

Aquatic insects associated with roots of *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms in wetlands of Atrato River, Chocó - Colombia

Zuleyma Mosquera Murillo
Universidad Tecnológica del Chocó

Recibido: June 12, 2017 Aceptado: August 18, 2017

pág 29 - 44

Abstract

Aquatic macrophytes play an important role in lentic systems, as they constitute a particular habitat for various groups of aquatic insects and play an important role in the structuring of their communities. The objective of this study was to characterize the community of aquatic insects associated to *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms in five swamps of the middle and lower basins of the Atrato River, Chocó-Colombia. During two months aquatic insects were collected, using a quadrant of one m², with a mesh of 0.5 mm, with three replicates per swamp. Simultaneously some physical, chemical and hydrological variables were measured (dissolved oxygen, pH, water temperature, electrical conductivity, alkalinity, total dissolved solids, transparency and depth). The community was composed of 6 orders, 18 families and 24 genera. The most abundant order was Coleoptera (39.81%), standing out the Gyrinidae family with the genus *Hydrocanthus*; while the greatest taxonomic richness was for dipterans with 7 genera, among which *Ablabesmyia* stands out. The diversity index presented an average of 1.17 bits/ind \pm 0.47, while the average dominance was 0.54 \pm 0.20. The most abundant functional groups were predators and collectors, which accounted for 99.04% of the individuals, predominating *Hydrocanthus* (Gyrinidae) and *Callibaetis* (Baetidae) respectively. The physicochemical variables did not show significant differences between samples and there were strong associations between the aquatic entomofauna and the analyzed abiotic variables.

Keywords: Entomofauna, floating macrophytes, wetlands, Chocó.

DOI: 10.25100/rc.v21i2.6697

Insectos acuáticos asociados a raíces de *Eichhornia crassipes* (MART) Solms en ciénagas del río Atrato, Chocó – Colombia

Resumen

Las macrófitas acuáticas desempeñan un importante rol en los sistemas lénticos, al constituir un hábitat particular para varios grupos de insectos acuáticos y jugar un papel importante en la estructuración de sus comunidades. El objetivo de este estudio fue caracterizar la comunidad de insectos acuáticos asociados a *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms en cinco ciénagas de la cuenca media y baja del río Atrato, Chocó-Colombia. Durante dos meses se hicieron colectas de insectos acuáticos, utilizando un cuadrante de un m², dotado de una malla de 0,5 mm, con tres replicas por

ciénaga. Simultáneamente se midieron algunas variables físicas, químicas e hidrológicas (oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, Conductividad eléctrica, alcalinidad, sólidos totales disueltos, transparencia y profundidad). La comunidad estuvo compuesta por 6 órdenes, 18 familias y 24 géneros. El orden más abundante fue Coleoptera (39,81%), sobresaliendo la familia Gyrinidae con el género *Hydrocanthus*; mientras que la mayor riqueza taxonómica fue para los dípteros con 7 géneros, entre los que destaca *Ablabesmyia*. El índice de diversidad presentó un promedio de $1,17 \text{ bits/ind} \pm 0,47$, mientras que el promedio de la dominancia fue de $0,54 \pm 0,20$. Los grupos funcionales de mayor abundancia fueron los predadores y colectores que representaron el 99,04% de los individuos, predominando *Hydrocanthus* (Gyrinidae) y *Callibaetis* (Baetidae) respectivamente. Las variables fisicoquímicas no mostraron diferencias significativas entre muestreos y existieron fuertes asociaciones entre la entomofauna acuática y las variables abióticas analizadas.

Palabras clave: Entomofauna acuática, humedales, macrófitas flotantes, Chocó.

1 Introducción

Los humedales son sistemas acuáticos que han sido considerados a nivel mundial entre los ecosistemas con mayor diversidad de hábitats ⁽¹⁻²⁾. En estos ecosistemas, las macrófitas juegan un papel especial, ya que son de los principales elementos en delinear la estructura física del hábitat, confieren mayor heterogeneidad y modulan los diferentes procesos ecológicos que tienen lugar en los humedales. Además, tienen una fuerte influencia en la abundancia, diversidad y en los atributos de las comunidades de organismos acuáticos ⁽³⁾.

Este tipo de vegetación constituye un hábitat particular para varios grupos de insectos acuáticos, jugando un papel importante en la estructuración de sus comunidades, ya que proporcionan un lugar para la oviposición y emergencia de varios insectos acuáticos y refugio contra los depredadores, son además fuente indirecta de alimentos para raspadores que utilizan el biofilm que se adhiere a las paredes de las plantas, y directa para las especies minadoras y fragmentadoras, utilizando el tejido de la planta como fuente de alimento ⁽⁴⁻⁸⁾. Igualmente, la presencia de macrófitas en los ambientes acuáticos aumenta la complejidad del hábitat, aportando mayor riqueza y densidad de invertebrados asociados con estas plantas en relación con las asociadas con el sedimento ⁽⁹⁾.

El lirio acuático, *Eichhornia crassipes* (Mart), Solms es una macrófita flotante miembro de la familia de las Pontederiaceae, que ocupa un lugar sobresaliente entre las comunidades de hidrófitas de agua dulce ⁽¹⁰⁾. Entre las plantas flotantes es la que presenta el sistema radicular más desarrollado, cuyas raíces pueden extenderse hasta 1m debajo de la columna de agua ⁽¹¹⁾, lo que genera un hábitat adecuado para el desarrollo de la fauna acuática ⁽¹²⁾. Esta especie posee características fisiológicas y estrategias reproductivas que permite su rápido crecimiento expansión en diversos tipos de ecosistemas acuáticos ⁽¹³⁾. Esta macrófita se encuentra presente sobre todo en la parte baja de la cuenca del río Atrato, donde llega a cubrir un alto porcentaje de la superficie de los sistemas lénticos.

El tema de los macroinvertebrados acuáticos y, entre ellos, los insectos asociados a macrófitas en sistema cenagosos, ha sido abordado extensamente en Colombia destacándose las investigaciones realizadas por Manjarrés-Hernández ⁽¹⁴⁾, Inger *et al.* ⁽¹⁵⁾, Ovalle ⁽¹⁶⁾, Deluque *et al.* ⁽¹⁷⁾, Venegas ⁽¹⁸⁾, Martínez ⁽¹⁹⁾, Quiroz *et al.* ⁽²⁰⁾, Rivera-Usme ⁽²¹⁾, Rivera *et al.* ⁽²²⁾, entre otras. En el departamento del Chocó, la única investigación

publicada es la de Álvarez y Vivas ⁽²³⁾ quienes estudiaron la variación espacial de la estructura de macroinvertebrados asociados a raíces de *Pontederia rotundifolia* en las ciénagas Plaza Seca y La Grande (Sanceno-Chocó); por lo que no existe una línea base importante sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos asociadas a plantas acuáticas en sistemas cenagosos de la región.

Con el fin de contribuir al conocimiento de la entomofauna acuática en ciénagas tropicales, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la comunidad de insectos acuáticos asociados a las raíces de *E. crassipes* en cinco ciénagas y su relación con las condiciones abióticas en ciénagas de la cuenca media y baja de la cuenca del Atrato, Chocó.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en cinco ciénagas de los municipios de Carmen del Darién, Bojayá, Río Sucio y Unguía, en la cuenca media y baja del río Atrato, Chocó (Figura 1), usando como criterio de selección la existencia de una cobertura significativa de *E. crassipes*. Esta zona presenta una precipitación promedio anual de 8000 mm, temperatura promedio de 26,8 °C y una humedad relativa del 85,7%, correspondiendo a una zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) ⁽²⁴⁾. Según Duque ⁽²⁵⁾, los sistemas cenagosos de esta región tienen un desarrollo genético de suelos muy incipientes, de la edad terciaria, arcillosos y permanecen inundados casi todo el año, localizados en las áreas más bajas (pendientes entre 1 y 8%) poseen baja fertilidad, son químicamente ácidos, orgánicos, de textura generalmente fina, afectados por un acentuado intemperismo, color pardo o grisáceo oscuro, superficiales, pobres en nitrógeno, fósforo y potasio, con niveles intermedios de aluminio intercambiable ⁽²⁶⁾.

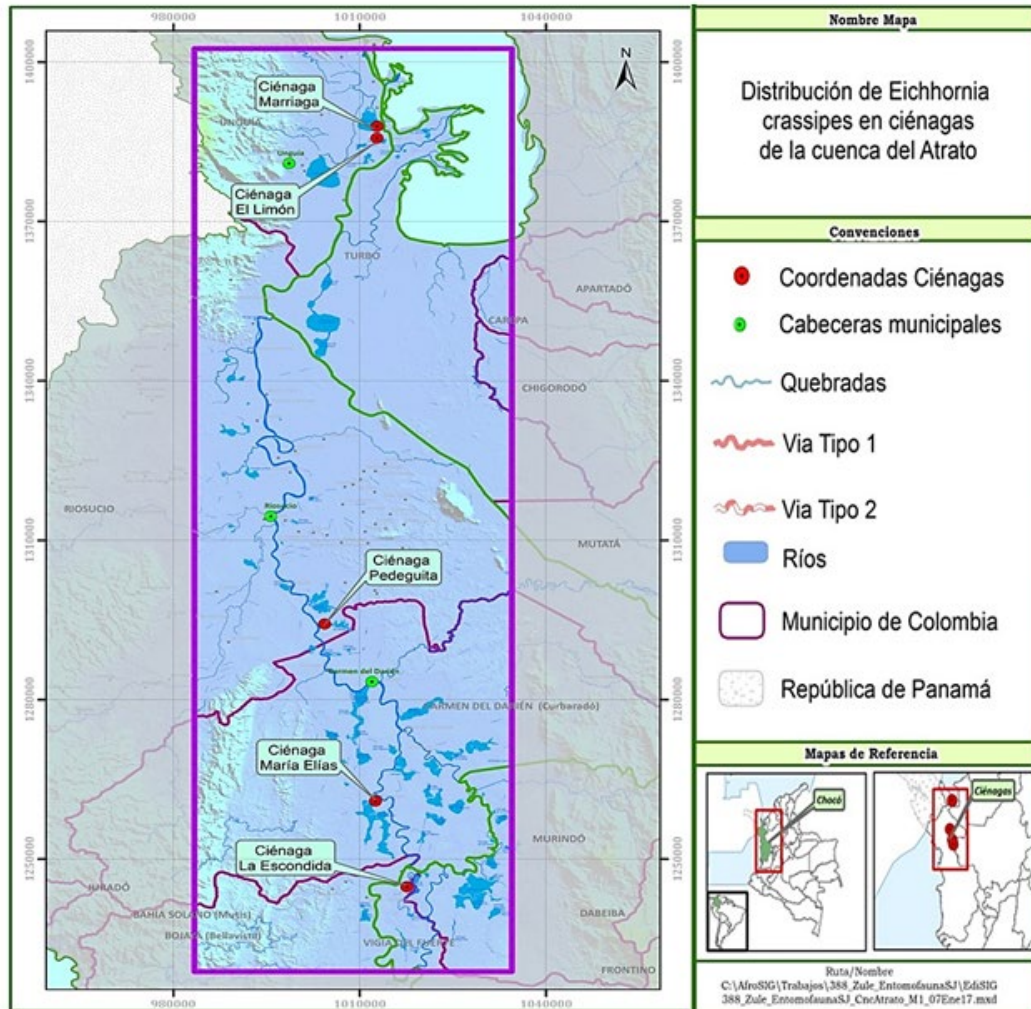


Figura 1. Área de estudio y presencia de *E. crassipes* en una de las ciénagas estudiada, en la cuenca media y baja del río Atrato. Autor: Fredy Carabaly

2.2 Métodos

La toma de datos se realizó entre los meses de agosto de 2014 y enero de 2015, abarcando los dos periodos climáticos de la zona (aguas altas y aguas bajas) y en cada ciénaga estudiada se ubicó una estación. Para el muestreo de los insectos acuáticos asociados a las raíces de *E. crassipes* se utilizó un cuadrante de un m², dotado de una malla de 0,5 mm, con tres replicas por ciénaga. Este se introdujo lenta y cuidadosamente en posición vertical, hasta alcanzar la longitud máxima de las raíces de las plantas, las cuales fueron extraídas y lavadas para remover los organismos allí presentes y los insectos acuáticos colectados se preservaron en alcohol etílico al 90%. De forma simultánea, se hicieron mediciones de algunas variables abióticas (fisicoquímicas e hidrológicas): oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, Conductividad eléctrica, alcalinidad, sólidos totales disueltos, transparencia y profundidad. Los conteos e identificación se realizaron en el laboratorio de Limnología de la Universidad Tecnológica del Chocó, con un estereomicroscopio Nikon SMZ 745 y las claves taxonómicas de Domínguez et al. ⁽²⁷⁾, Merrit *et al.* ⁽²⁸⁾, Domínguez y Fernández ⁽²⁹⁾ y cada taxón fue asignado a un grupo funcional de acuerdo a la clasificación propuesta por diversos autores ^(22,30).

2.3 2.3 Análisis de datos

La comunidad de insectos acuáticos se caracterizó de acuerdo con las siguientes variables: número total de individuos, abundancia relativa de cada taxón presente en *E. crassipes* y la clasificación de los grupos funcionales alimenticios. Los índices de diversidad de Shannon-Weaver y dominancia de Simpson se midieron en el programa Past⁽³¹⁾. Se empleó una prueba de Kruskal-Wallis para evaluar las condiciones abióticas de las ciénagas entre periodos climáticos. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para relacionar la abundancia de familias de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes* y las variables abióticas de los ecosistemas. Para estos análisis se emplearon los programas Minitab versión 17.1.0⁽³²⁾ y Statgraphics Centurion XV⁽³³⁾.

3 Resultados y discusión

3.1 Composición y estructura por grupos funciones de los insectos acuáticos asociados a *E. crassipes*

La entomofauna acuática asociada a *E. crassipes* estuvo compuesta por 24 géneros, distribuidos en 6 órdenes y 18 familias. Se reportan por primera vez géneros y familias para las ciénagas estudiadas en el departamento del Chocó (Tabla 1). Coleoptera fue el orden más abundante con 125 individuos, lo que representa el 39,81% de la fauna total y es el que presenta a la mayor riqueza de familias (5 familias), con Gyrinidae como la más representativa con el 32,17% de los individuos, sobresaliendo el género *Hydrocanthus*. Ephemeroptera fue el segundo orden más abundante con 114 individuos, que representan el 36,31% de todos los insectos, siendo la familia Baetidae la que contribuyo con la mayoría de los individuos de este orden (35,99%) (Figura 2). Sin embargo, los dípteros fueron los de mayor riqueza taxonómica con 7 géneros, entre los que destaca *Ablabesmyia*; seguido de Coleoptera con 6; los restantes órdenes mostraron un bajo número de taxones.

La composición y abundancia de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes* en las ciénagas estudiadas fue similar a la registrada en otros complejos cenagosos del país^(17,20,22,34). Particularmente las masas de raíces de la planta flotante *E. crassipes* representan un complejo hábitat para una gran variedad de macroinvertebrados acuáticos. De acuerdo con Copatti *et al.*⁽³⁵⁾, la abundancia y diversidad de artrópodos acuáticos generalmente aumentan en respuesta al incremento en la heterogeneidad del hábitat y la complejidad estructural proporcionada por el Jacinto de agua; estos pueden mejorar la abundancia de macroinvertebrados y riqueza a través de la provisión de adicionales y en algunos casos nuevos hábitats^(12,36). Así mismo, de acuerdo con Quiroz *et al.*⁽²⁰⁾ y Thomaz y Cunha⁽³⁷⁾, estos proporcionan alimento, refugio, áreas para colonización y reproducción, y promueven un incremento en la biodiversidad y las relaciones inter e intra específicas.

La mayor abundancia de coleópteros, así como la riqueza de los dípteros puede ser explicada por la tolerancia a las altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de materia orgánica⁽³⁴⁾, todo esto unido a su capacidad de adaptarse a múltiples ambientes y desarrollar diferentes estrategias

de alimentación, lo que los convierte en grupos importantes en las cadenas tróficas como fuente de alimento para peces y anfibios ^(38,39).

Particularmente, los dípteros son conocidos por presentar un alto número de especies en ambientes lénticos ⁽⁴⁰⁻⁴³⁾ al utilizar a las macrófitas acuáticas como sustrato, gracias a su capacidad de ocupar un amplio rango de microhábitats; a su vez, algunos tienen la capacidad de tolerar pH ácidos y bajos valores de oxígeno ⁽⁴⁴⁻⁴⁵⁾.

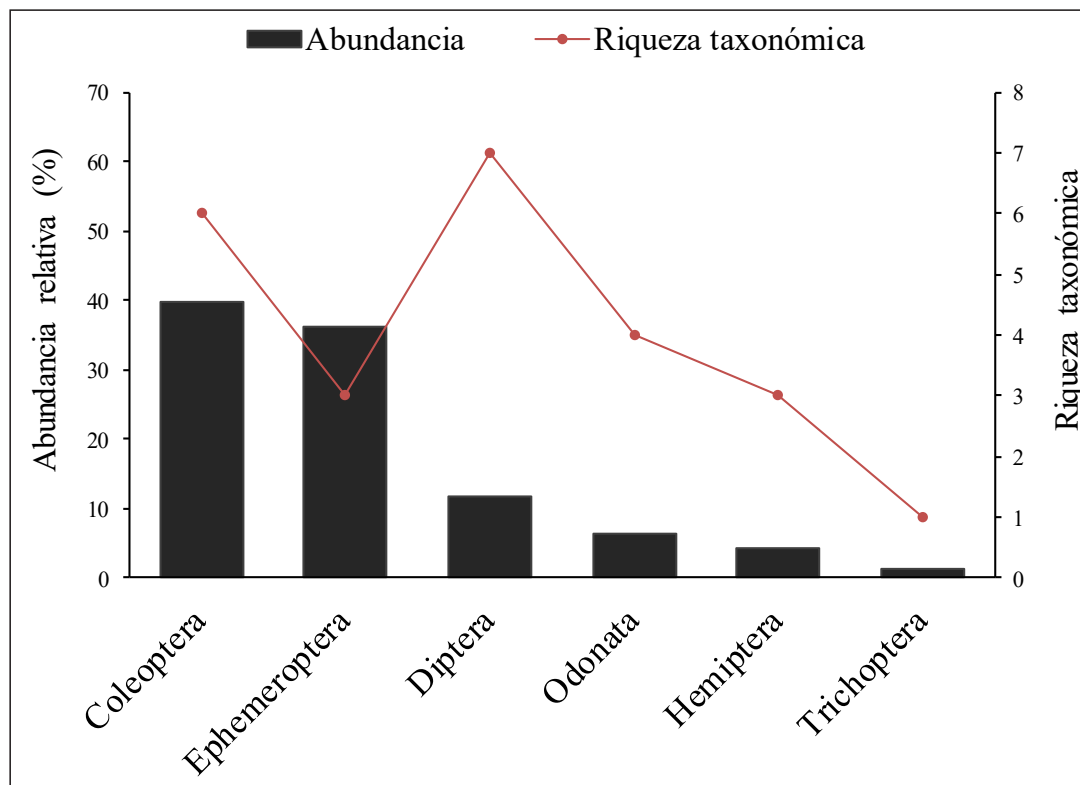


Figura 2. Abundancia relativa y riqueza taxonómica por órdenes de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes*. Autor: Zuleyma Mosquera-Murillo.

La composición de los grupos funcionales asociados a *E. crassipes* estuvo representada principalmente por los predadores (50,64%), con 12 familias abundantes correspondientes a los órdenes Odonata, Hemíptera, ciertas familias de coleópteros como Gyrinidae (*Hydrocanthus*), Hydrophilidae (*Hydrochus*) y Dytiscidae (*Rhantus*), así como dípteros de la familia Tabanidae (*Tabanus*); seguidos por los colectores (48,41%) representados por 5 familias de los órdenes Díptera (*Ablabesmyia*), Ephemeroptera (*Callibaetis*) y coleópteros de la familia Scirtidae (*Scirtes*); y finalmente se encuentran los fragmentadores (0,96%) con una familia (Curculionidae, *Tanysphyrus*) (Figura 3). Los resultados del análisis de las categorías tróficas concuerdan con los de otras investigaciones realizadas con *E. crassipes* ^(20,46). Se ha sugerido que la mayor diversidad de nichos proporcionada por la biomasa de las plantas, el perifiton, los detritos y el limo recolectado por las esteras de las raíces, especialmente las esteras de raíz flotantes, soporta una estructura de red alimenticia más compleja y más rica que el sustrato desnudo ⁽⁴⁷⁻⁴⁹⁾.

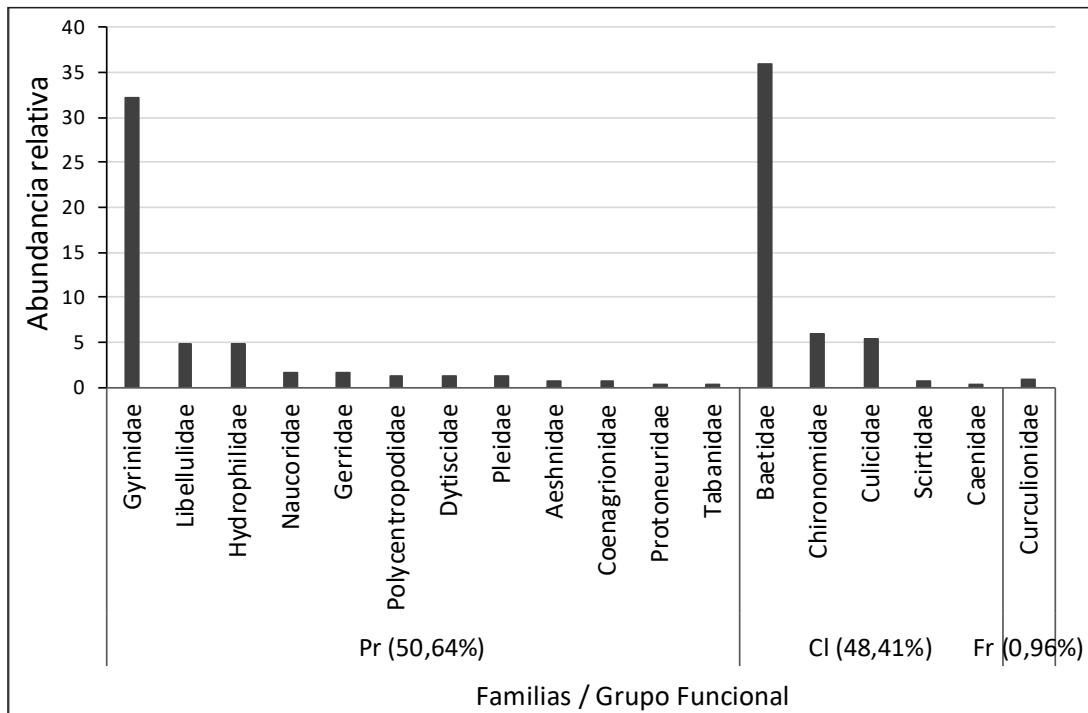


Figura 3. Abundancia relativa de familias y grupos funcionales de los insectos acuáticos asociados a las raíces de *E. crassipes* en la zona de estudio. Pr: predador; Cl: colector; Fr: fragmentador.

Autor: Zuleyma Mosquera-Murillo.

En este estudio los predadores constituyeron el grupo predominante. Según Poi de Neiff y Neiff⁽⁵⁰⁾, la vegetación acuática constituye un área de refugio de los invertebrados para evitar la predación por peces, representando una oferta importante para los invertebrados depredadores, cuyo número puede incrementarse cuando hay más presas, lo cual puede explicar la abundancia de este grupo en la presente investigación. Igualmente, la diversidad de grupos predadores registrada, puede ser atribuida a la alta complejidad estructural de hábitat que genera este tipo de macrófita⁽⁵¹⁾, siendo un indicio de una abundante oferta alimenticia.

Por otro lado, el alto porcentaje de colectores se favorece por las condiciones fisicoquímicas propias de la época de muestreo, correspondiente a la época de lluvias, así como por la presencia de altas concentraciones de materia orgánica que es retenida por las raíces de *E. crassipes*⁽⁵²⁾, propiciando el medio adecuado para el desarrollo de estos organismos durante el periodo del estudio. De acuerdo con Poi de Neiff *et al.*⁽⁵³⁾, el alto porcentaje de materia orgánica que pueden retener las raíces de *E. crassipes* representa una importante oferta para los colectores, los cuales recogen los detritus proporcionados por las plantas⁽⁴⁻⁵⁾.

Tabla 1. Listado taxonómico de insectos acuáticos asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes*.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Grupo	Abundancia	Densidad
				funcional*	total	relativa
Insecta	Diptera	Culicidae	<i>Orthopodomyia</i>	Cl	3	0,96
			<i>Mansonia</i>	Cl	5	1,59
			<i>Culex</i>	Cl	7	2,23
			<i>Chagasia</i>	Cl	2	0,64
	Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i>	Cl	18	5,73	
		<i>Pentaneura</i>	Cl	1	0,32	
		<i>Tabanus</i>	Pr	1	0,32	
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	Cl	7	2,23
			<i>Callibaetis</i>	Cl	106	33,76
	Coleoptera	Caenidae	<i>Caenis</i>	Cl	1	0,32
		Hydrophilidae	<i>Hydrochus</i>	Pr	11	3,50
				<i>Hydrophilus</i>	Pr	4
	Dytiscidae		<i>Rhantus</i>	Pr	4	1,27
		Curculionidae	<i>Tanysphyrus</i>	Fr	3	0,96
		Scirtidae	<i>Scirtes</i>	Cl	2	0,64
		Gyrinidae	<i>Hydrocanthus</i>	Pr	101	32,17
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	Pr	2	0,64
		Protoneuridae	<i>Protoneura</i>	Pr	1	0,32
		Libellulidae	<i>Tramea</i>	Pr	15	4,78
	Aeshnidae	<i>Boyeria</i>	Pr	2	0,64	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cyrnellus</i>	Pr	4	1,27	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	Pr	5	1,59	
	Gerridae	<i>Trepobates</i>	Pr	5	1,59	
	Pleidae	<i>Neoplea</i>	Pr	4	1,27	

*Grupo funcional: (Pr) Predadores, (Cl) Colectores, (Fr). Fragmentadores.

3.2 Índices ecológicos

El índice de diversidad de Shannon-Weaver presentó un promedio de 1,17 bits/ind \pm 0,47, lo que de acuerdo con Margalef⁽⁵⁴⁾, corresponden a baja diversidad ($H' < 2,70$). Los ecosistemas lénticos tienen habitualmente baja diversidad y riqueza, lo cual está relacionado con la poca disponibilidad de hábitats en las ciénagas ya que las macrófitas y el sedimento del fondo constituyen los únicos sustratos disponibles. Thomaz & Cunha⁽³⁷⁾ señalan que el incremento en la diversidad, abundancia y la composición de comunidades de diferentes grupos de organismos adheridos a la vegetación flotante está fuertemente influenciada por la complejidad de macrófitas en diferentes escalas espaciales.

El índice de dominancia presentó un promedio de $0,54 \pm 0,20$; cuyos valores pueden estar relacionados con la alta abundancia que mostraron ciertos géneros como *Hydrocanthus* y *Callibaetis* (Tabla 1) los cuales representaron el 65,92% de los individuos registrados. *Hydrocanthus* (Noteridae) es muy común entre las raíces sumergidas de charcos, lagunas, ríos y quebradas de flujo lento y en raíces de plantas acuáticas⁽⁵⁵⁾. Los miembros de la

familia Noteridae son capaces de tomar oxígeno atmosférico, que almacenan debajo de sus élitros, por lo tanto, la dependencia al oxígeno atmosférico es probablemente un factor primordial que restringe a estos escarabajos a aguas poco profundas ⁽⁵⁶⁻⁵⁷⁾ como las de la ciénaga estudiada. *Callibaetis* por su parte es común en charcos y lagos, sobre todo con abundante vegetación acuática ⁽⁵⁸⁾; puede ser encontrado en todo tipo de aguas, tanto lénticas como lóxicas, tolerando amplios rangos de temperatura, oxígeno disuelto y pH ⁽⁵⁹⁾.

3.3 Variables abióticas y comunidad de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes*

La tabla 2 resume los datos estadísticos básicos de las variables abióticas analizadas en las ciénagas estudiadas, con las variables transparencia, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y profundidad como las de mayor variación a lo largo del estudio; sin embargo ninguna de las variables analizadas presentó variaciones significativas entre periodos climáticos ($p > 0,05$). Según Lewis ⁽⁶⁰⁾ los sistemas lénticos tropicales tienden a presentar valores relativamente bajos de oxígeno disuelto, lo que coincide con lo reportado en este estudio. En el caso del pH, los valores que pueden ser atribuidos a la naturaleza de los suelos de la zona, los cuales son ácidos al igual que los de la mayoría del departamento del Choco, sin embargo se encuentran dentro los límites para la supervivencia de los organismos acuáticos (4,5 a 8,5, ⁽⁶¹⁾). En el caso de la temperatura, su poca variación es una característica de los ecosistemas tropicales, donde las temperaturas no sufren grandes variaciones a lo largo del año, como las que ocurren en las zonas templadas debido a los cambios estacionales ⁽⁶²⁾.

La conductividad se encuentra dentro del rango normal para cuerpos de agua dulce colombianos (menores a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ⁽¹¹⁾), que permite catalogar a las zonas estudiadas como de clase I (conductividades $< 600 \mu\text{S}/\text{cm}$), según el sistema de caracterización del agua de Talling & Talling ⁽⁶³⁾, que incluye muchos cuerpos de agua ecuatoriales situados en regiones selváticas y en los que muchos iones son absorbidos y acumulados por la vegetación circundante; o que son alimentados en buena parte por el agua lluvia, lo que reduce el contenido de solutos orgánicos por dilución. La alcalinidad estuvo dentro de los rangos reportados para ecosistemas neotropicales (menores a 100 mg.l^{-1} , ⁽¹¹⁾), con promedio por debajo de 20 mg.l^{-1} . La alcalinidad del agua depende en gran parte de la naturaleza del terreno y de las rocas con las que está en contacto ⁽⁶¹⁾. La transparencia es en promedio de 0,70 m, con una alta variación (Tabla 2), lo que se haya asociado a la baja profundidad de las ciénagas estudiadas; encontrándose dentro del rango establecido para las ciénagas en Colombia por Arias ⁽⁶⁴⁾ de entre 0,17 y 1,13 m.

Tabla 2. Valores promedios, rangos, coeficientes de variación (CV) y diferencia significativa de las variables abióticas entre muestreos.

Variables	Promedio	Rango	CV %	p-valor
Oxígeno disuelto (mg.l ⁻¹)	5,20	3,78 - 7,96	26,73	0,121
pH (unidades)	7,10	6,6 - 7,43	4,46	0,699
Temperatura del agua (°C)	28,0	26,6 - 29,1	3,34	0,121
Conductividad eléctrica (µS/cm)	63,1	36,4 - 134,4	57,02	0,053
Alcalinidad (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	17,0	11 - 25	32,13	0,699
STD (mg.l ⁻¹)	46,6	23,4 - 81,9	46,33	0,121
Transparencia (m)	0,70	0,25 - 1,9	85,95	0,121
Profundidad (m)	1,90	0,97 - 3,6	45,31	0,439

La Tabla 3 muestra las correlaciones entre las variables abióticas y los insectos acuáticos ($p < 0,05$). A través de la correlación de Pearson se verificó que las variables que más influyen la comunidad de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes* fueron pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica, alcalinidad, sólidos totales disueltos y profundidad; con 8 familias registradas correspondientes al 44,44 % con relación con alguna de las variables abióticas analizadas (Tabla 3). Esta asociación ha sido resaltada en investigaciones como las de Rocha-Ramírez⁽¹³⁾ y Rúa-García⁽³⁴⁾, lo que corrobora con la estrecha correlación entre los organismos y los factores ambientales. Según algunos autores⁽⁶⁵⁻⁶⁸⁾, la estructura y distribución espacial de los macroinvertebrados en las ciénagas está asociada con las características físicas, al estado trófico, a la heterogeneidad de hábitats, la profundidad, el oxígeno, el pH, la temperatura y la materia orgánica, entre otros factores. Así mismo, de acuerdo con Domínguez y Fernández⁽²⁹⁾ y Ocon y Rodríguez⁽⁶⁹⁾ los factores fisicoquímicos son considerados como los aspectos que más influencia ejercen sobre la distribución, abundancia y riqueza de insectos acuáticos. En el caso del pH, la mayoría de los organismos acuáticos tienen un límite dentro del cual su crecimiento se hace posible, habiendo muy pocas especies que puedan crecer en pH inferiores a 2 o superiores a 10 unidades; y en el caso particular de los macroinvertebrados, el pH óptimo se encuentra en el rango de 5,0 a 9,0 unidades⁽⁶¹⁾. Por otro lado, variables como la alcalinidad y los sólidos afectan significativamente la distribución de los macroinvertebrados, ya que tienen efectos ecofisiológicos sobre sus procesos de osmoregulación y por ende sobre su supervivencia en los ambientes acuáticos^(61,70-71). Los resultados de la presente investigación y los registros que se presentan contribuyen al conocimiento de la entomofauna del Chocó; así mismo, las correlaciones halladas, aunque preliminares, podrán utilizarse en futuros trabajos que intenten modelar los efectos de los factores ambientales sobre las abundancias de los macroinvertebrados en humedales similares de la región. Además, el estudio de los grupos funcionales permitió tener una visión del estado ecológico de las ciénagas, ya que estos gremios reflejan los atributos relacionados con los ensamblajes de la comunidad desde una perspectiva funcional.

Tabla 3. Correlación entre las variables abióticas y la abundancia de familias de insectos acuáticos asociados a *E. crassipes*. Se muestran solamente los resultados significativos.
Taxón vs. Coeficiente de correlación de Pearson “r”, $p < 0.05$.

Variable	Taxón	Correlación	Variable	Taxón	Correlación
Conductividad eléctrica	Baetidae	(0,910; 0,004)	Sólidos totales disueltos	Baetidae	(0,805; 0,028)
	Gerridae	(0,982; 0,001)		Polycentropodidae	(0,874; 0,01)
	Coenagrionidae	(0,872; 0,010)	Alcalinidad	Polycentropodidae	(0,892; 0,006)
	Protoneuridae	(0,872; 0,010)		Dytiscidae	(0,756; 0,049)
pH	Polycentropodidae	(0,785; 0,036)	Profundidad	Tabanidae	(0,861; 0,012)
Temperatura del agua	Naucoridae	(-0,804; 0,029)			

Agradecimientos: Al Grupo de Zoología, línea Ictiología de la Universidad Tecnológica del Chocó por el financiamiento de la presente investigación. Al laboratorio de Limnología de la Universidad Tecnológica del Chocó por la logística de laboratorio. A los estudiantes Joe A. Murillo, Wilber Pino por su apoyo en la fase de campo.

Referencias bibliográficas

1. Boeckman CJ, Bidwell JR. Spatial and Seasonal Variability in the Water Quality Characteristics of an Ephemeral Wetland. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Sciences*. 2007; 87: 45-54.
2. Keeley JE, Zedler PH. *Characterization and global distribution of vernal pools*. En Witham CW, Bauder ET, Belk D, Ferren WR, Ornduff, R. Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems - Proceedings from a 1996 Conference. Sacramento, CA. California Native Plant Society. 1998;1-14.
3. Fontanarrosa MS, Chaparro GN, O’Farrell I. Temporal and Spatial Patterns of Macroinvertebrates Associated with Small and Medium-Sized Free-Floating Plants. *Wetlands*. 2013; 33(1): 47-63. doi.org/10.1007/s13157-012-0351-3
4. Moretti MS, Goulart MDC, Callisto M. Avaliação rápida da macrofauna associada à *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth, 1843 e *Pontederia laceolata* Nutt. 1818 (Pontederiaceae) na Baía do Coqueiro, Pantanal de Poconé (MT/Brasil). *Revista Brasileira de Zociências*. 2003; 5(1): 7-21.
5. Mormul RP, Vieira LA, Pressinatte S, Monkolski A, Madeiros dos Santos A. Sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de duas plantas aquáticas (*Eichhornia azurea* e *Polygonum ferrugineum*). *Acta Scientiarum, Biological Science*. 2006; 28(2): 109-115.
6. Stripari, N. de L, Henry R. The invertebrate colonization during decomposition of *Eichhornia azurea* Kunth in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (Sao Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*. 2002; 62(2): 293-310. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842002000200014.

7. Villanueva VD, Trochine C. The role of microorganisms in the diet of verger CF. *Limnophilus* (Trichoptera: Limnephilidae) larvae in the Patagonian Andean temporary pond. *Wetlands*. 2005; 25(2):473-479.
8. Walker PD, Wijnhoven S, Velde, G. Velde, G. van der. Macrophytes presence and growth form influence macroinvertebrate community structure. *Aquatic Botany*. 2013; 104: 80-87.
9. Rennie MD, Jackson LJ. The influence of habitat complexity on littoral invertebrate distributions: patterns differ in shallow prairie lakes with and without fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2005; 62(9): 2088–2099.
10. Quirós-Flores A, Miranda-Arce MG, Lot-Helgueras A. Estudio comparativo de algunas variables fisicoquímicas del agua en canales secundarios de Xochimilco con y sin *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach. *Polibotanica*. 2008; 25: 127-133.
11. Roldán G. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín (Antioquia): Editorial Universidad de Antioquia. 1992; 592 p.
12. Cataño-Vergara Y, Quirós JA, Arias J, Novoa J, Genes F. Estudio de la vegetación acuática en un área de inundación de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, sector Purísima, Departamento de Córdoba, Colombia. *Rev Asoc Colde Cienc Biol*. 2008; 20: 34-47.
13. Rocha-Ramírez A, Ramírez-Rojas A, Chávez- López R, Alcocer J. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoon al System, Veracruz, México. *Aquatic Ecology*. 2007; 41(2): 319-333.
14. Manjarrés-Hernández A, Flórez-Leiva AL y Rueda-Delgado G. *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. Neolimnos 2004. Universidad Pontificia Bolivariana-Asociación Colombiana de Limnología. Montería, Colombia. 2004; 75p.
15. Inger DJ, Deluque S, Reyes-Sierra T. 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. 2004; 49 p.
16. 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, Disponible en http://www.ramsar.org/pdf/wwd/6/wwd2006_rpts_colombia01.pdf
17. Deluque J, Reyes S, Sierra-Labastidas T, Lopez W. Primeros reportes de familias de macroinvertebrados asociados a macrófitas acuáticas en la ciénaga del Cerro de San Antonio (río Magdalena, Colombia). *Revista Intropica*. 2006; 3: 77-86.
18. Venegas EM. Estado limnológico de cuatro humedales de la Sabana de Bogotá utilizando macroinvertebrados como bioindicadores. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 2008; 16 p.

19. Martínez MA. 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. 2009; 125 p.
20. Quirós-Rodríguez JA, Dueñas Ramírez PR, Ballesteros Correa J. Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (mart). solms, en dos sectores del complejo cenagoso del bajo Sinú, departamento de córdoba, Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 2010; 22: 147-157.
21. Rivera-Usme JJ. 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. 2011; 156 p.
22. Rivera-Usme JJ, Pinilla Agudelo G, Camacho Pinzón DL. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta biológica Colombiana*. 2013; 18(2): 279-292.
23. Álvarez JC, Vivas I. Variación espacial de la estructura 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. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Chocó. 1999; 89 p.
24. Rangel JO. *Colombia Diversidad Biótica IV: El Chocó Biogeográfica - Costa Pacífica*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Ed. UNAL. 2004; 996.
25. Duque H. *Estratigrafía, Paleocianografía y Paleobiogeografía, de la Cuenca del Atrato y la Evolución del Istmo de Panamá*. Boletín Geológico. 1990; 31(1):44.
26. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Editorial IGAC. Chocó: *Características Geográficas*. Bogotá. Colombia. 2006; 234.
27. Domínguez E, Molineri C, Pescador MI, Hubbard MD, Nieto C. *Ephemeroptera of South América*. In: Adis, J., Arias JR, Rueda-Delgado G, Wantzen K.M. (Eds): *Aquatic Biodiversity in latin América* (ABLA), Sofía-Moscow Pensoft. 2006; 2. 646 p.
28. Merritt RW, Cummins KW, Berg MB. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Company. 2008; 1214p.
29. Domínguez E, Fernández HR. *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Tucumán – Argentina: Editorial Fundación Miguel Lillo. 2009; 656
30. Chará-Serna AM, Chará JD, Zúñiga M del C, Pedraza GX, Giraldo LP. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*. 2010; 15(1): 27-36.

31. Hammer O, Harper D, Ryan PD. *Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. Palaeontologia Electronica 4. 2001. Disponible en: http://palaeoelectronica.Org/2001_1/past/issue1_01.htm.
32. Minitab INC 17.1.0. Minitab Statistical Software. State College, Pennsylvania: Minitab Inc. 2014.
33. Statgraphics Centurion XV. [Programa de ordenador]. Version Centurion XV. E.U.A: Stat Point, Inc; 2006.
34. Rúa-García G. Macroinvertebrados acuáticos asociados a raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, en la ciénaga de Zapayán, Magdalena-Colombia. *Revista Intropica*. 2015; 10: 52 - 59.
35. Copatti CE, Fagundes LS, Quaini JB, Copatti BR. Diversity of aquatic arthropods on *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms roots before and after removal of substrate in a reservoir in southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Science*. 2013; 8(4):265-275.
36. Villamagna AM, Murphy BR. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*. 2010; 55(2): 282-298.
37. Thomaz S M, Cunha ER. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: Methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages, composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2010; 22(2): 218-236.
38. Archangelsky M. Coleóptera. En: Fernández HR y Domínguez E (Eds). *Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos*. Editorial Universitaria de Tucumán, Argentina. 2001.
39. Mosquera DR, Palacios ML, Muñoz E, Soto A, Peña EJ. Diversidad de los macroinvertebrados de la laguna de Sonso, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Ciencias*, 2008; 12: 45- 56.
40. Callisto M, Serpa-Filho A, Oliveira SJ, Estevez FA. Chironomids on leaves of *Typha domingensis* in a lagoon of Rio de Janeiro State (Brazil). *Study Neotropic Fauna & Environmental*. 1996; 31: 51-53.
41. Higuti J. Spatial and temporal variation in densities of chironomid larvae (Diptera) in two lagoons and two tributaries of the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2004; 62(4): 807-818.
42. Higuti J, Takeda AM. Composition, density and habitats of benthic chironomid larvae. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS. (Ed.). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers; 2002. 209-221.
43. Nessimian JL, De Lima, IAG. Colonização de três espécies de macrófitas por macroinvertebrados aquáticos em um brejo do litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 1997; 9: 149-163.

44. Pinder L. Biology of Freshwater Chironomidae. *Annual Review of Entomology*. 1986; 31(1): 1-23.
45. Paggi AC. Diptera. In: Domínguez E, Fernández HR. (Eds.), *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Tucumán - Argentina: Fundación Miguel Lillo. 2009; 383-410.
46. Kouamé MK, Diétoa MY, Da Costa SK., Edia EO, Ouattara A. Gourène G. Aquatic macroinvertebrate assemblages associated with root masses of water hyacinths, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, 1883 (Commelinales: Pontederiaceae) in Taabo Lake, Ivory Coast. *Journal of Natural History*. 2010; 44(5-6): 257-278.
47. Brown KM, Lodge DM. Gastropod abundance in vegetated habitats: the importance of specifying null models. *Limnology and Oceanography*. 1993; 38(1): 217- 225.
48. Hargeby A. Macrophyte Associated Invertebrates and Effect of Habitat Permanence. *Oikos*. 1990; 57(3): 338-346.
49. Masifwa WF, Twongo T, Denny P. The impact of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms on the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates along the shores of northern Lake Victoria, Uganda. *Hydrobiologia*. 2001; 452(1-3): 79-88.
50. Poi de Neiff ASG, Neiff JJ. Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río Paraná (Argentina). *Interciencia*. 2006; 31(3): 220-225.
51. Heino J. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*. 2000; 418(1): 229-242.
52. Blanco L, Neiff, JJ, Poi de Neiff ASG. *Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco, (Venezuela) and Paraná, (Argentina)*. *Verh. Int. Ver. Limnol*. 1998; 26: 2030-2034.
53. Poi de Neiff A, Neiff JJ, Orfeo O, Carignan R. Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* in the Paraná floodplain. *Aquatic Botany*. 1994; 47(3-4): 213-223.
54. Margalef R. *Ecología*. Barcelona. España: Ediciones Omega SA. 8° edición. 1998; 320.
55. White DS, Roughley R. Coleoptera. In: R.W. Merritt, Cummins, K.W. & M.B. Berg (Eds.). *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. Iowa, USA. Kendall/Hunt Publishing Company. 2008; 571-671.
56. Larson DJ. The Predaceous water (Coleoptera: Dytiscidae) of Alberta: Systematics, natural history and distribution. *Quaestiones entomologicae*, 1975; 11: 245-498.
57. Eyre MD, Carr R, McBlane RP, Foster GN. The effect of varying site-water duration on the distribution of water beetle assemblages, adults and Larvae (Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae, Hydrophilidae). *Archiv für Hydrobiologie*, 1992; 124: 281-191.
58. Flowers RW, De La Rosa C. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*. 2010; 58 (Supl. 4): 63-93.

59. Zúñiga MC, Molineri C, Domínguez E. El orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. In: Fernandez FC, Andrade G, Amat G, Editores. *Insectos de Colombia*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2004; 3: 17-42.
60. Lewis WM Jr. A revised classification of lakes based on mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1983; 40:1779-1787.
61. Roldán G, Ramírez JJ. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia-ACCEFYN-Universidad Católica de Oriente. 2008; 442.
62. Roldán G, Bohórquez A, Cataño R, Ardila J. Estudio Limnológico del Embalse del Guavio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2000; 24 (90): 73-84.
63. Talling JF, Talling IB. The chemical composition of African lakes water. *International Review of Hydrobiology*. 1965; 50(3): 421-463.
64. Arias PA. Las ciénagas en Colombia. *Divulgación Pesquera Inderena*, 1985; 22:39-70.
65. Covich AP, Palmer MA, Crowl TA. The Role of Benthic Invertebrate Species in Fresh Water *Ecosystems*. Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*. 1999; 49(2): 119-127.
66. Grillet ME, Legendre P and Borcard D. Community structure of Neotropical wetland insects in Northern Venezuela: I. Temporal and environmental factors. *Archiv für Hydrobiologie*, 2002; 155: 413-436.
67. Krebs CJ. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. 2da Edición en español. México D.F.: Oxford University Press. 000; 753
68. Martínez B, Velasco J, Suarez L, Vidal-Abarca, R. Benthic organic matter dynamics in an intermittent stream in southeast Spain. *Archiv für Hydrobiologie*. 1998; 141(3): 303-320.
69. Ocon CS and Rodríguez A. Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in Pampean streams (Buenos Aires, Argentina). *Archiv für Hydrobiologie*. 2004; 159(4): 473-487.
70. Montoya Y, Aguirre N. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (Ciénagas) en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*. 2009;12(3): 85-106.
71. Ramírez A, Viña G. *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. BP Exploration Company –Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia. 1998; 250.

Dirección de la autora

Zuleyma Mosquera Murillo
Grupo de Limnología. Facultad de Ciencia Naturales
Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó - Colombia
d-zuleyma.mosquera@utch.edu.co