



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

# EL ENSAMBLE ZOOPLANCTÓNICO DE UN EMBALSE ALTOANDINO TROPICAL. EMBALSE LA GARCÍA (ANTIOQUIA-COLOMBIA)

## The Zooplanktonic Assemblage of a Tropical High Andean Reservoir. La Garcia Reservoir (Antioquia-Colombia)

Juan Carlos JARAMILLO-LONDOÑO<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>. Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales. Facultad de Ingenierías. Universidad de Medellín. Medellín, Colombia.

\* For correspondence: [jcjaramillo@udemedellin.edu.co](mailto:jcjaramillo@udemedellin.edu.co)

**Recibido:** 19 de octubre de 2022. **Revisado:** 31 de agosto de 2023. **Aceptado:** 26 de octubre de 2023.

**Editor asociado:** Julio E. Beltrán

**Citation/ citar este artículo como:** Jaramillo-Londoño, J. C. (2024). El ensamble zooplanctónico de un embalse altoandino tropical. Embalse La García (Antioquia-Colombia). *Acta Biol Colomb*, 29(2), 97-108. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n2.105251>

### RESUMEN

Este es el primer estudio relacionado con el ensamble zooplanctónico en el embalse La García, un embalse altoandino ecuatorial localizado en la región central del departamento de Antioquia (Colombia). El objetivo principal del trabajo fue conocer la composición y abundancia del ensamble zooplanctónico en el embalse y establecer si existe alguna relación entre éstas, y las variables físicas y químicas medidas. Mensualmente, entre junio y septiembre de 2014, en tres localidades se tomaron muestras a cinco profundidades con la ayuda de una botella muestreadora (10 L de capacidad). El material recogido fue filtrado a través de una red de plancton de 30 micras de ojo de malla, identificado y contado bajo microscopio invertido empleando una celda de recuento de Sedgwick-Rafter. De todas las variables fisicoquímicas las que más influencia ejercieron en el ensamble zooplanctónico fueron la profundidad y la pluviosidad, alcanzando la mayor densidad durante la época más seca, en la estación más somera y con la menor transparencia.

**Palabras clave:** cladóceros, copépodos, embalses, rotíferos, zooplancton.

### ABSTRACT

This is the first study related to the zooplankton assemblage in the La García reservoir, an equatorial high Andean reservoir located in the central region of the department of Antioquia (Colombia). The main objective of the work was to know the composition and abundance of the zooplankton assemblage in the reservoir and to establish if there is any relationship between these and the physical and chemical variables measured. It was carried out during a monitoring program between the months of June and September 2014. Monthly samples were taken at three stations, from five depths throughout the water column, with a 10 L capacity sampling bottle. The collected material was filtered through a plankton net with a 30-mm of mesh size, identified and counted under an inverted microscope using a Sedgwick-Rafter counting cell. Depth and rainfall were the variables that exerted more influence on the zooplankton assemblages, reaching the highest density during the driest season, in the shallowest station and the least Secchi transparency.

**Keywords:** cladocerans, copepods, reservoirs, rotifers, zooplankton.

## INTRODUCCIÓN

Los embalses son cuerpos de agua lénticos, creados artificialmente para satisfacer diferentes necesidades humanas, entre ellas, el riego, abastecimiento de agua, generación eléctrica, pesca, etc., lo que les da unas características muy particulares, haciendo que su estudio sea complejo pero necesario para mantener su utilidad en el tiempo (Tundisi y Matsamura-Tundisi, 2008). Además, no son sistemas aislados, sino que están sujetos a la tensión que sobre ellos ejerce la cuenca de drenaje, lo que afecta la calidad del agua no solo dentro del embalse sino aguas abajo de los mismos.

Los estudios sobre las comunidades biológicas en los embalses son importantes, toda vez que su distribución y su abundancia pueden variar dependiendo de las condiciones particulares de cada ecosistema, lo que permite identificar especies como indicadores de una calidad de agua determinada o unas condiciones ambientales específicas (Matsumura-Tundisi y Tundisi, 2003).

En estos cuerpos de agua, variables como el pH, la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto pueden afectar la distribución del zooplancton, alterando su ciclo de vida, su desarrollo y sus tasas reproductivas (Branco y Cavalcanti, 1998; Pinto-Coelho *et al.*, 1998; Bini *et al.*, 2008). De igual manera, en la escala temporal, dichas comunidades dependen indirectamente de las lluvias y el viento (Tundisi y Matsamura-Tundisi, 2008) y específicamente en los embalses, las rápidas fluctuaciones del nivel del agua y los ciclos estacionales modifican también la estructura de la comunidad y generan cambios en la composición de las especies (Aranguren y Monroy, 2014). Otras variables como la temperatura, la competencia intra e interespecífica, la depredación, y la calidad y disponibilidad de alimentos son también factores que pueden afectar la composición y abundancia de los organismos zooplanctónicos en los cuerpos de agua (Sampaio *et al.*, 2002).

El zooplancton de los ambientes acuáticos está constituido principalmente por rotíferos, cladóceros y copépodos, los cuales juegan un papel primordial en las cadenas alimenticias, transfiriendo materia y energía de los productores primarios a los niveles tróficos superiores (Pereira *et al.*, 2011). Con respecto a los rotíferos y los microcrustáceos filtradores, su importancia en el plancton es atribuida a su alta tasa reproductiva y la conversión de la producción primaria, de manera que ésta pueda ser utilizada por los consumidores secundarios, llegando a producir hasta el 30 % de la biomasa total del plancton (Nogrady, 1993). Los cladóceros alcanzan también altas biomásas, algunos son pelágicos, mientras que otros prefieren las regiones litorales de lagos y embalses, generalmente asociados a macrófitas y se alimentan básicamente de algas y perifiton (Infante, 1993; Sipaúba-Tabares y Rocha, 2001). Por otro lado, los copépodos cyclopoideos son carnívoros (depredadores), mientras que los calanoideos son predominantemente herbívoros y filtradores, presentan un alto grado de endemismo, con una

distribución geográfica muy restringida, por ser más sensibles a los cambios en las variables ambientales (Matsumura-Tundisi y Tundisi, 2003).

La comunidad planctónica del embalse La García es prácticamente desconocida, no se han realizado trabajos previos en esta temática específica, solo se encuentran algunos reportes y literatura gris relacionada con la medición de algunos parámetros morfométricos y levantamientos batimétricos, el seguimiento de algunas variables fisicoquímicas para cumplir con requerimientos de las autoridades ambientales, un trabajo de grado relacionado con la modelación de la erosión hídrica en la cuenca realizado por Villa (2012), el trabajo de Jaramillo-Londoño (2018) en el que se describe un afloramiento de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, y el de Jaramillo-Londoño (2020) sobre la descripción de la dieta de *Asplanchna girodi* (de Guerne, 1888) presente en el embalse.

El objetivo principal de este trabajo es, en primer lugar, conocer la composición y abundancia del ensamble zooplanctónico en el embalse La García y establecer si existe alguna relación entre estas, y las variables físicas y químicas medidas en el embalse, y en segundo lugar que la información obtenida pueda ser utilizada como línea base para futuros trabajos, ya que realmente son escasos los estudios limnológicos en este ecosistema en particular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Embalse La García se construyó en el año 1951 con el objeto de generar energía y abastecer de agua a una empresa textil de la ciudad de Medellín (Colombia) llamada FABRICATO S.A. Está ubicado en la región central del departamento de Antioquia (6°21'41"N y 75°36'06"W; Datum WGS84) a 20 km al norte de la ciudad de Medellín y a una altura de 2416 m.s.n.m, la ubicación del embalse y de las estaciones de muestreo puede encontrarse en Jaramillo-Londoño (2020).

El embalse almacena un total de 1,4 millones de m<sup>3</sup>, su espejo de agua cubre un total de 30.6 ha, tiene una profundidad máxima de 15 m y una profundidad media de 5 m, con prolongados períodos de estratificación térmica. El clima de la región es frío, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 16 °C, es un típico embalse altoandino ecuatorial, caracterizado por dos estaciones lluviosas (la primera entre los meses de abril y junio y la segunda entre septiembre y noviembre) y dos estaciones secas (la primera mucho más acentuada entre los meses de diciembre a marzo y la segunda entre julio y agosto) determinadas principalmente por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

En un programa de monitoreo realizado en este embalse se tomaron muestras en tres meses distintos, en tres estaciones de muestreo. Las muestras fueron tomadas entre las 10:00 y las 14:00 horas los días 17 de junio, 1 de agosto y 11 de septiembre del año 2014. La estación uno (E1) la más profunda (11 m) cerca de la presa, la estación dos (E2) en

una zona intermedia con 9 m de profundidad y la estación tres (E3) la menos profunda (4 m) al ingreso de la quebrada La García en el embalse.

La empresa FABRICATO S.A. suministró los datos mensuales de precipitación (mm). En cada visita, se utilizó un termómetro de mercurio para medir la temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) y se midió la transparencia (m) de la columna de agua usando un disco Secchi de 20 cm de diámetro con bandas blancas y negras alternadas. La conductividad eléctrica ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) y el pH se midieron subsuperficialmente con un multiparámetro portátil Hach® modelo HQ40D. Empleando este mismo equipo, se realizaron perfiles de temperatura y oxígeno disuelto ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), a cada metro de profundidad, desde la superficie al fondo de la columna de agua.

Para la colecta de zooplancton, en cada estación, se tomaron muestras en la columna de agua en cinco profundidades (subsuperficie, mitad de la zona fótica, límite de la zona fótica, mitad de la columna y fondo) usando una botella muestreadora de 10 L de capacidad. El contenido de la botella se filtró a través de una red de plancton con malla de  $30\ \mu\text{m}$  de poro, los organismos fueron narcotizados utilizando agua carbonatada antes de ser fijados con formalina (concentración final del 4 % aproximadamente). El material colectado fue transportado al Laboratorio de Limnología de la Universidad de Medellín para su identificación y conteo, empleando para ello un microscopio invertido Leika DMIN en 100X y las claves taxonómicas de Koste, 1978; Sendacz y Kubo, 1982; Reid, 1985; Koste y Shield, 1987; Shield y Koste, 1993; Paggi, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997 y Fernando, 2002. La densidad numérica en cada estación (como  $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ) se estimó como el promedio de todos los individuos presentes en cada una de las muestras empleando una celda de recuento de Sedgwick-Rafter.

Con base en los datos de densidad total ( $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ) se estimó la densidad relativa (%) de cada especie y se calcularon los evaluadores de la estructura de la comunidad zooplancónica, como riqueza numérica (número de taxa), diversidad (Shannon y Weaver, 1949), dominancia (Simpson, 1949) y equidad (Pielou, 1975). Con el fin de establecer relaciones entre las variables medidas se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (Zar, 1984), aplicando previamente a todos los datos una transformación Log ( $X+1$ ), excepto para el pH, con el fin de estabilizar la varianza, utilizando para ello el programa estadístico PAST V. 4.07.

## RESULTADOS

La (Tabla 1) muestra los valores de las variables fisicoquímicas y biológicas medidas en cada una de las estaciones de muestreo durante los tres monitoreos realizados. El primer monitoreo correspondió al final de la primera temporada lluviosa del año en la que se alcanzó una precipitación mensual de 142 mm, el segundo muestreo coincidió con la segunda temporada seca del año donde se registró un valor mensual de 65 mm y el tercer monitoreo se realizó al inicio

de la segunda temporada lluviosa del año en la que se registró una precipitación mensual de 180 mm.

La temperatura del aire estuvo entre 19 y  $27\ ^{\circ}\text{C}$  mientras que la temperatura del agua solo alcanzó un valor máximo  $21,7\ ^{\circ}\text{C}$ ; la transparencia Secchi se mantuvo entre los 0,6 y los 1,2 m; la zona fótica fue inferior a los 3,0 m en las tres estaciones; la concentración de oxígeno disuelto en la superficie del embalse fue superior a los  $6,0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y el pH fue mayor a 9,2; la conductividad eléctrica no superó los  $58\ \text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

La densidad total de los organismos del zooplancton osciló entre 557,3 y 2890,8  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , las densidades más altas se presentaron durante el segundo muestreo (coincidiendo con la temporada de menor precipitación) y en general las densidades más altas se presentaron en la estación tres que es la menos profunda. Los valores de la riqueza de especies fluctuaron entre 16 y 24 taxones y los de la diversidad entre 2,0 y 2,41 nats, encontrándose los valores mayores en la estación 1, la más profunda. Finalmente, la equidad alcanzó valores altos, variando entre 0,72 y 0,83 y la dominancia fue inferior a 0,17.

Los rotíferos fueron los que alcanzaron la mayor densidad (hasta 2347,3  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ), le siguieron los cladóceros (hasta 371,8  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y finalmente los copépodos (hasta 171,7  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ), estas altas densidades se presentaron durante el segundo muestreo correspondiente a la época de menor precipitación.

En la columna de agua, la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto mostraron un perfil clinógrado, revelando una ligera estratificación térmica y una drástica disminución del oxígeno hacia el fondo del embalse (Fig. 1).

El ensamble zooplancónico estuvo representado por un total de 30 taxones (24 rotíferos, cuatro cladóceros y dos copépodos), en la estación 1 se encontraron 29 especies, 23 en la estación dos y 22 en la estación tres. La mayor densidad relativa fue para los rotíferos, le siguieron los cladóceros y finalmente los copépodos (Tabla 2)

De los 12331,5  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$  contados, los rotíferos alcanzaron un 78,7 % de la densidad total (entre 424,5 y 2347,8  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ), los cladóceros un 13,6 % (entre 51,3 y 371,8  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y los copépodos solo un 7,7 % (entre 81,3 y 171,7  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ). La familia Brachionidae (con once especies) fue la que más taxones presentó.

De las 30 especies encontradas, siete de ellas representaron un 85,1 % de la densidad total. Cinco rotíferos: *Asplanchna girodi* de Guerne, 1888 (con 2296,1  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , alcanzó el 18,6 % de la densidad total), *Pompholix complanata* Gosse, 1851 (con 1929,6  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 15,6 %), *Conochilus dossuarius* Hudson, 1885 (con 1839,9  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 14,9 %), *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943 (con 1300,3  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 10,5 %) y *Keratella americana* Carlin, 1943 (con 912,4  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 7,4 %); un cladóceros: *Bosmina longirostris* O. F. Müller, 1776 (con 1549,3  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 12,6 %) y un copépodo: *Tropocyclops prasinus* Fischer, 1860 (con 678,2  $\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ , el 5,5 %), las demás especies no superaron el 3,5 % de la densidad total.

Tabla 1. Variables medidas en el embalse La García en cada una de las estaciones de muestreo durante los tres monitoreos realizados.

	MUESTREO 1			MUESTREO 2			MUESTREO 3		
	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Precipitación (mm)	142,0	142,0	142,0	65,0	65,0	65,0	180,0	180,0	180,0
Profundidad (m)	11,0	9,0	4,0	11,0	9,0	4,0	11,0	9,0	4,0
Temperatura ambiente (°C)	22,0	20,0	21,0	20,0	20,0	20,0	19,0	25,0	27,0
Temperatura del agua (°C)	21,5	21,1	21,1	19,6	19,6	19,3	21,6	21,7	21,4
Transparencia Secchi (m)	1,2	0,8	0,6	0,9	0,9	0,6	1,0	0,8	0,6
Oxígeno disuelto (mg.L <sup>-1</sup> )	8,3	8,1	9,1	11,9	9,8	8,4	7,9	7,5	6,0
pH (Unidades de pH)	13,2	10,9	10,3	9,8	9,7	9,6	10,6	9,5	9,2
Conductividad (mS.cm <sup>-1</sup> )	52,1	53,1	54,5	47,6	46,5	58,0	47,9	46,9	43,5
Densidad total (ind.L <sup>-1</sup> )	557,3	577,2	844,0	1517,7	2419,5	2890,8	1093,1	1188,8	1243,2
Riqueza de especies (S)	24	18	19	19	17	16	20	19	20
Diversidad de Shannon (H')	2,36	2,41	2,32	2,16	2,14	2,00	2,31	2,21	2,22
Equidad de Pielou (J')	0,74	0,83	0,79	0,73	0,75	0,72	0,77	0,75	0,74
Dominancia de Simpson (D)	0,11	0,10	0,12	0,16	0,15	0,17	0,12	0,12	0,13
Densidad de Rotíferos (ind.L <sup>-1</sup> )	424,5	440,2	624,8	1234,2	2089,6	2347,3	774,2	882,4	887,9
Densidad de Cladóceros (ind.L <sup>-1</sup> )	51,3	52,4	131,4	172,9	204,9	371,8	231,3	214,6	246,3
Densidad de Copépodos (ind.L <sup>-1</sup> )	81,3	84,8	87,6	110,4	125,2	171,7	87,7	91,8	108,9

Tabla 2. Densidad de organismos (ind.L<sup>-1</sup>) del zooplancton colectados durante el monitoreo en el embalse La García.

Phyllum	Orden	Familia	Especie	Est1	Est2	Est3	Dtotal	Drel
Rotifera	Ploimida	Brachionidae	<i>Anuraeopsis navicula</i> Rousselet, 1911	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
			<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
			<i>B. caudatus</i> Barrois y Daday, 1894	6,2	2,1	0,6	8,9	0,1
			<i>B. dolabratus</i> Harring, 1914	7,4	1,7	4,0	13,1	0,1
			<i>B. falcatus</i> Zacharias, 1898	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0
			<i>B. havanaensis</i> Rousselet, 1911	1,4	0,0	0,3	1,7	0,0
			<i>B. mirus</i> Daday, 1905	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
			<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	394,9	334,8	182,7	912,4	7,4
			<i>K. cochlearis</i> Gosse, 1851	159,3	191,1	45,9	396,3	3,2
			<i>K. lenzi</i> Hauer, 1953	3,1	7,3	0,9	11,3	0,1
			<i>K. tropica</i> Apstein, 1907	0,3	0,3	0,0	0,6	0,0
		Colurellidae	<i>Lepadella patella</i> Müller, 1786	3,0	3,7	0,3	7,0	0,1
		Proalidae	<i>Proales</i> sp. Gosse, 1886	0,8	0,5	2,1	3,4	0,0

Phylum	Orden	Familia	Especie	Est1	Est2	Est3	Dtotal	Drel
		Notommatidae	<i>Cephalodella gibba</i> Ehrenberg, 1830	7,6	24,3	31,3	63,2	0,5
		Trichocercidae	<i>Trichocerca similis</i> Wierzejski, 1893	91,1	103,0	237,5	431,6	3,5
		Synchaetidae	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	257,3	274,9	768,1	1300,3	10,5
			<i>Synchaeta</i> sp. Ehrenberg, 1832	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0
		Asplanchnidae	<i>Asplanchna girodi</i> De Guerne, 1888	305,7	879,1	1111,3	2296,1	18,6
	Flosculariaceae	Testudinellidae	<i>Pompholix complanata</i> Gosse, 1851	623,1	660,9	645,6	1929,6	15,6
			<i>Testudinella mucronata</i> Gosse, 1886	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
		Conochilidae	<i>Conochiloides dossuarius</i> Hudson, 1885	410,0	684,9	745,0	1839,9	14,9
		Hexarthridae	<i>Hexarthra intermedia</i> Wiszniewski, 1929	27,1	30,8	52,2	110,1	0,9
		Filinidae	<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg, 1834	1,7	3,5	1,1	6,3	0,1
			<i>Filinia opoliensis</i> Zacharias, 1898	129,5	209,3	31,2	370,0	3,0
Arthropoda	Cladocera	Sididae	<i>Diaphanosoma polyspinum</i> Korovchinsky, 1982	22,7	38,3	49,5	110,5	0,9
		Daphnidae	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	4,7	2,5	9,6	16,8	0,1
			<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1885	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
		Bosminidae	<i>Bosmina longirostris</i> Müller, 1776	428,1	430,8	690,4	1549,3	12,6
	Calanoida	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> Marsh, 1907	60,0	88,1	123,1	271,2	2,2
	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Tropocyclops prasinus</i> Fischer, 1860	219,4	213,7	245,1	678,2	5,5

Est1: Estación 1; Est2: Estación 2; Est3: Estación 3; Dtotal: Densidad total (ind.L<sup>-1</sup>), Drel: Densidad relativa (%).

La (Fig. 2) muestra la variación espacial y temporal de los organismos zooplanctónicos más abundantes en el embalse La García.

Espacialmente, durante los dos primeros muestreos, las especies *K. americana* y *P. complanata* mostraron una preferencia a ubicarse en las estaciones de mayor profundidad (las estaciones 1 y 2), sin embargo, para el tercer muestreo, coincidiendo con el inicio de la segunda temporada lluviosa del año, el patrón fue ligeramente diferente, mostrando una tendencia a aumentar hacia la estación tres (la más somera). Por su parte, *A. girodi* y *P. vulgaris* se ubicaron hacia la estación tres, la más somera del embalse (Fig. 2a).

La (Fig. 2b) muestra la variación temporal de estas mismas poblaciones en el embalse; aquí las poblaciones de *K. americana* y *B. longirostris* presentaron una tendencia general a aumentar su densidad en los momentos de mayor pluviosidad, durante el primero y tercer muestreo, mientras que para *A. girodi* y *P. complanata* el patrón es contrario, mostrando mayores densidades durante el segundo muestreo correspondiente al momento de menor pluviosidad.

En la (Tabla 3) se pueden apreciar los valores calculados del Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables

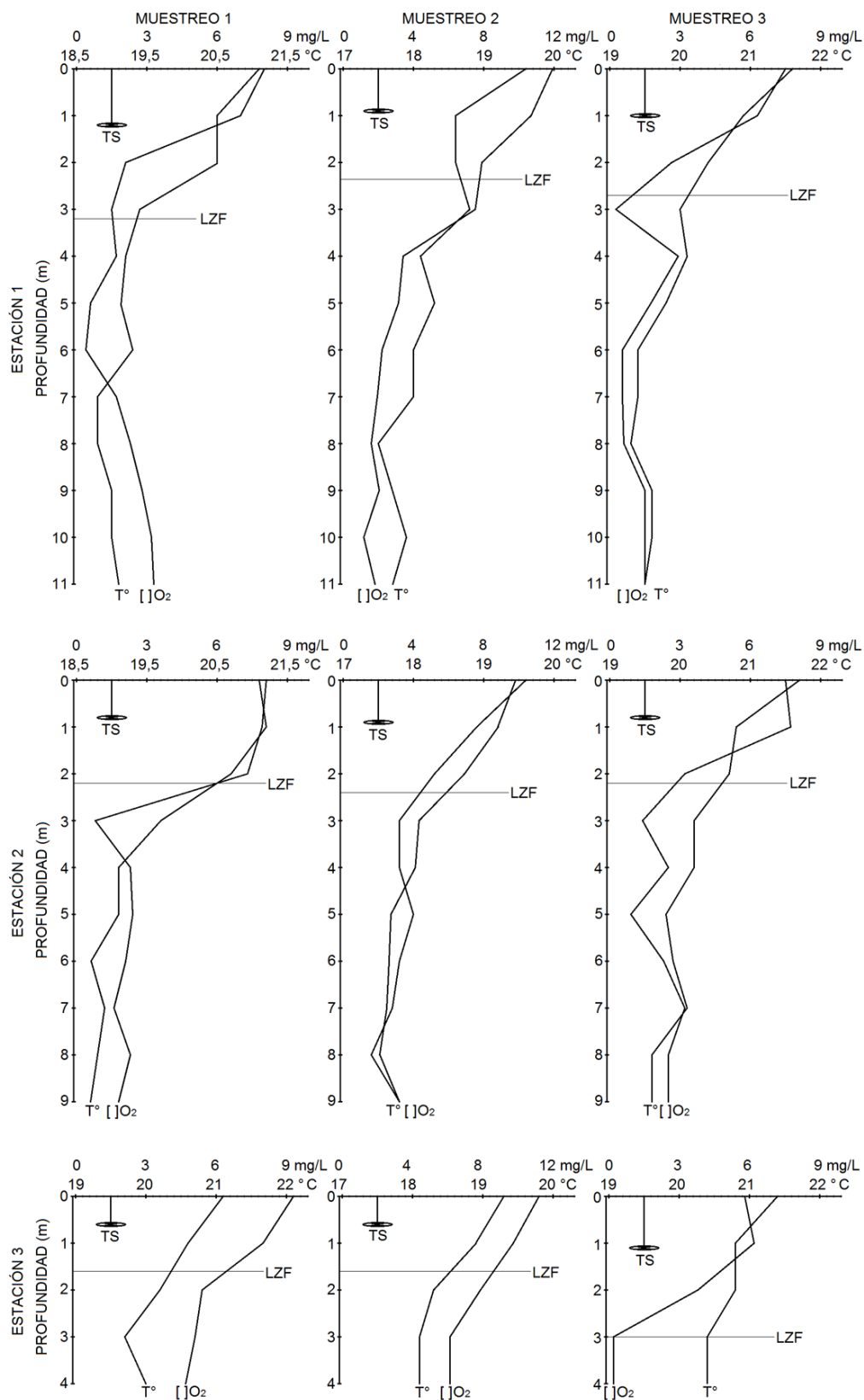
físicas, químicas y biológicas medidas en las tres estaciones de muestreo a lo largo del período evaluado.

La precipitación estuvo estadísticamente correlacionada de manera positiva con la temperatura del agua ( $r=0,98$ ) y con la diversidad ( $r=0,73$ ) y negativa con la concentración de oxígeno disuelto ( $r=-0,73$ ), la densidad total ( $r=-0,70$ ), la dominancia ( $r=-0,81$ ), la densidad de rotíferos ( $r=-0,75$ ) y la densidad de copépodos ( $r=-0,75$ ).

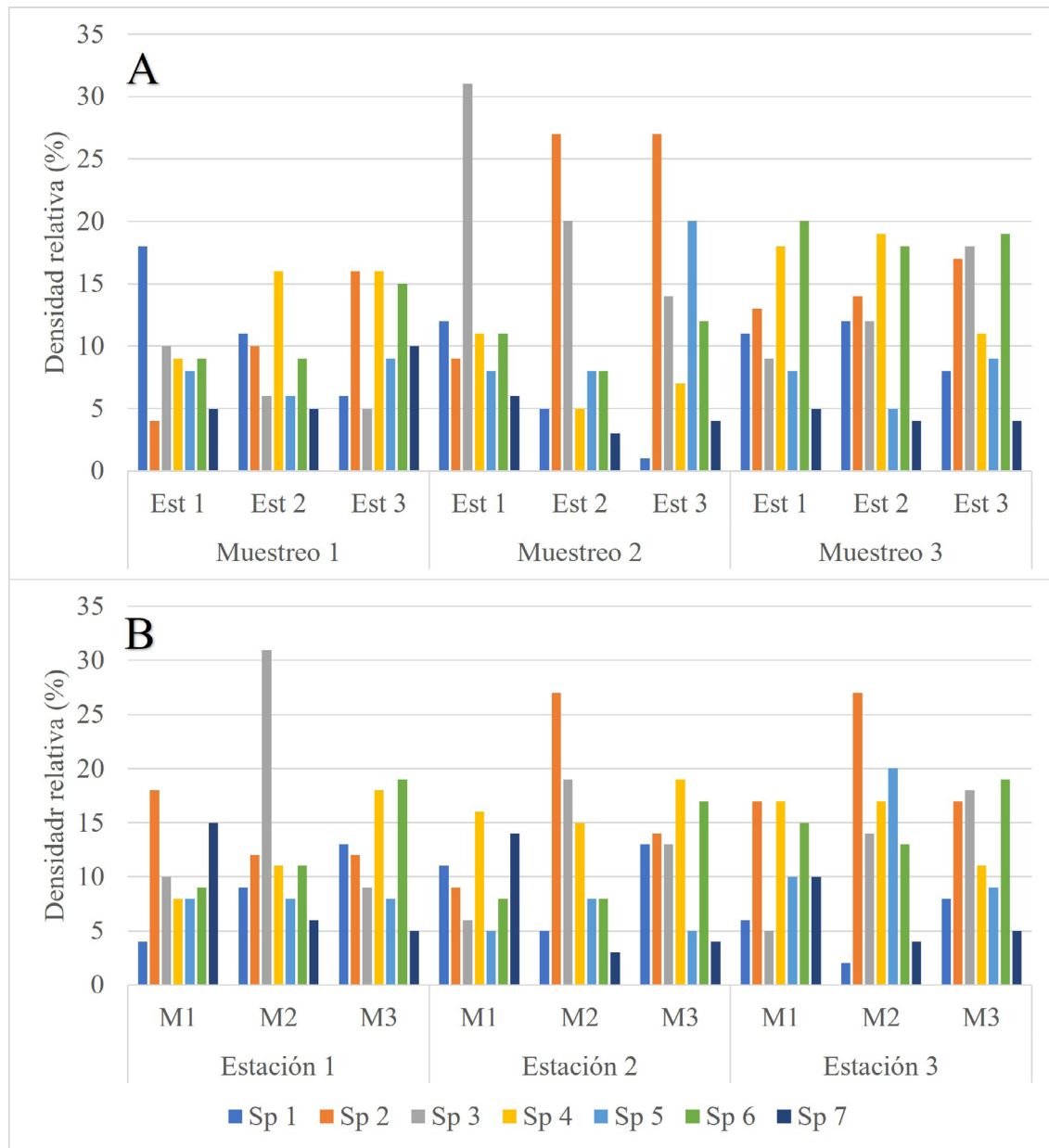
La profundidad presentó una correlación positiva con la transparencia Secchi ( $r=0,93$ ) y la temperatura ambiente mostró una correlación negativa con la concentración de oxígeno disuelto ( $r=-0,68$ ).

La temperatura del agua mostró una correlación positiva con la diversidad ( $r=0,71$ ) y negativa con la concentración de oxígeno disuelto ( $r=-0,70$ ), la densidad total ( $r=-0,69$ ), la dominancia ( $r=-0,77$ ), y las densidades de rotíferos ( $r=-0,74$ ) y de copépodos ( $r=-0,75$ ).

El pH se correlacionó de manera positiva con la transparencia Secchi ( $r=0,68$ ), la riqueza de especies ( $r=0,73$ ) y la diversidad ( $r=0,67$ ) y negativa con la densidad total ( $r=-0,70$ ) y las densidades de rotíferos ( $r=-0,67$ ) y de cladóceros ( $r=-0,80$ ).



**Figura 1.** Perfiles de temperatura del agua ( $T^\circ$ ) y oxígeno disuelto ( $[ ] O_2$ ), y valores de la transparencia Secchi (TS) y profundidad de la zona fótica (LZF) en cada una de las estaciones de muestreo del embalse La García durante los tres muestreos realizados.



**Figura 2.** Variación (A) espacial y (B) temporal de las poblaciones zooplanctónicas más abundantes en el embalse La García (Sp 1. *K. americana*; Sp 2. *A. girodi*; Sp 3. *P. complanata*; Sp 4. *C. dossuarius*; Sp 5. *P. vulgaris*; Sp 6. *B. longirostris* y Sp 7. *T. prasinus*).

La densidad total se correlacionó positivamente con la dominancia ( $r=0,88$ ), y las densidades de rotíferos ( $r=1,00$ ), cladóceros ( $r=0,86$ ) y copépodos ( $r=0,91$ ) y negativa con la riqueza ( $r=-0,71$ ) y la diversidad ( $r=-0,96$ ).

La riqueza de especies se correlacionó negativamente con las densidades de rotíferos ( $r=-0,72$ ) y de copépodos ( $r=-0,71$ ) y positiva con la diversidad ( $r=0,71$ ), a su vez, esta última se correlacionó negativamente con la dominancia ( $r=-0,92$ ), y las densidades de rotíferos ( $r=-0,95$ ), cladóceros ( $r=-0,81$ ) y copépodos ( $r=-0,96$ ).

Entre la dominancia y la equidad la correlación fue negativa ( $r=-0,66$ ). La dominancia mostró una correlación

positiva con las densidades de rotíferos ( $r=0,89$ ), cladóceros ( $r=0,67$ ) y copépodos ( $r=0,90$ ). La densidad de rotíferos se correlacionó positivamente con las densidades de cladóceros ( $r=0,81$ ) y copépodos ( $r=0,92$ ) y por último las densidades de cladóceros y de copépodos mostraron una correlación positiva ( $r=0,71$ ) entre ellas.

Durante el período de estudio se presentó una floración de *C. furcoides* en el embalse, que pasó de 22322 ind.L<sup>-1</sup> durante el primer muestreo hasta alcanzar una densidad de 111236 ind.L<sup>-1</sup> en el tercer muestreo (Jaramillo-Londoño, 2018).

**Tabla 3.** Matriz de correlación entre las variables físicas, químicas y biológicas medidas en el embalse La García. Se muestran los valores del coeficiente de correlación de Pearson (r) y el valor de p. Los valores de las correlaciones resaltados fueron aquellos que presentaron significancia estadística (p<0,05), los datos fueron transformados Log (X+1).

r \ p	Prec	Prof	Tamb	Tagua	TSec	Odis	pH	Cond	Dtot	Riq	Div	Equi	Dom	Drot	Dcla	Dcop
Prec		1,00	0,16	0,00	0,92	0,03	0,54	0,47	0,04	0,12	0,03	0,34	0,01	0,02	0,47	0,02
Prof	0,00		0,35	0,84	0,00	0,29	0,22	0,53	0,46	0,30	0,32	0,85	0,52	0,51	0,27	0,23
Tamb	0,51	-0,35		0,12	0,42	0,04	0,56	0,15	0,74	0,41	0,84	0,29	0,51	0,67	0,78	0,76
Tagua	0,98	0,08	0,56		0,72	0,03	0,43	0,48	0,04	0,07	0,03	0,54	0,02	0,02	0,43	0,02
TSec	0,04	0,93	-0,31	0,14		0,42	0,04	0,72	0,35	0,09	0,23	0,92	0,58	0,40	0,18	0,21
Odis	-0,73	0,40	-0,68	-0,70	0,31		0,87	0,54	0,57	0,63	0,55	0,86	0,29	0,47	0,80	0,70
pH	0,24	0,45	-0,22	0,30	0,68	0,07		3,31	0,04	0,02	0,05	0,59	0,32	0,05	0,01	0,12
Cond	-0,28	-0,24	-0,52	-0,27	-0,14	0,23	0,38		0,84	0,59	0,85	0,45	0,55	0,89	0,52	0,63
Dtot	-0,70	-0,28	-0,13	-0,69	-0,36	0,22	-0,70	-0,08		0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Riq	0,56	0,39	0,32	0,63	0,59	-0,19	0,73	-0,21	-0,71		0,03	0,82	0,17	0,03	1,12	0,03
Div	0,73	0,37	0,08	0,71	0,44	-0,23	0,67	-0,08	-0,96	0,71		0,09	0,00	0,00	0,01	0,00
Equi	0,36	0,07	-0,40	0,24	-0,04	-0,07	0,21	0,29	-0,57	-0,09	0,59		0,05	0,11	0,18	0,16
Dom	-0,81	-0,25	-0,25	-0,77	-0,21	0,40	-0,37	0,23	0,88	-0,50	-0,92	-0,66		0,00	0,05	0,00
Drot	-0,75	-0,26	-0,16	-0,74	-0,32	0,27	-0,67	-0,05	1,00	-0,72	-0,95	-0,57	0,89		0,01	0,00
Dcla	-0,28	-0,41	0,11	-0,30	-0,49	-0,10	-0,80	-0,25	0,86	-0,56	-0,81	-0,49	0,67	0,81		0,03
Dcop	-0,75	-0,45	-0,12	-0,75	-0,46	0,15	-0,56	0,19	0,91	-0,71	-0,96	-0,51	0,90	0,92	0,71	

Prec: Precipitación; Prof: Profundidad; Tamb: Temperatura ambiente; Tagua: Temperatura del agua; TSec: Transparencia Secchi; Odis: Oxígeno disuelto; Cond: Conductividad; Dtot: Densidad total; Riq: Riqueza de especies; Div: Diversidad de Shannon; Equi: Equidad de Pielou; Dom: Dominancia de Simpson; Drot: Densidad de rotíferos; Dclad: Densidad de Cladóceros; Dcop: Densidad de Copépodos.

DISCUSIÓN

Este trabajo se constituye en la primera investigación relacionada con las comunidades planctónicas en este embalse, ya que hasta el momento solo se han realizado dos trabajos, el primero de ellos reporta una floración de *C. fucoides* (Jaramillo-Londoño, 2018) y el otro proporciona datos acerca de la dieta de *A. girodi* en el embalse (Jaramillo-Londoño, 2020).

El zooplancton desempeña un papel fundamental en los cuerpos de agua, ya que por lo regular se alimenta de algas, bacterias o detritos, iniciando así la formación de las cadenas tróficas, siendo la base de la productividad secundaria de los ecosistemas acuáticos, éste puede modificar la estructura del fitoplancton a causa del consumo diferencial de algunas especies, que por su forma o tamaño, sean más fáciles de ingerir (Rodríguez y Aranguren, 2010), por lo que se convierten en un canal de transmisión del flujo de energía de los productores primarios a los consumidores superiores

y son un ítem importante en la dieta de los peces y otros depredadores (Almeida *et al.*, 2009; Torres-Bejarano *et al.*, 2014), en el caso particular de este embalse no se tienen estudios relacionados con el fitoplancton o las comunidades de peces que allí se encuentran por lo que no es posible, por el momento, establecer su real papel en este ecosistema.

De manera general, la densidad relativa de las especies de rotíferos presentes en los cuerpos de agua serían un reflejo del tipo y tamaño del alimento disponible, lo que permitiría comprender algunos aspectos de la ecología del zooplancton en los ecosistemas acuáticos. En este sentido, Gilbert (2022) propone cuatro categorías de nichos alimenticios (polífagos, micrófagos, macrófagos alguívoros y macrófagos omnívoros y predadores) con las que se podría caracterizar la estructura trófica de la comunidad de rotíferos que aquí se encuentra. Esas cuatro categorías están representadas en las cinco especies de rotíferos que alcanzaron las mayores densidades relativas: (*Keratella* sp.) polífagos que se alimentan de detritos finos, agregados orgánicos,



pico y nanoplancton y microplancton entre 20 y 50 micras; (*Pompholix* sp. y *Conochiloides* sp.) micrófagos que se alimentan principalmente de detritos finos y agregados orgánicos, pico y nanoplancton entre dos y diez micras; (*Polyarthra* sp.) macrófagos alguívoros que se alimentan de algas entre cinco y 50 micras; y finalmente (*Asplanchna* sp.) macrófagos omnívoros y predadores que se alimenta de protozoos, metazoos y algas entre cinco y 250 micras. Sería necesario un trabajo más profundo y detallado para determinar el grado en que los rotíferos comparten y compiten por recursos con otros organismos presentes en el ecosistema como protozoos, cladóceros y copépodos.

El phylum Rotifera es, junto con Cladocera y Copepoda, uno de los tres principales grupos del zooplancton dulceacuícola y en muchos casos contribuyen con un alto número de especies a la diversidad del zooplancton local (Sa-Ardrit *et al.*, 2013), adicionalmente conforman el segundo eslabón en la cadena alimenticia acuática, siendo una importante fuente de alimento de algunos invertebrados y peces (Bekleyen, 2001).

Entre el zooplancton, los rotíferos son notablemente los más abundantes y diversos, esta riqueza es un buen indicador de su importancia en relación con el flujo de la energía y el ciclo de los nutrientes, adicionalmente el hecho de ser oportunistas, de estrategia r y pequeño tamaño, ciclo de vida corto y amplia tolerancia a una variedad de factores ambientales, de alguna manera explican el éxito de estos organismos en los ambientes acuáticos (Neves *et al.*, 2003). Ellos filtran material suspendido de diferentes tamaños (desde bacterias hasta algas filamentosas), aunque son menos dependientes de estas últimas si se comparan con los cladóceros (Conde-Porcuna *et al.*, 2002), emplean diferentes estrategias (desde generalistas a especialistas) para obtener el alimento, y cuando las condiciones ambientales son favorables, sus tasas de crecimiento son extremadamente rápidas y sus tiempos de desarrollo se hacen mucho más cortos (Thouvenot *et al.*, 2000; Bonecker *et al.*, 2005).

En este embalse los rotíferos fueron los que alcanzaron las mayores densidades, comparados con los cladóceros y copépodos, temporalmente, durante el segundo muestreo, coincidiendo con el momento donde los niveles de precipitación fueron los más bajos y espacialmente, en la estación 3 donde la altura de la columna de agua era menor. También fueron los que alcanzaron la mayor riqueza de especies (entre 17 y 24 especies). Este es un patrón común en los cuerpos de agua tropicales y subtropicales (Dumont, 1983). La familia con mayor número de especies (11) fue Brachionidae, considerada típica y muy frecuente en este tipo de ambientes (Aranguren y Monroy, 2014). En los ambientes pelágicos son frecuentes especies del género *Keratella* y *Polyarthra* y en las áreas más someras son más abundantes los géneros *Brachionus* y *Hexarthra* y en ambientes eutróficos es común encontrar especies de los géneros *Trichocerca* y *Filinia* (Rüttner-Kolisko, 1974; Green, 2003).

Se ha asociado la presencia de ciertas especies de rotíferos con las condiciones tróficas de los ambientes en los que se encuentran. Por ejemplo, Nogueira (2001) y Sampaio *et al.* (2002), relacionaron la presencia de los rotíferos *Polyarthra* sp y *Conochilus* sp con las condiciones oligotróficas de los embalses del río Paranapanema. Otros estudios han mostrado cómo, por ejemplo, la presencia del género *Brachionus* es un indicador de niveles de polución orgánica de moderados a altos, *Keratella* es una especie cosmopolita, euritámica e indicadora de condiciones eutróficas y *Trichocerca* es frecuentemente encontrada en ambientes eutróficos (Duggan *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2005; Tackx *et al.*, 2006; Mageed, 2007), sin embargo, y pese a que todas éstas especies están presentes en densidades considerables en este cuerpo de agua, es necesario realizar estudios más profundos para poder establecer el estado trófico del embalse.

El género *Asplanchna* ha sido catalogado principalmente como omnívoro, es un depredador voraz, usualmente caníbal, y puede alimentarse de una cantidad de especies de rotíferos y cladóceros de pequeño tamaño, además del forrajeo sobre varias especies de algas y detritos (Gilbert, 1980; Thatcher *et al.*, 1993; Villabona-González *et al.*, 2014). Autores como Choi *et al.* (2015) observaron también que entre las presas preferidas de *Asplanchna* están los rotíferos pelágicos de los géneros *Polyarthra* y *Keratella*. Estrada-Posada y Giraldo-Moy (2018) encontraron que entre las presas consumidas se encuentran los dinoflagelados del género *Ceratium* y rotíferos de los géneros *Polyarthra*, *Keratella* y *Bosmina*, entre otros, que también son abundantes en este embalse. Finalmente, Jaramillo-Londoño (2020), mostró evidencias de consumo de especies de los géneros *Ceratium*, *Asplanchna*, *Filinia*, *Keratella*, *Pompholyx*, *Trichocerca* y *Bosmina* en este mismo embalse. La densidad de rotíferos se vio favorecida por las condiciones ecológicas propias del período de menor precipitación en la zona del embalse.

Los cladóceros son un componente importante de la mayoría de las comunidades zooplanctónicas lacustres, gracias a su capacidad para filtrar partículas dentro de un rango de tamaño específico, que incluye bacterias, protozoos, detritos y algas, por lo que estos organismos aprovechan una diversidad de recursos de diferente calidad, sin embargo, su capacidad de selección es limitada y esto determina de alguna manera su historia de vida en los ecosistemas acuáticos (Abrantes *et al.*, 2006). *B. longirostris* es una especie típica de ambientes eutróficos y ha sido ampliamente reportada en varios embalses de Colombia (Roldán y Ruiz, 2001), esta especie prefiere filtrar partículas entre uno y cinco micras y puede sobrevivir con material alimenticio alternativo, como pequeñas partículas detríticas y bacterioplancton. Las mayores densidades de esta especie se encontraron durante la época de mayor precipitación en el embalse, lo que puede estar relacionado con un mayor aporte de materia orgánica, detritos y bacterias, producto del arrastre del material

proveniente de la cuenca y que puede ser más fácilmente aprovechado por ella.

Para Matsumura-Tundisi *et al.* (1997), el copépodo *Tropocyclops prasinus*, es una especie que está adaptada a ambientes con bajos contenidos de oxígeno y ricos en detritos, por su parte, Melão y Rocha (2004), encontraron una alta abundancia de *T. prasinus* durante la temporada de lluvias, como respuesta al incremento de los aportes de material alóctono en el embalse Lagoa Dourada, en el estado de Sao Paulo, Brasil, para este estudio se observó una mayor densidad de esta especie durante el primer muestreo, que fue realizado al finalizar la primera temporada de lluvias del año.

## CONCLUSIONES

Este trabajo se constituye en la primera aproximación al conocimiento de la estructura y composición de la comunidad zooplanctónica en este embalse, se destaca el predominio de las poblaciones de rotíferos sobre las de cladóceros y copépodos. Las mayores densidades de organismos del zooplancton se encontraron en la estación menos profunda del embalse y durante la época de menor precipitación, mientras que en la estación más profunda fue la que se alcanzó la mayor riqueza de especies.

Se espera en el futuro poder realizar un estudio más detallado y extenso en el embalse, relacionado, no solo con el zooplancton y su dinámica espacial y temporal sino también con el fitoplancton y los peces presentes, con el fin de tener un conocimiento más completo de este ecosistema.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a Jorge Sanabria Agudelo por su colaboración, a la empresa Fabricato S.A., por el permiso otorgado para la realización de los muestreos y a los revisores anónimos, quienes con sus comentarios contribuyeron a mejorar el manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existen conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Abrantes, N., Antunes, S. C., Pereira, M. J. and Gonçalves, F. (2006). Seasonal succession of cladocerans and phytoplankton and their interactions in a shallow eutrophic lake (Lake Vela, Portugal). *Acta Oecol*, 29(1), 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2005.07.006>
- Almeida, V. L. S., Dantas, É. W., Melo-Júnior, M., Bittencourt-Oliveira, M. C. and Moura, A. N. (2009). Zooplanktonic community of six reservoirs in Northeast Brazil. *Braz J Biol*, 69(1), 79-87. <https://dx.doi.org/10.1590/s1519-69842009000100007>
- Aranguren, N. J. y Monroy, J. D. (2014). Respuesta del zooplancton en un sistema tropical (Embalse La Chapa, Colombia) con alta tensión ambiental. *Acta Biol Colomb*, 19(2), 281-290. <https://doi.org/10.15446/abc.v19n2.38095>
- Bekleyen, A. (2001). A Taxonomical Study on the Rotifera Fauna of Devegeçidi Dam Lake (Diyarbakir-Turkey). *Turk J Zool*, 25(3), 251-255. <https://journals.tubitak.gov.tr/zooology/vol25/iss3/12>
- Bini, L. M., Silva, L. C., Velho, L. F. M., Bonecker, C. C. and Lansac-Tôha, F. A. (2008). Zooplankton assemblages concordance patterns in Brazilian Reservoirs. *Hydrobiologia*, 598(1), 247-255. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9157-3>
- Bonecker, C. C., da Costa, C. L., Machado, L. and Lansac-Toha F. (2005). Diversity and abundance of the planktonic rotifers in different environments of the Upper Parana River floodplain (Parana State-Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia*, 546(1), 405-414. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-4283-2>
- Branco, C. W. and Cavalcanti, C. G. B. (1998). Ecologia das comunidades planctônicas no lago Paranoá. In: Henry R, editor, Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu, Brasil: FAPESP/FUNBIO; p. 576-595.
- Castro, B. B., Antunes, S. C., Pereira, R., Soares, A. M. V. and Gonçalves F. (2005). Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. *Hydrobiologia*, 543, 221-232. <https://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-7453-8>
- Choi, J. Y., Jeong, K. S., La, G. H., Chang, K. H. and Joo, G. J. (2015). The influence of aquatic macrophytes on the distribution and feeding habits of two *Asplanchna* species (*A. priodonta* and *A. herrickii*) in shallow wetlands in South Korea. *J Limnol*, 74(1), 1-11. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.896>
- Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E. and Pérez-Martínez, C. (2002). Correlations between nutrient limitation and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Fresh Biol*, 47(8), 1463-1473. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00882.x>
- Duggan, I. C., Green, J. D. and Shiel, R. J. (2001). Distribution of rotifers in North Island, New Zealand, and their potential use as bioindicators of lake trophic state. *Hydrobiologia*, 446, 155-164. <https://dx.doi.org/10.1023/A:1017503407240>
- Dumont, H. J. (1983). Biogeography of rotifers. In: Pejler B, Starkweather R, Nogrady T, editors. Biology of Rotifers. Developments in Hydrobiology, vol 14. Springer, Dordrecht, p.19-30. [https://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-7287-2\\_4](https://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-7287-2_4)
- Elmoor-Loureiro, L. (1997). Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil. Editora Universa. Universidad Católica de Brasília, p. 156.

- Estrada-Posada, A. L. y Giraldo-Moy, M. A. (2018). Dinámica de la dieta de *Asplanchna girodi* (de Guerne, 1988) en un embalse tropical, Colombia. *Orinoquia*, 22(2), 189-203. <https://dx.doi.org/10.22579/20112629.527>
- Fernando, C. H. (2002). A guide to tropical freshwater zooplankton. Identification, ecology and impact on fisheries. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands, p. 291.
- Gilbert, J. J. (1980). Feeding in the rotifer *Asplanchna*: behavior, cannibalism, selectivity, prey defenses, and impact on rotifer communities. In: Kerfoot WC, editor. Evolution and ecology of zooplankton communities. Hanover: University Press of New England, p. 158-172.
- Gilbert, J. J. (2022). Food niches of planktonic rotifers: Diversification and implications. *Limnology and Oceanography*, 67(10), 2218-2251. <https://dx.doi.org/10.1002/lno.12199>
- Green, J. (2003). Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp. The Okavango Delta. Southern Africa. *Hydrobiologia*, 490(1-3), 197-209. <https://dx.doi.org/10.1023/A:1023475217987>
- Infante, A. G. (1993). Vertical and horizontal distribution of the zooplankton in Lake Valencia, 6(1), 97-105.
- Jaramillo-Londoño, J. C. (2018). *Ceratium furcoides* (Dinophyceae): un dinoflagelado invasor en un embalse alto andino ecuatorial en Colombia. *Rev UDCA Act & Div Cient*, 21(1), 265-269. <https://dx.doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.686>
- Jaramillo-Londoño, J. C. (2020). Composición de la dieta de *Asplanchna girodi* (Ploima, Asplanchnidae) en un embalse altoandino ecuatorial en Colombia basado en observaciones de campo. *Oecol Aust*, 24(4), 949-956. <https://dx.doi.org/10.4257/oeco.2020.2404.18>
- Koste W. (1978). Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Überordnung Monogononta. Vol. II. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- Koste, W. and Shiel, R. J. (1987). Rotifera from Australian Inland. Waters II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebr Taxon*, 7(1), 949-1021. <https://dx.doi.org/10.1071/it9870949>
- Mageed, A. (2007). Distribution and long-term historical changes of zooplankton assemblages in lake Manzala (South Mediterranean Sea, Egypt). *Egypt J Aquat Res*, 33(1), 183-192.
- Matsumura-Tundisi, T. and Tundisi, J. G. (2003). Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo state (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia*, 504(1-3), 215-222. <https://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008521.43711.35>
- Matsumura-Tundisi, T., Rocha, O. and Tundisi, J. G. (1997). Carbon uptake by *Scolodiptomus corderoi* and *Thermocyclops minutus* on different size fractions of phytoplankton from Lake Dom Helvécio. In: Tundisi JG, Saijo Y, editors. Limnological studies on the Rio Doce valley lakes. Brazilian Academy of Sciences Publishing. Rio de Janeiro, p. 275-284.
- Melão, M. G. and Rocha, O. (2004). Life history, biomass and production of two planktonic cyclopoid copepods in a shallow subtropical reservoir. *J Plankton Res*, 26(8), 909-923. <https://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbh080>
- Neves, I. F., Rocha, O., Roche, K. F. and Pinto, A. A. (2003). Zooplankton community structure of two marginal lakes of the River Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of rotifera and cladocera diversity. *Braz J Biol*, 63(2), 329-343. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200018>
- Nogrady, T. (1993). Rotifera: Biology, ecology and systematics. Haia: SPB Academic Publishing. 1, 142 p.
- Nogueira, M. G. (2001). Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 455(1-3), 1-18. <https://dx.doi.org/10.1023/A:1011946708757>
- Paggi, J. C. (1995). Crustacea. Cladocera. En: Lopretto EC, Tell G, editores. Ecosistemas de aguas continentales. Metodología para su estudio II. Ediciones Sur, La Plata.
- Pereira, A., do Vasco, A. N., Britto, F. B., Mélo, Jr. A. V. and Nogueira, E. M. (2011). Biodiversidade e estrutura da comunidade zooplanctônica na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Rev Ambient Agua*, 6(2), 191-205. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.194>
- Pielou, E. C. (1975). Ecological diversity. Wiley Interscience. New York. 165 p.
- Pinto-Coelho, R. M., Nunes, C. M., Barbeitos, M., Moraes, C. A. and Guerra, S. T. O. (1998). Impacto da Refinaria Gabriel Passos na estruturação da comunidade zooplanctônica no reservatório de Ibirité, Betim, Minas Gerais. *Bios*, 6, 11-19.
- Reid, J. W. (1985). Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais Sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bolm Zool Univ São Paulo*, 9, 17-143. <https://doi.org/10.11606/issn.2526-3358.bolzoo.1985.122293>
- Rodríguez, A. y Aranguren, N. (2010). Estructura del zooplankton del lago Sochagota (Paipa, Boyacá): Análisis en dos épocas climáticas contrastantes. *Cien en Desarro*, 3(1), 135-148. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/276](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/276)
- Roldán, G. and Ruíz, E. (2001). Development of limnology in Colombia. In: Wetzel RG, Gopal B, editors. Limnology in Developing Countries. International Association of Limnology (SIL), p. 69-119.
- Rüttner-Kolisko, A. (1974). Plankton Rotifers: Biology and Taxonomy. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller). Gerbruder Ranz, Dietenheim, 146 p.

- Sa-Ardrit, P., Pholpunthin, P. and Segers, H. (2013). A checklist of the freshwater rotifer fauna of Thailand (Rotifera, Monogononta, Bdelloidea). *J Limnol*, 72(S2), 361-375. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2013.s2.e18>
- Sampaio, E. V., Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T. and Tundisi, J. G. (2002). Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema river. *Braz J Biol*, 62(3), 525-545. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842002000300018>
- Sendacz, S. and Kubo, E. (1982). Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do estado de São Paulo. *B Inst Pesca*, 9, 51-89.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949). The mathematical theory of information. Urbana. The University of Illinois Press, 117 p.
- Shield, R. J. and Koste, W. (1993). Rotifera from Australian inland waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). *Trans R Soc S Aus*, 117(3), 111-139.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sipaúba-Tavarez, L. H. and Rocha, O. (2001). Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. 3a ed. São Carlos: Rima, 106 p.
- Tackx, M. L. M., Pauw, N. D., Miegheem, R. V., Azémar, F., Hanonouti, A., Damme, S. V., Fiers, F., Daro, N. and Meire, P. (2006). Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and The Netherlands. Spatial and temporal patterns. *J Plankton Res*, 26, 133-141. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbh016>
- Thatcher, S. J., Davis, C. C. and Gardner, G. A. (1993). Physical and chemical effects of macrograzers and micrograzers on enclosed, in situ phytoplankton in a Newfoundland Lake. *Hydrobiologia*, 250(2), 127-141. <https://dx.doi.org/10.1007/BF00008234>
- Thouvenot, A., Debroas, D., Richardot, M., Jugnia, L. B. and De'vaux, J. (2000). A study of changes between years in the structure of plankton community in a newly-flooded reservoir. *Arch Hydrobiol*, 149, 131-152. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/149/2000/131>
- Torres-Bejarano, A. M., Duque, S. y Caraballo, P. (2014). Papel trófico del zooplankton a través del análisis de isótopos estables en un lago de inundación en la Amazonía colombiana. *Caldasia*, 36(2), 331-344. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia/v36n2.47488>
- Tundisi, J. G. and Matsumura-Tundisi, T. (2008). *Limnologia*. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos, 632 p.
- Villa, S. (2012). Modelación de la erosión hídrica a escala de cuenca en la zona alta de la quebrada La García del municipio de Bello-Antioquia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, 95 p.
- Villabona-González, S. L., Buitrago-Amariles, R. F., Ramírez-Restrepo, J. J. and Palacio-Baena, J. A. (2014). Biomasa de rotíferos de dos embalses con diferentes estados tróficos (Antioquia, Colombia) y su relación con algunas variables limnológicas. *Actualidades Biológicas*, 36(101), 149-162. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329082>
- Zar, J. H. (1984). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall International Inc. London, 718 p.