

## Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en tres ciénagas de la cuenca media del río Atrato, Chocó, Colombia

### Characterization of the aquatic macroinvertebrates community in three swamp of Atrato river, Chocó, Colombia

Zuleyma Mosquera-Murillo\*, Karen Córdoba-Aragón\*

#### Resumen

**Objetivo:** Caracterizar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con el fondo y con las macrófitas de tres ciénagas del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia.

**Materiales y métodos:** Entre octubre de 2013 y febrero de 2014 se realizaron muestreos en tres ciénagas de la cuenca media del Atrato. Para el muestreo de los macroinvertebrados asociados con las macrófitas se utilizó un cuadrante de un m<sup>2</sup>, dotado de una malla de 0,5 mm, y para los bentónicos se empleó una draga Ekman (225 cm<sup>2</sup>) con tres lanzamientos en cada estación. Las variables físico-químicas se midieron con un equipo multiparamétrico en campo y con un espectrofotómetro en el laboratorio.

**Resultados:** Se colectaron 165 individuos, 55,4% asociados con el fondo de las ciénagas y 44,6% con las macrófitas. La comunidad del fondo estuvo distribuida en dos órdenes, cuatro familias y cinco géneros; mientras que en las macrófitas se registraron cinco órdenes, 14 familias y 17 géneros, siendo el orden Ephemeroptera el más representativo en ambas zonas. Los índices ecológicos presentaron altos valores en la ciénaga La Grande I y bajos en la ciénaga La Grande II tanto para los organismos asociados con macrófitas como los del fondo. Las variables fisicoquímicas no mostraron diferencias significativas entre ciénagas a excepción de los nitratos, encontrándose dentro de los rangos normales; sin embargo, se registra una fuerte asociación entre la abundancia de macroinvertebrados acuáticos y las variables físico-químicas.

**Conclusiones:** El mayor número de organismos se encontró asociado con el fondo, mientras que la mayor riqueza taxonómica se observó en las macrófitas siendo este sustrato el que presentó los valores más altos de diversidad. Los parámetros físico-químicos mostraron un comportamiento típico de zonas tropicales e indicaron aguas oligotróficas en todas las ciénagas. Un alto porcentaje de las familias registradas en el estudio, se correlacionaron significativamente con los parámetros físico-químicos estudiados.

**Palabras clave:** Ciénagas, Macroinvertebrados, Quibdó, Sanceno.

#### Abstract

**Objective:** To characterize the community of aquatic macroinvertebrates associated with the bottom and macrophytes of three swamps of the municipality of Quibdó, Chocó, Colombia.

**Materials and methods:** In October 2013 and February 2014, samples were taken in three swamps of the middle Atrato basin. For the sampling of the macroinvertebrates associated to the macrophytes a quadrant of one m<sup>2</sup>, with a mesh of 0.5 mm was used, and for the benthic ones an Ekman dredge (225 cm<sup>2</sup>) with three launches in each station was used. The physicochemical variables were measured with multiparameter equipment in the field and with a spectrophotometer in the laboratory.

**Results:** We collected 165 individuals, 55.4% associated with the bottom of the swamps and 44.6% in the macrophytes. The fund community was distributed in two orders, four families and five genera; whereas in the macrophytes five orders were registered, 14 families and 17 genera; being the order Ephemeroptera the most representative in both zones. Ecological indices presented high values in La Grande I swamp and low in the La Grande II swamp for both macrophyte and background organisms. The physical-chemical variables did not show significant differences between swamps except for nitrates, being within the normal ranges; however, there is a strong association between abundance of aquatic macroinvertebrates and physical-chemical variables.

**Conclusions:** The highest number of organisms was found in the background, while the highest taxonomic richness was observed in the macrophytes; being this substrate the one that presented the highest values of diversity. The physical-chemical parameters showed a typical behavior of tropical zones and indicated oligotrophic waters in all swamp. A high percentage of the families registered in the study were significantly correlated with the physical-chemical parameters studied.

**Keywords:** Macroinvertebrates, Quibdó, Swamp, Sanceno.

\* Grupo de Limnología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luia Córdoba", Quibdó, Colombia. e-mail: [zuleymamosquera@gmail.com](mailto:zuleymamosquera@gmail.com) [kaecoar@yahoo.com](mailto:kaecoar@yahoo.com)  
Fecha de recibido: Septiembre 6, 2014 Fecha de aprobación: Diciembre 18, 2014 [DOI: 10.18636/riutch.v34i1.538](https://doi.org/10.18636/riutch.v34i1.538)

## Introducción

Los humedales son los ecosistemas más productivos del mundo y su característica determinante es la disposición constante o temporal de agua a lo largo de todo el año, situación que favorece el desarrollo de una amplia diversidad de flora, fauna y microorganismos que interactúan en complejas relaciones para mantener un equilibrio ecológico de alta fragilidad (MAVDT, 2002). En este tipo de ecosistemas habitan diversas comunidades biológicas como peces, macrófitas, organismos planctónicos (fitoplancton, zooplancton), perifiton, crustáceos y macroinvertebrados, sobresaliendo estos últimos por su importancia en el ecosistema (Zedler & Kercher, 2005).

Los macroinvertebrados acuáticos juegan un papel importante en los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos, siendo un enlace importante en el movimiento de la energía a diversos niveles tróficos de las cadenas alimentarias acuáticas; además, controlan la productividad primaria de estos ecosistemas al consumir gran cantidad de algas y otros microorganismos asociados con el plancton. Sus hábitos de alimentación favorecen la interacción entre la micro-flora y los demás componentes de la fauna, incrementando el flujo de carbono y el reciclaje de nutrientes (Wallace & Webster, 1996; Velásquez & Miserendino, 2003; Allan & Castillo, 2007).

En relación acon la temática de los macroinvertebrados asociados con los sistemas lénticos, a nivel mundial se destacan investigaciones como las de Bechara & Andreani (1989), Blanco-Belmonte (1990), Blanco-Belmonte *et al.* (1998), Millán *et al.* (1997), Miserendino & Pizzolon (2000), Poi de Neiff & Neiff (2006) y Perea *et al.* (2011). En Colombia se destacan las investigaciones realizadas por Manjarréz-Hernández *et al.* (2004), Inger *et al.* (2004) Ovalle (2006), Deluque *et al.* (2006), Venegas (2008), Martínez (2009), Quiróz *et al.* (2010), Rivera-Usme

(2011), Rivera *et al.* (2013) entre otras.

En el departamento del Chocó, son escasos los estudios que ofrezcan conocimientos sobre las comunidades de macroinvertebrados presentes en sistemas cenagosos, sobresaliendo los realizados por Asprilla *et al.* (1998) en la ciénaga de Jotaudó (Quibdó, Chocó) quienes reportando poca variación en la fauna bentónica, siendo muy abundante los Chironominae, seguido de los géneros *Limnogonus* y *Campsurus*; Álvarez & Vivas (1999) en raíces de *Pontederia rotundifolia* (Algamasa) de la zona litoral y limnética en las ciénagas Plaza Seca y La Grande (Sanceno, Quibdó), reportan una alta abundancia del género *Chironomus* seguido de los géneros *Ryacophila* y *Tramea*; Álvarez *et al.* (2003) compararon bentos y los organismos asociados con macrófitas en un ambiente acuático temporal (Quibdó, Chocó) reportando mayor abundancia de organismos en las macrófitas que en el fondo.

En la presente investigación se caracteriza la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en tres ciénagas ubicadas en el municipio de Quibdó, cuenca del río Atrato, como una contribución al conocimiento de la diversidad de este grupo de organismos en los ecosistemas leníticos de la región.

## Metodología

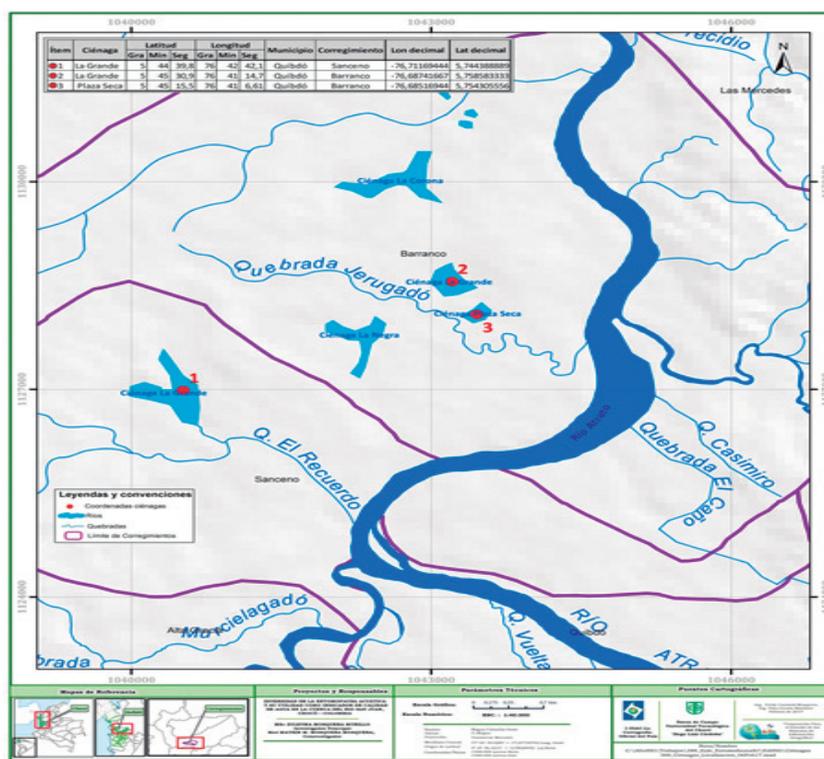
**Área de estudio.** La presente investigación se realizó en tres ciénagas: Plaza Seca, La Grande I y La Grande II, pertenecientes al municipio de Quibdó, Chocó, Colombia, cuenca del río Atrato. Esta zona presenta una precipitación promedio anual de 8.000 mm, temperatura promedio de 26,8°C y una humedad relativa de 85,7%, correspondiendo a una zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (Rangel, 2004). Plaza Seca es la ciénaga principal que se conecta directamente con el río Atrato por medio del caño Gerunguidó y las otras dos ciénagas se conectan

directa o indirectamente con la misma (Figura 1). Las especies de macrófitas presentes en las ciénagas estudiadas fueron *Eichhornia azurea*, *Nymphoides sp.* y *Ludwigia sedoides*, siendo estas dos últimas las de mayor distribución en el espejo de agua de las ciénagas estudiadas.

**Ciénaga Plaza Seca.** Ubicada entre las coordenadas 5°45'15,5" N, 76°42'42,1" W a 43 metros de elevación. Durante el período de muestreo presentó una profundidad promedio de 1,49±0,19 m, transparencia promedio de 0,65±0,14m y temperatura del agua de entre 29,1° y 27°C. Las macrófitas *L. sedoides* y *Nymphoides sp.* dominan la vegetación flotante en esta ciénaga, junto con pequeños parches de *E. azurea* (Figura 1).

**Ciénaga La Grande I.** Ubicada entre las coordenadas 5°44'39,8" N, 76°42'42,1" W a 50 m de elevación. Durante el período de muestreo presentó una profundidad promedio de 1,07±0,36 m, transparencia promedio de 0,33±0,09m y temperatura del agua de entre 30°C y 27,4°C. Las macrófitas *E. azurea* y *L. sedoides* dominan la vegetación flotante en esta ciénaga (Figura 1).

**Ciénaga La Grande II.** Ubicada entre las coordenadas 5°45'30,9" N, 76°41'14,7" W a 50 m de elevación. Durante el período de muestreo presentó una profundidad promedio de 2,07±0,78 m, transparencia promedio de 0,74±0,22m y temperatura del agua de entre 34,6°C y 27,7°C. La vegetación flotante presente en esta ciénaga es



**Figura 1.** Área de estudio. Imágenes de las ciénagas estudiadas.  
Fuente: Z. Mosquera.

*L. sedoides*, de la que existen pequeños parches (Figura 1).

**Métodos.** Para la toma de datos se realizaron cuatro salidas de campo entre los meses de octubre de 2013 y febrero de 2014, para cubrir las dos épocas hidrológicas contrastantes de la región, aguas altas (octubre a diciembre) y aguas bajas (enero a marzo). En cada ciénaga estudiada se ubicaron 3 estaciones de muestreo, dos en la zona litoral y una en la zona limnética.

En cada estación se hicieron mediciones de oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos con un equipo digital multiparámetros marca HACH HQ30d; la alcalinidad se midió con el método potenciométrico. Además, se tomaron muestras de agua para el análisis de los nitratos, nitritos, amonio y fosfato.

Para el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos asociados con las macrofitas, se ubicaron transectos perpendiculares a la línea de borde, en los cinturones de macrófitas y en cada espejo de agua se utilizó un cuadrante de PVC, dotado de una malla de 0,5 mm, que se instaló bajo la superficie a coleccionar, se extrajeron las plantas y se lavaron cuidadosamente las raíces para remover los organismos allí presentes; los macroinvertebrados colectados se preservaron en alcohol al 90%. El muestreo de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos se realizó con una draga Ekman, con un área de recolección de 225 cm<sup>2</sup> y con tres lanzamientos (réplicas) con la draga, a una profundidad máxima de 3,14 m y mínima de 0,82 m. Las muestras recolectadas fueron lavadas y cernidas en un tamiz con apertura de malla de 0.5 mm y preservadas en alcohol al 90%.

Los conteos y la determinación taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados, hasta el taxón más executable se realizó en el Laboratorio de Limnología de la Universidad Tecnológica del

Chocó “Diego Luis Córdoba”, Quibdó, con un estereoscopio marca ZEISS y claves taxonómicas especializadas (Merrit & Cummins, 1996; Fernández & Domínguez, 2001; Posada-García & Roldán-Pérez, 2003; Domínguez *et al.*, 2006; Domínguez & Fernández, 2009). Los análisis de las formas de nitrógeno y fósforo se realizaron en un espectrofotómetro NOVA SQ 60, en el mismo laboratorio.

**Análisis de datos.** Las diferencias estadísticas de los parámetros físico-químicos entre ciénagas, se evaluaron mediante ANOVA (previa revisión de las condiciones de normalidad y homocedasticidad). Se utilizaron los índices ecológicos de diversidad de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson y riqueza de Margalef, para analizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (programa Past versión 1.57, Hammer *et al.*, 2001). Finalmente se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la asociación entre las variables físico-químicas con respecto a la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Para estos análisis se emplearon los programas Minitab versión 17.1.0 (2014) y Statgraphics Centurion XV (2006).

## Resultados y discusión

**Aspecto físico-químico.** La Tabla 1 resume el comportamiento de los valores fisicoquímicos de las ciénagas estudiadas. Los nitratos fueron los únicos parámetros que presentaron variaciones significativas entre ciénagas. El oxígeno disuelto registró el promedio más alto en la ciénaga Plaza Seca (6,04 mg.l<sup>-1</sup>) y el más bajo en La Grande I (5,31 mg.l<sup>-1</sup>), variando poco entre ciénagas, lo cual concuerda con lo propuesto por Lewis (2000), quien señala que los sistemas leníticos tropicales tienden a presentar bajos valores de oxígeno disuelto. En el caso del pH, esta variable presentó valores ligeramente ácidos, con promedios por debajo de 6 que se encuentran

Tabla 1. Valores máximos, mínimos y promedios de las variables físico-químicas

Variables	Unidades	Ciénaga						p
		La Grande I		Plaza Seca		La Grande II		
		Promedio	CV %	Promedio	CV %	Promedio	CV %	
Oxígeno disuelto	mg. l <sup>-1</sup>	5,67	17,4	6,04	5,52	5,31	10,77	0,290
pH	Unidades	5,38	9,05	5,42	6,21	5,31	9,78	0,793
Temperatura	°C	28,36	3,59	27,9	2,67	27,63	14,07	0,630
Alcalinidad	mg. l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	35,3	80,43	32,8	76,96	37,2	74,05	0,192
Conductividad	µS/cm	202,3	42,07	199,5	14,77	96,2	106,7	0,111
Sólidos totales								
Disueltos	mg. l <sup>-1</sup>	189,2	82,94	102,5	7,29	112	13,92	0,490
Nitritos	mg. l <sup>-1</sup>	0,11	4,73	0,08	14,26	0,1	14,2	0,041
Nitratos	mg. l <sup>-1</sup>	0,96	4,77	1,04	20,76	0,91	10,82	0,520
Amonio	mg. l <sup>-1</sup>	<0,010		<0,010		<0,010		0,421
Fosfato	mg. l <sup>-1</sup>	0,13	79,69	0,07	68,64	0,12	49,2	0,593

CV = coeficiente de variación

entre los límites para la supervivencia de los organismos acuáticos (Roldán & Ramírez, 2008). La temperatura mostró pocas variaciones en el estudio con valores promedio inferiores a 30°C. Este resultado es una característica de los ecosistemas tropicales, donde las temperaturas no sufren grandes cambios a lo largo del año, como las que ocurren en las zonas templadas debido a los cambios estacionales (Roldán *et al.*, 2001).

La conductividad eléctrica presentó valores promedio altos en todas las ciénagas, con la mayor fluctuación en la ciénaga La Grande II (Tabla 1). Estas concentraciones altas, se deben a la presencia de iones, aniones que se concentran por efecto de la evaporación y la disminución de las lluvias. Además, los procesos de degradación de la materia orgánica aceleran la concentración de iones en el agua (Chalarca *et al.*, 2007). Los valores registrados se encuentran dentro del rango normal para cuerpos colombianos de agua dulce (menores a 1.500 µS/cm) (Roldán, 1992). Los sólidos disueltos mostraron promedios altos en todas las ciénagas, sobresaliendo la ciénaga La Grande I, al presentar los promedios más altos y la mayor variación, considerándose por encima

de los valores típicos de aguas neotropicales (Roldán & Ramírez, 2008). Los promedios de alcalinidad estuvieron dentro de los rangos reportados para ecosistemas neotropicales (menores de 100 mg.l<sup>-1</sup>) (Roldán, 1992), con promedios por debajo de 40 mg.l<sup>-1</sup> y con variaciones significativas en las ciénagas.

En el caso de los nutrientes, solo los nitritos mostraron diferencias significativas entre ciénagas (Tabla 1). Esta forma de nitrógeno tiende a ser baja en los sistemas acuáticos porque pasa rápidamente a nitratos si hay mucho oxígeno en el agua, o a formas reducidas como amonio si las condiciones son anoxia (Wetzel, 1981). Sobresale el fósforo por sus variaciones superiores al 45% en todas las ciénagas, lo cual puede ser atribuido a las variaciones en el caudal del río Atrato, como consecuencia del régimen climático de la zona, que se caracteriza por grandes variaciones en la precipitación. En el caso del amonio, sus valores son extremadamente bajos, encontrándose por debajo del rango de detección (Tabla 1). En general, todos los nutrientes se encuentran dentro de los rangos establecidos para este tipo de ecosistemas (Arias, 1985; Roldán, 1992), lo cual permite

clasificar a las tres ciénagas como oligotróficas, como resultado de la baja contaminación que se presenta en la zona, cuyos habitantes son en su mayoría pescadores artesanales.

### Aspecto biológico

#### **Macroinvertebrados acuáticos en las ciénagas.**

Se registró un total de 165 individuos en las ciénagas estudiadas; 55,8% asociados con el fondo y 44,2% asociados con las macrófitas, pertenecientes en su totalidad a la clase Insecta. La comunidad asociada con el fondo se distribuyó en dos órdenes, cuatro familias y cinco géneros (Tabla 2); con Ephemeroptera (84,8%) como el orden más representativo de los individuos de esta zona, seguido de Diptera (15,2%), sobresa-

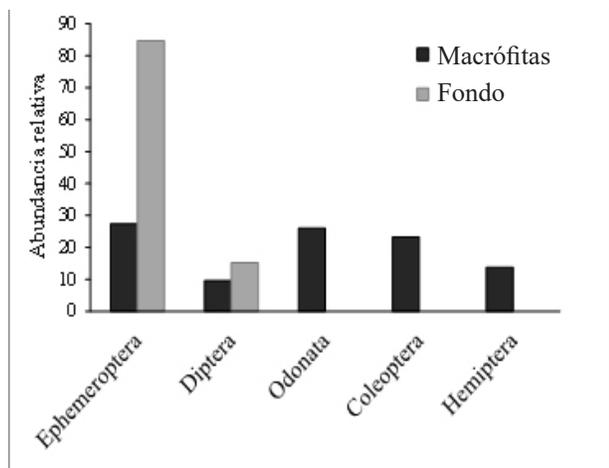
liendo la familia Polymirtarcyidae con el género *Campsurus* como la más representativa (Figuras 2 y 3). Mientras que la comunidad asociada con las macrófitas estuvo distribuida en 5 órdenes, 13 familias y 15 géneros (Tabla 2); Ephemeroptera (27,4%) es el orden más representativo de esta zona. Noteridae, con el género *Hydrocanthus* es la familia más sobresaliente (20,6%), seguida de Caenidae y Libellulidae, ambas con 19,2% (Figuras 2 y 3). Los géneros *Protoneura*, *Caenis*, *Neoplea* y *Tenagobia* asociados con las macrófitas son nuevos reportes para la región (Figura 4).

La mayor abundancia de los ephemerópteros tanto en el fondo como en las macrófitas se encuentra asociada con la capacidad que tienen las ninfas de este grupo, de vivir en casi todo

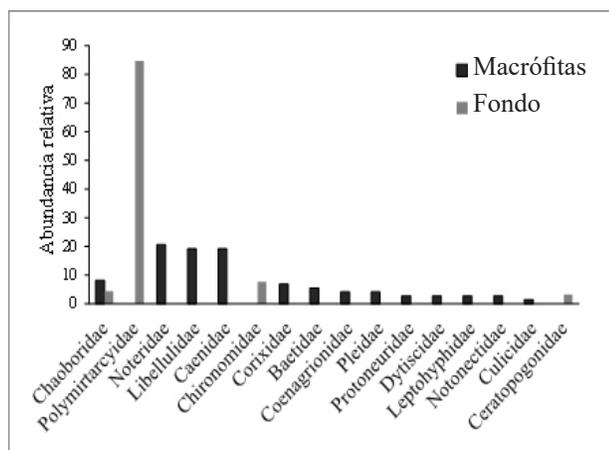
**Tabla 2. Composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados en tres ciénagas de la cuenca media del Atrato**

Orden	Familia	Género	Ciénagas					
			La Grande I		Plaza Seca		La Grande II	
			M	F	M	F	M	F
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	3	0	0	0	0	0
	Libellulidae	<i>Tramea</i>	9	0	2	0	1	0
		<i>Erythemis</i>	0	0	0	0	2	0
	Protoneuridae	<i>Protoneura</i> *	1	0	1	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophylus</i>	2	0	0	0	0	0
	Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>	15	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis</i>	2	0	0	0	1	0
		<i>Cloeodes</i>	0	0	1	0	0	0
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	2	0	0	0	0	0
	Caenidae	<i>Caenis</i> *	9	0	0	0	5	0
	Polymirtarcyidae	<i>Campsurus</i>	0	29	0	15	0	34
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	2	0	0	0	0	0
	Pleidae	<i>Neoplea</i> *	2	0	1	0	0	0
	Corixidae	<i>Tenagobia</i> *	2	0	2	0	1	0
Diptera	Chironomidae	<i>Ablabezmyia</i>	0	3	0	2	0	0
		<i>Chironomus</i>	0	2	0	0	0	0
	Chaoboridae	<i>Chaoborus</i>	0	0	0	0	6	4
	Culicidae	<i>Culex</i>	1	0	0	0	0	0
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	1	0	1	0	1
		<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>35</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>39</b>

\* Nuevos reportes; F= fondo; M = macrófitas

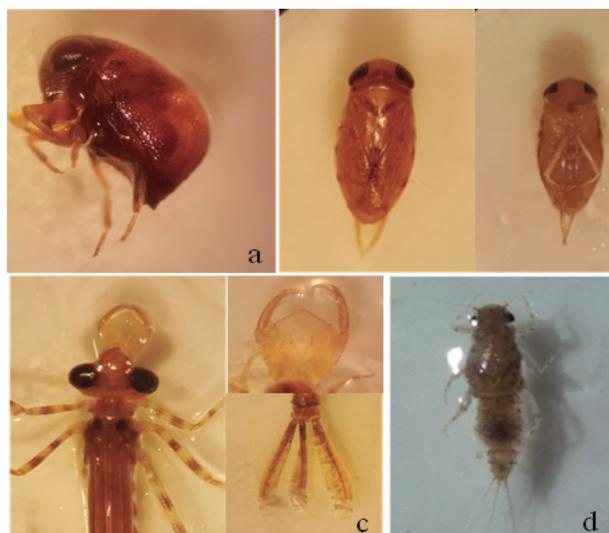


**Figura 2.** Abundancia relativa de órdenes de macroinvertebrados acuáticos asociados al fondo y a las macrófitas.



**Figura 3.** Abundancia relativa de familias de macroinvertebrados acuáticos asociados al fondo y las macrófitas.

tipo de cuerpos de agua, con diferentes condiciones ecológicas, siendo a menudo el grupo de insectos más abundante en estos ecosistemas (Miserendino & Pizzolon, 2001; Barber-James & Lugo-Ortiz, 2003; Springer *et al.*, 2010). Particularmente las ninfas de la familia Polymitarcyidae del género *Campsurus* construyen túneles (por lo general en forma de U) sobre sustratos como madera, arcilla y lodo sumergidos, siendo minadoras de fondo en lagos y lagunas, donde pueden soportar períodos de anoxia (Zúñiga *et al.*, 2004; Domínguez & Fernández, 2009), lo que explica la abundancia de esta familia en el fondo de las ciénagas estudiadas.



**Figura 4.** Detalle de los géneros: a. *Neoplea* (Hemiptera), b. *Tenagobia* (Hemiptera), c. *Protoneura* (Odonata), d. *Caenis* (Ephemeroptera). Fuente: Z. Mosquera

La mayor abundancia de Noteridae en las macrófitas coincide con otras investigaciones como las de Deluque *et al.* (2006), lo cual es producto de la capacidad de estos organismos para aprovechar todo tipo de alimento disponible tanto de tipo animal como vegetal. Las ninfas de Caenidae por su parte, se encuentran en todo tipo de agua dulce, desde charcas pequeñas hasta ríos grandes, prefiriendo áreas de fango y vegetación, con poca o ninguna corriente (Flowers & De la Rosa, 2010); las ninfas son malas nadadoras, por tanto se desplazan reptando sobre el fondo en donde se alimentan de la epibiota de plantas sumergidas (Korytkowski, 1995).

Las familias Corixidae y Pleidae son registradas por primera vez para la zona. Los corixidos prefieren aguas lénticas de extensión pequeña o mediana, de poca profundidad, superficie libre y con vegetación sumergida escasa o moderadamente abundante (Bachmann, 1981), como las registradas en las ciénagas Plaza Seca y La Grande II. Los miembros de la familia Pleidae viven preferentemente en ambientes lénticos (charcas, lagos y zanjas), densamente vegetados, entre marañas de plantas sumergidas y flotantes, en

aguas someras, transparentes y bien oxigenadas, en lugares luminosos; a veces se les encuentra en lugares anegados, entre materia vegetal muerta (Mazzucconi *et al.*, 2009).

La familia Chaoboridae es la única que se registra tanto en el fondo como en las macrófitas, lo cual es resultado de la capacidad que tienen los miembros de esta familia de realizar extensas migraciones verticales, gracias a sus órganos hidrostáticos en forma de riñón, que les permiten experimentar una alternancia diaria de hábitat, encontrándose cerca de la superficie en los ecosistemas acuáticos durante el día y a una profundidad considerable en los fondos fangosos durante la noche (Ramírez *et al.*, 1989; Živić & Marković, 2006; Borkent, 2009).

En términos generales, el mayor número de organismos asociados con las macrófitas se encontró en la ciénaga La Grande I, mientras que los organismos bentónicos dominaron en las ciénagas Plaza Seca y La Grande II (Tabla 2). Esta mayor abundancia de organismos asociados con las macrófitas observada en la ciénaga La Grande, se puede atribuir a que la ciénaga está cubierta casi en un 50% por parches de *E. azurea* y *L. sedoides*, los cuales ofrecen un sustrato potencialmente estable para la colonización de los macroinvertebrados, al propiciar una mayor disponibilidad de microhábitats y una diversidad de ítems alimenticios (Collier & Wilcock,

1998). Al respecto, recientes investigaciones han demostrado que la complejidad de este tipo de vegetación explica significativamente atributos de los ensamblajes de invertebrados asociados con la misma, tales como densidad, diversidad y patrones de abundancia relativa (Taniguchi *et al.*, 2003; McAbendroth *et al.*, 2005; Thomaz *et al.*, 2007; Warfe *et al.* 2008; Dibble & Thomaz, 2009). En el caso de las ciénagas Plaza Seca y La Grande II, los parches de macrófitas ocupan extensiones menores al 25%. Las macrófitas colonizan muchos tipos diferentes de ecosistemas acuáticos, como resultado de un conjunto de estrategias adaptativas logradas durante el tiempo evolutivo, colonizando por lo general ecosistemas poco profundos (Wetzel, 2001; Kalf, 2002; Thomaz & da Cunha, 2010).

**Índices ecológicos.** Los índices ecológicos presentaron un patrón de comportamiento similar, registrando sus más altos valores en la ciénaga La Grande I y los más bajos en la ciénaga La Grande II, tanto para los organismos asociados con las macrófitas como los del fondo (Tabla 3). En el caso de la diversidad, se presentó un promedio de 1,72 bits/ind en las macrófitas y 0,54 bits/ind en el fondo. De acuerdo con Margalef (1998), los valores de diversidad reportados para este estudio pueden ser considerados medios. La Riqueza de Margalef presentó igualmente valores bajos con un promedio de 2,30 en las macrófitas y 0,69 para los organismos asociados con el fondo.

**Tabla 3. Índices ecológicos para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con las macrófitas y al fondo**

Ciénagas	Diversidad		Dominancia		Riqueza	
	M	F	M	F	M	F
La Grande I	2,13	0,63	0,83	0,30	3,05	0,84
Plaza Seca	1,55	0,55	0,77	0,29	2,05	0,69
La Grande II	1,51	0,44	0,73	0,22	1,8	0,54
Promedio	1,72	0,54	0,77	0,27	2,30	0,69

M= macrófitas, F= fondo

Los ecosistemas lénticos tienen habitualmente baja diversidad y riqueza, lo cual pueden estar relacionados con la poca disponibilidad de hábitats en las ciénagas porque la ausencia de parches de macrófitas afecta significativamente la diversidad de organismos. Quiroz *et al.* (2010) afirma que la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas lénticos, se ve afectada principalmente por la presencia de vegetación flotante, la cual constituye un sustrato y refugio para una gran diversidad de comunidades bentónicas. De igual manera Ramírez & Viña (1998), resumen la importancia de las comunidades de macrófitas en cuanto a que confieren estabilidad al terreno, generan la vía trófica directa y la detritica, diversifica la vía trófica y constituye la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos asociados.

La dominancia presentó un promedio de 0,77 en las macrófitas y 0,27 en el fondo. Los valores relativamente altos registrados de este índice en las macrófitas, pueden estar relacionados con la alta densidad que mostraron ciertos géneros como *Caenis* e *Hydrocanthus* los cuales representaron

43,2% de los individuos registrados. *Caenis* es muy común en áreas de fango y vegetación con poca o ninguna corriente y *Hydrocanthus* lo es entre las raíces sumergidas de charcos, lagunas, ríos y quebradas de flujo lento y en raíces de plantas acuáticas (White & Roughley, 2008). En el fondo, la baja dominancia es resultado de la poca oferta de microhábitats, su inestabilidad, la escasas de ítems alimenticios y las condiciones de anoxia predominantes en esta zona. En este sentido, Acosta *et al.* (2009) y Collier & Willcock (1998) afirman que estos aspectos son factores limitantes para la presencia de una comunidad heterogénea de macroinvertebrados, porque ejercen fuertes presiones fisiológicas que limitan la presencia de una elevada riqueza de familias y géneros.

**Macroinvertebrados acuáticos y variables físico-químicas.** El análisis de correlación de Pearson, utilizado para explorar la manera en que las variables físico-químicas influyen sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, muestra que 82,4% de las familias registradas se relacionan con las variables físico-químicas

**Tabla 4. Correlación de Pearson para las variables físico-químicas y la abundancia de macroinvertebrados acuáticos**

Familias	Oxígeno		pH		Alcalinidad		STD		Amonio		Fosfato	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Coenagrionidae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054
Libellulidae	0,333	0,519	-0,205	0,697	0,196	0,710	<b>0,910</b>	<b>0,012</b>	-0,085	0,873	-0,404	0,427
Protoneuridae	-0,082	0,877	0,702	0,120	-0,702	0,120	-0,424	0,402	0,633	0,178	0,692	0,128
Dytiscidae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054
Noteridae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054
Baetidae	-0,512	0,299	<b>0,917</b>	<b>0,010</b>	<b>-0,893</b>	<b>0,017</b>	-0,464	0,354	<b>0,800</b>	<b>0,056</b>	0,660	0,154
Polymitarcyidae	<b>-0,828</b>	<b>0,042</b>	<b>0,918</b>	<b>0,010</b>	<b>-0,913</b>	<b>0,011</b>	-0,450	0,371	0,504	0,308	0,320	0,537
Leptohyphidae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054
Caenidae	-0,519	0,291	0,729	0,100	-0,671	0,144	-0,299	0,564	<b>0,853</b>	<b>0,031</b>	0,580	0,228
Notonectidae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054
Corixidae	-0,453	0,367	0,557	0,251	-0,642	0,170	-0,404	0,427	-0,293	0,573	-0,105	0,843
Pleidae	-0,084	0,875	0,691	0,129	-0,655	0,158	-0,366	0,476	<b>0,878</b>	<b>0,021</b>	<b>0,820</b>	<b>0,046</b>
Ceratopogonidae	-0,714	0,111	<b>0,974</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,993</b>	<b>0,000</b>	-0,534	0,275	0,447	0,374	0,385	0,451
Chaoboridae	-0,769	0,074	0,043	0,936	-0,089	0,868	-0,216	0,681	-0,307	0,554	-0,149	0,778
Chironomidae	-0,082	0,878	0,672	0,144	-0,627	0,183	-0,342	0,507	<b>0,920</b>	<b>0,009</b>	<b>0,833</b>	<b>0,040</b>
Culicidae	-0,067	0,900	0,527	0,283	-0,453	0,367	-0,212	0,686	<b>1,000</b>	<b>0,000</b>	0,804	0,054

(Tabla 4). En términos generales, 11 familias estuvieron relacionadas en forma positiva con el amonio; el pH favoreció el establecimiento de las familias Baetidae, Polymitarcyidae y Ceratopogonidae; Libellulidos por los STD y las familias Chironomidae y Pleidae por los fosfatos. Finalmente, el oxígeno y la alcalinidad afectaron negativamente a las familias Polymitarcyidae, Baetidae y Ceratopogonidae. Los factores físico-químicos se consideran por diversos autores, como los aspectos que más influencia ejercen sobre la distribución, abundancia y riqueza de insectos acuáticos (Ocon & Rodríguez, 2004; Domínguez & Fernández, 2009). Según Ramírez & Viña (1998), Roldán & Ramírez (2008) y Montoya & Aguirre (2009), la alcalinidad y los sólidos son variables que afectan significativamente la distribución de los macroinvertebrados, porque tienen efectos ecofisiológicos sobre sus procesos de osmoregulación y por ende sobre su supervivencia en los ambientes acuáticos. En el caso del pH, la mayoría de los organismos acuáticos tienen un límite de pH dentro del cual su crecimiento se hace posible, habiendo muy pocas especies que puedan crecer en pH inferiores a 2 o superiores a 10 y en el caso particular de los macroinvertebrados, el pH óptimo se encuentra en el rango de 5 a 9 (Roldan & Ramírez, 2008).

Todas estas relaciones demuestran la influencia de las características físico-químicas del agua sobre la composición y abundancia de los invertebrados acuáticos. Es de esperar que los cambios significativos en las características físicas y químicas del medio coincidan con las variaciones en composición y abundancia de las comunidades acuáticas (Lenat & Crawford, 1994).

### Conclusiones

El mayor número de organismos se encontró asociado con el fondo, mientras que la mayor riqueza taxonómica se observó en las macrófitas, siendo este sustrato el que presentó los valores más al-

tos de diversidad, lo que demuestra el papel que juega la vegetación acuática en la distribución de los macroinvertebrados en los sistemas lénticos. Los parámetros físico-químicos mostraron un comportamiento enmarcado dentro de lo que corresponde a la zona tropical e indicaron agua de tipo oligotrófico para todas las ciénagas.

Un alto porcentaje de las familias registradas en el estudio, se correlacionaron significativamente con los parámetros físico-químicos estudiados, siendo el pH, oxígeno, alcalinidad, sólidos totales disueltos, el amonio y los fosfatos los de mayor influencia.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Limnología, a la Vicerrectoría de Investigaciones y al Centro de Investigación en Biodiversidad y Hábitat (CEIBHA) de la Universidad Tecnológica del Chocó “Diego Luis Córdoba” por su apoyo para la realización de esta investigación a través de la convocatoria interna UTCH-2013. A la bióloga Yasiris Salas Tovar (qepd) por toda su colaboración en la fase de campo y laboratorio de esta investigación.

### Literatura citada

- Acosta R, Ríos B, Rieradevall M, Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*. 28 (1): 35-64. URL disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiRuMz4y-JzSAhUGQyYKHahODDgQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ub.edu%2Friosandes%2Fdocs%2FLimnetica%252028\(1\)%252004%2520Acosta.pdf&usg=AFQjCNHe4E\\_VJgIPIZoda7n-2GU9CybNw&sig2=X6wq9iIi0STgWzkr4iGZ2g](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiRuMz4y-JzSAhUGQyYKHahODDgQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ub.edu%2Friosandes%2Fdocs%2FLimnetica%252028(1)%252004%2520Acosta.pdf&usg=AFQjCNHe4E_VJgIPIZoda7n-2GU9CybNw&sig2=X6wq9iIi0STgWzkr4iGZ2g)
- Allan JD, Castillo MM. 2007. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. New York: Chatman & Hall; 436 pp. URL disponible en: <http://www.springer.com/us/book/9781402055829>
- Álvarez JC, Vivas I. 1999. *Variación espacial de la estruc-*

- tura de macroinvertebrados asociados a raíces de *Pontederia rotundifolia* (Algamas) de la zona litoral y limnética en las ciénagas Plaza Seca y La Grande, Sanceno, Quibdó - Colombia. (Trabajo de grado). Quibdó: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica del Chocó; 89 pp.
- Álvarez JC, Cuesta Y, Asprilla M. 2003. Estudio comparativo del bentos y los organismos asociados a macrófitas en un ambiente acuático temporal, Quibdó-Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*. (19): 64-9.
- Arias PA. 1985. Las ciénagas en Colombia. *Divulgación Pesquera*, 22 (3-5): 38-70.
- Asprilla S, Ramírez JJ, Roldán G. 1998. Caracterización limnológica preliminar de la ciénaga de Jotaudó (Chocó, Colombia). *Actual Biol*. 20 (69): 87-107.
- Bachmann AO. 1981. Insecta, Hemiptera, Corixidae. En: Ringuelet RA, Ageitos de Castellanos ZJ (eds.) *Fauna de agua dulce de la República Argentina*. Volumen 35 (2). Buenos Aires: Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FECIC); pp. 1-270.
- Barber-James HM, Lugo-Ortiz CR. 2003. *Guides to the freshwater invertebrates of Southern Africa*, Volume 7: Insecta 1 (Ephemeroptera, Odonata & Plecoptera). En: de Moor IJ, Day JA, de Moor FC (eds.). Pretoria: Water Resource Commission; pp. 16-159. URL disponible en: <http://www.nhbs.com/title/116609/guide-to-the-freshwater-invertebrates-of-southern-africa-volume-7>
- Bechara JA, Andreani NL. 1989. El macrobentos de una laguna cubierta por *Eichhornia crassipes* en el valle de inundación del río Paraná, Argentina. *J Trop Ecol*. 30 (1): 142-55.
- Blanco-Belmonte L. 1990. *Estudio de las comunidades de invertebrados asociados a las macrófitas acuáticas de tres lagunas de inundación de la sección baja del río Orinoco, Venezuela*. Memorias Sociedad de Ciencias Naturales la Salle. Tomo L: 71-107.
- Blanco-Belmonte L, Neiff J, Poi de Neiff A. 1998. Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco, Venezuela and Paraná, Argentina. *Verh Int Ver Limnol*. 25: 1822-6.
- Borkent A. 2009. Chaoboridae (phantom midges). In: Brown BV, Borkent A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA (eds). *Manual of Central America Diptera*. Vol. 1. Ottawa: NRC Research Press; 714 pp.
- Chalarca DA, Mejía R, Aguirre NJ. 2007. Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *Rev Fac Ing Univ Antioquia*. 40: 41-58. URL disponible en: <http://hdl.handle.net/10495/4152>
- Collier KJ, Wilcock RJ, Meredith AS. 1998. Influence of substrate type and physicochemical conditions on Macroinvertebrate faunas and biotic indices of some lowland Waikato, New Zealand, streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 32 (1): 1-19. URL disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/00288330.1998.9516802>
- Deluque J, Reyes S, Sierra-Labastidas T, López W. 2006. Primeros reportes de familias de macroinvertebrados asociados a macrófitas acuáticas en la Ciénaga del Cerro de San Antonio (río Magdalena, Colombia). *Intrópica*. 3: 77-86. URL disponible en: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/129/113>
- Dibble ED, Thomaz SM. 2009. Use of fractal dimension to assess habitat complexity and its influence on dominant invertebrates inhabiting tropical and temperate macrophytes. *Journal of Freshwater Ecology*. 24 (1): 93-102. URL disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02705060.2009.9664269>
- Domínguez E, Fernández HR (eds.). 2009. *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo; 656 pp.
- Domínguez E, Molineri C, Pescador MI. 2006. Ephemeroptera of South America. Series: *Aquatic Biodiversity in Latin America*; 646 pp.
- Fernández H, Domínguez E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo; 282 pp.
- Flowers RW, De la Rosa C. 2010. Macroinvertebrados dulceacuícolas de Costa Rica. *Rev Biol Trop*. 58 (Suppl. 4): 63-93.
- Hammer O, Harper DA, Ryan PD. 2001. *Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): art.4; 9 pp. URL disponible en: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Inger D, Deluque J, Reyes S, Sierra T. 2004. *Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a las macrófitas de la ciénaga del Cerro San Antonio*. VI Seminario Colombiano de Limnología, Montería, Colombia; 49 pp.
- Kalff J. 2002. *Limnology*. New Jersey: Printice Hall; 592 pp.
- Korytkowski CA. 1995. Ephemeroptera. En: *Insectos acuáticos*. Panamá: Universidad de Panamá, Programa de Maestría en Entomología, Material de apoyo didáctico; 7 pp.
- Lenat DR, Crawford JK. 1994. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia*. 294 (3): 185-99.

- URL disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00021291>
- Lewis WM Jr. 2000. Basic for the protection and management of tropical lakes. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 5: 35-48. URL disponible en: <http://uv.colorado.edu/limnology/pubs/pdfs/Pub150.pdf>
- Manjarrés-Hernández A, Flórez-Leiva AL, Rueda-Delgado G. 2004. Macrófitas acuáticas de la ciénaga de San Antonio-Magdalena, Colombia. En: ACL-Limnos (ed.). Resúmenes VI Seminario Nacional de Limnología y I Encuentro Internacional sobre Embalses Neotropicales. Universidad Pontificia Bolivariana-Asociación Colombiana de Limnología, Montevideo, Colombia; p. 75.
- Margalef R. 1998. *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega, SA; 320 pp.
- Martínez MA. 2009. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en tres ciénagas del departamento de Cesar, Colombia*. (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; 125 pp.
- MAVDT. 2002. *Política Nacional de humedales interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso sostenible*. Bogotá: MAVDT. 67 pp. URL disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Políticas/polit\\_nal\\_humedales\\_int\\_colombia.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Políticas/polit_nal_humedales_int_colombia.pdf)
- Mazzucconi S, López-Ruf ML, Backmann AO. 2009. Hemiptera-Heteroptera: Gerromorpha y Nepomorpha. En: Domínguez E, Fernández HR (eds.) *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo; 656 pp. URL disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/260417584\\_Macroinvertebrados\\_bentonicos\\_Sudamericanos\\_Sistemática\\_y\\_Biología](https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistemática_y_Biología)
- McAbendroth L, Ramsay PM, Foggo A, Rundle SD, Bilton DT. 2005. Does macrophytes fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos*. 111 (2): 279-90. doi: 10.1111/j.0030-1299.2005.13804.x
- Merritt RW, Cummins KW. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3ª ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company; 862 pp. URL disponible en: <http://coweeta.uga.edu/publications/221.pdf>
- Millán A, Velasco J, Moreno JL, 1997. Los coleópteros y heterópteros acuáticos del complejo lagunar del río Arquillo (Albacete). *Al-Basit*. 40: 29-69. URL disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28158572\\_Los\\_Coleopteros\\_y\\_Heteropteros\\_acuaticos\\_del\\_complejo\\_lagunar\\_del\\_rio\\_Arquillo\\_Albacete](https://www.researchgate.net/publication/28158572_Los_Coleopteros_y_Heteropteros_acuaticos_del_complejo_lagunar_del_rio_Arquillo_Albacete)
- Minitab Inc 17.1.0 2014. *Minitab Statistical Software*. State College, Pennsylvania: Minitab Inc.
- Miserendino ML, Pizzolon LA. 2000. Macroinvertebrates of a fluvial system in Patagonia: Altitudinal zonation and functional structure. *Arch Hydrobiol*. 150 (1): 55-83. URL disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/280901342\\_Macroinvertebrates\\_of\\_a\\_fluvial\\_system\\_in\\_Patagonia\\_Altitudinal\\_zonation\\_and\\_functional\\_structure](https://www.researchgate.net/publication/280901342_Macroinvertebrates_of_a_fluvial_system_in_Patagonia_Altitudinal_zonation_and_functional_structure)
- Miserendino ML, Pizzolon LA. 2001. Abundance and altitudinal distribution of Ephemeroptera in an Andean-Patagonean River system (Argentina). In: Domínguez E. (ed.). *Trends in research in Ephemeroptera and Plecoptera*. Springer International Publishing AG; pp. 135-42. doi:10.1007/978-1-4615-1257-8\_16
- Montoya Y, Aguirre N. 2009. Cambios nictemerales de variables físicas y químicas en la ciénaga de Paticos, complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. *Rev Biol Trop*. 57 (3): 635-46. URL disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442009000300014](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000300014)
- Ocon CS, Rodríguez, A. 2004. Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in pampean streams (Buenos Aires, Argentina). *Arch Hydrobiol*. 159 (4): 473-87. doi: <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2004/0159-0473>
- Ovalle H. 2006. Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal El Jaboque (Bogotá, Colombia). Serial online. (Acceso 22 agosto 2010). URL disponible en [http://www.ramsar.org/pdf/wwd/6/wwd2006\\_rpts\\_colombia01.pdf](http://www.ramsar.org/pdf/wwd/6/wwd2006_rpts_colombia01.pdf)
- Perea Z, Bocanegra I, Alvan M. 2011. Evaluación de comunidades de macroinvertebrados asociados a tres especies de macrófitas acuáticas en la Laguna de Moronacocha, Iquitos. *Ciencia Amazónica*. 1 (2): 96-103. URL disponible en: <http://ojs.ucp.edu.pe/index.php/cienciaamazonica/article/view/10>
- Poi de Neiff A, Neiff JJ. 2006. Riqueza de especies y similitud de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río Paraná (Argentina). *INCI*. 31(3): 220-5. URL disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000300013](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000300013)
- Posada-García JA, Roldán-Pérez G. 2003. Clave ilustrada y la diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia*. 25(1): 169-92. URL disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/37582/1/39407-175363-1-PB.pdf>

- Quiróz JA, Dueñas PR, Ballesteros J. 2010. Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia. *Rev Asoc Colomb Cienc.* 22: 147-57. URL disponible en: [http://www.academia.edu/2630834/Macroinvertebrados asociados a las ra%C3%ADces de Eichhornia crassipes Mart . Solms en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sin%C3%BA Departamento de C%C3%B3rdoba Colombia](http://www.academia.edu/2630834/Macroinvertebrados_asociados_a_las_ra%C3%ADces_de_Eichhornia_crassipes_Mart_.Solms_en_dos_sectores_del_complejo_cenagoso_del_Bajo_Sin%C3%BA_Departamento_de_C%C3%B3rdoba_Colombia)
- Ramírez JJ, Roldán G, Machado T, Cano W. 1989. Primer reporte de *Chaoborus* (Diptera, Chaoboridae) para Colombia. *Actualidades Biol.* 18: 122-7.
- Ramírez A, Viña G. 1998. *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. Bogotá: BP Exploration Company-Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; 250 pp.
- Rangel JO. 2004. *Colombia Diversidad Biótica IV: El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 996 pp. URL disponible en: [http://www.colombiadiversidadbiotica.com/Sitio\\_web/LIBROS\\_DEL\\_I\\_AL\\_IV/Entradas/2011/3/28\\_COLOMBIA\\_DIVERSIDAD\\_BIOTICA\\_IV.html](http://www.colombiadiversidadbiotica.com/Sitio_web/LIBROS_DEL_I_AL_IV/Entradas/2011/3/28_COLOMBIA_DIVERSIDAD_BIOTICA_IV.html)
- Rivera JJ, Pinilla GA, Rangel-Ch JO. 2013. Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia. *Caldasia*, 35(2): 389-408. URL disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a13.pdf>
- Rivera-Usme JJ. 2011. Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia; 156 pp. URL disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4206/>
- Roldán G, Bohórquez A, Cataño R, Ardila J. 2001. Estudio Limnológico del Embalse del Guavio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales.* 24 (90): 25-33. URL disponible en: [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_24/90/73-84.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_24/90/73-84.pdf)
- Roldán G, Ramírez JJ. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia-ACCEFYN-Universidad Católica de Oriente; 440 pp.
- Roldán G. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia; 592 pp.
- Springer M, Ramírez A, Hanson P. 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Biol. Trop.* 58 (Suppl. 4): 97-136. URL disponible en: <http://rbt.biologia.ucr.ac.cr/pages/suppl/sup58-4.html>
- Statgraphics® Centurion XV. 2006. [programa de ordenador]. Version Centurion XV. Stat Point, Inc. URL disponible en: [http://www.statgraphics.fr/tele/Centurion/Statgraphics\\_Mobile\\_IIE\\_Presentation.pdf](http://www.statgraphics.fr/tele/Centurion/Statgraphics_Mobile_IIE_Presentation.pdf)
- Taniguchi H, Nakano S, Tokeshi M. 2003. Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. *Freshwater Biol.* 48 (4): 718-28. doi: 10.1046/j.1365-2427.2003.01047.x
- Thomaz SM, Dibble ED, Evangelista LR, Hight J, Bini LM. 2007. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biol.* 53 (2): 358-67. doi: 10.1111/j.1365-2427.2007.01898.x
- Thomaz SM, da Cunha ER. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnol Bras.* 22 (2): 218-36. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202011>
- Velásquez SM, Miserendino ML. 2003. Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. *Ecol Austral* 13 (1): 67-82. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2003000100007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2003000100007)
- Venegas EM. 2008. *Estado limnológico de cuatro humedales de la sabana de bogotá utilizando macroinvertebrados como bioindicadores*. (Trabajo de Grado). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 16 pp.
- Wallace JB, Webster JR. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Ann Rev Entomol.* 41: 115-39. URL disponible en: <http://www.faculty.biol.vt.edu/webster/webster%20publications%20pdfs/wallace%20and%20webster%201996.pdf>
- Warfe DM, Barmuta LA, Wotherspoon S. 2008. Quantifying habitat structure: surface convolution and living space for species in complex environments. *Oikos.* 117 (12): 1764-73. doi: 10.1111/j.1600-0706.2008.16836.x
- Wetzel RG. 1981. *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega SA; 679 pp.
- Wetzel RG. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press; 998 pp.
- White DS, Roughley RE. 2008. Coleoptera. En: Merritt RW, Cummins KW, MB Berg (eds.). An introduction to the Aquatic Insects of North America. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company; pp. 571-671.
- Zedler J, Kercher S. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annu Rev Environ Resour.* 30: 39-74.

Živić I, Marković Z. 2006. First finding of larvae of *Chaoborus crystallinus* (Diptera, Chaoboridae) in Serbia. *Arch Biol Sci.* 58 (3): 23-4. URL disponible en: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-4664/2006/0354-46640603001Z.pdf>

Zúñiga MC, Molineri C, Domínguez E. 2004. Orden Ephemeroptera (Insecta) de Colombia. En: Fernández CF, Andrade-C MG, Amat GD (eds). *Insectos de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 602 pp.