

Artículo original

## Rotíferos, copépodos y branquiópodos presentes en un humedal del departamento del Tolima, Colombia

### Rotifers, copepods, and branchiopods present in a wetland of the Department of Tolima, Colombia

✉ Helena Carranza-Castillo\*, ✉ Jonathan Gerardo Gordillo-Guerra, ✉ Gladys Reinoso-Flórez

Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

#### Resumen

La comunidad zooplanctónica es muy diversa en la zona tropical y tiene un papel importante en el flujo de energía de la red trófica, además, su alta tasa de crecimiento le permite responder rápidamente a cambios ambientales en la columna de agua. En este estudio se identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico posible los rotíferos, copépodos y branquiópodos en un humedal de zonas bajas del departamento del Tolima, y se estimó su abundancia y las posibles relaciones con las variables fisicoquímicas. Se hicieron muestreos mensuales puntuales utilizando una red de filtrado y en cada época de muestreo se tomaron muestras de agua para el análisis de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas. El conteo y la identificación se hicieron con una cámara de sedimentación Sedgwick-Rafter. La comunidad estaba compuesta por 30 géneros, 23 de ellos correspondientes a rotíferos, seguidos de los copépodos con cuatro y los cladóceros con tres. La densidad de la comunidad podría estar condicionada por las precipitaciones y las macrófitas. A nivel fisicoquímico, la alcalinidad fue la única variable con un valor significativo en los muestreos. Por último, los rotíferos presentaron una mayor diversidad, abundancia y riqueza en todos los muestreos debido a su adaptabilidad y dominancia en la zona tropical.

**Palabras clave:** Rotíferos; Cladóceros; Copépodos; Humedal; Diversidad; Eutrófico.

#### Abstract

The zooplankton community is highly diverse in the tropical zone. In aquatic ecosystems these organisms play an important role in the energy flow of the food web, also, their high growth rate allows them to respond quickly to environmental changes in the water column. We identified rotifers, copepods, and branchiopods to the lowest taxonomic level possible in a lowland wetland in the Department of Tolima and we estimated their abundance and possible relationships with physicochemical variables. We carried out punctual monthly samplings using a filtering network and we took water samples in each sampling season to analyze the physicochemical and bacteriological variables. Counting and identification were done with the Sedgwick-Rafter sedimentation chamber. The community was composed of 30 genera, rotifers having the best representation with 23 followed by copepods with four, and cladocerans with three. The density of the community could be conditioned by rainfall and macrophytes. At the physicochemical level, alkalinity was the only variable with a significant value in the samplings. Finally, the rotifers had greater diversity, abundance, and richness in all samplings due to their adaptability and dominance in tropical zones such as this one.

**Keywords:** Rotifers; Cladocerans; Copepods; Wetland; Diversity; Eutrophic.

**Citación:** Carranza-Castillo H, Gordillo-Guerra JG, Reinoso-Flórez G. Rotíferos, copépodos y branquiópodos presentes en un humedal del departamento del Tolima, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(175):421-431, abril-junio de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1336>

**Editor:** Gabriel Roldán

**\*Correspondencia:**

Helena Carranza-Castillo;  
[hcarranza@ut.edu.co](mailto:hcarranza@ut.edu.co)

**Recibido:** 24 de octubre de 2020

**Aceptado:** 19 de enero de 2021

**Publicado:** 17 de junio de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

#### Introducción

El zooplancton es un grupo de organismos de diferentes categorías sistemáticas cuya característica común es el tener la columna de agua como hábitat principal (Esteves, 1998). Está compuesto principalmente por rotíferos y microcrustáceos, especialmente copépodos y cladóceros. Tienen ciclos de vida muy cortos y altas tasas de crecimiento, lo que les

permite responder rápidamente a cambios ambientales (Conde, *et al.*, 2004), su diversidad es alta en las zonas tropicales y en los ecosistemas acuáticos están mejor adaptados a las condiciones de la zona del litoral y mucho menos a las de la zona pelágica (Esteves, 1998).

El zooplancton es abundante y diverso en los ecosistemas lénticos, especialmente en los humedales, ambientes muy dinámicos donde se puede encontrar una disponibilidad constante o temporal del espejo de agua a lo largo del tiempo, según las características de los mismos (Pérez, 2009). Se le conoce, asimismo, por ser reguladores del ciclo hídrico, actúan como reservorios de agua, mejoran la calidad del aire al ser sumideros de CO<sup>2</sup> y, además, proveen refugios a las especies endémicas (Fundación Humedales Bogotá, 2011).

El departamento del Tolima cuenta con una extensa zona de alta montaña donde predominan las turberas, las lagunas de origen glacial y los termales volcánicos. Por otra parte, las zonas bajas, representadas por el Valle del Magdalena, hay una gran cantidad de cuerpos lénticos: 482 lagunas, lagos, pantanos y humedales, que ocupan una superficie de aproximadamente 1.116 hectáreas (Corporación Autónoma del Tolima - CORTOLIMA, s.f.). Uno de los humedales relevantes de las zonas bajas del Tolima es el humedal El Silencio, con un importante recurso hídrico debido a la permanencia del espejo de agua durante periodos de intenso verano, el cual alberga una gran cantidad de organismos acuáticos que lo convierten en un área importante para la conservación en el departamento (CORTOLIMA & Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima - GIZ, 2016).

Pese a todas las características de la biota zooplanctónica, son pocos los estudios realizados en Colombia y en el Tolima (Herrera & Guillot, 1999; Pérez, 2009). La mayoría de trabajos en el departamento se ha centrado en la caracterización de la fauna zooplanctónica, especialmente su ecología, en tanto que hay pocos estudios taxonómicos. De ahí la necesidad de hacer estudios que amplíen los inventarios y sirvan de línea de base para trabajos posteriores.

En este contexto, y dada la importancia que tiene la comunidad zooplanctónica en los humedales de zonas bajas, en el presente estudio se determinó la composición y la estructura de la comunidad zooplanctónica, especialmente de los rotíferos, copépodos y branquiópodos en el humedal El Silencio del municipio de San Sebastián de Mariquita (Tolima) y sus posibles relaciones con las variables fisicoquímicas del ecosistema léntico.

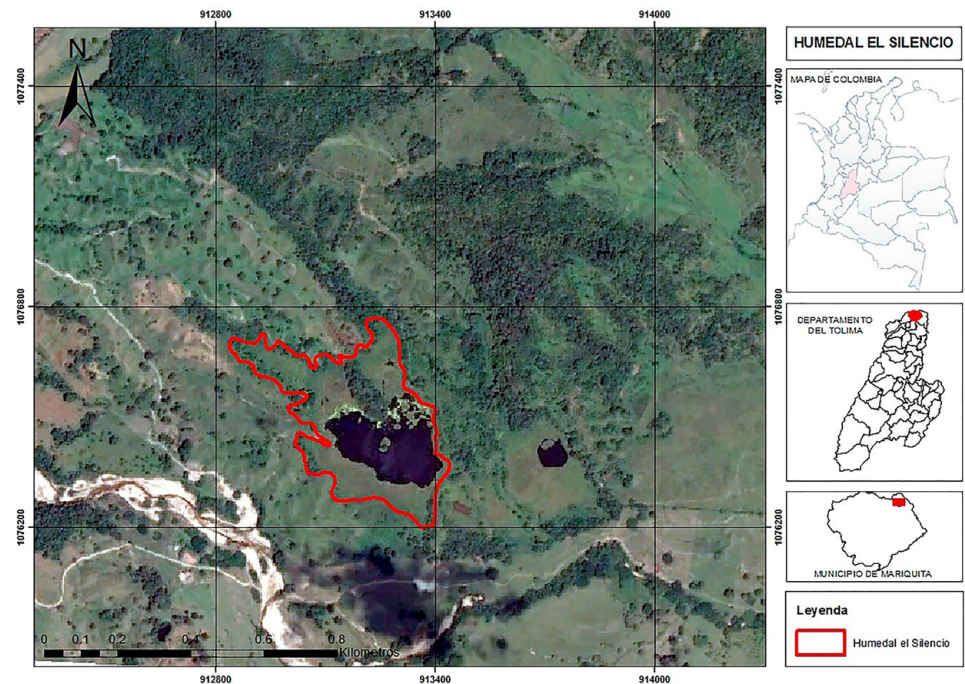
## Materiales y métodos

### *Área de estudio*

El humedal El Silencio está ubicado en la vereda El Rano, municipio de San Sebastián de Mariquita, en el Tolima (Figura 1). Comprende un área aproximada de 16 hectáreas de área inundable, una altura promedio de 343 m y una profundidad media de 2,20 m. Los límites se encuentran definidos por las coordenadas 05°17' 12,7" N y 74° 51' 41,1" O (CORTOLIMA & GIZ, 2016). El humedal pertenece a la unidad hidrográfica de la quebrada Chimina de la subzona hidrográfica del río Gualí, situado dentro de la zona hidrográfica del Magdalena Medio, con una temperatura promedio anual entre los 23 y 24 °C y una precipitación media anual de 3.000 a 3.200 mm, un sistema de lluvias bimodal y una humedad relativa de 74,9 % (CORTOLIMA & GIZ, 2016). Según la clasificación de Holdridge & Grenke (1971), su ecosistema corresponde al de bosque seco tropical (Bs-T).

### *Trabajo de campo y laboratorio*

Se hicieron muestreos mensuales puntuales, con cuatro replicas durante el periodo comprendido entre septiembre de 2016 y abril de 2017 (M1 al M8). La fase de muestreo se definió con base en el histórico pluviométrico del IDEAM (últimos 20 años). Se filtraron 100 litros de agua con una red de 55 µm a una profundidad de 30 cm recolectados en frascos plásticos de 500 ml (Pérez, 2009). Posteriormente, cada muestra se fijó con una solución de formol tamponado (Herrera & Guillot, 1999; Darrigan, *et al.*, 2007) y el material biológico fue almacenado.



**Figura 1.** Localización del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)

Se midieron *in situ* las variables de temperatura del agua y del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), transparencia del agua (disco de Secchi, cm), y oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) (Golterman, *et al.*, 1978; Vercellino & Bicudo, 2006). También se tomaron muestras de agua en frascos plásticos de 2.000 ml para el análisis de variables fisicoquímicas y bacteriológicas (pH, dureza, alcalinidad, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, sólidos totales, nitratos, nitritos, fósforo total y coliformes totales), las cuales se analizaron en el Laboratorio de Servicios de Extensión en Análisis Químico (LASEREX) de la Universidad del Tolima.

La determinación y el conteo de la comunidad zooplanctónica se hizo con un microscopio invertido Olympus CKX41 usando la cámara de sedimentación Sedgwick-Rafter (Serfling, 1949; McAlice, 1971). Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas de Elmoor (1997), Gutiérrez & Sarma (1999), Thorp & Covich (2001, 2010), así como las ilustraciones y guías de Lansac, *et al.* (2002) y Mercado & Suárez (2011) y las bases de datos electrónicas de Jersabek & Leitner (2013), The Integrated Taxonomic Information System-ITIS (2017) y WoRMS (2017). Para el análisis cuantitativo se contaron hasta 100 organismos del género más común (Bicudo, 1990), y se utilizó la fórmula usada por la American Public Health Association-APHA (2005) y Pérez (2009).

Para el análisis de los datos se elaboró una matriz biológica con la información taxonómica incluyendo los valores de densidad relativa de los organismos identificados. Se determinaron los índices de diversidad utilizando el programa PAST, versión 2.17c (Hammer, *et al.*, 2001). Se hizo un análisis de correspondencia canónica (ACC) para establecer las asociaciones entre las variables fisicoquímicas y la comunidad zooplanctónica del humedal evaluado con el programa Canoco, versión 4.5 (Braak & Smilauer, 2009). Por último, con los resultados de las variables fisicoquímicas se calcularon los siguientes índices de contaminación: contaminación por mineralización (ICOMI) con base en los datos de conductividad eléctrica, dureza y alcalinidad; el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y, por último, el índice de contaminación trófica (ICOTRO) con el fósforo total. Estos cálculos se hicieron siguiendo las fórmulas planteadas por Ramírez, *et al.* (1997).

## Resultados

La comunidad de rotíferos, copépodos y branquiópodos estuvo compuesta por 30 géneros, siendo los rotíferos los mejor representados, con 23 géneros, seguidos por los copépodos con cuatro géneros y los cladóceros con tres.

Los rotíferos y copépodos en estadio naupliar fueron los grupos más abundantes, con una densidad relativa de 83,41 y 14,90 %, respectivamente. Los géneros con mayor densidad fueron *Brachionus* (47,68 %), *Polyarthra* (11,96 %), *Hexarthra* (3,74 %), *Anuraeopsis* (3,74 %), *Lecane* (3,29 %), *Filinia* (3,14 %), en tanto que los demás taxones registraron densidades por debajo de 1,3 % (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Listado de taxones de la comunidad zooplanctónica del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima). (Dr (%): densidad relativa)

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	DR (%)			
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Moiniidae	<i>Moinodaphnia</i> sp.	0,30			
			Chydoridae	<i>Alona</i> sp.	0,60			
			Macrothricidae	<i>Macrothrix</i> sp.	0,75			
	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclopidae</i> sp. 1	0,15			
				<i>Cyclopidae</i> sp. 2	0,15			
				<i>Cyclopidae</i> sp. 3	0,15			
				<i>Cyclopidae</i> sp. 4	0,30			
				<i>Nauplio</i>	14,20			
				<i>Nauplio</i>	14,20			
	Bdelloidea	Philodinida	Philodinidae	<i>Philodina</i> sp.	1,05			
				Hexarthridae	<i>Hexarthra</i> sp.	3,74		
				Flosculariaceae	<i>Sinatherina</i> sp.	1,05		
				Flosculariaceae	Testudinellidae	<i>Testudinella</i> sp.	0,30	
Filiniidae					<i>Filinia</i> sp.	3,14		
Trochosphaeridae					<i>Trochosphaera</i> sp.	0,15		
Asplanthidae					<i>Asplanchna</i> sp.	0,45		
Rotifera				Monogonta	Ploima	Brachionidae	<i>Anuraeopsis</i> sp.	3,74
							<i>Brachionus falcatus</i>	1,49
							<i>Brachionus angularis</i>	14,95
							<i>Brachionus plicatilis</i>	2,99
							<i>Brachionus quadridentatus</i>	0,9
							<i>Brachionus caudatus</i>	27,35
	<i>Keratella</i> sp.	0,30						
	<i>Platyias</i> sp.	0,45						
	Euchlanidae	<i>Euchlanis</i> sp.	0,45					
	Gastropodidae	<i>Gastropus</i> sp.	0,90					
	Lecanidae	<i>Lecane</i> sp.	3,29					
		<i>Monostyla</i> sp.	1,20					
	Lepadellidae	<i>Colurella</i> sp.	1,05					
<i>Lepadella</i> sp.		0,45						
Mytilinidae	<i>Mytilina</i> sp.	0,15						
Notommatidae	<i>Monommata</i> sp.	0,60						
Scaridiidae	<i>Scaridium</i> sp.	0,75						
Synchaetidae	<i>Polyarthra</i> sp.	11,96						
Trichocercidae	<i>Trichocerca</i> sp.	0,30						
Trichotriidae	<i>Macrochaetus</i> sp.	0,30						

La densidad más alta se presentó en el muestreo M1 (septiembre) con 1.520 individuos por litro (ind/L) y una precipitación promedio histórica de 259 mm, mientras que la densidad más baja se presentó en el muestreo M8 (abril) con 20 ind/L y una precipitación promedio histórica de 382 mm (Figura 2). En general, después del tercer muestreo se observó una disminución abrupta en la densidad de zooplancton y un incremento en la población de la macrófita *Pistia stratiotes* hasta el punto de impedir la navegación por el humedal, lo que implicaría una relación inversa entre la abundancia de las macrófitas y la de la comunidad zooplanctónica.

La mayor riqueza de especies correspondió al muestreo M3 (noviembre) con 21 especies, seguido de los muestreos M2 (octubre) y M6 (febrero) con 13 y 12, respectivamente. El muestreo con menor cantidad de especies fue el M8 (abril), con cuatro (Figura 3). En cuanto a los índices de diversidad y abundancia, el M3 (noviembre) presentó los valores más altos de diversidad de Shannon (H) con 2,41 y el valor de dominancia más bajo ( $D=0,12$ ). El valor más alto de dominancia se presentó en el M1 (septiembre) ( $D=0,69$ ), así como los niveles más bajos de diversidad ( $H=0,67$ ) y de riqueza (Figura 4).

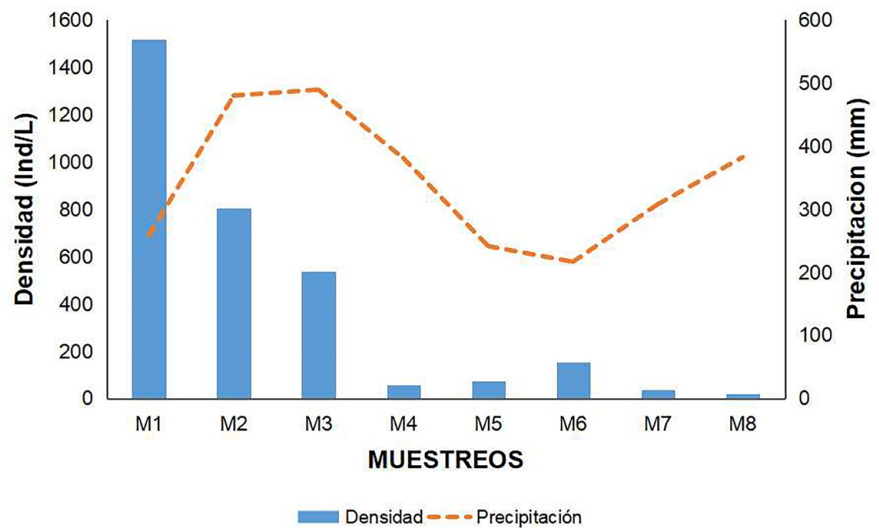


Figura 2. Relación entre la densidad de la comunidad zooplanctónica y la precipitación en el humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)

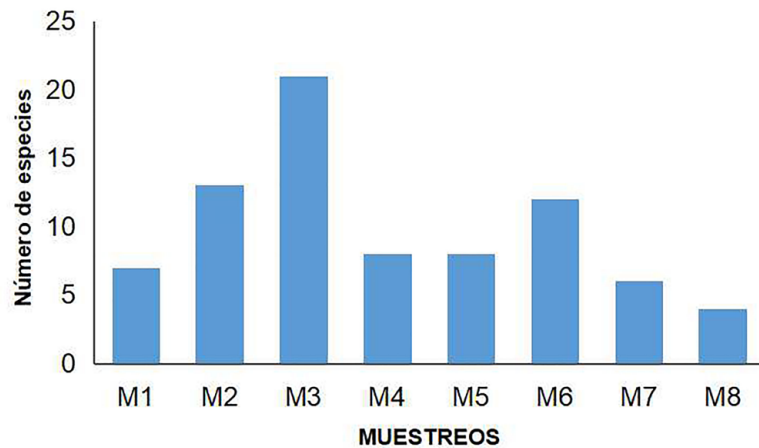
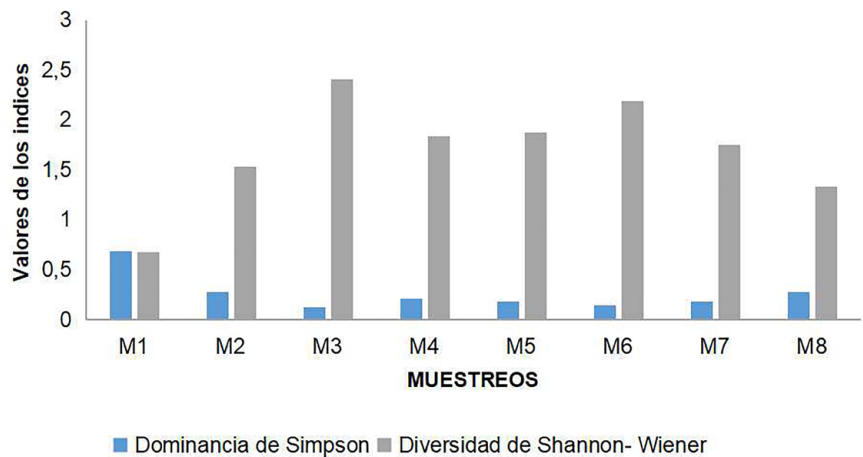


Figura 3. Riqueza de especies de la comunidad zooplanctónica del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)

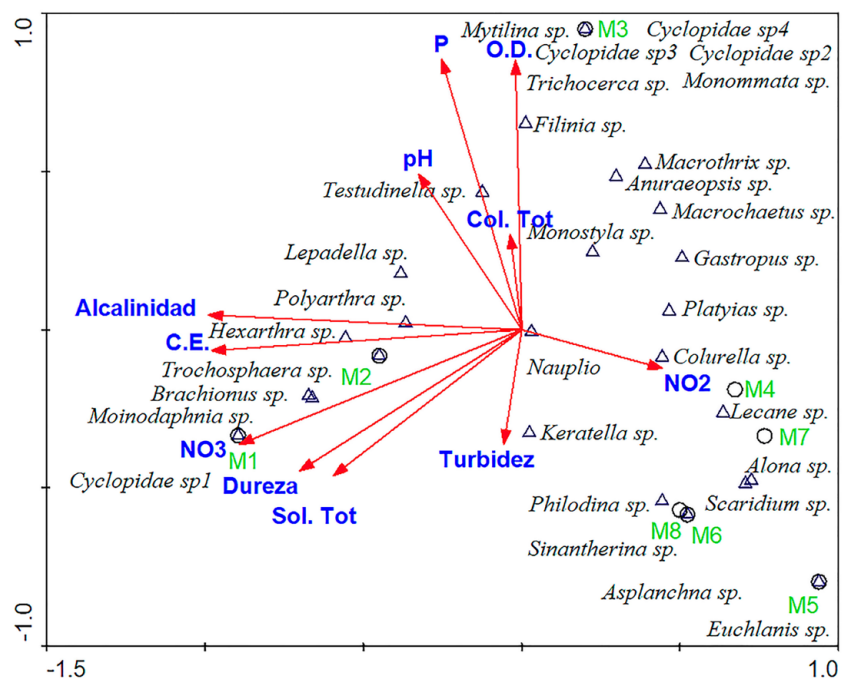


Se encontró que la alcalinidad fue la única variable que tuvo un valor estadístico significativo ( $p=0,001$ ) para el periodo de muestreo de septiembre de 2016 a abril de 2017 en las variables fisicoquímicas y los géneros de la comunidad zooplanctónica (**Figura 5**).

Los resultados del muestreo M1 (septiembre) evidenciaron una relación entre los nitratos, la dureza y los sólidos totales y la familia Cyclopidae y los géneros *Moinodaphnia* y *Brachionus*. El muestreo M2 (octubre) mostró una relación con la conductividad eléctrica y la alcalinidad y los géneros *Trochosphaera*, *Hexarthra*, *Polyarthra* y *Lepadella*. El oxígeno disuelto, al parecer, influyó en la mayoría de los Cyclopidae. Los géneros *Platyas*, *Colurella* y *Lecane* registraron cierta influencia de los nitritos, y el género *Keratella* alguna relación con la turbidez (**Figura 5**).



**Figura 4.** Índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson de la comunidad zooplanctónica del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)



**Figura 5.** Análisis de correspondencia canónica entre las variables fisicoquímicas y la comunidad zooplanctónica del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)

**Tabla 2.** Índices de contaminación (ICOMI, ICOSUS, ICOTRO) del humedal El Silencio (San Sebastián de Mariquita, Tolima)

Muestreros	Índices de contaminación		
	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
M1	0,58	0,07	0,19
M2	0,51	0	0,5
M3	0,08	0,09	0,6
M4	0,39	0,08	0,08
M5	0,07	0,19	0,09
M6	0,09	0,06	0,1
M7	0,09	0,10	0,09
M8	0,07	0,07	0,11

El valor más alto del ICOMI, en un rango de 0 a 1, se obtuvo en el muestreo M1 (septiembre), con 0,58, valor que evidencia contaminación por mineralización. Los otros muestreos presentaron valores por debajo de 0,05, lo que indica una muy baja contaminación por mineralización en el humedal. Los valores del ICOSUS variaron de 0 a 0,19 (g/m<sup>3</sup>), lo que evidenció que, en términos generales, el humedal tendría muy baja contaminación por sólidos suspendidos. El ICOTRO presentó valores entre 0,08 a 0,19, en el rango de 0,02 a 1 g/m<sup>3</sup>, indicativos de un proceso de eutrofización en el humedal (Tabla 2).

## Discusión

La mayoría de la comunidad zooplantónica del humedal El Silencio correspondió a rotíferos, resultados que concuerdan con estudios realizados en represas, llanuras de inundación, humedales, lagos y en los grandes ríos con planicies de inundación del Neotrópico por Herrera & Guillot (1999), Lansac, *et al.* (2002); Gaviria & Aranguren (2007), Pérez (2009) y José De Paggi & Paggi (2014). Se confirmó que los rotíferos son el grupo más diverso en estos ecosistemas, lo que se explica porque son estrategas, oportunistas y toleran una gran cantidad de factores ambientales (Neves, *et al.*, 2003). Además, los resultados del presente estudio son congruentes con la información reportada por CORTOLIMA & GIZ (2010) sobre la presencia de cuatro familias (Brachionidae, Synchaetidae, Lecanidae y Cyclopidae) y tres géneros (*Brachionus*, *Polyarthra* y *Keratella*) en el humedal.

Aoyagui & Bonecker (2004) mencionan que *Brachionus*, *Lecane*, *Keratella*, *Polyarthra* y *Filinia* son géneros abundantes y son parte de una asociación típica de géneros planctónicos dominantes, lo que no aplica para el género *Hexarthra*, que es abundante pero en solitario. Según Acosta (2005), estos géneros presentan una distribución cosmopolita o tropicospolita para la mayoría de las especies de *Lecane* que, además, tienen fuertes endemismos en el Neotrópico (José De Paggi & Paggi, 2014). Dicha distribución puede explicar la presencia de estos géneros en el humedal El Silencio, además, la abundancia del género *Brachionus* se relacionaría con la presencia de grandes cantidades de materia orgánica (Gómez, *et al.*, 2013) y con el hecho de que la familia Brachionidae es muy tolerante a ciertas condiciones contaminantes, así como a diversas condiciones ecológicas (Sládeček, 1983).

En los copépodos se presentó una mayor abundancia de individuos en los estadios naupliares, en tanto que los adultos fueron muy escasos. Este patrón se ha registrado en diferentes hábitats dulceacuicolas (Iannacone & Alvaríño, 2007; Lansac, *et al.*, 2002; Acosta, 2005), lo que indicaría que los huevos que eclosionan están en estado de latencia y no han sido cargados por la hembra (Acosta, 2005), o que los adultos prefieren estar en ambientes más profundos, dada la migración vertical que realizan, y no en la zona litoral (Paggi & José De Paggi, 1990) o pelágica.

La abundancia de cladóceros fue escasa, lo que podría relacionarse con la migración vertical de estos organismos, que, al igual que los copépodos, prefieren permanecer durante el día en aguas profundas y en la noche ascienden a la superficie (Esteves, 1998). El hecho de no encontrar cladóceros de tallas mayores podría deberse a la presencia de peces zooplantofágos e invertebrados predadores de estos organismos (Acosta, 2005), factor que quizás favorece las altas densidades de los rotíferos (Iannacone & Alvaríño, 2007). Cabe resaltar que en la biota planctónica recolectada los cladóceros más abundantes fueron *Macrothrix* y *Alona*, géneros de talla pequeña, típicos de zonas litorales, siendo el último abundante entre el bentos (Lansac, *et al.*, 2009); además, *Macrothrix* también se ha mencionado como indicador de altos grados de contaminación orgánica (Abdul, *et al.*, 2016).

A nivel temporal, la densidad de la comunidad zooplanctónica puede estar condicionada por dos factores: las precipitaciones mensuales y la presencia de *P. estratioides*. En cuanto al primer factor, en los muestreos la densidad tuvo una relación inversa con la precipitación, resultados que concuerdan con los de Iannacone & Alvaríño (2007) y Andrade, *et al.* (2011), quienes plantean que cuando hay un aumento en el volumen del agua, la densidad de los organismos tiende a disminuir por la dilución de los nutrientes en el medio, y con el descenso se produce una concentración de organismos en la columna de agua, lo que permite que sean capturados fácilmente.

El segundo factor, es decir, la proliferación masiva de macrófitas, estaría relacionado con el índice de contaminación trófica del humedal, ya que la alta abundancia de estas plantas, la pérdida de biodiversidad, y los malos olores en el agua, entre otros (Roldán & Ramírez, 2008; Toro, 2019), son evidencia de los cambios producidos en el ecosistema como consecuencia de procesos de eutrofización, que son muy probables en lagos poco profundos con temperaturas cálidas y podrían causar la pérdida total del ecosistema (Gómez, 2017; Franco, *et al.*, 2010). Además, aunque se ha reportado que las macrófitas juegan un papel importante en la composición del zooplancton, ya que tienden a albergar una gran diversidad y riqueza en las raíces (Villabona, *et al.*, 2011). Algunos autores como Fontanarrosa, *et al.* (2010) plantean que en temporadas cálidas estas plantas flotantes pueden llegar a cubrir la superficie del lago produciendo una fuerte atenuación de la luz y una anoxia que perjudican el desarrollo del zooplancton, lo que pudo haber ocurrido en el caso de estudio con la consecuente disminución de la densidad y diversidad, principalmente en los últimos muestreos.

En el muestreo M1 (septiembre) se registró una alta densidad de organismos, pero muy pocos géneros, siendo *Brachionus* el más dominante. Es de esperar que en épocas de bajas lluvias la densidad de los organismos aumente, pues al disminuir el volumen del agua se produce una mayor concentración de organismos por unidad de volumen (Andrade, *et al.*, 2011). Asimismo, la concentración de nutrientes causa un aumento en la producción de biomasa fitoplanctónica, favoreciendo así los grupos dominantes del zooplancton (Salcedo, *et al.*, 2012).

En el análisis de correspondencia canónica se observó cómo los copépodos se agruparon cerca a la variable de oxígeno disuelto, y en el muestreo M3 estos organismos prefirieron las lluvias intensas, lo que favorecería los hábitats con una alta oxigenación en este cuerpo de agua (Esteves, 1998; Thorp & Covich, 2010; Abdul, *et al.*, 2016). Además, Esteves (1998) señala que el oxígeno tiene mucha influencia en la migración de estos organismos en la columna de agua, y generalmente cuando las condiciones cambian, esta biota tiende a desaparecer del ecosistema (Karuthapandi, *et al.*, 2012).

El género *Keratella* podría estar condicionado por la turbidez, ya que se caracteriza por preferir ambientes con aguas transparentes, bajas concentraciones de materia orgánica y una gran proporción de oxígeno disuelto. Además, su método de alimentación es por filtración de partículas de un tamaño menor a 10  $\mu\text{m}$ , lo que puede verse afectado por la cantidad de material suspendido (Sládeček, 1983). Por otra parte, el género *Brachionus* se vería afectado por los nitratos, ya que se ha evidenciado que cuando hay deficiencias



de nitrógeno en las algas, que son su principal alimento, estos organismos son capaces de adquirir los nutrientes directamente, con el fin de lograr una compensación mineral y continuar con los procesos metabólicos (Jensen & Verschoor, 2004).

En el estudio también se evidenció la posible relación de la alcalinidad con la comunidad zooplanctónica, pues fue una variable estadísticamente significativa. La alcalinidad permite neutralizar las bases presentes en el agua y, así, restringir los cambios bruscos de pH que se pueden llegar a producir, manteniéndose constante durante el proceso de fotosíntesis de las algas (Roldán & Ramírez, 2008), lo que favorece el zooplancton herbívoro y la mayoría de los géneros de rotíferos, que prefieren estar en las llamadas aguas transicionales, es decir, aquellas cuyo pH puede variar de ácido a alcalino (Sládeček, 1983).

En el humedal no se evidenció contaminación por mineralización o por sólidos suspendidos, mientras que se registraron valores altos en el índice de contaminación trófica, lo que permite suponer el desarrollo de procesos importantes de eutrofización. Además, según la literatura, géneros como *Brachionus*, *Trichocerca*, *Anuraeopsis*, *Polyarthra*, *Euchlanis*, *Alona* y *Macrothrix* son comunes en lagos eutróficos (Esteves, 1998; Abdul, et al., 2016). Otro factor que incrementaría este proceso son las macrófitas, pues durante gran parte del periodo de muestreo se presentó un crecimiento acelerado y una alta producción de malos olores en el agua, lo que disminuye la entrada de luz y, por consiguiente, reduce la densidad del zooplancton (Roldán & Ramírez, 2008).

## Conclusiones

La comunidad zooplanctónica del humedal El Silencio estuvo representada principalmente por los rotíferos de la clase Monogonta, seguidos por los copépodos de la familia Cyclopidae y, por último, por los cladóceros de las familias Macrothricidae y Chydoridae, siendo este comportamiento común para los ecosistemas lénticos del Neotrópico.

Los rotíferos presentaron la mayor diversidad, abundancia, densidad y riqueza en la comunidad como resultado de su gran adaptabilidad y dominancia en la zona tropical; la baja densidad de los copépodos y cladóceros se debe al desplazamiento que tienen en la columna de agua hacia la zona pelágica.

La estructura de la comunidad zooplanctónica se vio condicionada por la fluctuación de las precipitaciones que incidieron en su densidad y por las macrófitas acuáticas, cuya abundancia influyó en la disminución de la comunidad.

En los muestreos evaluados la alcalinidad influyó de forma significativa en la comunidad zooplanctónica; además, se determinó que el humedal El Silencio se encuentra en un estado eutrófico debido a la presencia de géneros como *Brachionus* y *Testudinella* y el índice de contaminación trófica.

## Contribución de los autores

HC: recolección del material biológico, análisis cualitativos y cuantitativos, construcción de bases de datos, análisis de los resultados y elaboración del documento; JGG: recolección del material biológico, apoyo en el análisis de los resultados, construcción de bases de datos y asesoramiento del proyecto de investigación en cada una de sus etapas; GR: asesoramiento del desarrollo del proyecto de investigación en cada una de las etapas y en la corrección del documento.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses que pueda afectar la publicación de este estudio.

## Referencias

Abdul, W. O., Adekoya, E. O., Ademolu, K. O., Omoniyi, I. T., Odulate, D. O., Akindokun, T. E., Olajide, A. E. (2016). The effects of environmental parameters on zooplankton assemblages in tropical coastal estuary, South-west, Nigeria. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42 (3): 281-287.

- Acosta, F.** (2005). Caracterización del zooplancton de lagunas en la llanura inundable del río Ichilo (Cochabamba-Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología*. **17**: 01-14.
- Andrade, F., Aravinda, H. B., Puttaiah, E. T.** (2011). Studies on Mangalore coastal water pollution and its sources. *Indian Journal of Science and Technology*. **4** (5): 553-557.
- Aoyagui, A.S. & Bonecker, C.C.** (2004) Rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): richness, abundance and the relationship with connectivity. *Hydrobiologia*. **522**: 281-290. Doi: 10.1023/B:HYDR.0000029980.49859.40
- American Public Health Association – APHA.** (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, Estados Unidos: American Public Health Association, Washington. p. 1-35.
- Bicudo, D. C.** (1990). Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifiton. *Acta Limnologica Brasiliensia*. **3** (1): 459-475.
- Braak, C. T. & Smilauer, P.** (2009). Canoco. Wageningen: Biometris-Plant Research International.
- Conde, J. M., Ramos, E., Morales, R.** (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lenticos. *Revista Ecosistemas*. **13** (2): 23-29.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima.** s.f. Identificación, caracterización, zonificación y plan de manejo del humedal El Silencio. Municipio de Mariquita, Departamento del Tolima. Fecha de acceso: diciembre de 2016. Disponible en: [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/estudios/humedales/Mariquita/HUMEDAL\\_EL\\_SILENCIO.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/humedales/Mariquita/HUMEDAL_EL_SILENCIO.pdf)
- Corporación Autónoma Regional del Tolima & Grupo de Investigación en Zoología (CORTOLIMA y GIZ).** (2010). Biodiversidad faunística de los humedales del departamento del Tolima: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima & Grupo de Investigación en Zoología (CORTOLIMA y GIZ).** (2016). Plan de Manejo Ambiental (PMA) Humedal Laguna El Silencio: Informe técnico, CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.
- Darrigan, G., Vilches, A., Legarralde, T., Damborenea, C.** (2007). Guía para el estudio de macroinvertebrados. I.-Métodos de colecta y técnicas de fijación. ProBiota, FCNyM, UNLP. La Plata, Argentina. p 1-86.
- Elmoor, L.** (1997). Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Brasilia, Brasil: Uniersia. p. 1-156.
- Esteves, F.** (1998). Fundamentos de limnología. Rio de Janeiro, Brasil: Interciencia. p. 1-226.
- Fontanarrosa, M. S., Chaparro, G., De Tezanos, P., Rodriguez, P., O'Farrell, I.** (2010). Zooplankton response to shading effects of free-floating plants in shallow warm temperate lakes: a field mesocosm experiment. *Hydrobiologia*. **646** (1): 231-242. Doi: 10.1007/s10750-010-0183-1
- Franco, D. P. M., Manzano, J. Q., Cuevas, A. L.** (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*. **78**: 25-33.
- Fundación Humedales Bogotá.** (2011). Humedales de Bogotá. Fecha de consulta: marzo de 2017. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/humedales-bogota>
- Gaviria, S. & Aranguren, N.** (2007). Especies de vida libre de la subclase Copépoda (Arthropoda, Crustácea) en aguas continentales de Colombia. *Biota Colombiana*. **8** (1): 53-68.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.** (1978). Method for chemical analysis of fresh waters. Blackwell Sci. Publ. pp. 116-121.
- Gómez, J. L., Peña, B., Guzman, J., Gallardo, V.** (2013). Zooplankton composition, abundance and water quality in a microreservoir at Morelos State. *Hidrobiológica*. **23** (2): 227-240.
- Gómez, T. G.** (2017). Biorremediación de lagos tropicales eutrofizados: estudio del Lago San Pablo (Ecuador) (Tesis de maestría). Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
- Gutiérrez, M. & Sarma S.S.S.** (1999). Zooplankton de sistemas acuáticos epicontinentales mexicanos en la región central de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H112. México D. F.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D.** (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. **4** (1): 9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Herrera, Y. & Guillot, G.** (1999). Composición taxonómica del zooplancton del Embalse de Betania, departamento del Huila. *Acta Biológica Colombiana*. **4** (1): 5-21.
- Holdridge, L. R. & Grenke, W. C.** (1971). Forest environments in tropical life zones: a pilot study. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. Pergamon press. New York. p. 1-747.

- Iannacone, J. & Alvaríño, L.** (2007). Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Gayana (Concepción)*. **71** (1): 49-65.
- Jersabek, C. D. & Leitner, M. F.** (2013). The Rotifer World Catalog. World Wide Web electronic publication. Fecha de consulta: junio a septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.rotifera.hausdennatur.at/>
- Jensen, T. C. & Verschoor, A. M.** (2004). Effects of food quality on life history of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Freshwater Biology*. **49** (9): 1138-1151.
- José De Paggi, S.B. & Paggi, J.** (2014). El zooplancton de los grandes ríos sudamericanos con planicie de inundación. *FABICIB*. **18**: 166-194.
- Karuthapandi, M., Xavier-Innocent, B., Siddiqi, S. Z.** (2012). Zooplankton in a temporary freshwater pond habitat, in Attapur, Hyderabad Andhra Pradesh, India. *International Journal of Advanced Life Sciences*. **1**: 22-31.
- Lansac, F., Velho, L., Higuti, J., Takahashi, E.** (2002). Cyclopidae (Crustacea, Copepoda) from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. **62** (1): 125-133.
- McAlice, B. J.** (1971). Phytoplankton Sampling With The Sedgwick-Rafter Cell. *Limnology and Oceanography*. **16** (1): 19-28.
- Mercado, N. F. & Suárez, E.** (2011). Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copépoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopinæ. *Hidrobiológica*. **21** (1): 1-25.
- Neves, I. F., Rocha, O., Roche, K. F., 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. *Brazilian Journal of Biology*. **63** (2): 329-343. Doi: 10.1590/S1519-69842003000200018
- Paggi, J. C. & José De Paggi, S. B.** (1990). Zooplankton de ambientes lóticos e lénticos do rio Paraná Medio. *Acta Limnol. Brasil*. **3**: 685-719.
- Peréz, M.** (2009). Estructura de la comunidad zooplanctónica en un humedal urbano andino neotropical por un periodo de siete meses. (Trabajo de grado). Facultad de Ciencias: Programa de Biología Aplicada. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G.** (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. *CTyF-Ciencia, Tecnología y Futuro*. **1** (3): 135-153.
- Roldán, G. & Ramírez, J.** (2008). *Limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. p. 1-442.
- Salcedo, M. J., Duque, S. R., Palma, L., Torres, A., Montenegro, D., Bahamón, N., ..., Alba, A. P.** (2012). Ecología del fitoplancton y dinámica hidrológica del sistema lagunar de Yahuarca, Amazonas, Colombia: análisis integrado de 16 años de estudio. *Mundo Amazónico*. **3**: 9-41.
- Serfling, R. E.** (1949). Quantitative estimation of plankton from small samples of Sedgwick-Rafter-Cell mounts of concentrate samples. *Transactions of the American Microscopical Society*. **68** (3): 185-199.
- Sládeček, V.** (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*. **100** (1): 169-201.
- The Integrated Taxonomic Information System (ITIS).** (2017) Rotifera, Copépoda, Branquiópoda. Fecha de consulta: mayo a septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.itis.gov>
- Thorp, J. H. & Covich, A. P.** (Ed). (2001). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (2da. ed.). Orlando, Florida: Academic Press. p. 1-1073.
- Thorp, J. H. & Covich, A. P.** (Ed). (2010). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (3ra ed.) Orlando, Florida: Academic Press. p.1-1021.
- Toro-Gallego, L.** (2019). Aplicación de metodologías para la estimación de la eutrofización en embalses tropicales y selección del índice de estado trópico más adecuado para el embalse Peñol-Guatapé, Colombia. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería: Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Vercellino, I. S. & Bicudo, D. D. C.** (2006). Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. *Revista Brasileira de Botânica*. **29** (3): 363-377.
- Villabona, S. L., Aguirre, N. J., Estrada, A. L.** (2011). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustáceos en un plano de inundación tropical. *Revista de biología tropical*. **59** (2): 853-870.
- WoRMS Editorial Board.** (2017). World Register of Marine Species. Fecha de consulta: julio a septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Doi: 10.14284/170