



# Insectos acuáticos asociados a arroyos de la Serranía de La Macuira - La Guajira, Colombia

## Aquatic insects associated with streams of the Serranía de la Macuira - La Guajira, Colombia

Catalina Pérez-Rodríguez<sup>1</sup>; Gustavo A. Manjarres-Pinzón<sup>2</sup>; Cesar E. Tamaris-Turizo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biólogo. Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada. Santa Marta - Magdalena, Colombia; email: kta.perezr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8768-4238>

<sup>2</sup>Biólogo, Esp. Corporación Natural SIG, Grupo de Investigación en Biodiversidad, Territorio y Gente (BIOTEGE). Santa Marta - Magdalena, Colombia; e-mail: naturalsig@naturalsig.org; <https://orcid.org/0000-0001-9559-5841>

<sup>3</sup>Biólogo, M.Sc., Ph.D. Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada. Santa Marta - Magdalena, Colombia; e-mail: ctamaris@unimagdalena.edu.co; <https://orcid.org/0000-0001-8625-4981>

**Cómo citar:** Pérez-Rodríguez, C.; Manjarres-Pinzón, G.A.; Tamaris-Turizo, C.E. 2021. Insectos acuáticos asociados a arroyos de la Serranía de La Macuira, La Guajira- Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 24(1):e1941. <http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1941>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** mayo 5 de 2020    **Aceptado:** abril 30 de 2021    **Editado por:** Ingeborg Zenner de Polanía

## RESUMEN

Los insectos acuáticos tienen gran importancia en los ecosistemas fluviales, debido a su alta abundancia y diversidad e indicadores de calidad de agua. En este trabajo, se caracterizaron las comunidades de insectos acuáticos en La Macuira, norte de La Guajira colombiana. Se seleccionaron cinco arroyos intermitentes, como sitios de muestreo: Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalaüü y Kajashiwoü. Para la colecta de los organismos, se empleó una red Surber, durante cinco minutos. Además, se tomaron muestras de hojarasca (cerca de 500g) del fondo del río. Las muestras recolectadas en los diferentes microhábitats en cada sitio, se integraron para conformar una muestra compuesta y posterior análisis de la diversidad; además, se calculó el índice de calidad de agua BMWP/Col en cada uno de los arroyos, para conocer la calidad de sus aguas. Se colectaron

en total 545 individuos, distribuidos en 25 géneros, 19 familias y 7 órdenes. Se registran, por primera vez, para la Serranía de la Macuira, los géneros *Heterelmis*, *Corydalis*, *Rhagovelia*, *Mayobaetis*, *Tholymis* y *Mecistogaster*. El arroyo Mekijanoü presentó la mayor abundancia (411 individuos) y riqueza de géneros, en la que predominó la presencia de *Heterelmis* y *Kajashiwoü*, la menor abundancia (20 individuos), fluctuada por la formación de pozos y la poca conectividad. Los valores del índice BMWP/Col oscilaron entre 41 y 87, lo cual, indica que cuatro arroyos presentaron una moderada contaminación y uno se encontraba ligeramente contaminado.

Palabras clave: Riqueza; Macroinvertebrados; BMWP/Col; Arroyos; Microhábitats.

## ABSTRACT

Aquatic insects are of high importance in aquatic ecosystems due to their high abundance and diversity and water quality indicators. In this work, assemblages of aquatic insects were studied in La Macuira, northern La Guajira, Colombia. Five intermittent streams were selected as sampling sites such as Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalalüü and Kajashiwoü. Surber net was used for collecting of organisms for five minutes; also, samples of leaf litter were taken manually of the streambed. The samples collected were integrated to form a sample composed on each site, and then analyze this diversity; also, the water quality index BMWP/Col was estimated for each site. A total of 545 individuals were collected, grouped in 25 genus, 19 families and 7 orders. The genera *Heterelmis*, *Corydalus*, *Rhagovelia* and *Mayobaetis*, *Tholymis* and *Mecistogaster* are recorded for the first time for the Serranía de la Macuira. The Mekijanoü stream presented the highest abundance (411 individuals) and genera, in which *Heterelmis* predominated. In contrast, Kajashiwoü presented the lowest abundance (20 individuals) fluctuated by the formation of wells and poor connectivity between them. The BMWP/Col index ranged from 41 to 87, indicating that four streams showed a moderate contamination and one was slightly contaminated.

Keywords: Richness; Macroinvertebrates; BPWM/Col; Streams; Microhabitats.

## INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados acuáticos poseen una alta abundancia, diversidad e importancia, como bioindicadores de calidad de agua (Barragán *et al.* 2017; Hernández *et al.* 2016; Merritt *et al.* 2008); además, son considerados como un eslabón clave en la dinámica del flujo de energía de los sistemas acuáticos (Castellanos & Serrato, 2008; Rivera-Usme *et al.* 2008; Pedroza-Ramos *et al.* 2016; Bueñaño *et al.* 2018). La composición de las comunidades de insectos acuáticos depende, principalmente, de las condiciones físicas y químicas del agua (grado de contaminación), la disponibilidad y heterogeneidad del hábitat y de sus fuentes alimenticias (Domínguez & Fernández, 2009). Por lo tanto, se considera que está determinada, en parte, por el gradiente altitudinal y los recursos presentes a lo largo de los sistemas lóticos (Chará *et al.* 2010; Tamaris-Turizo *et al.* 2018).

A nivel mundial, los insectos acuáticos han sido estudiados en menor proporción con respecto a otros grupos taxonómicos (Armbrecht *et al.* 2005; Rivera-Usme *et al.* 2008; Zúñiga *et al.* 2014); no obstante, las investigaciones realizadas sobre este grupo brindan información valiosa, dentro de las cuales, se destacan claves para la identificación de macroinvertebrados acuáticos suramericanos (Domínguez & Fernández, 2009). En Colombia, trabajos como los desarrollados por Roldán (2003; 2016), quien realizó una descripción de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia; Camacho-Pinzón & Molano-Rendón (2005) realizaron una lista de los insectos acuáticos presentes en el departamento del Quindío; Rivera-Usme *et al.* (2008) estimaron la estructura numérica de la entomofauna acuática de ocho ríos, pertenecientes al departamento del Quindío, en el que observaron que el orden más abundante fue

Trichoptera, seguido del orden Coleoptera, concluyendo, mediante diferentes análisis fisicoquímicos y de estructura, que las quebradas presentaban un buen nivel de conservación. Zúñiga *et al.* (2014) realizaron el registro de nuevos insectos acuáticos presentes en los sistemas lóticos de la isla de Gorgona, aproximándose, aún más, a la taxonomía de algunos grupos, especialmente, en los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera; por su parte, Lasso & Granados-Martínez (2015) publicaron la primera descripción de la fauna acuática de la serranía de la Macuira, en donde se observó que, dentro del filo Arthropoda, dominaron los Odonata, Ephemeroptera y Diptera, debido a sus altas abundancias.

Los estudios enfocados en la calidad de los cuerpos de agua, se basan, principalmente, en los análisis de parámetros fisicoquímicos, complementado con el uso de métodos biológicos, que reflejan las condiciones existentes del sistema, a partir de la presencia de los organismos que poseen ciertos límites de tolerancia a las perturbaciones y a las alteraciones en los ecosistemas dulceacuícolas (Álvarez-Arango, 2005; Forero-Céspedes *et al.* 2013; Roldán, 2016; Fontalvo & Tamaris-Turizo, 2018). Uno de los índices más utilizados para evaluar la calidad de los cuerpos de sistemas lóticos es el BMWP (Biological Monitoring Working Party), que usa valores de tolerancia de los taxones, a nivel de familia (Arango *et al.* 2008), clasificando los lugares evaluados en cinco categorías, a partir del uso de macroinvertebrados acuáticos, como bioindicadores biológicos. Roldán (2003) modificó este índice para Colombia (BMWP/Col), una herramienta de muy bajo costo, que permite evaluar la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales (Sánchez Herrera, 2005). Uno de los usos más relevantes de los insectos acuáticos ha sido como indicadores de la calidad del agua, debido a su sensibilidad a los cambios ambientales, hecho que los convierte en “piezas claves” en la dinámica de los ecosistemas acuáticos (Rivera-Usme *et al.* 2008; Castillo-Figueroa *et al.* 2018; Montoya-Moreno *et al.* 2019).

Los insectos acuáticos son el grupo de macroinvertebrados más abundantes dentro de los ecosistemas dulceacuícolas y son reconocidos como bioindicadores, ya que cumplen un papel predictor en la determinación de la calidad del agua. En este sentido, este estudio pretende conocer la diversidad de las comunidades de insectos acuáticos y establecer su relación con la calidad del agua en la parte baja, de cinco arroyos intermitentes, en la Serranía de la Macuira, Guajira colombiana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La Serranía de la Macuira, se encuentra localizada en la península de La Guajira. Esta serranía, se ubica en un área protegida perteneciente a Parques Naturales Nacionales, en el norte del departamento (entre la media y alta Guajira). Esta serranía es un macizo montañoso considerado un oasis en medio del desierto, ya que en él se encuentra un bosque, que cumple con la función de regulador hídrico y posee una temperatura promedio de 27°C (UAESPNN, 2011).

La Serranía, se localiza dentro del resguardo indígena Wayüü, cubre cerca de 25.000 hectáreas. Los picos de las montañas localizadas en

este macizo exhiben abundante niebla acumulada, producto de los vientos alisios del noreste que, al pasar por el Mar Caribe, se cargan de humedad y al momento de llegar a la serranía son capturados por la achaparrada vegetación (UAESPNN, 2011) y cuerpos de agua intermitentes (Pérez & Restrepo, 2008). La vegetación está constituida, principalmente, por bosques de niebla, a una altitud de 500m, por lo que la categorizan como uno de los paisajes ecosistémicos más peculiares de Colombia (Castellanos *et al.* 2011).

La Serranía de la Macuira, se encuentra en una zona semiárida, con periodos de lluvia y sequía y, por tanto, cuerpos de agua intermitentes (Pérez & Restrepo, 2008). El bosque, se caracteriza por su alta humedad, su vegetación típica y su localización (a cinco kilómetros del desierto). Es denominada una isla en medio de una zona desértica, convirtiéndola en un ecosistema particular, siendo categorizada como Reserva Natural y Área de Importancia, para la Conservación de Aves AICAS (UAESPNN, 2011).

**Toma y procesamiento de muestras.** Durante junio de 2015, se realizó un muestreo en cada uno de los arroyos Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalaiüü y Kajashiwoü. En cada arroyo, se seleccionó un sitio de muestreo, donde se analizaron los microhábitats gravas y hojarasca. Para el primero, se usó una red Surber (área: 0,09m<sup>2</sup>, tamaño de poro: 300µm); en el área proyectada por la red, se removió el sustrato por 5 minutos. La hojarasca, se colectó con ayuda de una red manual y se tomaron tres muestras del fondo del río (aproximadamente, 500g); todas las muestras (gravas y hojarasca), se integraron para conformar una muestra compuesta por sitio y se preservaron en bolsas plásticas con etanol al 90%.

Las muestras, se llevaron al Laboratorio donde se limpiaron y se separaron manualmente, con la ayuda de un estereoscopio Carl ZEISS Estemi 508. Posteriormente, los organismos se determinaron hasta nivel de género, con excepción de la familia Chironomidae, la cual, se identificó hasta subfamilia. Para la identificación de los organismos, se usaron las claves taxonómicas de Domínguez *et al.* (2006), Domínguez & Fernández (2009), Merritt *et al.* (2008), Ramírez (2010), Muñoz & Paprocki (2003) y Wiggins (1996). La identificación realizada hasta el nivel de familia, se empleó para estimar el índice BMWP/Col. Para ello, se realizó la asignación de los puntajes para cada una de las familias, sumando los valores, según el rango de tolerancia, que tienen un valor numérico entre 1 y 10, donde las puntuaciones más cercanas a 10 significan valores de sensibilidad a las perturbaciones en la calidad del agua y los valores más cercanos a 1, indican mayor grado de tolerancia. Este ajuste de puntajes está basado en las características de las familias y la frecuencia con la que se encuentran en los sitios de muestreo (Roldán, 2003).

**Análisis de datos.** Se analizó la abundancia de los organismos dominantes por sitio, mediante el uso de gráficos de barra exploratorios. Debido a que la abundancia de algunos taxones fue muy alta, se procedió a transformar los valores de abundancia de los taxones, a una escala logarítmica ( $\text{Log}_{10}(x+1)$ ); este procedimiento, se efectuó para las abundancias de todos los arroyos.

Para conocer la composición de las comunidades, se estimaron los números efectivos de taxones a nivel de género, a partir de la serie de números de Hill ( $q=0$ ,  $q=1$  y  $q=2$ ), donde, la diversidad de orden cero ( $q=0$ ) está representada por la riqueza genérica;  $q=1$  indica el número de géneros con abundancias similares y se estima basado en el exponente del índice de diversidad de Shannon - Weiner ( $H'$ ) y  $q=2$ , el número de géneros muy abundantes, que se estima a partir del inverso de Simpson ( $\lambda$ ) (Jost, 2006; 2010; Chao *et al.* 2014). Este análisis, se realizó en la plataforma iNext (<https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>) (Chao *et al.* 2016). Se realizó una comparación de la abundancia y la riqueza de géneros entre los sitios, mediante un análisis de agrupación, basado en matriz de Bray-Curtis y, en ambos casos, se usaron distancias Bray Curtis. Finalmente, se estimó el índice de Whittaker [ $\beta_w = (S/\bar{\alpha})-1$ ], donde, S es la riqueza local y  $\bar{\alpha}$  es el número de especies promedio en todas las muestras, para cuantificar el recambio de los géneros entre arroyos (Whittaker, 1972). Los Clusters y el cálculo del índice de Whittaker, se realizaron en el programa PAST3 (Hammer *et al.* 2001).

Para evaluar la calidad de las aguas de los cinco arroyos, se empleó el índice BMWP/Col (Roldán, 2003); por ello, se realizó la asignación de los puntajes para cada una de las familias, sumando los valores, según el rango de tolerancia del índice (Roldán, 2003; Sánchez Herrera, 2005). A partir del valor del índice de cada sitio, se asignó una categoría de Calidad de agua y la representación, de acuerdo con la escala de colores propuesta por Roldán (2003), de tal manera que, si el índice fue menor a 15, corresponde a Aguas fuertemente contaminadas; entre 16 y 35, Aguas muy contaminadas; entre 36 y 60, Aguas moderadamente contaminadas; entre 61 y 100, Aguas ligeramente contaminadas y mayor a 100, Aguas muy limpias y limpias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Composición de insectos acuáticos.** Se recolectaron un total de 545 individuos, agrupados en 25 géneros, que se distribuyeron en 19 familias y 7 órdenes. Los órdenes más abundantes fueron Coleoptera (328 individuos), Ephemeroptera (71 individuos), Diptera (65 individuos), Odonata (32 individuos), Hemiptera (30 individuos), Trichoptera (15 individuos) y Megaloptera (10 individuos) (Tabla 1); estos resultados coinciden con lo registrado por Lasso y Granados-Martínez (2015), quienes señalaron que los órdenes Ephemeroptera y Diptera correspondieron a dos de los tres órdenes más representativos en los arroyos de la Serranía de la Macuira. Diptera, a pesar el segundo orden más representativo en este trabajo, estuvo representado, principalmente, por la familia Chironomidae, similar con lo encontrado por Lasso & Granados-Martínez (2015), quienes solo registraron las subfamilias Chironominae y Tanyptodinae.

Los órdenes Trichoptera y Diptera estuvieron presentes en los cinco arroyos (Figura 1). A nivel de géneros, *Heterelmis* (Elmidae, Coleoptera) mostró las mayores abundancias, a pesar que solo estuvo presente en el arroyo Mekijanoü y, junto con *Hydrophilus* (Hydrophilidae, Coleoptera), *Tricorythodes* (Leptohiphidae, Ephemeroptera) y *Pelocoris* (Naucoridae, Hemiptera), aportaron

Tabla 1. Lista de insectos acuáticos asociados a los cinco arroyos intermitentes de la Serranía de la Macuira – Guajira, Colombia. ND: no determinado.

Orden	Familia	Taxón	Sitio				
			Mmalauü	Chaamaalüü	Mekijanoü	Kanewerü	Kajashiwoü
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	x	x		x	x
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	x	x		x	x
		<i>Mecistogaster</i>	x				x
	Libellulidae	<i>Tholymis</i>					x
		<i>Brechmorhoga</i>		x			x
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	x	x	x		
		<i>Haplodyphes</i>				x	
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>			x		
	Baetidae	<i>Mayobaetis</i>			x	x	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	x	x			
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>		x	x	x	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Hydrophilus</i>			x	x	x
	Elmidae	<i>Heterelmis</i>			x		
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	x	x	x	x	x
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>			x		
Diptera	Chironomidae	Chironominae	x		x		
		Orthocladinae			x		
		Tanypodinae			x		
	Stratiomyidae	<i>Caloparyphus</i>		x	x		
	Simuliidae	<i>Simulium</i>			x		
	Ceratopogonidae	ND			x		

el 69% de individuos en todo el estudio. Por su parte, *Helicopsyche* (Helicopsychidae, Trichoptera) estuvo presente en los cinco arroyos.

**Arroyo Mekijanoü.** Presentó el mayor número de individuos (417), pertenecientes a 6 órdenes, 15 familias y 18 géneros. Coleoptera, representado principalmente por *Heterelmis* (Elmidae), se encontró solo en este arroyo. El orden Ephemeroptera obtuvo una de las abundancias más altas, representado por *Mayobaetis* (Baetidae), *Tricorythodes* (Leptohyphidae) y *Thraulodes* (Leptophlebiidae). Diptera exhibió la mayor abundancia, encabezada por la Chironominae (Chironomidae), mientras que *Simulium* (Simuliidae, Diptera) presentó la menor. Los simúlidos solo se encontraron en este sitio (Figura 2).

**Arroyo Chaamaalüü.** La abundancia fue baja en este sitio (15 individuos). El orden con mayor abundancia fue Odonata: *Argia* (Coenagrionidae), con 4 individuos; *Progomphus* (Gomphidae), con

2 y *Brechmorhoga* (Libellulidae), con 3. Por su parte, *Tricorythodes* (Leptophlebiidae) fue el género más abundante, mientras que *Corydalus* (Corydalidae, Megaloptera) fue el menos abundante (Figura 3a).

**Arroyo Kanewerü.** Se registraron 10 géneros, distribuidos en 10 familias y 7 órdenes. El género con mayor abundancia fue *Pelocoris* (Naucoridae, Hemiptera), con 7 individuos; en total, este arroyo registró 24 individuos (Figura 3b). La subfamilia Chironominae (Chironomidae, Diptera) y el género *Molophilus* (Tipulidae, Diptera) presentaron las abundancias más bajas en este arroyo, con 2 individuos cada taxón. Se evidencia que los organismos más abundantes poseen adaptaciones a sistemas con pocas corrientes y oxigenación (Merritt *et al.* 2008).

**Arroyo Mmalauü.** En este arroyo, se colectaron 59 individuos, distribuidos en 5 órdenes, 6 familias y 7 géneros. Los taxones con

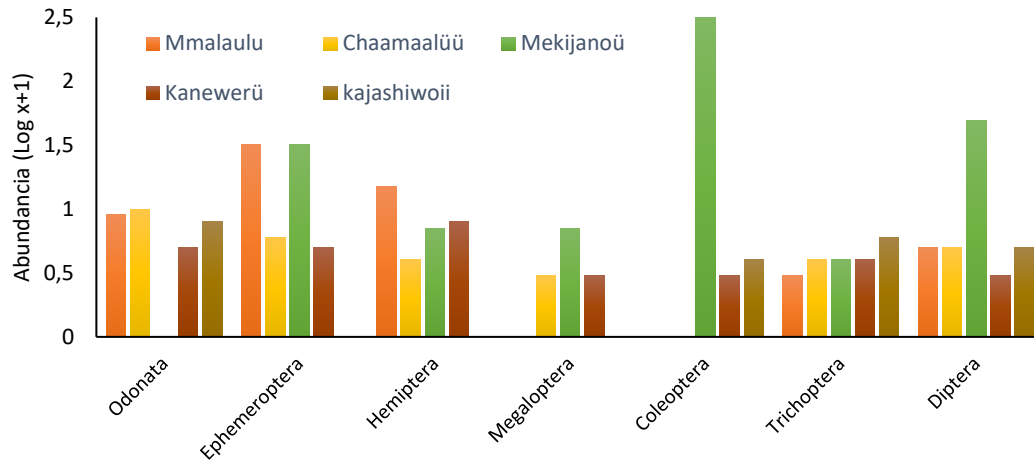


Figura 1. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos, en los arroyos Mekijanöü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalaulüü y Kajashiwoü de la Serranía de la Macuira - Guajira, Colombia. Se destaca la alta abundancia de los órdenes Coleoptera y Diptera en el arroyo Mekijanöü.

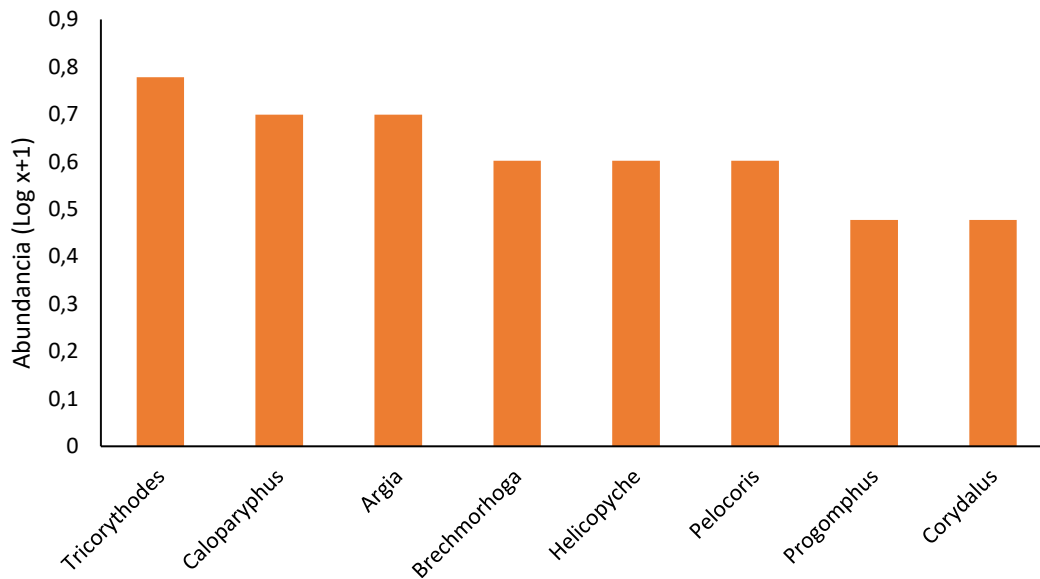


Figura 2. Abundancia de taxones en el arroyo Mekijanöü, Serranía de la Macuira - La Guajira, Colombia. Similitud en la abundancia de los taxones presentes en este arroyo.

mayor abundancia fueron *Tricorythodes* (Leptohyphidae) y *Pelocoris* (Naucoridae) (Figura 3c). *Argia*, *Mecistogaster* (Coenagrionidae) y *Helicopsyche* (Helicopsychidae) presentaron las abundancias más bajas en este arroyo, con 2 individuos, cada uno.

**Arroyo Kajashiwoü.** En este arroyo, se registraron 20 individuos, distribuidos en 4 órdenes, 8 familias y 10 géneros. El orden que presentó mayor número de individuos correspondió a Odonata, registrando para el arroyo un total de 11 individuos, distribuidos

en los géneros *Progomphus* (Gomphidae, con 4 individuos), *Argia* (Coenagrionidae, con 4 individuos), *Mecistogaster* (Coenagrionidae, con un individuo), *Tbolymis* (Libellulidae, con un individuo) y *Brachmorhoga* (Libellulidae, con un individuo). Cabe resaltar que el mayor número de individuos, a nivel de género, para este arroyo fue *Helicopsyche* (Helicopsychidae), con 5 (Figura 3d).

El orden Odonata obtuvo valores más altos de abundancia en comparación con otros grupos de insectos, debido a que en los

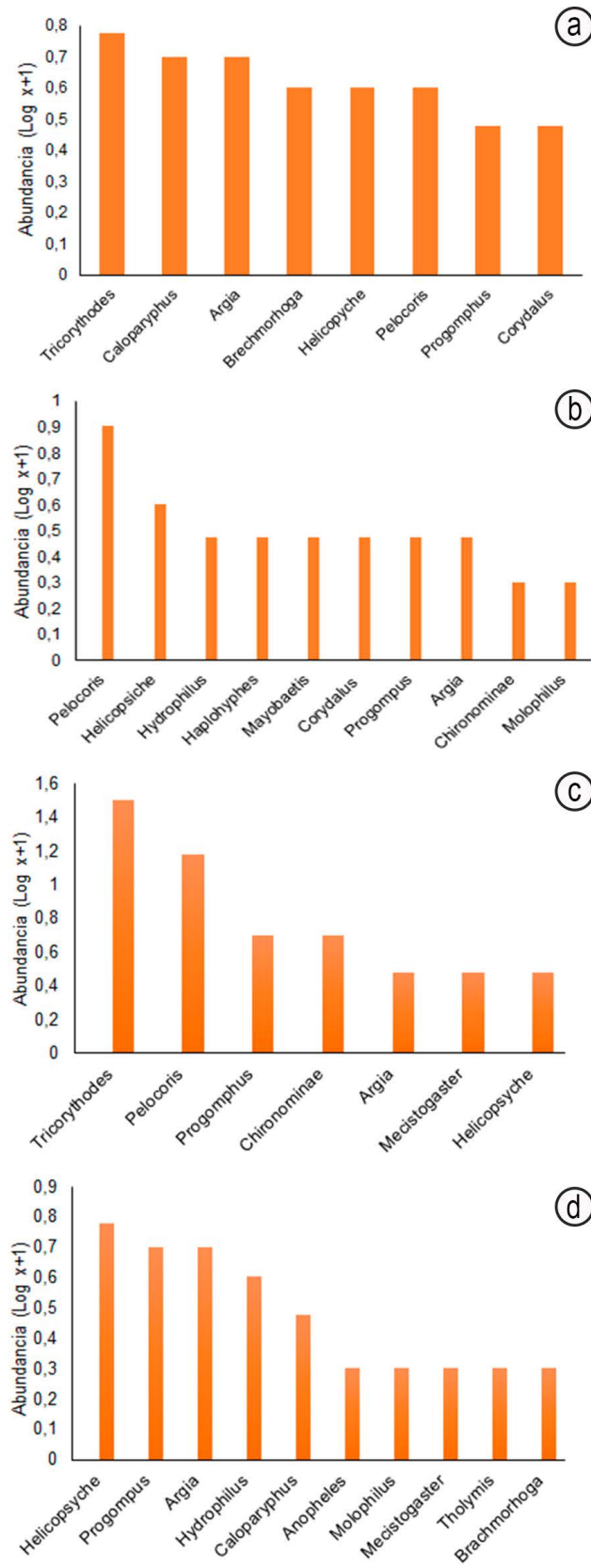


Figura 3. Abundancia (transformada a  $\text{Log}_{10} x+1$ ) de insectos acuáticos en ríos intermitentes de la Serranía de la Macuira (La Guajira). a. arroyo Chaamaalüü; b. arroyo Kanewerü; c. arroyo Mmalaüü; d. arroyo Kajashiwoü.

cuerpos de agua temporales el desarrollo de los organismos, generalmente, es acelerado, de tal forma que las ninfas pueden pasar de este estadio a adultos, en un par de meses (Ramírez, 2010), coincidiendo con Lasso & Granados-Martínez (2015), quienes otorgan estas abundancias a las características de las zonas, abiertas y con exposición solar, lo cual, es aprovechado por este grupo.

Las curvas de completitud de los arroyos Mmalaüü, Chaamaalüü, Mekijanoü mostraron una buena cobertura de la diversidad, con relación a su abundancia, con el 100%, para los dos primeros y el 99%, para el tercer arroyo; sin embargo, fue el arroyo Mekijanoü el que presentó los mayores valores de abundancia y riqueza (Figura

4a). Los arroyos Kajashiwoü y Chaamaalüü fueron caracterizados por Lasso & Granados-Martínez (2015), como arroyos amenazados por la intervención antrópica, que podría explicar los bajos valores de abundancia y de riqueza de géneros, encontrados en estos dos sitios. El arroyo Mekijanoü, se catalogó con una menor intervención antrópica, que coincidió con los valores altos de riqueza, abundancia y el BMWP/Col. La principal amenaza de los cuerpos de agua fue la presencia de caprinos que, regularmente, usan la vegetación ribereña. Es probable que las comunidades de insectos acuáticos se vean afectadas por la pérdida de la vegetación cercana a los cuerpos de agua (Alonso, 2006) y la acción física de los animales al ingresar a dichos sistemas, al usar el agua para consumo (Obs. Pers).

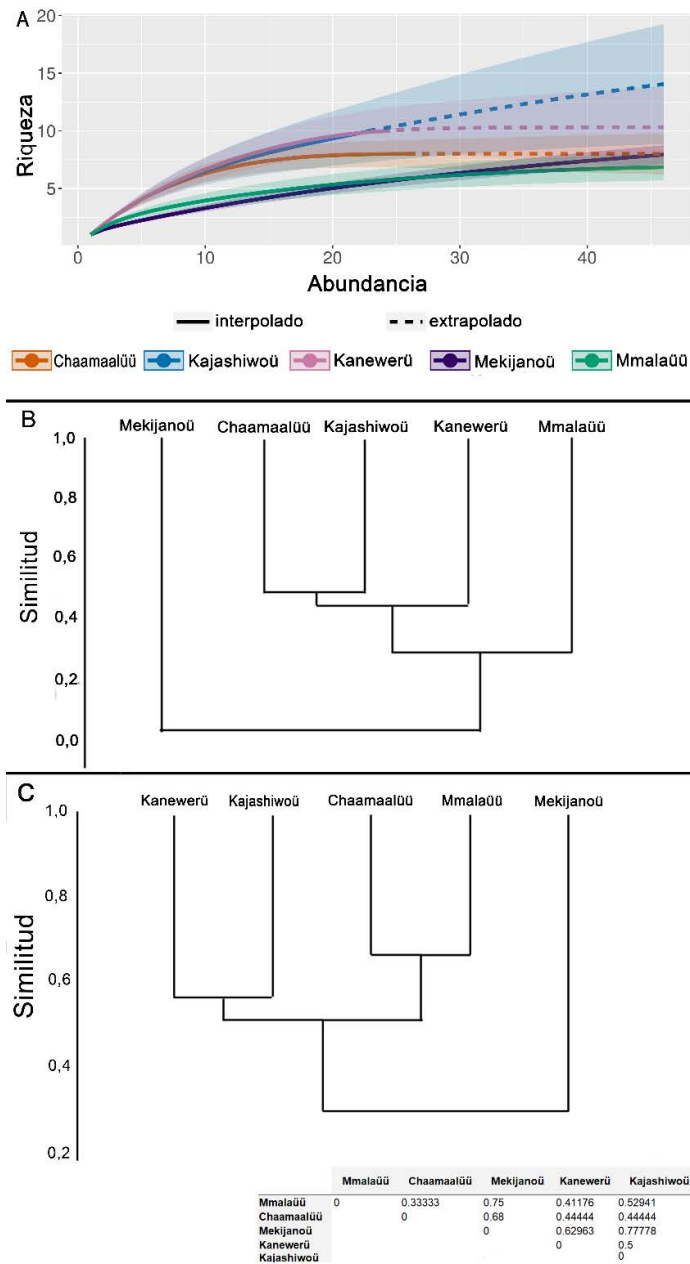


Figura 4. A. Curva de rarefacción de la riqueza en función de la abundancia de los taxones en los cinco arroyos de la serranía de la Macuira; b. Análisis de conglomerados Cluster, basado en la abundancia de los taxones; c) Cluster basado en la riqueza de taxones; en la tabla de esta figura, se incluyen los valores del recambio de taxones entre arroyos.

A partir de los resultados obtenidos, se registra, por primera vez, seis nuevos géneros (*Corydalus*, *Heterelmis*, *Rhagovelia*, *Mayobaetis*, *Tbolymis* y *Mecistogaster*), que se suman al inventario de sistemas fluviales de la Serranía de la Macuira, por lo cual, hoy, se totalizan 24 familias y 43 géneros, incluyendo los trabajos previos, realizado por Lasso & Granados- Martínez (2015).

**Análisis de conglomerados.** El análisis Cluster basado en las abundancias mostró que el arroyo Mekijanoü, se separó de los cuatro arroyos restantes, debido sus altos registros, mientras que las abundancias de las comunidades de los arroyos Chaamaalüü, Kajashiwoü y Kanewerü, fueron similares entre sí, evidenciando una leve separación con respecto al arroyo Mmalaüü, que no representa una notable diferencia con estos tres sitios (Figura 4b). El Cluster basado en la riqueza mostró que el arroyo Mekijanoü también se separó de los otros arroyos, por tener el mayor número de géneros; los demás arroyos presentaron una mayor similitud entre ellos (Figura 4c). Asimismo, el índice de Whittaker mostró la mayor similitud de taxones entre los arroyos Chaamaalüü y Mmalaüü y la mayor disimilitud, entre Kajashiwoü y Mekijanoü.

El agrupamiento refleja que, a pesar de que la Serranía de la Macuira es un lugar conservado, su diversidad se ve afectada por los flujos de agua, los cuales, pasan de ser arroyos, con una constancia hídrica, a arroyos compuestos por charcas y bateas, todo esto, debido a que las interrupciones a lo largo de un cuerpo de agua pueden generar alteraciones en las comunidades presentes y cambios en la composición de las comunidades y, por ende, en la diversidad (Bonada *et al.* 2007; Romani *et al.* 2017); sin embargo, se requiere de monitoreos temporales, para conocer la dinámica de las comunidades con relación al incremento y descenso de los flujos (Stubbington *et al.* 2017).

**Calidad de agua.** Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del índice BMWP/Col mostraron que el arroyo Mekijanoü obtuvo el puntaje más alto (87), correspondiente a la mejor calidad de agua, categorizada como “Agua ligeramente contaminada”, en comparación con los otros cuatro arroyos, los cuales, oscilaron entre 6 a 10 familias, con puntajes entre 41 a 57, con la categoría de “aguas moderadamente contaminadas” (Tabla 2). Similares resultados fueron documentados por Figueroa *et al.* (2007), quienes observaron

que en el río Chillán (Chile), la mayor riqueza y abundancia se presentó en los sectores con mejores condiciones de calidad de agua y que la riqueza disminuyó en la parte baja del río, donde se registraron los valores de contaminación más altos. Olivares-Calzado *et al.* (2012), también aplicaron el índice BMWP/Cub en el río San Juan (Cuba) y observaron alta contaminación orgánica y bajos valores de riqueza (2 taxones), moluscos de la familia Thiaridae (*Tarebia granifera*) y dípteros de la familia Chironomidae (*Goeldichironomus devineyae*).

La aplicación del índice BMWP/Col mostró que, cuatro de los cinco arroyos evaluados, se situaron en Clase III, lo que indica que sus aguas se clasificaron como “Aguas moderadamente contaminadas” y solo uno, situado en Clase II, determinando una “Agua ligeramente contaminada”. Estos resultados coinciden con la abundancia de las familias de insectos acuáticos encontrados en el arroyo Mekijanoü, que podría ser resultado del constante flujo observado por Lasso & Granados- Martínez (2015), en comparación con los demás arroyos. Si bien los insectos acuáticos reflejan las condiciones ambientales y la calidad ecológica de estos sistemas (Montoya-Moreno *et al.* 2011; López-Hernández *et al.* 2014) es necesario que dichas evaluaciones se realicen en los diferentes momentos hidrológicos, ya que la composición de las comunidades puede variar y, consecuentemente, los resultados de los índices (Murphy, 1978; De la Lanza-Espino *et al.* 2000; Romero *et al.* 2011).

En conclusión, la estructura de las comunidades de insectos acuáticos fue similar en cuanto a su baja abundancia y composición de taxones, en cuatro de los cinco arroyos evaluados, como consecuencia de la intermitencia de estos ecosistemas y la intervención antrópica observada (presencia de ganado), factores que juegan un papel fundamental en la estructuración de las comunidades de insectos acuáticos en los sistemas fluviales; sin embargo, una evaluación anual (que incluya todos los periodos climáticos para la zona) podrían verificar o no las tendencias registradas hasta el momento.

**Agradecimientos:** A la comunidad indígena Wayüü, por facilitar la colecta de material biológico en su territorio. A Boris Cuadrado, director del Parque Nacional Natural Macuira, por facilitar el acceso a la zona y otorgar la autorización para el muestreo. Especial agradecimiento a los revisores anónimos y al editor del manuscrito,

Tabla 2. Estado de la calidad del agua utilizando el BMWP/Col en cinco arroyos de la Serranía de la Macuira.

Sitios	Mmalaüü	Chaamaalüü	Mekijanoü	Kanewerü	Kajashiwoü
Número de familias	6	8	15	10	8
BMWP/Col	41	55	87	57	43
Categoría	Clase III	Clase III	Clase II	Clase III	Clase III
Significado	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas



por sus valiosos comentarios, que permitieron su mejora. A los integrantes del Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada, por su apoyo en el trabajo en el laboratorio. A la Fundación FUPARCIS, por la gestión administrativa del proyecto. Conflictos de intereses: Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados en este manuscrito. El presente artículo se deriva del trabajo de pregrado titulado “Insectos acuáticos asociados a arroyos intermitentes de la serranía de la Macuira, Guajira- Colombia” elaborado por el primer autor.

## REFERENCIAS

- ALONSO, A. 2006. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*. (Colombia). 15(2):101-105.
- ÁLVAREZ-ARANGO, L.F. 2005. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ARANGO, M.C.; ÁLVAREZ, L.F.; ARANGO, G.A.; TORRES, O.E.; MONSALVE, A.D.J. 2008. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*. (Colombia). 9:121-141.
- ARMBRECHT, I.; RIVERA, L.; PERFECTO, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19(3):897-907.  
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00062.x>
- BARRAGÁN, M.F.; TAMARIS-TURIZO, C.E.; RÚA-GARCÍA, G.A. 2017. Comunidades de insectos acuáticos de los tres flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biota Colombiana*. (Colombia). 17(2):47-61.  
<https://doi.org/10.21068/c2016.v17n02a05>
- BONADA, N.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. 2007. Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network. *Hydrobiologia*. (Suiza). 589(1):91-106.  
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-0723-5>
- BUEÑAÑO, M.; VÁSQUEZ, C.; ZURITA-VÁSQUEZ, H.; PARRA, J.; PÉREZ, R. 2018. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*. (Colombia). 13(1):41-49.  
<https://doi.org/10.21676/23897864.2405>
- CAMACHO-PINZÓN, D.; MOLANO-RENDÓN, F. 2005. Clave ilustrada de especies para Gerridae (Insecta: Heteroptera) del departamento del Quindío-Colombia. *Rev. de Investigaciones Universidad del Quindío*. (Colombia). 15:75-82.
- CASTELLANOS, M.L.; PARDO-LOCARNO, L.C.; DORIA, A.C.C. 2011. algunas características de macrofauna del suelo en la Serranía de la Macuira, Guajira, Colombia. *Agricultura Tropical*. 34(3,4):98-106.
- CASTELLANOS, P.M.; SERRATO, C. 2008. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias*. (Colombia). 32(122):79-86.
- CASTILLO-FIGUEROA, D.; GARZÓN-SALAMANCA, L.L.; ALBARRACÍN-CARO, J.F. 2018. Aquatic macroinvertebrates as water quality bioindicators in Colombia: A systematic review. *Neotropical Biology and Conservación*. (Bulgaria). 13(3):235-248.  
<https://doi.org/10.4013/nbc.2018.133.06>
- CHAO, A.; GOTELLI, N.J.; HSIEH, T.C.; SANDER, E.L.; COLWELL, K.H.; MA, R.K.; ELLISON, A.M. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*. (U.S.A.). 84(1):45-67.  
<https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- CHAO, A.; MA, K.H.; HSIEH, T.C. 2016. User's Guide for iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity, Taiwan. p.14.
- CHARÁ-SERNA, A.M.; CHARÁ, J.D.; ZÚÑIGA, M.D.C.; PEDRAZA, G.X.; GIRALDO, L.P. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*. (Colombia) 15(1):27-36.  
<https://doi.org/10.11144/javeriana.SC15-1.tcoa>
- DE LA LANZA-ESPINO, G.; PULIDO, S.H.; PÉREZ, J.L.C. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés, México. p.551.
- DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H.R. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 656p.
- DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M.L.; HUBBARD, M.D.; NIETO, C. 2006. Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America, Pensoft, Sofia. 646p.
- FIGUEROA, R.; PALMA, A.; RUIZ, V.; NIELL, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo

- de Chile: río Chillán, VIII Región. Rev. chilena de historia natural. (Chile). 80(2):225-242.
19. FONTALVO, F.A.; TAMARIS-TURIZO, C.E. 2018. Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica*. 13(2):101-111. <https://doi.org/10.21676/23897864.2510>
  20. FORERO-CÉSPEDES, A.; REINOSO-FLÓREZ, G.; GUTIÉRREZ, C. 2013. Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *Caldasia (Colombia)*. 35(2):371-387.
  21. 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.
  22. HERNÁNDEZ, J.L.; GUZMÁN-SOTO, C.J.; TAMARIS-TURIZO, C.E. 2016. Macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga de Sahaya y en tres de sus afluentes (Cesar, Colombia). *Intropica*. 11(1):11-20. <https://doi.org/10.21676/23897864.1857>
  23. JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*. 113(2):363-375.
  24. JOST, L. 2010. The relation between evenness and diversity. *Diversity*. 2(2):207-232.
  25. LASSO, C.A.; GRANADOS-MARTINEZ, C.E. 2015. Biota acuática de la serranía de la Macuira, Parque Nacional Natural Macuira, Guajira colombiana. Capítulo 8. En: Lasso, C.A.; Blanco-Libreros, J.F.; Sánchez-Duarte, P. (Eds). XII Cuencas Pericontinentales de Colombia Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá. D.C., Colombia. p.293-314.
  26. LÓPEZ-HERNÁNDEZ, M.; RAMOS-ESPINOSA M.G.; FLORES-MACÍAS A.; GONZÁLEZ-FARÍAS, F. 2014. Insectos acuáticos del río Mixtamalapa, Veracruz, composición y estructura funcional: Herramienta para evaluar la salud ambiental. *Entomología Mexicana*. 1:414-419.
  27. MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4<sup>th</sup> ed. Kendall Hunt. Iowa, USA. 1158p.
  28. MONTOYA-MORENO, Y.; ACOSTA, Y.; ZULUAGA, E. 2011. Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia (Colombia)*. 33(1):193-210.
  29. MONTOYA-MORENO, Y.; PATIÑO ZAPATA, E.; RAMÍREZ ARANGO, E.; YEPES OSORIO, E. 2019. Calidad biológica y fisicoquímica de tres fuentes de agua y su relación con el fenómeno de El Niño y La Niña. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica (Colombia)*. 22(2):e1328. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1328>
  30. MUÑOZ-Q, F.; PAPROCKI, H. 2003. Claves para la identificación de las larvas de las familias neotropicales de Trichoptera. *Caldasia (Colombia)*. 25(1):169-192.
  31. MURPHY, P.M. 1978. The temporal variability in biotic indices. *Environ. Poll.* 17:227-236.
  32. OLIVARES-CALZADO, G.; NARANJO-LÓPEZ, C.; LÓPEZ-DEL CASTILLO, P.; MORELL-BAYARD, A. 2012. Valoración de la calidad del agua del río San Juan de Santiago de Cuba asociado a un foco de contaminación Industrial. *Ciencia en su PC (Cuba)*. 4:99-111.
  33. PEDROZA-RAMOS, A.; CARABALLO, P.; ARANGUREN-RIÑO, N. 2016. Estructura trófica de los invertebrados acuáticos asociados a *Egeria densa* (Planch. 1849) en el lago de Tota (Boyacá-Colombia). *Intropica*. 11(1):21-34. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.1858>
  34. PÉREZ, G.R.; RESTREPO, J.J.R. 2008. Fundamentos de limnología neotropical (Vol. 15). Universidad de Antioquia, p.78.
  35. RAMÍREZ, A. 2010. Capítulo 5: Odonata. *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)*. 58:97-136.
  36. RIVERA-USME, J.J.; CAMACHO-PINZÓN, D.L.; BOTERO-BOTERO, A.B. 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta Biológica Colombiana (Colombia)*. 13(2):133-146.
  37. ROLDÁN, G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col (No. 333.91 R744b). Medellín, CO: Edit. Universidad de Antioquia. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*. 40(155):254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
  38. ROLDÁN, G.A. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 40(155):254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
  39. ROMANÍ, A.M.; CHAUVET, E.; FEBRIA, C.; MORA-GÓMEZ, J.; RISSE-BUHL, U.; TIMONER, X.;

- WEITERE, M.; ZEGLIN, L. 2017. The Biota of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Prokaryotes, Fungi, and Protozoans. In: Datry, T.; Bonada, N.; Boulton, A. (eds). Intermittent Rivers and Ephemeral Streams. Academic Press. p.161-188.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00009-7>
40. ROMERO, I.; LUNA, J.A.; OBREGÓN, W.P. 2011. Calidad sanitaria de las fuentes hídricas de la cuenca baja del río Manzanares, Santa Marta, Colombia. *Intropica*. 6(1):51-62.
41. SÁNCHEZ HERRERA, M.J. 2005. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. *Bistua: Rev. Facultad de Ciencias Básicas*. (Colombia). 3(2):54-67.
42. STUBBINGTON, R.; BOGAN, M.T.; BONADA, N.; BOULTON, A.J.; DATRY, T.; LEIGH, C.; VANDER VORSTE, R. 2017. The Biota of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Aquatic Invertebrates. In: Datry, T.; Bonada, N.; Boulton, A. (eds). Intermittent Rivers and Ephemeral Streams, Academic Press. p.217-243.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00007-3>
43. TAMARIS-TURIZO, C.E.; PINILLA-A., G.; MUÑOZ, I. 2018. Trophic network of aquatic macroinvertebrates along an altitudinal gradient in a Neotropical mountain river. *Rev. Brasileira de Entomologia*. 62:180-187.  
<https://doi.org/10.1016/j.rbe.2018.07.003>
44. UAESPNN. 2011. Parque Nacional Natural Macuira. Plan de manejo 2011. 2007. Unidad Administrativa Especial de Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. (Colombia). 37p.
45. WHITTAKER, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 21:213-251.
46. WIGGINS, G.B. 1996. Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera). University of Toronto Press. 476p.
47. ZÚÑIGA, M.; CARDONA, W.; MOLINERI, C.; MENDIVIL, J.; CULTID, C.; CHARÁ, A.M.; GIRALDO, A. 2014. Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Rev. Biología Tropical*. (Costa Rica). 62(1):221-241.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.16278>