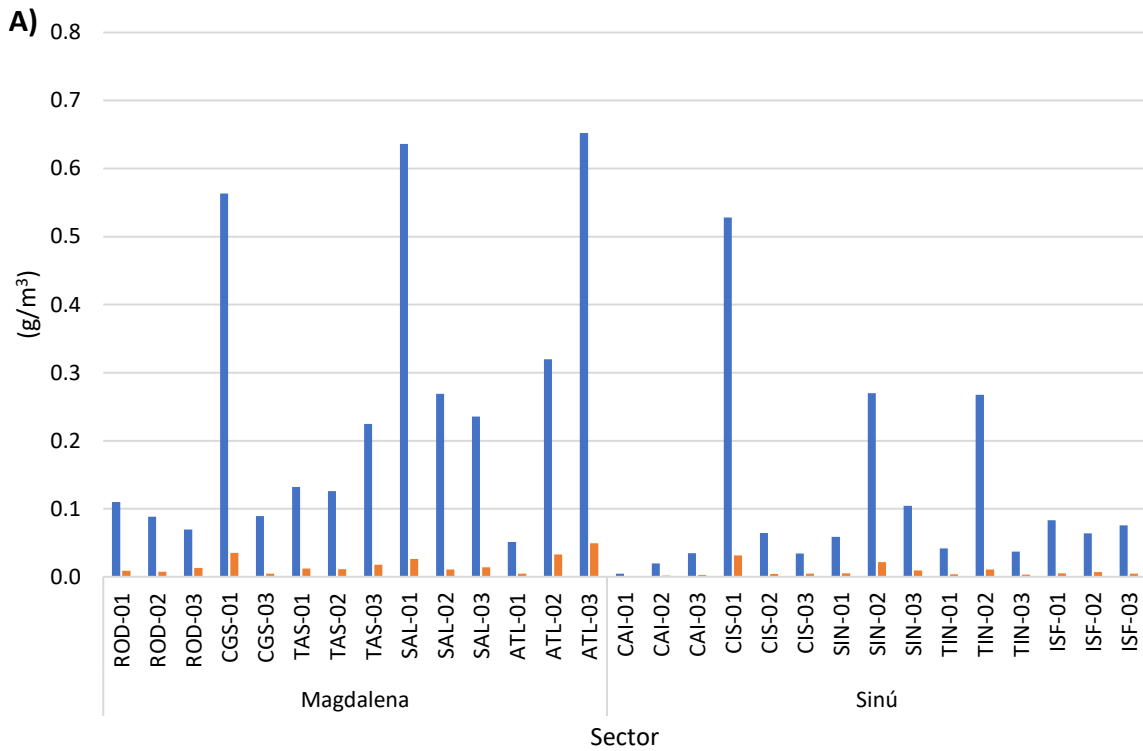


Figura 5. Biomasa registrada para las épocas A) Lluviosa y B) Seca por sectores.

Tabla 4. Medidas descriptivas generales de la biomasa para las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. MA: media aritmética, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo y Máx: máximo.

Época	Sector	Biomasa	N	MA	EE	CV (%)	Mín.	Máx.
Lluviosa	Magdalena	Húmeda	14	0.25	0.06	84	0.05	0.65
		Liofilizada	14	0.02	<0.01	75	<0.01	0.05
	Sinú	Húmeda	15	0.11	0.04	125	<0.01	0.53
		Liofilizada	15	0.01	<0.01	108	<0.01	0.03
Seca	Magdalena	Húmeda	14	0.17	0.05	113	0.02	0.74
		Liofilizada	14	0.02	<0.01	115	<0.01	0.07
	Sinú	Húmeda	15	0.12	0.02	50	0.03	0.26
		Liofilizada	15	0.01	<0.01	61	<0.01	0.03

Tabla 5. PERMANOVA aplicado a la biomasa zooplanctónica (transformación log (x+1)) para los factores región y época climática.

Biomasa	Fuente de variación	Grados de libertad	Media cuadrada	Pseudo-F	p-valor
Húmeda	Época	1	0.01	0.77	0.39
	Sector	1	0.08	5.18	0.03
	Época × Sector	1	0.02	1.63	0.21
	Residual	56	0.02		
	Total	59			
Liofilizada	Época	1	0.26	0.18	0.68
	Sector	1	<0.01	45.57	0.03
	Época × Sector	1	<0.01	0.90	0.36
	Residual	56	<0.01		
	Total	59			

7.3 Correlación entre la biomasa y las variables fisicoquímicas

Las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, pH y SO%) no presentaron una correlación significativa con la biomasa húmeda y liofilizada para las dos condiciones climáticas (Figura 6). Sin embargo, para la época lluviosa (Figura 6A), la correlación más alta se dio entre la salinidad y la biomasa liofilizada ($r= 0.43$, $p= 0.02$, $n=28$), seguido del pH y la biomasa húmeda ($r= 0.41$, $p= 0.06$, $n=28$). En cuanto a la época seca (Figura 6B), las correlaciones fueron bajas, registrando los menores valores entre la salinidad y la biomasa húmeda ($r= -0.24$, $p= 0.21$, $n=28$).

A)

	Temperatura (°C)	pH	SO (%)	Salinidad	B. Húmeda	B. Liofilizada
Temperatura (°C)	1.00	0.29	0.11	-0.67	0.16	0.26
pH		1.00	0.57	0.28	0.41	0.35
SO (%)			1.00	0.41	0.37	0.20
Salinidad				1.00	0.35	0.43
B. Húmeda					1.00	0.92
B. Liofilizada						1.00

B)

	Salinidad	pH	SO (%)	Temperatura (°C)	B. Húmeda	B. Liofilizada
Salinidad	1.00	0.30	0.34	-0.73	0.05	-0.24
pH		1.00	0.34	0.05	0.14	
SO (%)			1.00	-0.29	0.15	0.15
Temperatura (°C)				1.00	0.07	0.23
B. Húmeda					1.00	0.83
B. Liofilizada						1.00

Figura 6. Correlación de Spearman de las épocas A) Lluviosa y B) Seca.

8. DISCUSIÓN

Las variables fisicoquímicas que se relacionaron con la biomasa húmeda y la biomasa liofilizada fue el pH y la salinidad, respectivamente en la época lluviosa. Sin embargo, ninguna variable se relacionó con la biomasa húmeda y liofilizada en la época seca, debido a que posiblemente los organismos presentes son de ambientes marinos, dadas las altas salinidades que se registran para esta época. Además, la no correlación con la SO (%) se puede deber a un bajo contenido de oxígeno en las aguas de surgencia (Salzwedel y Müller, 1983; Andrade y Barton, 2004).

La salinidad es una variable transcendental del agua de mar, que afecta directamente las propiedades fisicoquímicas relacionadas con la temperatura, la densidad y el pH (Libes, 2009), e influye en la fisiología de los organismos al cambiar el equilibrio osmótico y afectar la distribución y el comportamiento de los mismos (Mann y Lazier, 1996; Lalli y Parsons, 1997; Mann 2000; Ojaveer *et al.*, 2010). Por lo cual, participa en la regulación de la estructura espacial de la comunidad planctónica (Nielsen *et al.*, 2003; Schallenberg *et al.*, 2003; Hall, 2004; Hernández, 2019).

El pH, también es una variable que puede tener un efecto sobre el zooplancton, ya que un valor bajo conduce a una menor abundancia zooplanctónica, así como a una reducción de la biodiversidad y la pérdida de algunas especies, mientras que un valor alto conlleva a una alta productividad primaria que favorece el crecimiento y abundancia del zooplancton (Dehui, 1995; Yamada e Ikeda, 1999; Ivanova y Kazantseva, 2006), lo cual explica lo que ocurre en la localidad de CGS, que presentó el pH más alto para las dos épocas climáticas, y además, que al tener aguas estuarinas, esta variable es aún más alta que en aguas marinas (Carmona *et al.*, 1983). Sin embargo, la estación TIN-2 presentó un valor bajo de pH (<7) en la época seca, posiblemente atribuido a: aporte de aguas continentales con alto contenido de materia orgánica, que, al ser sometida a procesos de oxidación, causa mayores tasas de respiración (INVEMAR, 2018).

En cuanto a la saturación de oxígeno, para el sector del Magdalena en las dos épocas climáticas presentaron aguas bien oxigenadas (>100 %) (Ramírez, 1983), principalmente para las estaciones ROD-1, CGS-3, TAS-1, TAS-2, SAL-2, debido a posiblemente a la producción primaria (Richards, 1957). Referente al sector de Sinú, no se tienen reportes para las localidades en mención.

No se encontraron diferencias significativas entre épocas climáticas, pero si entre sectores para la biomasa húmeda y liofilizada. En la época lluviosa, la BH y la BL presentaron los mayores valores en el sector de Magdalena que en el Sinú, debido a que las zonas con altos niveles de productividad primaria como lo son las áreas cercanas a las desembocaduras de los ríos y las zonas de afloramiento

costero tienden a tener una mayor biomasa de zooplancton (Bernal y Zea, 2000; Bernal *et al.*, 2004; Franco-Herrera *et al.*, 2006; Zavala-García *et al.*, 2016). De acuerdo a lo anterior, para el sector de Magdalena, la localidad de Ciénaga Grande de Santa Marta (CGS) recibe aportes de nutrientes de la desembocadura de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, así como del complejo de caños y ciénagas mantenidas por las inundaciones periódicas del río Magdalena (Carmona *et al.*, 1983; Hernández y Gocke, 1990), en el caso de la localidad de Salamanca (SAL), se da a la gran afluencia de aguas de la Ciénaga Grande de Santa Marta y del río Magdalena, además de pequeños ríos como el Gaira y el Córdoba que descienden desde la Sierra Nevada de Santa Marta (Molina, 1990; García *et al.*, 2013), y por último, para la localidad de Atlántico (ATL), tiene influencia de las aguas de la desembocadura del río Magdalena. En cambio, para el sector Sinú, la estación CIS-1, recibe descargas que provienen de afluentes del río Sinú en unión con una serie de caños que alimentan el sistema de ciénagas de los alrededores (Patiño y Flórez, 1993; CVS-CONIF, 2004), y en el caso de las estaciones SIN-2 y TIN-2, por estar ubicadas dentro de la influencia de la desembocadura del río Sinú. Referente a la época seca, tanto para Magdalena como Sinú, la biomasa húmeda y liofilizada fue menor, siendo las estaciones CGS-3, ATL-3 y CAI-3 con los valores más altos, esto debido generalmente a la disminución de la descarga de aguas continentales por causa del descenso de los caudales producto de la reducción de las precipitaciones.

Por otro lado, en la época lluviosa, la biomasa húmeda encontrada para la localidad de CGS (0.65 g/m^3), no se encuentra dentro del rango reportado por León (2004) ($1.35 - 12.63 \text{ g/m}^3$), mientras que para la bahía de Gaira el valor entre las dos estaciones ROD-2 y ROD-3 (0.96 g/m^3), está fuera de lo registrado por Mendoza y Rojas (2000) ($0.29 - 0.54 \text{ g/m}^3$). Sin embargo, para las demás localidades y la época seca, no se pudo contrastar la información debido a la ausencia de estudios. En general, se evidenció que, en la época lluviosa, se presentaron aguas superficiales de menor salinidad y altas temperaturas, debido a mayores descargas de aguas continentales por el aumento de las precipitaciones, principalmente para el sector de Magdalena. Asimismo, en la época seca, se presentaron procesos de surgencia (ascenso de aguas subsuperficiales de salinidad elevada y temperaturas relativamente bajas) por influencia de los vientos alisios del Noreste en el sector de Magdalena (Müller, 1979; Ramírez, 1983; Ramírez, 1990; Cabrera y Donoso, 1993; Blanco, 1988; Franco-Herrera *et al.*, 2006). En el sector Sinú, se dieron únicamente bajas temperaturas por la acción directa de los vientos alisios que generan el descenso progresivo de la temperatura superficial del mar, lo que conlleva al incremento del flujo de calor en la interfase aire-agua (Molina

et al., 1994). Lo que concuerda con lo registrado en algunas investigaciones realizadas en el área de estudio (Tabla 6). Sin embargo, hubo excepciones en las localidades de ATL, Sinú (SIN), Tinajones (TIN) e Isla Fuerte (ISF), porque se registraron altos valores de salinidad para la época lluviosa, lo cual difiere en lo descrito en la literatura. Por consiguiente, las posibles causas de estos valores se deben a que, en ocasiones, la salinidad depende de la tasa de evaporación, el aporte de agua de lluvia y escorrentías que llegan al océano (Talley, 2002; Millero, 2013).

Tabla 6. Comparación de algunas variables fisicoquímicas del agua con estudios previos en las áreas de influencia de los ríos Magdalena y Sinú. ND: no descrito, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, CAI: ciénaga de La Caimanera y CIS: bahía de Cispatá.

Autor	Fecha	Lugar	Temperatura (° C)	Salinidad	pH	SO (%)
	Diciembre 1980 a Abril 1981		<25	>36	-	(<100)
Ramírez (1983)	Noviembre 1980 a Febrero 1981	bahía de Santa Marta	-	-	<8.2	-
	Agosto a Octubre 1980 - Marzo a Julio 1981		-	-	>8.2	-
	Mayo a Noviembre 1981		>25	<36	-	(>100)
Hernández (2019)	Seca ND	Río Magdalena - CGSM	27.03-27.77	36.55-36.78	ND	ND
	Lluviosa ND		27.26-28.46	35.54-37.22	ND	ND
Romero y Mejía (2002)	Noviembre 2001	CGSM-Sector	29.4	10.2	8.24	ND
	Marzo 2002	Palmira	29.5	27.9	7.7	ND
León (2004)	Noviembre 2001	CGSM	30.09	10.58	8.22	ND
INVEMAR (2002)	Diciembre a Abril	ciénaga de La Caimanera	32.7	33.2	ND	ND
	Mayo a Noviembre		26.8	0.1	ND	ND
INVEMAR (2019)	Marzo 2018		ND	35	8	ND
Rodríguez (2007)	Diciembre 2004 a Marzo 2005		ND	24.78	ND	ND
	Abril a Junio 2005	Bahía de Cispatá	14.55	ND	ND	ND
Mejía (2008)	Abril 2006		30 - 30.7	30.6 - 32.6	ND	49 - 68.1
INVEMAR (2019)	Marzo 2018		ND	31	8.1-8.3	ND
INVEMAR (2019)	Marzo 2018	Sinú-Tinajones	ND	32-34	8.3	ND
Niño (2010)	Enero a Marzo 2010	Isla Fuerte	31 - 31.1	ND	ND	ND

9. CONCLUSIONES

Se evidenció que los cambios en la biomasa de los organismos si está asociada a variables fisicoquímicas como el pH con la biomasa húmeda y la salinidad con la biomasa liofilizada en la época lluviosa. Por lo cual, se acepta la hipótesis que enuncia una relación entre las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, pH y saturación de oxígeno) con la biomasa de los organismos.

Se rechaza la hipótesis que expresa si hay diferencias en las biomásas tanto húmedas como liofilizadas entre épocas climáticas, porque no se encontró que hay diferencias de las biomásas tanto liofilizada como húmeda entre épocas climáticas.

Hay diferencias en la biomasa tanto húmeda como liofilizada entre los dos sectores, debido a que el sector del Magdalena tiene gran descarga de aguas continentales y ríos con mayores caudales respecto al sector Sinú. Por ende, se acepta la hipótesis de que habrá diferencias en las biomásas tanto húmedas como liofilizadas entre sectores, debido a que en el sector del Magdalena hay mayor cantidad de ríos que en el sector Sinú.

10. RECOMENDACIONES

Retirar al máximo lo que no haga parte de la muestra como hojas, palos, trozos de plástico y cualquier tipo de residuo ajeno a la biomasa de organismos. De la siguiente manera: lavar con agua de mar filtrada los residuos sobre el tamiz, debido a que tienen organismos adheridos, de lo contrario, se perdería muestra.

Evaluar la composición y abundancia zooplanctónica en conjunto con la biomasa para las principales épocas climáticas, con el fin de conocer las especies indicadoras de cada época climática y así determinar el comportamiento y ensamblaje de la comunidad de zooplancton. Además, saber si las muestras tienen zooplancton gelatinoso, el cual puede ser prácticamente eliminado cuando se hace el proceso de liofilización.

Realizar los estudios en fechas más acordes a las épocas climáticas a evaluar, para así evitar la interferencia de la época de transición.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Achary, S., S. Panigrahi, R. C. Panigrahy, R. K. Prabhu, J. K. Sekar y K. K. Satpathy. 2020. Concentration factor of metals in zooplankton and their seasonality in Kalpakkam coast, southwest Bay of Bengal. *J. Environ. Chem. Ecotoxicol.*, 2: 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2020.01.002>.
- Arashkevich, E. G., A. V. Drits, A. G. Timonin y V. V. Kremenetskiy. 2002. Variability of spatial zooplankton distribution affected by the water dynamics in the northeastern part of the Black Sea. *Oceanology*, 4: 79-94.
- Ávila, G. 1971. Zooplancton de la media y alta Guajira (B/I Chocó Crucero A. 7015). *Divulgación Pesquera*, 15: 1-6.
- Ávila, G. y B. C. Rentería. 1972. Zooplancton de la media y alta Guajira (B/O Discoverer, Crucero NOAA Caribe, 1972). *Divulgación Pesquera*, 15: 1-5.
- Barón, C. C. 2005. Caracterización de mesozooplancton superficial de las islas de Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano, para el mes de abril de 2005. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 89 p.
- Batchelder, H. P., K. L. Daly, C. S. Davis, R. Ji, M. D. Ohman, W. T. Peterson y J. A. Runge. 2013. Climate impacts on zooplankton population dynamics in coastal marine ecosystems. *Oceanography* 26: 34-51. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2013.74>.
- Beaugrand, G., P. C. Reid, F. Ibañez, J. A. Lindley y M. Edwards. 2002. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science*, 296: 1692-1694. <https://doi.org/10.1126/science.1071329>.
- Bergström, A. K., A. Deiningner, A. Jonsson, J. Karlsson y T. Vrede. 2021. Effects of nitrogen enrichment on zooplankton biomass and N:P recycling ratios across a DOC gradient in northern-latitude lakes. *Hydrobiologia*, 848: 4991-5010. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04689-5>.
- Bernal, A. R. 1990. Variaciones nictemerales del zooplancton y su relación con factores ambientales en la bahía de Santa Marta. Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 62 p.
- Bernal, A. R. 1994. Aspectos ecológicos de la comunidad de zooplancton nerítico en el departamento del Magdalena. Tesis Ms. Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 72 p.

- Bernal, A. 2000. Die Struktur der Zooplankton gemeinschaft im neritischen Bereich des kolumbianischen karibischen Meeres. Tesis PhD, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen. 142 p.
- Bernal, A y S. Zea. 2000. Estructura de la comunidad de zooplancton en condiciones de descarga continental y de afloramiento costero en Santa Marta, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 29: 3-26.
- Bernal, A. R., B. Werding y S. Zea. 2004. Variación espacial y temporal de biomasa zooplanctónica en el sector nerítico del mar Caribe colombiano. 187-196. En: Campos, N. H. y A. Acero (Eds.) Contribuciones en ciencias del mar en Colombia Investigación y desarrollo de territorios promisorios. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 262 p.
- Blanco, J. 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la región de Santa Marta, Caribe Colombiano, Santa Marta. Tesis de maestría. Biol., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 50 p.
- Brodeur, R. D., B. W. Frost, S. R. Hare, R. C. Francis y W. J. Jr. Ingraham. 1996. Interannual variations in zooplankton biomass in the Gulf of Alaska, and covariation with California current zooplankton biomass. Calif. Coop. Ocean. Fish. Investig., 37: 80-99.
- Brodeur, R. D., M. B. Decker, L. Ciannelli, J. E. Purcell, N. A. Bond, P. J. Staben, E. Acuna y G. L. Hunt. 2008. Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering Sea in relation to climate regime shifts. Prog. Oceanogr., 77: 103-111.
- Buitrago, A. P. 1998. Primera aproximación a la composición, abundancia y distribución del ictioplancton en el Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis Ms. Biol., Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 82 p.
- Cabrera, E., y M. C. Donoso. 1993. Estudio de las características oceanográficas del Caribe colombiano. Región III, Zona I, PDCTM. Bol. Cient. CIOH. 1: 19-32.
- Capuzzo, E., C. P. Lynam, J. Barry, D. Stephens, R. M. Forster, N. Greenwood, A. McQuatters-Gollop, T. Silva, S. Van Leeuwen y G. H. Engelhard. 2018. A decline in primary production in the North Sea over 25 years, associated with reductions in zooplankton abundance and fish stock recruitment. Glob. Chang. Biol., 24: 352-364. <https://doi.org/10.1111/gcb.13916>.
- Cañón, M., T. Vanegas, M. Gavilan, L. Morris, L y G. Tous. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. Bol. Cient. CIOH, 23: 46-59.

- Carmona, G., L. Pérez y E. Wedler. 1983. Proyecto de ostricultura. III etapa. Informe final, INVEMAR - COLCIENCIAS - CIID – UTM, Santa Marta. 46 p.
- Cepeda, A. 2007. Comunidad zooplanctónica en el sistema de surgencia de la Ensenada de Gaira. Santa Marta. Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 66 p.
- Chen, H. Y. y Y. L. Chen. 1992. Quantity and quality of summer surface net zooplankton in the kuroshio current-induced upwelling northeast of Taiwan. *Terrestrial. Terr. Atmospheric Ocean. Sci.*, 3: 321-334.
- Clarke, K. R., R. N. Gorley., P. J. Somerfield y R. M. Warwick. 2014. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth. 262 p.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2015. PRIMER v7: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 296 p.
- Comisión Colombiana del Océano [CCO]. 2018. Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros, PNOEC. <https://cco.gov.co/cco/publicaciones/83-publicaciones/383-politica-nacional-del-oceano-y-los-espacios-costeros-pnoec.html> [16/07/2022].
- Comisión Colombiana del Océano [CCO]. 2022. Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030. <https://cco.gov.co/decenio-de-las-ciencias-oceanicas-para-el-desarrollo-sostenible-2021-2030.html> [16/07/2022].
- Corral, J. 1970. Contribución al conocimiento del plancton de Canarias. Estudio cuantitativo, sistemático y observaciones ecológicas de nos Copépodos epipelágicos en la zona de Santa Cruz de Tenerife en el curso de un ciclo anual. Tesis de doctorado, Univ. de Madrid, Madrid. 352 p.
- CVS-CONIF. 2004. Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá (PMIM – ZUSSEBC). Corporación Autónoma Regional de los Valles del Río Sinú y del San Jorge, CVS, y Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, CONIF., Montería. 291 p.
- Delgadillo-G, O. y T. Ruíz-A. 2016. A bathymetric study to support management plans for La Caimanera coastal lagoon, Gulf of Morrosquillo, Colombia. *J. Coast. Conserv.*, 20: 237-244. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0434-z>.
- Del Real Martínez, E. 1970. Contribución al conocimiento y estudio del zooplancton del Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 75 p.

- De Verga, V. y J. Böhm. 1992. The effect of freeze-dried zooplankton as a dry feed additive for Danube salmon (*Hucho hucho* L.) fry. *Aquaculture*, 108: 155-168. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90325-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90325-F).
- Dehui, Z. 1995. Effects of low pH on zooplankton in some suburban waterbodies of Chongqing City. *J. Environ. Sci.*, 7: 31-35.
- Dorado, E. 2010. Estructura del zooplancton en la bahía de Cartagena (Caribe colombiano) en las tres épocas climáticas de 2010. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 109 p.
- Dorado-Roncancio, J. 2009. Composición y distribución del zooplancton en el sistema cenagoso del parque vía isla salamanca en dos momentos hidrológicos. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 78 p.
- Dvoretsky, V. G. y A. G. Dvoretsky. 2013. Epiplankton in the Barents Sea: Summer variations of mesozooplankton biomass, community structure and diversity. *Cont. Shelf Res.*, 52: 1-11.
- Duarte, A. K., P. G. Kinas, E. Muxagata y C. Odebrecht. 2014. Zooplankton biomass distribution in the Subtropical Southwestern Atlantic Ocean: relationships with environmental factors and chlorophyll a. *Pan-Am. J. Aquat. Sci.*, 9: 239-261.
- Edwards, M. y A. J. Richardson. 2004. Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430: 881-884. <https://doi.org/10.1038/nature02808>.
- Fanelli, E., S. Menicucci, S. Malavolti, A. De Felice y I. Leonori. 2022. Spatial changes in community composition and food web structure of mesozooplankton across the Adriatic basin (Mediterranean Sea). *Biogeosciences*, 19: 1833-1851. <https://doi.org/10.5194/bg-19-1833-2022>.
- Fernández-Álamo, M. A. y J. Färber-Lorda. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: a review. *Prog. Oceanogr.*, 69: 318- 359.
- Field, D. B., T. R. Baumgartner, C. D. Charles, V. Ferreira-Bartrina y M. D. Ohman. 2006. Planktonic foraminifera of the California current reflect 20th-century warming. *Science*, 311: 63-66. <https://doi.org/10.1126/science.1116220>.
- Franco-Herrera, A. 2006. Variación estacional del fitoplancton y mesozooplancton e impacto de herbívora de *Eucalanus subtenuis*. Giesbrecht. 1888 (Copépoda: Eucalanidae) en el Caribe colombiano. Tesis PhD. Univ. de Concepción, Concepción. 125 p.
- Franco-Herrera, A., L. R. Castro y P. Tigreros. 2006. Plankton dynamics in the south central Caribbean Sea, strong seasonal changes in a tropical system. *Caribb. J. Sci.*, 42: 21-38.

- Franco-Herrera, A. y L.R, Castro. 2008. Seasonal variations in grazing of the copepod *eucalanus* in the continental shelf of the south central Caribbean sea, Colombia. *Caribb. J. Sci.*, 44: 361-374. <https://doi.org/10.18475/cjos.v44i3.a11>.
- García, C. B., L. O. Duarte y G. Ramírez. 2013. Fisiografía y oceanografía del golfo de Salamanca (mar Caribe, Colombia). 111-140. En: Melgarejo, L y García, C. (Eds.). *Investigaciones en ciencias del mar: aportes de la Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 179 p.
- García-Garay, J., A. Franco-Herrera y F. Machuca-Martinez. 2018. Zooplankton sensitivity and phytoplankton regrowth for ballast water treatment with advanced oxidation processes. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25: 35008-35014. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2308-4>.
- Giraldo, R. y S. Villalobos. 1983. Composición y distribución del zooplancton superficial de San Andrés y Providencia y su relación con algunos parámetros físico-químicos Crucero Océano V área 1. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 82 p.
- Godoy, D. y J. Escobar. 1984. Descripción, distribución y abundancia del ictioplancton para el archipiélago de San Andrés y Providencia (crucero Océano Área I, septiembre-octubre 1984). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 479 p.
- Grabner, M., W. Wieser y R. Lackner. 1981. The suitability of frozen and freeze-dried zooplankton as food for fish larvae: A biochemical test program. *Aquaculture*, 26: 85-94. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(81\)90112-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(81)90112-5).
- Gutiérrez, J. 2011. Estructura vertical del zooplancton oceánico del mar caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Nacional de Colombia, Santa Marta. 124 p.
- Hall, C. J. 2004. Effects of salinity and temperature on survival and reproduction of *Boeckella Hamata* (Copepoda: Calanoida) from a Periodically Brackish Lake. *J. Plankton Res.*, 23: 97-104.
- Hays, G. C., Richardson, A. J. y C. Robinson. 2005. Climate change and marine plankton. *Trends Ecol. Evol.* 20: 337-344. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.03.004>.
- Hao, O. J. 1996. Bioindicators for water quality evaluation. A review. *Chinese J. Environ. Eng.*, 6: 1-19.
- Haraguchi, L., H. H. Jakobsen, N. Lundholm y J. Carstensen. 2018. Phytoplankton community dynamic: A driver for ciliate trophic strategies. *Front. Mar. Sci.*, 5: 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00272>.

- Harmelin-Vivien, M., D. Bănanu, C. R. Dromard, M. Ourgaud y F. Carlotti. 2019. Biochemical composition and energy content of size-fractionated zooplankton east of the Kerguelen Islands. *Polar Biol.*, 40: 603-617. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02458-8>.
- Hernández, C. y K. Gocke. 1990. Productividad primaria en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 20: 101-117.
- Hernández, L. 2019. Estructura del zooplancton y su relación con las condiciones marinas en el Caribe norte colombiano. Tesis de maestría. *Biol. Mar.*, Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 38 p.
- INVEMAR. 2002. Formulación del plan de manejo integrado de la unidad ambiental costera estuarina del río Sinú y golfo de Morrosquillo. Caribe Colombiano. Informe Técnico – Fase I Caracterización y diagnóstico, Santa Marta. 802 p.
- INVEMAR. 2018. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. Informe Técnico 2017, Santa Marta. 342 p.
- INVEMAR. 2019. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. Informe Técnico 2018, Santa Marta. 218 p.
- Ivanova, M. B. y T. I. Kazantseva. 2006. Effect of water pH and total dissolved solids on the species diversity of pelagic zooplankton in lakes: A statistical analysis. *Russ. J. Ecol.*, 37: 264-270. <https://doi.org/10.1134/S1067413606040084>.
- Jhingran, V. G. 1975. Fish and fisheries of India. Hindustan Publishing corporation, Delhi. 954 p.
- Jungwirth, M., H. Kossmann y S. Schmutz. 1989. Rearing of Danube salmon (*Hucho hucho* L.) fry at different temperatures, with particular emphasis on freeze-dried zooplankton as dry feed additive. *Aquaculture*, 77: 363-371. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90220-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90220-2).
- Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos [JACUMAR]. 2004. Planes nacionales de cultivos marinos. Cultivo del pulpo 2001-2004. Informe final, JACUMAR, Vigo. 170 p.
- Karsenti, E., S. G. Acinas, P. Bork, C. Bowler, C. De Vargas, J. Raes, *et al.*, M. Sullivan, D. Arendt, F. Benzoni, J. Claverie, M. Follows, G. Gorsky, P. Hingamp, D. Iudicone, O. Jaillon, S. Kandels-Lewis, U. Krzic, F. Not, H. Ogata, S. Pesant... A. Zingone. 2011. A holistic approach to marine eco-systems biology. *PLoS Biology*, 9: 1-5. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001177>.
- Kers, E. 2022. Under-ice plankton abundance and lipid dynamics in a subarctic lake. Master's Thesis. *Biol. Mar.*, The Arctic Univ. of Norway, Trondheim. 59 p.

- Krause, M., H. Fock, W. Greve y G. Winkler. 2003. North Sea zooplankton: A review. *Senckenb. Marit.*, 33: 71-204. <https://doi.org/10.1007/BF03043048>.
- Lalli, C. W. y T. R. Parsons. 1997. *Biological Oceanography: An Introduction*. 2 Ed. Butterworth & Heinemann, Oxford. 326 p.
- Lau, D. C. P., A. Jonsson, P. D. F. Isles, I. F. Creed y A. Bergström. 2021. Lowered nutritional quality of plankton caused by global environmental changes. *Glob. Chang. Biol.*, 27: 6294-6306. <https://doi.org/10.1111/gcb.15887>.
- Le Borgne, R. 1975. Equivalences between the measures of biovolumes, dry weight, ashfree dry weight, carbon, nitrogen and phosphorus of the mesozooplankton of the tropical Atlantic. *Cahiers O.R.S.T.O.M. Série océanographie (France)*, 13: 179-196.
- León, J. 2004. Atributos estructurales de la comunidad mesozooplanctónica de Ciénaga Grande de Santa Marta durante el período de agosto de 2001 a mayo de 2002. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 141 p.
- Liapis, A. I. y R. Bruttini. 2014. Freeze drying. 259-282. In: Mujumdar, A. (Ed.). *Handbook of Industrial Drying*. 4 Ed. CRC Press, Boca Ratón. 1348 p.
- Libes, S. 2009. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. 2 Ed. Academic Press, USA. 928 p.
- Lips, I., y U. Lips. 2017. The importance of mesodinium rubrum at post-spring bloom nutrient and phytoplankton dynamics in the vertically stratified Baltic Sea. *Front. Mar. Sci.*, 4: 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00407>.
- Lomartire, S., J. C. Marques y A. M. M. Gonçalves. 2021. The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. *Ecol. Indic.*, 129: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107867>.
- Londoño, L. A. 1999. Comportamiento de algunos parámetros físico-químicos y su interacción con aspectos biológicos del componente zooplanctónico durante el segundo periodo de 1997, balneario "El Rodadero", Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 139 p.
- Longhurst, A. R. y W. Harrison. 1989. The biological pump: profiles of plankton production and consumption in the upper ocean. *Prog. Oceanogr.*, 22: 47-123. [https://doi.org/10.1016/0079-6611\(89\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0079-6611(89)90010-4).

- López-Céron, D. 2009. Aspectos estructurales de la comunidad zooplanctónica durante pulsos de surgencia/no surgencia costera en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 175 p.
- López-Céron, D y A. Franco- Herrera. 2010. Zooplancton en la surgencia costera de la región de Santa Marta. Caribe colombiano. XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (SENALMAR), 578 p.
- Lovegrove, T. 1966. The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained. 429-467. In: H. Barnes. (Ed). Some contemporary studies in Marine Sciences. George Allen and Unwin Ltd, Crows Nest. 716 p.
- Lozano, F. 1986. Determinación de biomasa y su variación espacio temporal de la comunidad zooplanctónica nerítica de la Bahía de Santa Marta, Mar Caribe Colombiano, y contribución a la situación del zooplancton en las instituciones socioeducativas colombianas. Tesis Biol., Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 81 p.
- Lozano, F. 1991. Contribución al conocimiento de la comunidad zooplanctónica nerítica de la Bahía de Santa Marta, Colombia. Trianea. Acta Científica y Tecnológica INDERENA, 4: 459470.
- Ludwig, J. y J. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. John Wiley and Sons, New York. 337 p.
- Mann, K. H. y J. R. N. Lazier. 1996. Dynamics of Marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. 3 Ed. Blackwell Science, Oxford. 512 p.
- Mann, K. H. 2000. Ecology of Coastal Waters: With Implications for Management. 2 Ed. Blackwell Science, Oxford. 432 p.
- Mann, K. H. y J. R. N. Lazier. 2006. Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Publishing, Malden. 520 p.
- Mariño, S. y J. Merchán. 1993. Estimación cuantitativa y descripción cualitativa del zooplancton del noroeste de La Guajira (Puerto estrella Punta espada) y su relación con parámetros fisicoquímicos del agua. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 157 p.
- Marqués, S. C., U. M. Azeiteiro, J. C. Marqués, J. Neto y M. A. Pardal. 2006. Zooplankton and ichthyoplankton communities in a temperate estuary: spatial and temporal patterns. J. Plankton Res., 28: 297-312.

- Martínez, M. P. 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. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 119 p.
- McEnulty, F., C. Davies, A. Armstrong, N. Atkins, F. Coman, L. Clementson, S. Edgar, R. Eriksen, J. Everett, A. Koslow, C. Lønborg, A. McKinnon, M. Miller, T. O'Brien, S. Pausina, J. Uribe-Palomino, W. Rochester, P. Rothlisberg, A. Slotwinski, J. Strzelecki, I. Suthers, K. Swadling, M. Tonks, P. Van Ruth, J. Young y A. Richardson. 2020. A database of zooplankton biomass in Australian marine waters. Sci. Data, 7: 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00625-9>.
- Medellín-Mora, D. C. 2005. Composición y distribución de larvas de crustáceos decápodos en el estado de zoea en el área Nororiental del Mar Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 77 p.
- Medellín-Mora, J. y O. Martínez-Ramírez. 2010. Distribución del mesozooplancton en aguas oceánicas del mar caribe colombiano durante mayo y junio de 2008. 122-142. En: Invemar (Eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales. Invemar, 20, 458 p.
- Medellín-Mora, J. 2016. Factores y mecanismos que modulan la estructura comunitaria del mesozooplancton marino efecto de la estratificación vertical de la columna de agua. Tesis PhD. Univ. de Concepción, Concepción. 152 p.
- Medellín-Mora, J., R. Escribano y W. Schneider. 2016. Community response of zooplankton to oceanographic changes (2002-2012) in the central/southern upwelling system of Chile. Prog. Oceanogr., 142: 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.01.005>.
- Medellín-Mora, J., R. Escribano., W. Schneider., M. Correa-Ramírez y N. Campos. 2018. Spatial variability of zooplankton community structure in Colombian Caribbean waters during two seasons. Rev. Biol. Trop., 66: 688-708. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33401>.
- Mejía, L. 2008. Variación espacio temporal de la larva de la ostra de mangle *crassostrea rhizophorae* (goulding, 1828), de abril a agosto de 2006, en la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 107 p.
- Mendoza, M. S. y J. A. Rojas. 2000. Caracterización estructural del mesozooplancton en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 165 p.
- Millero, F. 2013. Chemical Oceanography 4 Ed. CRC Press, Boca Ratón. 569 p.

- Ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias]. 2019. Misión de los sabios Colombia – 2019. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf [16/07/2022].
- Molina, A. 1990. Facultad de Biología Marina. Área de Estudio geológico de la plataforma continental Caribe (Santa Marta-Punta Morro Hermoso). Memorias del VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. CCO. Cali, 1: 120-131.
- Molina, A., C. Molina, L. Giraldo, C. Parra y P. Chevillot. 1994. Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del Golfo de Morrosquillo. Bol. Cient. CIOH, 1: 93-113.
- Müller, K. 1979. Interacciones entre salinidad y temperatura en la Bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 11: 219-226.
- Ndah, A. B., C. L. Meunier, I. V. Kirstein, J. Göbel, L. Rönn y M. Boersma. 2022. A systematic study of zooplankton-based indices of marine ecological change and water quality: Application to the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Ecol. Indic., 15: 1-15.
- Nielsen D. L., M.A. Brock, K. Crossle, K. Harris, M. Healey y I. Jarosinski. 2003. The Effects of Salinity on Aquatic Plant Germination and Zooplankton Hatching From Two Wetland Sediments. Freshw. Biol., 48: 2214-2223.
- Niño, L. 2010. Sistema de gestión ambiental- SIGAM Archipiélago Islas Del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte. Informe final, Corporación Autónoma Regional Del Canal Del Dique-CARDIQUE y Universidad Jorge Tadeo Lozano Seccional Caribe. Cartagena. 268 p.
- Ojaveer, H., A. Jaanus, B. R. Mackenzie, G. Martin, S. Olenin, T. Radziejewska, I. Telesh, M. Zettler y A. Zaiko. 2010. Status of biodiversity in the Baltic sea. PLoS ONE, 5: 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012467>.
- Olaya-Hernández, H., D. Centanaro-Martínez, I. Leguizamo-Pulido y F. Pineda-Vásquez. 1991. Los bosques de mangle del antiguo delta de río Sinú (Córdoba-Colombia) - Estudio de la vegetación y aprovechamiento. Universidad de Córdoba, Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior (ICFES), Montería. 30 p.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. 2022. Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/> [16/07/2022].

- Orozco, F., R. Lopez, M. Cañon y L. Gutiérrez. 2008. Determinación de la variación de la composición y estructura de la comunidad zooplanctónica en relación con las condiciones fisicoquímicas, en la Bahía de Cartagena (departamento de Bolívar) 2006. Bol. Cient. CIOH., 26: 117-142.
- Patiño, F. y F. Flórez. 1993. Ecología Marina del Golfo de Morrosquillo. Universidad Nacional de Colombia. Fondo FEN Colombia, Bogotá. 109 p.
- Perga, M. E., M. Kainz, B. Matthews y A. Mazumder. 2006. Carbon pathways to zooplankton: Insights from the combined use of stable isotope and fatty acid biomarkers. Freshw. Biol., 51: 2041-2051. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01634.x>.
- Pinto-Coelho, R. M., M. K. Amorim y A. R. Da Costa. 1997. Temporal dynamics of lipids in the zooplankton of two tropical reservoirs of different trophic status. SIL Proceedings, 1922-2010, 26: 584-587. <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11900785>.
- Piontkovski, S. A. y C. Castellani. 2009. Long-term declining trend of zooplankton biomass in the Tropical Atlantic. Hydrobiologia, 632: 365-370.
- Pitois, S. G. y C. J. Fox. 2006. Long-term changes in zooplankton biomass concentration and mean size over the Northwest European shelf inferred from Continuous Plankton Recorder data. ICES J. Mar. Sci., 63: 785-798. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.03.009>.
- Ramírez, G. 1983. Características fisicoquímicas de la bahía de Santa Marta (agosto 1980-julio 1981). An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 13: 111-121.
- Ramírez, G. 1990. Distribución de nutrientes inorgánicos en las aguas costeras de la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Memorias VII Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. Colombia, 244-254 p.
- Rentería, B. 1975. Dinámica zooplanctónica e hidrográfica de la Bahía de Cartagena. Divulgación pesquera. 10: 1-14.
- Restrepo, J. D. y B. Kjerfve. 2004. The Pacific and Caribbean Rivers of Colombia: Water Discharge, Sediment Transport and Dissolved Loads. 170-187. In: L. Drude de Lacerda, R. E. Santelli, E. K. Duursma y J. J. Abrão (Eds.). Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments. Springer, New York. 405 p.
- Restrepo-López, J. C., J. C. Ortiz-Royero, L. Otero-Díaz y S. Ospino-Ortiz. 2015. Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano: magnitud, tendencias y variabilidad. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Fis. Mats, 39: 527-546. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.209>.

- Richards, F. A. 1957. Oxygen in the ocean. 185-238. In: J.W. Hedgepath. (Ed.). *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*. Geological Society of America, Boulder. 1296 p.
- Richardson, A. J. 2008. In hot water: zooplankton and climate change. *ICES. J. Mar. Sci.*, 65: 279-295. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn028>.
- Robertson, K. y J. Chaparro. 1998. Evolución histórica del delta del río Sinú. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, 7: 70-86.
- Rodríguez, D. 2007. Distribución espacial y temporal de la comunidad mesozooplancónica presente en el complejo de ciénagas de la bahía de Cispatá (Córdoba, Caribe colombiano). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 105 p.
- Rodríguez-Fierro, C. A. 2013. Comparación de la composición zooplanctónica en tres puertos del Caribe Colombiano (Cartagena, Santa Marta y Coveñas) susceptibles a las bioinvasiones marinas. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 150 p.
- Romero, I. y M. Mejía. 2002. Composición, abundancia, biomasa y distribución espacio-temporal del zooplancton en el sector de Palmira, Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis Biol., Univ. del Magdalena, Santa Marta. 150 p.
- RStudio Team. 2015. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/> [16/07/2022].
- Salzwedel, H. y K. Müller. 1983. A summary of meteorological and hydrological data from the Bay of Santa Marta, Colombian Caribbean. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 13: 67-83.
- Samper, E. 1970. Contribución al conocimiento del estudio del zooplancton del Caribe colombiano. Estaciones 44 a 222 del plan de operaciones Océano I de la Armada Nacional. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 101 p.
- Sánchez-Páez., H., G. A. Ulloa-Delgado y H. A. Tavera-Escobar. 2005. Plan de manejo integral de los manglares de la zona de usos sostenible del sector estuarino de la Bahía de Cispatá. Departamento de Córdoba-Colombia. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS), Corporación Nacional de Investigaciones y Fomento Forestal (CONIF) y Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), Montería. 312 p.
- Santeiro, R. M., R. M. Pinto-Coelho y L. H. Sipaúba-Tavares. 2006. Diurnal variation of zooplankton biochemical composition and biomass in plankton production tanks. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 28: 103-108.

- Schallenberg, M., C. J. Hall y C. W. Burns. 2003. Consequences of Climate-Induced Salinity Increases on Zooplankton Abundance and Diversity in Coastal Lakes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 251: 181-189.
- Sherman, K., J. Kane, S. Murawski, W. Overholtz y A. Solow. 2002. 6 The U.S. Northeast shelf large marine ecosystem: Zooplankton trends in fish biomass recovery. *Large Mar. Ecosyst.*, 10: 195-215. [https://doi.org/10.1016/S1570-0461\(02\)80058-1](https://doi.org/10.1016/S1570-0461(02)80058-1).
- Schminke, H. K. 2007. Entomology for the copepodologist. *J. Plankton Res.*, 29: 149-162. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbl073>.
- Serrano, R. y M. Larrahondo. 1981. Composición de la fauna planctónica de la Bahía de Cartagena y algunas consideraciones ecológicas e hidrográficas. Cartagena. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Cartagena. 71 p.
- Shi, Y., J. Wang, T. Zuo, X. Shan, X. Jin, J. Sun, W. Yuan y E. A. Pakhomov. 2020. Seasonal changes in zooplankton community structure and distribution pattern in the Yellow Sea, China. *Front. Mar. Sci.*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00391>.
- Suthers, I., D. Rissik y A. Richardson. 2019. Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality 2 Ed. CSIRO Publishing, Clayton South. 248 p.
- Steinberg, D. K. y M. R. Landry. 2017. Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 9: 413-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015924>.
- Stemmann, L. y E. Boss. 2012. Plankton and Particle Size and Packaging: From Determining Optical Properties to Driving the Biological Pump. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 4: 263-290. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120710-100853>.
- Talley, L. D. 2002. Salinity Patterns in the Ocean. 629-640. In: MacCracken, M., J. Perry y T. Munn. (Eds.). *Encyclopedia of Global Environmental Change. The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change. Vol. 1.* Wiley, Chichester. 688 p.
- Teodósio, M. A. y A. B. Barbosa. 2021. Zooplankton ecology. CRC Press, Boca Ratón. 284 p.
- Turner, J. T. 2002. Zooplankton fecal pellets, marine snow and sinking phytoplankton blooms. *Aquat. Microb. Ecol. Inter-Research*, 27: 57-102. <https://doi.org/10.3354/ame027057>.
- Turner, J. T. 2015. Zooplankton fecal pellets, marine snow, phytodetritus and the ocean's biological pump. *Prog. Oceanogr.*, 130: 205-248. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.08.005>.
- Van der Lingen, C., L. Hutchings y J. Field. 2006. Comparative trophodynamics of anchovy *Engraulis Encrasicolus* and sardine *Sardinops Sagax* in the Southern Benguela: Are species alternations

- between small pelagic fish trophodynamically mediated? *Afr. J. Mar. Sci.*, 28: 465-477. <https://doi.org/10.2989/18142320609504199>.
- Vanegas, T. 2002. Riqueza de órdenes y dinámica del mesozooplankton marino en ambientes costeros del Golfo de Salamanca y el Parque Tayrona, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 167 p.
- Vargas, Y. 2003. Descripción, abundancia y distribución de la comunidad lctioplanctónica presente en el Humedal-Laguna Navío Quebrado y la zona marina costera adyacente. Corregimiento de Camarones. La Guajira. Caribe colombiano (mayo-noviembre de 2000). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 241 p.
- Vargas, B. y J. Córdoba. 2022. Estructura comunitaria del mesozooplankton en dos épocas climáticas contrastantes en el golfo de Urabá, Caribe Colombiano. Tesis Eco., Univ. de Antioquia, Turbo. 49 p.
- Webber, D. F. y M. K. Webber. 1998. The water quality of Kingston Harbour: Evaluating the use of the planktonic community and traditional water quality indices. *Chem. Ecol.*, 14-15: 357-374. <https://doi.org/10.1080/02757549808037614>.
- Webber, M., E. Edwards-Myers, C. Campbell y D. Webber. 2005. Phytoplankton and zooplankton as indicators of water quality in Discovery Bay, Jamaica. *Hydrobiologia*, 545: 177-193.
- Xiao, W., X. Liu, A. J. Irwin, E. A. Laws, L. Wang, B. Chen, Y. Zeng y B. Huang. 2018. Warming and eutrophication combine to restructure diatoms and dinoflagellates. *Water Res.*, 128: 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.051>.
- Yamada, Y. y T. Ikeda. 1999. Acute toxicity of lowered pH to some oceanic zooplankton. *Plankton Biol. Ecol.*, 46: 62-67.
- Yebra, L., R. P. Harris, E. J. H. Head, I. Yashayaev, L. R. Harris y A. G. Hirst. 2009. Mesoscale physical variability affects zooplankton production in the Labrador Sea. *Deep-Sea Res. I.*, 56: 703-715.
- Zavala-García, F., C. Flores-Coto y M. de la L. Espinosa-Fuentes. 2016. Relationship between zooplankton biomass and continental water discharges in the southern Gulf of Mexico (1984-2001). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 51: 21-31. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572016000100003>.
- Zakharova, N. 2019. Trophic structure and biomass of high-Arctic zooplankton in the Eurasian Basin in 2017. Master's thesis. Saint Petersburg State University/Hamburg University, Saint-Petersburg/Hamburg. 69 p.

Zar, J. 1999. Biostatistical análisis 4 Ed. Prentice Hall, New Jersey. 946 p.