

---

# Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia

Spatial and temporal distribution of aquatic Diptera (Insecta: Diptera) in the Alvarado River basin, Tolima, Colombia

Laura D. Rojas-Sandino, Gladys Reinoso-Flórez y Jesús M. Vásquez-Ramos

---

## Resumen

En el presente estudio se caracterizó la composición y estructura de la fauna del orden Diptera y se analizaron algunas variables fisicoquímicas en la cuenca del río Alvarado. Entre septiembre (bajas precipitaciones) y diciembre (altas precipitaciones) de 2012 se evaluó la fauna de dípteros en 9 estaciones de muestreo de la cuenca del río Alvarado entre los 351 y 1057 m s.n.m. Empleando una red Surber se realizaron recolecciones en diferentes sustratos (arena, hojarasca, grava y roca). En total se registraron 3283 organismos pertenecientes a 8 familias y 41 géneros, de los cuales 20 son nuevos reportes para el departamento del Tolima. Las familias con mayores densidades y abundancias fueron Chironomidae, Ceratopogonidae y Simuliidae. En septiembre (época de baja precipitación) se reportaron los mayores valores de riqueza, densidad, abundancias y diversidad. Así mismo, las localidades estación río Alvarado inicio, quebrada La Chumba y quebrada la Caima presentaron las mayores densidades de organismos. Paralelamente se tomaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, con el fin de determinar las relaciones entre estos parámetros y la biota evaluada. La conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza, influyeron favorablemente en la distribución de dípteros en la cuenca del río Alvarado.

**Palabras clave.** Ecosistema lótico. Macroinvertebrados. Parámetros físico-químicos. Sustratos. Variación pluviométrica.

## Abstract

In this study, the composition and structure of dipterans of the Alvarado River basin were characterized along with some physicochemical parameters of the area. Between September (dry season) and December (rainy season) of 2012, Diptera in 9 sampling stations in the Alvarado River and some of its tributaries between altitudes of 351 and 1057 m a.s.l. were examined. Biological material was collected across different substrates (sand, leaf litter, gravel and rock) with a Surber net. A total of 3283 larvae belonging to 8 families and 41 genera were collected, including new records for 20 genera in the Tolima region. Chironomidae, Ceratopogonidae and Simuliidae families exhibited the highest density and abundance. September (dry season) reported greater densities, richness and abundances and higher values of diversity and the stations Alvarado-Inicio, Quebrada Chumba and Quebrada la

Caima had the highest values of abundance. Also, water samples were collected for physicochemical and bacteriological analyses to determine relationships with dipteran biota. Electrical conductivity, pH, total dissolved solids, alkalinity and hardness had a positive influence on the distribution of aquatic dipteran larvae of the Alvarado River basin.

**Keywords.** Lotic ecosystems. Macroinvertebrates. Physicochemical parameters. Rainfall variation. Substrates.

## Introducción

El orden Diptera es uno de los órdenes de insectos más ampliamente distribuidos y diversos entre los artrópodos. Incluye desde mosquitos, moscas negras, jejenes y moscas de la fruta, hasta moscas domésticas. Se han descrito alrededor de 160000 especies (Courtney y Cranston, 2015), dentro de las cuales 21000 se encuentran en Norteamérica (Courtney y Cranston, 2015) y se estima que hay alrededor de otras 24075 en el Neotrópico (Souza Amorim *et al.*, 2002). Este amplio margen de distribución se relaciona con la riqueza de especies y los variados mecanismos de locomoción y respiración, así como las diferentes funciones ecológicas que permiten colonizar variedad de hábitats, incluyendo ambientes terrestres y acuáticos como ríos, arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliáceas y demás plantas que acumulan agua, orificios de troncos viejos y las costas marinas (Roldán y Ramírez, 2008; Merritt *et al.*, 2009; DeWalt *et al.*, 2010). Debido a estas condiciones y a su capacidad de tolerar amplios rangos ambientales (Sarmiento, 2010), estos organismos no solo se convierten en elementos bióticos de gran relevancia en la cadena trófica, sino que también son de gran importancia económica y médica a nivel mundial (Merritt *et al.*, 2009). Familias como Tipulidae, Muscidae, Agromyzidae y Tephritidae son plagas de cultivos, otras como Culicidae, Psychodidae y Simuliidae son vectores de patógenos que afectan el bienestar y la salud humana, y algunas como Chironomidae y Blephariceridae juegan un rol importante como bioindicadores de la calidad del agua (Lizarralde de Grosso, 2009; Merritt *et al.*, 2009).

El análisis de la calidad de los ecosistemas dulceacuícolas no solo se basa en parámetros

fisicoquímicos y bacteriológicos sino también en aspectos biológicos y ecológicos, por lo tanto el uso de macroinvertebrados constituye una herramienta viable y fácil de estudiar (Domínguez y Fernández, 2009). No obstante el conocimiento de los ensamblajes de larvas de dípteros acuáticos proviene en gran medida de publicaciones europeas y norteamericanas, que van desde estudios taxonómicos, ecológicos, de bioindicación y estructura de la comunidad dentro de los cuerpos de agua, hasta estudios de carácter médico y veterinario, ya que son vectores de múltiples enfermedades (Roldán y Ramírez, 2008; Courtney *et al.*, 2009; DeWalt *et al.*, 2010).

En Suramérica la información se encuentra en gran medida fragmentada y enfocada a ciertos grupos de dípteros acuáticos. Dicha información está centrada principalmente en aspectos taxonómicos, ecológicos y biológicos, y se resaltan los trabajos de Hamada y Grillet (2001), Coscarón-Arias (2003), Borkent y Spinelli (2007) y Coscarón y Coscarón-Arias (2007) en los que se hacen descripciones generales de las familias Simuliidae y Ceratopogonidae del Neotrópico y al mismo tiempo se incluyen discusiones sobre bionomía, adaptaciones de las diversas etapas de vida, hábitats, roles ecológicos, técnicas de recolección y preparación, zoogeografía, clasificación y claves de identificación. Otros como Domínguez y Fernández (2009), Paggi (2009) y Trivinho (2011), tratan con claridad aspectos sobre la anatomía, morfología, distribución y ecología del orden Diptera, resaltando familias como Chironomidae y Simuliidae, e incluyen claves de identificación y reseñas para familias y géneros de Suramérica y Brasil.

En Colombia, los trabajos sobre dípteros acuáticos datan de los años 80 y abarcan diferentes aspectos como la caracterización estructural en cuerpos de agua y su relevancia en el campo de la salud pública (Roldán, 1988; Pinilla, 1998; Ruiz Moreno *et al.*, 1999; Pérez, 2007). Dentro de estos, se resalta la descripción de aspectos generales en cuanto a la biología, ecología, taxonomía, distribución y bioindicación de dípteros acuáticos a nivel de familia en el departamento de Antioquia (Bedoya y Roldán, 1984; Roldán, 1988) y las claves taxonómicas de Chironomidae de la sabana de Bogotá (Ruiz Moreno, *et al.* 1999). Para el Tolima la información existente acerca de este orden se encuentra limitada, ya que se ha estudiado principalmente la taxonomía, diversidad, riqueza y distribución hasta el nivel de subfamilia en el caso de Chironomidae y hasta género en las demás familias, en los ríos Coello, Prado, parte baja de Amoyá, y Opia (Sánchez, 2004; Carranza, 2006; Oviedo, 2011). Entre estos estudios, el de Oviedo (2011) se destaca por determinar por primera vez los organismos de la familia Chironomidae hasta el nivel de género, proporcionando un conocimiento base de gran relevancia para el departamento.

El uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua ha resultado de gran importancia en los últimos años, sin dejar de lado el uso de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en los cuerpos de agua. Por consiguiente, la utilización de estas herramientas permiten no solo integrar cambios biológicos, tanto a corto y largo plazo en un rango de variables medioambientales, sino también proporcionar información puntual e indirecta del estado y calidad de las aguas (Jacobsen *et al.*, 2008; Helson y Williams, 2013; Damanik-Ambarita, *et al.* 2016). Debido a lo expuesto anteriormente y a la importancia del orden díptera en la cuenca del río Alvarado (Tolima, Colombia) el presente estudio determinó la composición y estructura de larvas de dípteros acuáticos durante dos periodos hidrológicos, con el fin de ampliar la línea base de esta fauna béntica en las cuencas hidrográficas del Tolima y proveer información en cuanto a su distribución y relación con algunas variables fisicoquímicas.

## Materiales y métodos

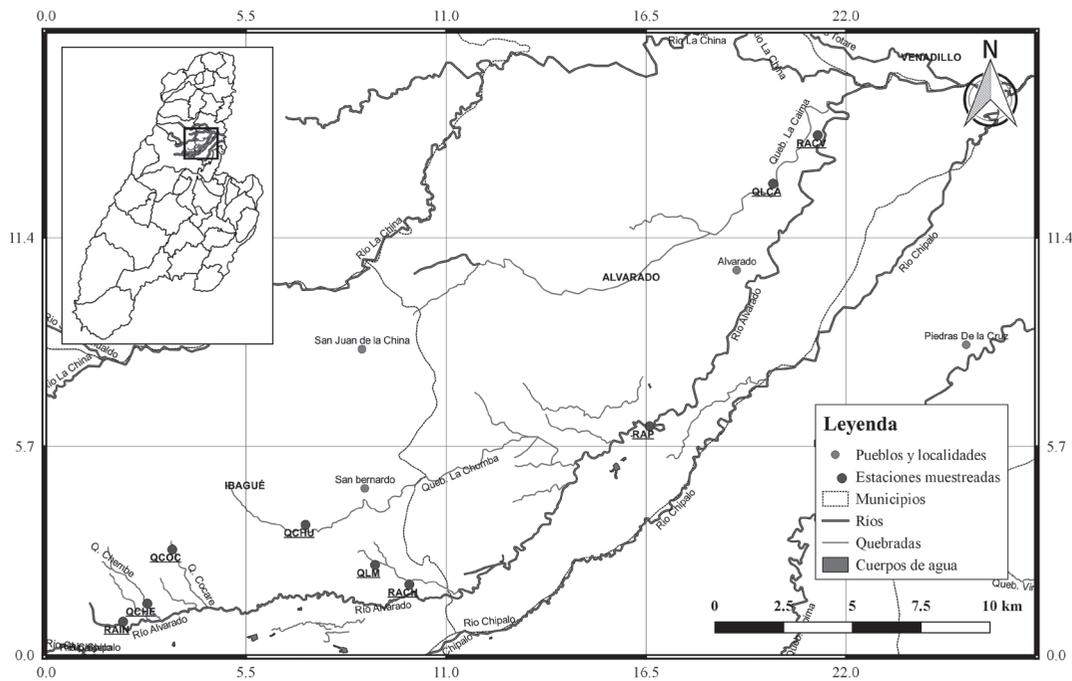
**Área de estudio.** El río Alvarado pertenece a la cuenca del río La China, que a su vez hace parte del sistema del río Totare, cuenca del río Magdalena, en el departamento del Tolima. Presenta un área de 29988,14 hectáreas, un perímetro de 91,66 km y una longitud del cauce de 55,06 km (Cortolima, 2009). De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida de Holdridge (Pizano y García, 2014), el río Alvarado se localiza dentro del ecosistema del bosque seco tropical del departamento del Tolima, y, por su ubicación, fertilidad de sus suelos y condiciones ecológicas, se ha visto reemplazado a lo largo del tiempo por grandes zonas de cultivo, pastos para ganadería y urbanización (Cortolima, 2009).

Esta cuenca registra precipitaciones promedio anual de 700 a 2000 mm y temperaturas superiores a los 24 °C. Se caracteriza por poseer una escasa masa forestal protectora, que se reduce en las partes altas de las estribaciones de la cordillera Central; posee bosques en su gran mayoría secundarios y tierras destinadas primordialmente al uso de pasto. El suelo de la cuenca es de carácter franco-arcilloso y de erosión severa (Cortolima, 2009). La cuenca presenta una forma alargada y las aguas que circulan por esta no están sometidas a grandes velocidades, ya que presenta pendientes muy bajas, con un carácter moderadamente torrencial (Cortolima, 2009). Los principales afluentes del río Alvarado son Santo Domingo, El Neme, Mercadillo, El Ceboso, La Leona, Acedratas, San Isidro, El Guayabo, La Totuma, Trujillo, Amesitas, El Lazo, El Retiro, Peñonosa, La Babillera, Cachipa, Cocare, La Caima y Del Valle (Cortolima, 2009).

Con relación a las características de la cuenca, esta se encuentra rodeada principalmente por especies vegetales en su mayoría arbóreas, así como helechos, herbáceas como bromelias y musgos, entre otros. También cuenta con la presencia de fauna silvestre como el venado, conejo armadillo, reptiles como el lobo pollero, y serpientes del género *Micrurus*, así mismo gran cantidad de avifauna (Cortolima, 2009).

**Toma de muestras.** Durante dos periodos hidrológicos correspondientes a altas y bajas lluvias, entre septiembre y diciembre de 2012, se tomaron muestras en microhábitats de arena (A), hojarasca (H), grava (G) y roca (R) en nueve puntos del río Alvarado y sus tributarios (Figura 1;

Tabla 1). Para esto se empleó una red Surber de 250 µm con un área de 0,09 m<sup>2</sup>, siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009) en tramos impactados y no impactados por la urbanización y la agricultura (Figura 2).



**Figura 1.** Mapa del río Alvarado y sus tributarios con los puntos de muestreo.

**Tabla 1.** Estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado, periodo septiembre y diciembre de 2012.

Estación	Sigla	Municipio	Coordenadas		Altitud (m s.n.m.)
Quebrada Cocare	QCOC	Ibagué	04°28'37,4" N	075°08'25,4" O	1057
Quebrada Chembe	QCHE	Ibagué	04°27'34,2" N	075°08'54,7" O	988
Río Alvarado-Inicio	RAIN	Ibagué	04°27'13,1" N	075°09'23,2" O	977
Quebrada Chumba	QCHU	Ibagué	04°29'06,2" N	075°05'48,6" O	973
Quebrada La Manjarrés	QLM	Ibagué	04°28'19,3" N	075°04'26,9" O	758
Río Alvarado-Chucuni	RACH	Ibagué	04°27'56,7" N	075°03'46,7" O	697
Río Alvarado-Puente	RAP	Alvarado	04°31'11,3" N	074°59'14,0" O	521
Quebrada La Caima	QLCA	Alvarado	04°35'45,8" N	074°56'39,6" O	374
Río Alvarado-Caldas Viejo	RACV	Alvarado	04°36'41,2" N	074°55'46,2" O	351



**Figura 2.** Registro fotográfico de las diferentes estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado, periodo septiembre y diciembre de 2012.

Las muestras recolectadas se almacenaron en frascos plásticos de 500 ml y se conservaron en alcohol al 70 %. En el laboratorio se filtraron a través de un tamiz de 50  $\mu\text{m}$  para limpieza, separación e identificación de las larvas de dípteros con ayuda y uso de estereoscopio Olympus szx9 (6,3X-57X). Los organismos se determinaron hasta género, empleando las claves y descripciones de Epler (2001), Borkent y Spinelli (2007), Coscarón

y Coscarón-Arias (2007), Domínguez y Fernández (2009) y Trivinho (2011).

Para la adecuada identificación de quironómidos las larvas se aclararon con el fin de hacer más visibles las diferentes estructuras existentes en la cápsula cefálica y a lo largo del cuerpo (Anexo 1). Para ello, se empleó hidróxido de potasio (KOH) al 10 %, posteriormente se realizaron lavados

sucesivos con alcohol en diferentes concentraciones (70, 96 y 99,9 %), y finalmente se realizó el montaje y fijación por placas con euparal (Trivinho, 2011) para la visualización en el microscopio.

Una vez las muestras fueron analizadas, los especímenes se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, en la sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

### Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Se tomaron muestras de agua en los 9 puntos, tanto para análisis bacteriológico como para análisis de 18 parámetros fisicoquímicos. Para esto se utilizaron frascos estériles de vidrio de 300 ml (bacteriológico) y frascos plásticos de 2 L (fisicoquímico). Los análisis se llevaron a cabo en condiciones *in situ* (medición de temperatura ambiental, temperatura del agua, profundidad, caudal y velocidad) y *ex situ* en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad del Tolima (LASEREX) que incluyó los parámetros de pH, turbiedad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), alcalinidad, cloruros, dureza, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, fósforo total, fosfatos, nitratos, coliformes totales y fecales, de acuerdo con las recomendaciones propuestas por APHA-AWWA-WEF (American Public Health Association *et al.*, 2005).

**Análisis de datos.** Para analizar la estructura del orden Diptera se determinó la riqueza y la abundancia relativa a partir de las densidades de cada uno de los géneros para los dos periodos muestreados. También se analizó la diversidad de estos organismos tanto a nivel temporal como espacial y de sustratos mediante el cálculo del índice de riqueza de Margalef (D), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), empleando el programa Past versión 1.98 (Hammer *et al.*, 2001). Con el fin de verificar la normalidad de los datos en las abundancias y los parámetros fisicoquímicos tanto a nivel temporal como espacial ( $p > 0,05$ ), se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk.

Una vez analizada la estructura de dípteros en la cuenca del río Alvarado, se procedió a determinar diferencias significativas a nivel espacial y temporal en los valores medidos para los parámetros fisicoquímicos mediante el test de Kruskal-Wallis, usando el paquete estadístico STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2007). Por otro lado, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica mediante el programa Canoco versión 4.5 (Ter Braak y Smilauer, 2004), con el propósito de explorar las asociaciones entre las variables fisicoquímicas, la fauna de larvas de dípteros acuáticos y los puntos muestreados en el río Alvarado. Así mismo, se determinaron las variables con mayor influencia en la dinámica fisicoquímica de la cuenca, mediante un Análisis de Componentes Principales utilizando el programa STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2007).

## Resultados

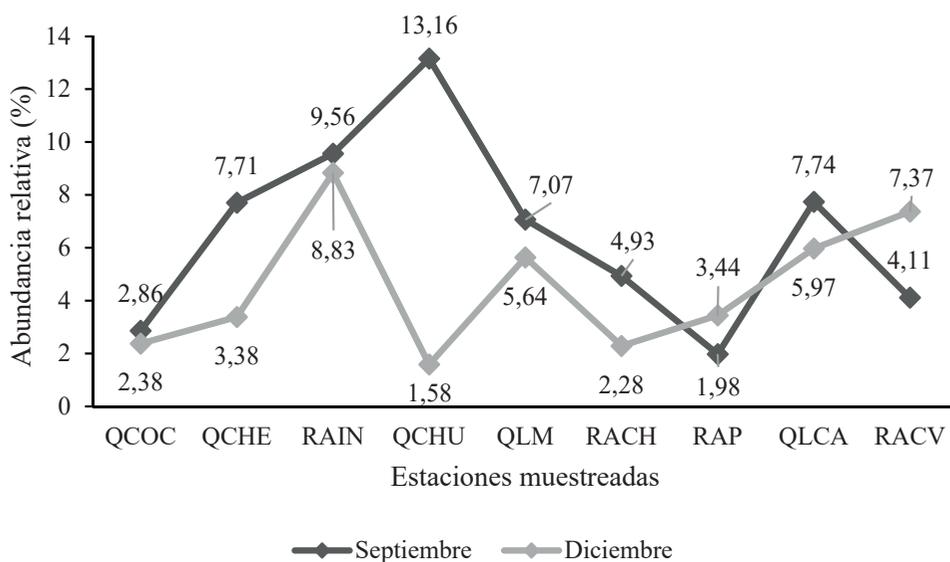
Entre septiembre y diciembre de 2012 en las 9 estaciones del río Alvarado se encontraron 3283 larvas de dípteros pertenecientes a 8 familias, 13 subfamilias y 41 géneros. Se destacan 15 nuevos registros de la familia Chironomidae (*Cladotanytarsus*, *Cryptochironomus*, *Endotribelos*, *Microchironomus*, *Paratanytarsus*, *Pelomus*, *Riethia*, *Saetheria*, *Cricotopus*, *Nanocladius*, *Onconeura*, *Paracladius*, *Gr. Thienemannimyia*, *Labrundinia* y *Larsia*), 4 de la familia Ceratopogonidae (*Forcipomyia*, *Culicoides*, *Bezzia* y *Dasyhelea*) y un género de Empididae (*Clinocera*) (Anexo 2).

A nivel general, la familia Chironomidae presentó el mayor porcentaje de individuos en relación al total de larvas colectadas y fue seguida por Ceratopogonidae. A su vez, se destaca la elevada presencia de los géneros *Chironomus*, *Dicrotendipes*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Cricotopus* (Chironomidae), *Culicoides* (Ceratopogonidae), y *Simulium* (Simuliidae). En este estudio, las familias menos abundantes fueron Culicidae, Empididae, Psychodidae y Stratiomyidae (Anexo 2).

**Distribución temporal.** En septiembre se evidenció el mayor registro de riqueza, densidad

y abundancia de organismos recolectados en comparación con lo muestreado en el mes de diciembre (Anexo 2). Sin embargo no hubo diferencias significativas ( $U = 710$ ,  $n = 41$ ,  $p = 0,23$ ) entre las densidades y abundancias a nivel temporal. Para el primer periodo las 1941 (59,12%) larvas de dípteros analizadas se distribuyeron en 8 familias, 13 subfamilias y 39 géneros, mientras que en diciembre se registraron 1342 (40,87 %) distribuidas en 6 familias, 11 subfamilias y 32 géneros. En ambos periodos, se destaca la presencia de las subfamilias Chironominae, Orthoclaadiinae y Tanypodinae, con una abundancia relativa del 43 %, 27 % y 5 %, respectivamente (Anexo 2). Con respecto a la distribución temporal de las larvas por cada punto muestreado, se evidenció una disminución en el número de organismos en todas las estaciones; sin embargo, en RAP y RACV el número de individuos aumentó de septiembre a diciembre (Figura 3). En estas estaciones, se registró una gran abundancia relativa de larvas de la familia Chironomidae, en la cual se destacan los géneros *Cladotanytarsus*, *Cricotopus*, *Dicrotendipes*, *Larsia*, *Onconeura*, *Polypedilum*, *Paratanytarsus* y *Saetheria*.

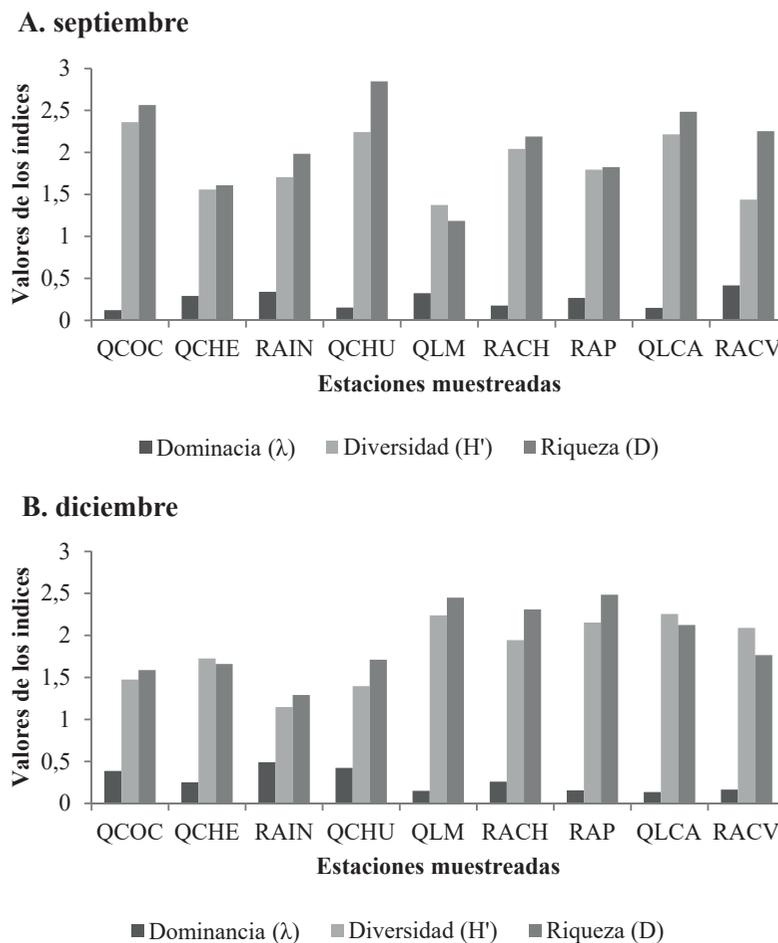
**Distribución espacial.** En los dos periodos muestreados, la estación RAIN reflejó la mayor abundancia de organismos recolectados (10 % y 9 %); mientras que la estación QCOC presentó la menor abundancia (3 % y 2 %) (Figura 3). No obstante, de septiembre a diciembre en estaciones como QCHU se evidenció una disminución abrupta en el número de larvas recolectadas (13 % y 2 %) (Figura 3), esto puede deberse al aumento de las corrientes como resultado de las intensas lluvias que se presentaron durante los días de muestreo. Con relación a la distribución altitudinal, en los dos periodos se hallaron dípteros en todos los puntos muestreados, desde los 351 m s.n.m hasta los 1057 m s.n.m. Sin embargo, algunos géneros por su baja abundancia presentaron restricciones altitudinales. Dentro de estos se destacan, *Chironomus* (973-977 m s.n.m.), *Fittkavimyia* (521 m s.n.m.), *Microchironomus* (521 m s.n.m.), *Paracladius* (973 m s.n.m.), *Pelomus* (973 m s.n.m.), *Xestochironomus* (758 m s.n.m.), *Atrichopogon* (977-977 m s.n.m.), *Forcipomyia* (351 m s.n.m.), *Anopheles* (374 m s.n.m.), *Chelifera* (1057 m s.n.m.), *Clinocera* (1057 m s.n.m.) y *Odontomyia* (351 m s.n.m.) (Anexo 2).



**Figura 3.** Abundancia relativa de larvas de dípteros acuáticos a nivel espacial en la cuenca del río durante septiembre y diciembre de 2012.

En lo que respecta a la familia Chironomidae, géneros como *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Cladotanytarsus*, *Dicrotendipes*, *Saetheria*, *Cricotopus*, *Onconeura*, *Cardiocladius*, *Thienemanniella*, *Lopescladius*, *Corynoneura*, *Larsia*, *Pentaneura*, *Labrundinia* y *Paratanytarsus* mostraron una amplia distribución altitudinal y en su mayoría se relacionaron con todos los sustratos muestreados (Anexo 2); situación similar se presentó en géneros como *Simulium*, *Hexatoma* y *Culicoides* (Anexo 2). Caso contrario, larvas de *Limonia*, *Pericoma* y *Dasyhelea* estuvieron asociadas a sustratos como hojarasca y roca, y presentaron un rango de distribución altitudinal amplio, estos estuvieron asociados con sustratos como hojarasca y roca (Anexo 2).

**Índices ecológicos.** Los valores de los índices muestran una gran diversidad y riqueza de géneros para los períodos muestreados. En septiembre, estaciones como QCHU y QCOC evidenciaron valores elevados de riqueza y diversidad, mientras que QLM presentó valores bajos (Figura 4A). Para el periodo de diciembre QLM, RACH y RAP presentaron los índices de riqueza y diversidad más elevados, contrario a la estación RAIN que evidenció valores bajos (Figura 4B). Con respecto al índice de dominancia, para el periodo de septiembre estaciones como RACV, RAIN, QLM, y QCHE mostraron valores elevados, mientras que para diciembre los puntos QCOC, RAIN y QCHU reflejaron índices de dominancia elevados (Figura 4A-B).



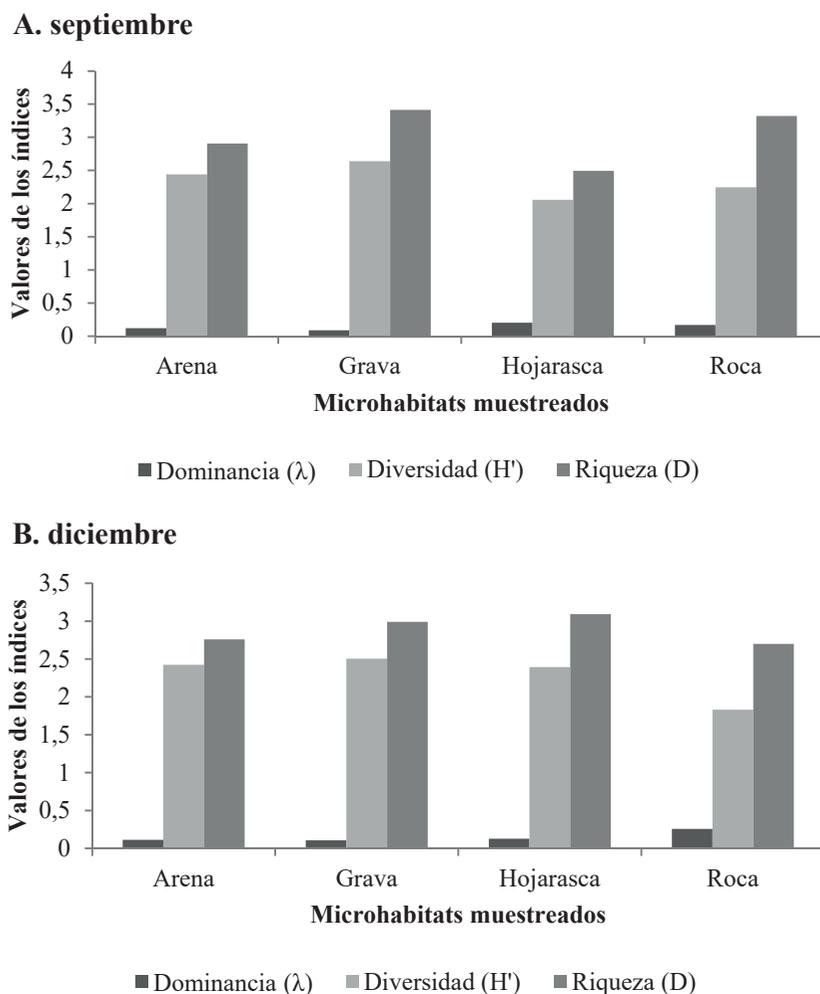
**Figura 4.** Variación espacial del índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de dípteros de la cuenca del río Alvarado septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.

En cuanto a los sustratos muestreados, durante septiembre y diciembre se evidenciaron valores elevados de riqueza y diversidad, y bajos de dominancia para todos los microhábitats, aunque hojarasca y roca presentaron una dominancia moderadamente elevada en los dos periodos muestreados (Figura 5A-B).

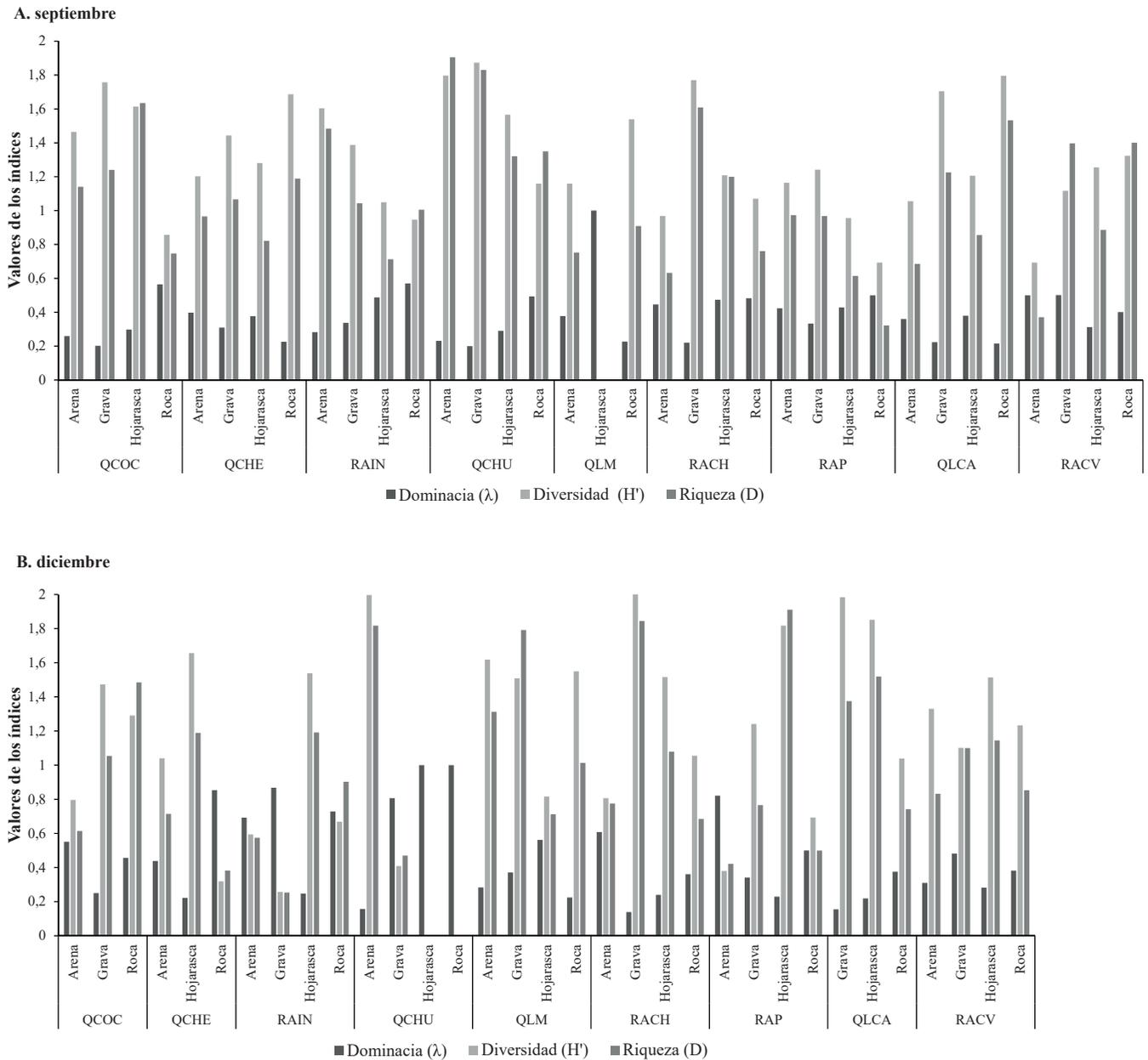
Finalmente, a pesar de que se encontró una gran diversidad y riqueza de larvas de dípteros tanto para septiembre como diciembre, estaciones como QLM mostraron valores elevados de dominancia en el sustrato de hojarasca, y para diciembre, QCHU presentó índices de dominancia más

elevados en los sustratos de hojarasca y roca (Figura 6A-B).

**Variables fisicoquímicas y bacteriológicas.** Las variables fisicoquímicas analizadas no evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) a lo largo de las nueve estaciones de muestreo, a excepción de la temperatura del agua, conductividad eléctrica y alcalinidad (Tabla 2). Por otra parte, a nivel temporal se reflejaron cambios significativos en los parámetros analizados, lo cual puede ser atribuido a factores externos como las condiciones climáticas y antropogénicas de la región durante los dos periodos de estudio (Tabla 2).



**Figura 5.** Variación en el índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de dípteros, en los diferentes sustratos muestreados de la cuenca del río Alvarado en septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.



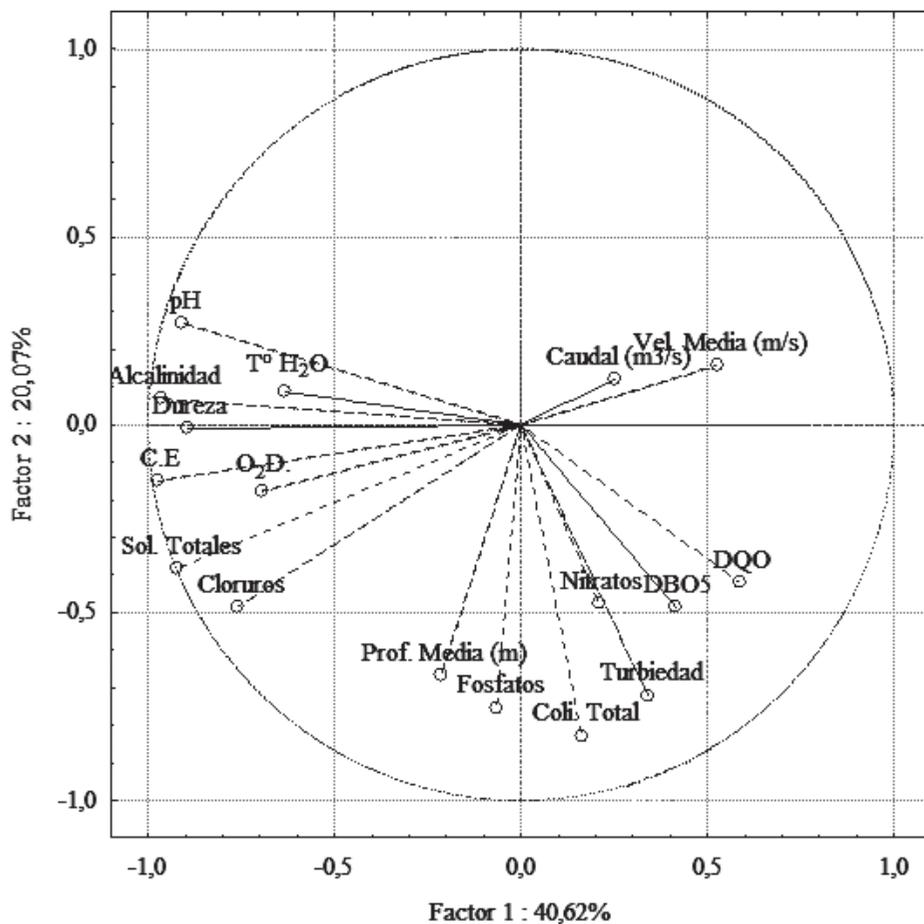
**Figura 6.** Variación espacial del índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de Dípteros, en los diferentes sustratos muestreados en las nueve estaciones de la cuenca del río Alvarado en el mes de septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.

**Tabla 2.** ANOVA de Kruskal-Wallis para los 19 parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en las nueve estaciones de la cuenca del río Alvarado en septiembre y diciembre de 2012.

Unidad de medida	Variables fisicoquímicas y bacteriológicas	Estaciones		Muestreo	
		H(8,N=18)	P	H(1,N=18)	P
C°	Temperatura del agua	15,9649	<b>0,0429</b>	0,2359	0,6272
C°	Temperatura ambiente	12,4271	0,1331	1,5409	0,2145
µS/cm	Conductividad eléctrica	16,3859	<b>0,0372</b>	0,0955	0,7573
Unidades	pH	5,5934	0,6927	9,5615	<b>0,002</b>
UNT	Turbiedad	4,2810	0,8309	10,2319	<b>0,0014</b>
mg O <sub>2</sub> /l	Oxígeno disuelto	7,0877	0,5272	5,0701	<b>0,0243</b>
% O <sub>2</sub>	Porcentaje saturación	2,1689	0,9754	12,8026	<b>0,0003</b>
mg/l	Sólidos totales	14,2456	0,0756	1,0311	0,3099
mg/l	Sólidos suspendidos	2,8362	0,9442	12,8424	<b>0,0003</b>
mg O <sub>2</sub> /l	DQO	5,2966	0,7255	1,5881	0,2076
mg O <sub>2</sub> /l	DBO <sub>5</sub>	7,5779	0,4757	7,7448	<b>0,0054</b>
mg NO <sub>3</sub> /l	Nitratos	12,8159	0,1183	1,5314	0,2159
mg P/l	Fosfatos	3,1384	0,9254	11,9892	<b>0,0005</b>
mg P/l	Fosforo total	3,0507	0,9311	11,2419	<b>0,0008</b>
mg Cl/l	Cloruros	14,0219	0,0812	0,0315	0,8591
mgCaCO <sub>3</sub> /l	Alcalinidad	16,8421	<b>0,0318</b>	0,0175	0,8946
mgCaCO <sub>3</sub> /l	Dureza	14,4221	0,0714	0,2358	0,6272
Colif/100ml	Coliformes fecales	8,5355	0,383	4,5475	<b>0,033</b>
Colif/100ml	Coliformes totales	7,0862	0,5274	5,0754	<b>0,0243</b>

Con respecto al Análisis de Componentes Principales (ACP), los dos primeros factores explican el 60,69 % de la varianza acumulada (Figura 7). El primero de ellos mostró que las variables de mayor contribución y correlación fueron conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza, variables que denotan procesos de mineralización en las aguas (Ramírez y Viña, 1998a). Para el segundo componente, las variables de mayor contribución y correlación fueron turbiedad, fosfatos y coliformes totales. De acuerdo con lo registrado por Ramírez y Viña

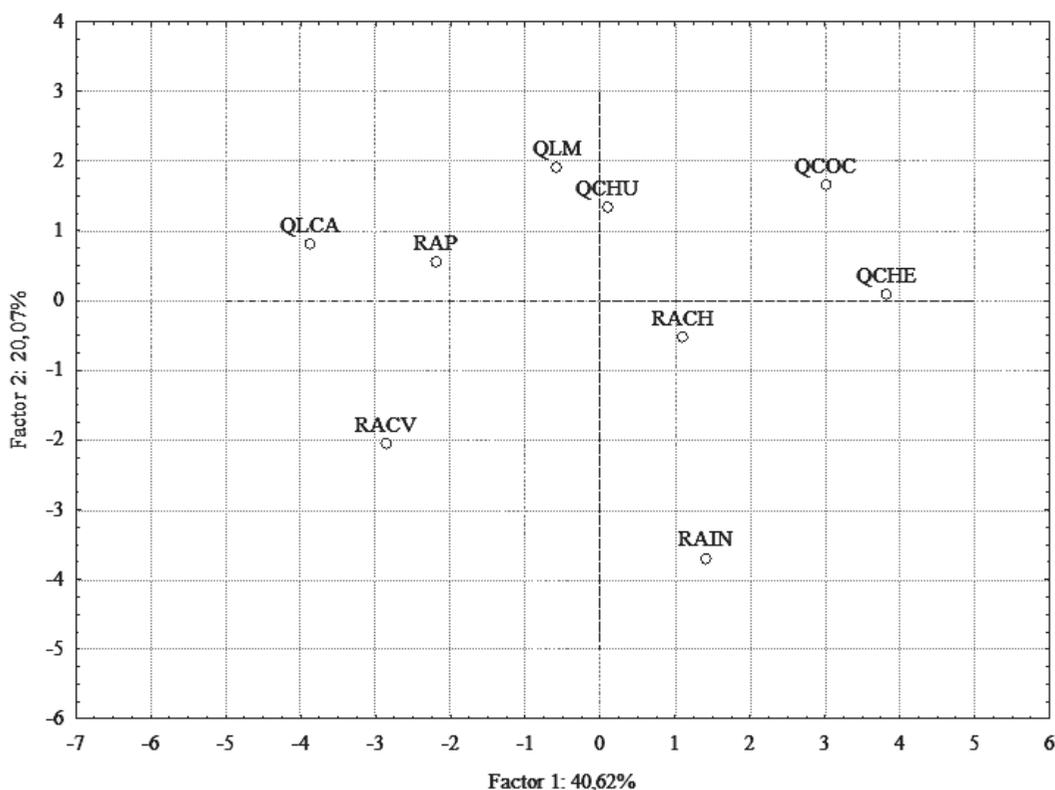
(1998a), las variables de mayor contribución en el segundo componente denotan procesos asociados a oxidación-reducción de materia orgánica y procesos de contaminación o intervención antrópica (Figura 7). Comparando esto con la proyección obtenida de las estaciones, puntos como QLCA, RAP y RACV se disgregan en igual dirección a las variables de mayor contribución en el primer componente, mientras que la estación RAIN cercana a asentamientos urbanos, se disocia hacia las variables de mayor correlación del segundo componente (Figura 8).



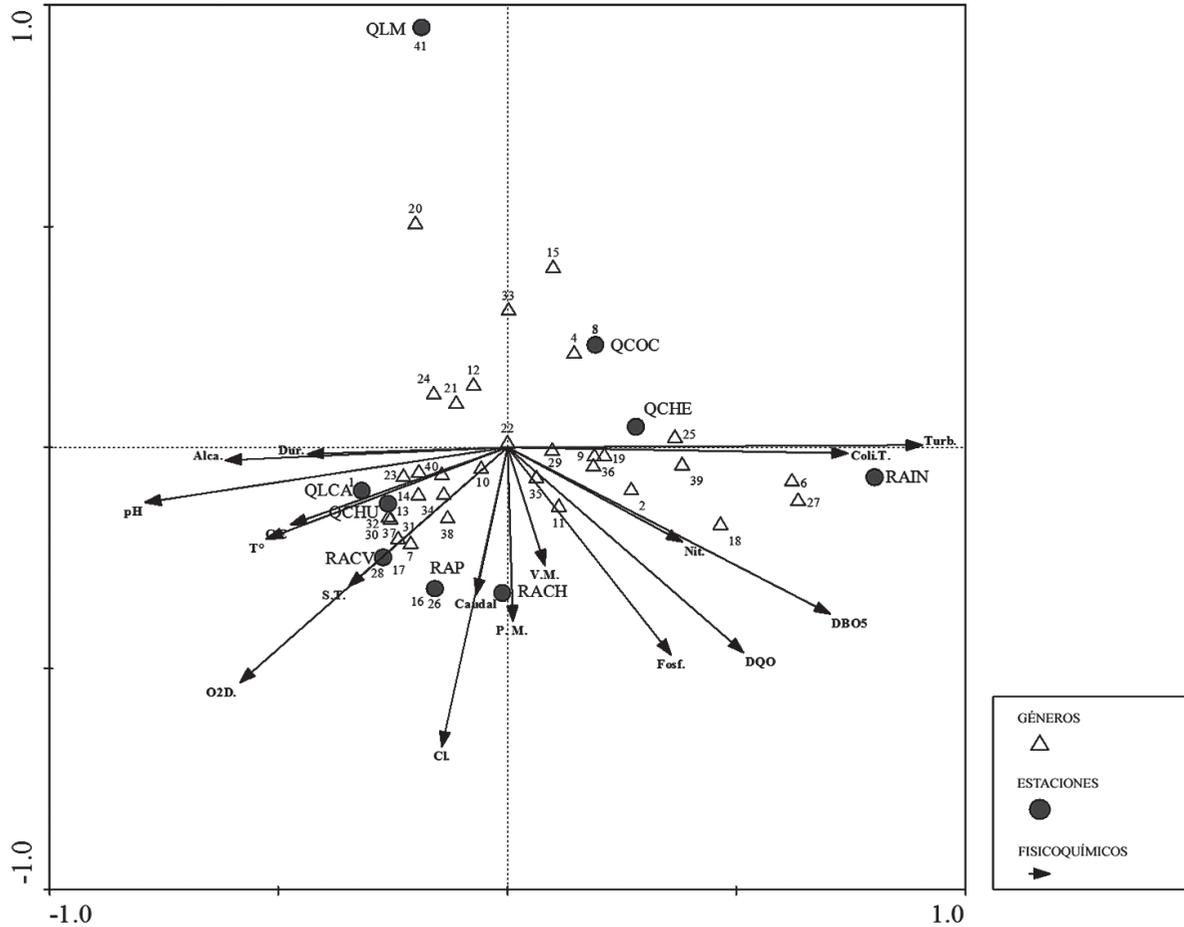
**Figura 7.** Proyección de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas analizadas en la cuenca del río Alvarado de acuerdo con los componentes obtenidos a partir del análisis de componentes principales en septiembre y diciembre de 2012.

Se evidencia en el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) una fuerte correlación entre las variables coliformes totales y turbiedad con la estación RAIN. La presencia de géneros como *Chironomus* y *Nanocladius* estuvo asociada a estos parámetros. A su vez, este tipo de correlación también se muestra en variables como alcalinidad – dureza, conductividad eléctrica – temperatura del agua y oxígeno disuelto – sólidos totales. A estas, se

asocian las estaciones QLCA, QCHU y RACV, junto a los géneros *Anopheles*, *Bezzia*, *Cladotanytarsus*, *Dasyhelea*, *Dicrotendipes*, *Forcipomyia*, *Limonia*, *Odontomyia*, *Paracladius*, *Paratanytarsus*, *Pelumos*, *Pericoma*, *Riethia* y *Thienemanniella*. Sin embargo, géneros como *Xestochironomus*, *Cardiocladius*, *Chelifera* y *Clinocera* no se asociaron a las variables fisicoquímicas evaluadas, en las estaciones QCOC y QLM (Figura 9).



**Figura 8.** Proyección de las estaciones evaluadas en la cuenca del río Alvarado de acuerdo con el análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas analizadas en septiembre y diciembre de 2012.



**Figura 9.** Diagrama de ordenación canónica entre variables fisicoquímicas y la fauna de dípteros acuáticos en las diferentes estaciones muestreadas de la cuenca del río Alvarado en septiembre y diciembre de 2012. Géneros: 1. *Anopheles*; 2. *Atrichopogon*; 3. *Bezzia*; 4. *Cardiocladius*; 5. *Chelifera*; 6. *Chironomus*; 7. *Cladotanytarsus*; 8. *Clinocera*; 9. *Corynoneura*; 10. *Cricotopus*; 11. *Cryptochironomus*; 12. *Culicoides*; 13. *Dasyhelea*; 14. *Dicotendipes*; 15. *Endotribeles*; 16. *Fittkaoviomyia*; 17. *Forcipomyia*; 18. *Gr. Thienemannimyia*; 19. *Hemerodromia*; 20. *Hexatoma*; 21. *Labrundinia*; 22. *Larsia*; 23. *Limonia*; 24. *Lopescladius*; 25. *Maruina*; 26. *Microchironomus*; 27. *Nanocladius*; 28. *Odontomyia*; 29. *Onconeura*; 30. *Paracladius*; 31. *Paratanytarsus*; 32. *Pelomus*; 33. *Pentaneura*; 34. *Pericoma*; 35. *Polypedilum*; 36. *Rheotanytarsus*; 37. *Riethia*; 38. *Saetheria*; 39. *Simulium*; 40. *Thienemanniella*; 41. *Xestochironomus*. Variables fisicoquímicas: Dureza (Dur.), Alcalinidad (Alca.), pH, conductividad eléctrica (C.E.), Temperatura (T°), sólidos totales (S.T.), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>D), Cloruros (Cl.), Fosfatos (Fosf), Nitratos (Nit), DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales (Coli. T.) y turbiedad (Turb.).

## Discusión

La cuenca del río Alvarado por su moderada torrencialidad y cobertura vegetal, bajas velocidades de corrientes y amplias zonas de remansos con sustratos pedregosos y arenosos con material vegetal, constituye un escenario ideal para el establecimiento de una gran diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos (Ramírez y Viña, 1998b; Merritt y Wallace, 2009). Muchos de estos organismos son capaces de adaptarse a amplios rangos ambientales y obtener de estas condiciones el alimento necesario (Ramírez y Viña, 1998b; Roldán y Ramírez, 2008). Tal es el caso de los dípteros, que por su amplia distribución, riqueza, diversidad, variedad estructural y hábitos ecológicos, pueden abarcar un sin número de hábitats acuáticos (Merritt *et al.*, 2009).

Aunque los ecosistemas acuáticos tropicales se caracterizan por su amplia diversidad, factores como las precipitaciones y el aumento de las corrientes impiden la consolidación de ambientes acuáticos estables, haciendo que estos se mantengan en constantes procesos de sucesión con proliferación de especies capaces de adaptarse a las condiciones ambientales prevaletentes (Ramírez y Viña, 1998b). Es por esta razón que a nivel temporal las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentan variaciones en su riqueza, estructura, composición y abundancia (Kikuchi y Uieda, 2005; Rosa *et al.*, 2013b). Dicha situación no fue un aspecto atípico para el ensamblaje de dípteros en el río Alvarado, ya que la densidad y riqueza presentaron una leve disminución de un periodo a otro, aunque no hubo diferencias significativas. Es claro que estos mínimos cambios en el ensamblaje de dípteros evidencia la tolerancia y prevalencia de estos organismos a diferentes factores ambientales tales como variabilidad torrencial, heterogeneidad espacial y oferta de hábitats (Roldán, 1988; Kikuchi y Uieda, 2005; Aburaya y Callil, 2007; Rosa *et al.*, 2013b).

Los sistemas dulceacuícolas tropicales, al enfrentar temporadas de sequía y lluvia, facilitan o no la disposición de nutrientes y material orgáni-

co particulado grueso o fino, siendo este último más frecuente en temporada de altas precipitaciones (Merritt y Wallace, 2009; Thorp, 2015). Es así como durante septiembre la presencia de dípteros fragmentadores, recogedores (recolectores) y depredadores como Chironomidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae y Tipulidae presentaron mayor abundancia, ya que son organismos cuya preferencia alimenticia es la materia orgánica particulada gruesa, el detritus y otros organismos (Merritt y Wallace, 2009; Hanson *et al.*, 2010). Caso contrario se presentó en diciembre, en el cual el incremento en las precipitaciones facilitó la presencia y abundancia de organismos filtradores (detritívoros) como Chironomidae y Simuliidae, cuya preferencia alimenticia se limita a materia orgánica particulada fina en descomposición (Merritt y Wallace, 2009; Hanson *et al.*, 2010).

Aunque los periodos de lluvia y sequía proveen variabilidad, también lo hacen la velocidad de las corrientes, la disponibilidad de nutrientes y la complejidad estructural de hábitats en sistemas lóticos, lo cual posibilita que los dípteros por su gran adaptabilidad a amplios rangos ambientales y eurifagia, colonicen multitud de ambientes acuáticos en distintas condiciones ambientales (Kikuchi y Uieda, 2005; Thorp y Rogers, 2011; Courtney y Cranston, 2015; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016). Si bien dicha condición se evidenció dentro de la estructura de dípteros en la cuenca del río Alvarado, aspectos como la física de los cuerpos de agua y la presencia de planos inundables con zonas de remanso y baja velocidad facilitaron aún más el establecimiento de estos organismos a lo largo de los nueve puntos de muestreo para ambos periodos, condiciones que de acuerdo con Ramírez y Viña (1998b) y Roldán y Ramírez (2008) aumentan aún más la capacidad ambiental de los ecosistemas dulceacuícolas tropicales.

Sin embargo, estos patrones no fueron propios y particulares a todos los puntos de muestreo para ambos periodos, ya que bajas abundancias de

dípteros se presentaron en las estaciones QCOC y RAP, situación atribuible a la presencia de caudales muy reducidos con grandes extensiones de orillas, escasa vegetación ribereña, disminución de la acumulación de material vegetal sobre el cauce y predominancia de sustrato arenoso y rocoso (guijarro). Dichas condiciones de acuerdo con lo registrado por Kikuchi y Uieda (2005), DeWalt *et al.* (2010), Rosa *et al.* (2013b) y Cañedo-Argüelles *et al.* (2016) propician la aparición de organismos especialistas propios a dichas condiciones ecológicas.

Evidencia de lo anterior es la especificidad espacial que se manifestó a lo largo de la cuenca por parte de algunos organismos del orden Diptera. Larvas de los géneros *Chelifera*, *Clinocera*, *Fittkauimyia*, *Saetheria* y *Microchironomus* se encontraron establecidas en las estaciones QCOC y RAP, en remansos o aguas estancadas de poco caudal, cubiertos por vegetación circundante, asociados a sustratos de grava y roca. La ecología de estos organismos se vincula principalmente a sedimentos arenosos de ríos, arroyos y estanques boscosos (Epler, 2001; Carreira, 2002; Kong, 2010; Trivinho, 2011), situación por la cual su distribución altitudinal se vio limitada.

Ninguno de los puntos muestreados presentó alguna ausencia de dípteros, a razón de que en su mayoría fue dada por la alta presencia y dominancia de quironómidos (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005). Esta situación concuerda con lo registrado para el Tolima, ya que dentro de este orden dicha familia ha sido la de mayor distribución, abarcando una gran variedad de sustratos (hojas, troncos sumergidos, rocas, arena y lodo) entre los 244 m s.n.m. y los 4000 m s.n.m. en las cuencas de los ríos Lagunilla, Anamichú, Recio, Totare, Coello, Prado y Opia (Villa *et al.*, 2004; Reinoso *et al.*, 2007, 2008a, b; Reinoso *et al.*, 2009).

La amplia diversidad y riqueza de dípteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado a nivel espacial, temporal y de sustratos, es evidencia de la gran capacidad que tienen estos organismos de

colonizar múltiples hábitats, soportar condiciones ambientales de sequía y lluvia (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005) y al amplio gradiente altitudinal que ocupan estos organismos en el Neotrópico (Merritt *et al.*, 2009).

Esta estructura en gran medida está soportada por la ubicuidad de la familia Chironomidae, la cual presentó la mayor riqueza, abundancia y diversidad en todas las estaciones, sustratos y épocas de recolección en la cuenca del río Alvarado. Tal patrón es producto de la amplia capacidad de hábitos alimenticios que tienen las larvas acuáticas de esta familia (Merritt y Wallace, 2009), lo cual le permite obtener el recurso de cualquier medio y por ende ocupar un amplio rango de microhábitats (Kikuchi y Uieda, 2005; Courtney y Merritt, 2009; Paggi, 2009; DeWalt *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2013a; Rosa *et al.*, 2013b). Por otro lado, la baja riqueza y diversidad en las familias Culicidae y Stratiomyidae dentro de este estudio puede relacionarse con la afinidad de estos organismos a ecosistemas dulceacuícolas lénticos (DeWalt *et al.*, 2010).

Adicionalmente, la morfología y geología de la cuenca constituyen un factor importante en la riqueza y diversidad de larvas acuáticas, ya que su ambiente moderadamente torrencial, además de su ubicación y forma alargada con pocas pendientes, la hacen menos propensa y susceptible a grandes velocidades y crecidas súbitas y violentas (Cortolima, 2009). Es por esto que la cuenca presenta grandes extensiones de sus orillas con remansos donde las partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión fácilmente se depositan en el fondo, caracterizado en su mayoría por limo, arena, grava, hojarasca y restos de madera, que son ambientes propicios para la colonización de un variado número de organismos (Merritt y Wallace, 2009). Por esta razón se evidencia una baja dominancia tanto en las estaciones como en los sustratos evaluados.

Si bien las condiciones morfológicas, geológicas e hidrológicas de la cuenca juegan un rol importante en el establecimiento de diversas comunidades

bentónicas, las diferentes zonas de vida y sus características como la disponibilidad del sustrato también lo son (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005; Merritt y Wallace, 2009), ya que pueden facilitar la aparición de grupos especializados y adaptados a ciertas condiciones ambientales (Roldán, 1999), las cuales pueden dar como resultado elevadas dominancias. Prueba de lo anterior es lo registrado en la estación QLM para el periodo de septiembre y en las estaciones QCHU, RAIN, QCHE y RAP para diciembre. En el caso de la estación QLM, la elevada dominancia en el sustrato hojarasca se debe a la densidad de larvas de *Polypedilum*, mientras que en la estación QCHU, los sustratos roca, grava y hojarasca fueron hábitat predilecto para las larvas de *Cricotopus*. Por su parte, los lechos arenosos, de grava y roca de las estaciones RAIN y RAP fueron propicios para los géneros *Polypedilum*, *Maruina*, *Simulium*, *Cricotopus*, *Onconeura*, *Chironomus*, *Rheotanytarsus* y *Dicrotendipes*. Los sustratos rocosos de la estación QCHE fueron idóneos para los géneros *Simulium* y *Cardiocladius*. Esta situación reafirma la fuerte predominancia de larvas de la familia Chironomidae en diferentes hábitats dentro de la fauna béntica de ríos y a su vez evidencia la gran estabilidad y consistencia que ofrece los ambientes rocosos a esta fauna béntica (Roldán, 1988; Kikuchi y Uieda, 2005; Bernal *et al.*, 2006; Rosa *et al.*, 2013b).

Por su parte, los cambios fisicoquímicos presentados durante los periodos de muestreo son evidencia de la influencia de factores como la naturaleza geológica de la cuenca y el régimen de precipitaciones (Ribeiro y Uieda, 2005; Roldán y Ramírez, 2008). Dicha variabilidad constituyó un factor importante en la estructuración ecológica de los biotopos acuáticos, determinando así la ocurrencia y distribución de los dípteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado para ambos periodos (Ramírez y Viña, 1998b; Ribeiro y Uieda, 2005). Lo anterior se sustenta en dos aspectos: el primero se relaciona a los mínimos cambios que hubo con relación a la densidad y riqueza de dípteros entre los periodos de bajas y altas precipitaciones (septiembre y diciembre);

y el segundo con las correlaciones existentes en el ACP y ACC, las cuales indicaron que las variables conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza tuvieron una influencia importante en la distribución de larvas acuáticas del orden Diptera, específicamente en las estaciones RAP, QLCA, QCHU y RACV, mientras que variables como turbiedad, fosfatos y coliformes totales influyeron en estos organismos en la estación RAIN.

Por consiguiente, las estaciones influenciadas por las variables que denotan mineralización registraron una biota diversa de dípteros dentro de los cuales se destacan los géneros *Anopheles*, *Bezzia*, *Cladotanytarsus*, *Dasyhelea*, *Dicrotendipes*, *Forcipomyia*, *Limonia*, *Odontomyia*, *Fittkauimyia*, *Microchironomus*, *Paracladius*, *Paratanytarsus*, *Pelomus* y *Riethia*. Dichas estaciones presentaron niveles elevados de conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad, dureza y oxígeno disuelto en ambos periodos de muestreo. Esto sugiere que las amplias zonas de remanso y las velocidades de corrientes moderadas presentes en estos puntos, constituyen una fuente rica de alimento y por ende un hábitat propicio para la proliferación de una biota diversa, ya que estos aspectos facilitan la sedimentación y el arrastre de material orgánico autóctono y alóctono a lo largo de los cuerpos de agua (Kamp-Nielsen, 2008; Wang y D'Odorico, 2008; Ratnayaka *et al.*, 2009). La mayoría de los organismos presentes en estas estaciones se caracterizan por vivir en ecosistemas dulceacuícolas con grandes cantidades de material vegetal, detrito orgánico y aguas poco ácidas (Roldán, 1988; Trivinho, 2011).

Por otro lado, la presencia de larvas de los géneros *Chironomus* y *Nanocladius* en la estación RAIN en donde se evidenciaron elevados valores de coliformes totales y turbiedad, deja entrever la adecuada fisiología que poseen las larvas de la familia Chironomidae para vivir en medios pobres en oxígeno (Epler, 2001; Trivinho, 2011). Adicionalmente, estos parámetros que denotan procesos de óxido-reducción de materia orgánica, influyen de manera importante en

el establecimiento de una biota poco diversa, convirtiéndose en una limitante para el desarrollo de diferentes especies (Roldán y Ramírez, 2008; Ratnayaka *et al.*, 2009).

Finalmente, es importante resaltar que géneros como *Cardiocladius*, *Clinocera*, *Endotribelos*, *Maruina*, *Pentaneura* y *Xestochironomus* no estuvieron condicionados a alguna variable evaluada en ambos periodos en las estaciones QLM, QCOC y QCHE. Estos puntos presentaban poca intervención antrópica, amplia cobertura vegetal del cauce, abundante material vegetal sumergido y aguas con poca velocidad. Las larvas de estos géneros por su ecología se encuentran presentes en lugares con presencia de detritus (algas), macrófitas y material vegetal sumergido (troncos y hojas) en aguas estancadas o en movimiento (Epler, 2001; Trivinho, 2011). Este aspecto evidencia la poca especificidad que pueden llegar a tener algunos géneros de dípteros acuáticos a la física y química de los cuerpos de agua lóticos.

## Conclusiones

El presente estudio amplía el conocimiento sobre la composición y distribución de larvas acuáticas del orden Diptera en ecosistemas dulceacuícolas lóticos neotropicales de la región Andina en Colombia, y constituye una línea base para futuros estudios sobre distribución, taxonomía y ecología de los géneros registrados. Debido a la gran diversidad de este orden, la determinación taxonómica de la familia Chironomidae se realizó hasta nivel de género, ampliando la información existente a nivel regional y nacional para futuros trabajos en la identificación de este grupo biológico.

Los análisis realizados con respecto a la determinación taxonómica y la caracterización en términos de biodiversidad muestran la amplia riqueza y abundancia de estos organismos en la cuenca del río Alvarado sobre todos los sustratos muestreados. Aunque la estructura del orden

Diptera dentro de este ecosistema lótico se mantuvo similar a lo largo de todos los puntos de muestreo, se hizo evidente que el régimen de las precipitaciones, la dinámica y las condiciones fisicoquímicas de la cuenca se convierten en factores limitantes en la distribución de las larvas acuáticas de estos insectos.

## Referencias

- Aburaya, F. H. y Callil, C. T. (2007). Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24, 565-572.
- American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Estados Unidos: American Public Health Association. 1200 pp.
- Bedoya, I. y Roldán, G. (1984). Estudio de los dípteros acuáticos (diptera) en diferentes pisos altitudinales en el departamento de Antioquia. *Revista de la Asociación de Ciencias Biológicas*, 2 (2), 113-134.
- Bernal, E., García, D., Novoa, M. y Pinzón, A. (2006). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otun (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 11 (2), 45-59.
- Borkent, A. y Spinelli, G. (2007). *Neotropical Ceratopogonidae* (Diptera: Insecta). Pp. 198. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publisher.
- Cañedo-Argüelles, M., Bogan, M. T., Lytle, D. A. y Prat, N. (2016). Are Chironomidae (Diptera) good indicators of water scarcity? Dryland streams as a case study. *Ecological Indicators*, 71, 155-162.
- Carranza, X. (2006). *Evaluación de la fauna de Dípteros (Insecta: Díptera) acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima*. (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia. Universidad del Tolima, facultad de Ciencias, departamento de Biología. 206 pp.

- Carreira, O. (2002). Contribución al conocimiento de los empíridos acuáticos (Diptera, Empididae: Hemerodromiinae y Clinocerinae) de Galicia. *Boletín Asociación Española de Entomología*, 27 (1-4), 127-136.
- Cortolima. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare*. Ibagué, Colombia: Cortolima. 1175 pp.
- Coscarón-Arias, C. L. (2003). Clave de Simuliidae (Insecta, Diptera) de Ecuador. *Folia Entomológica Mexicana*, 43 (2), 191-219.
- Coscarón, S. y Coscarón-Arias, C. L. (2007). Neotropical Simuliidae: Diptera, Insecta. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publisher. 685 pp.
- Courtney, G. W. y Cranston, P. S. (2015). Order Diptera. En Thorp, J. H. y Roger, D. C. (Eds.). *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. (Cuarta edición). Pp. 1043-1058. Boston: Academic Press.
- Courtney, G. W. y Merritt, R. W. (2009). Diptera (Non-Biting Flies). En Likens, G. E. (Ed.). *Encyclopedia of Inland Waters*. Pp. 288-298. Oxford: Academic Press.
- Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H. y Sinclair, B. J. (2009). Biodiversity of Diptera. En Footitt, R. G. y Adler, P. H. (Eds.). *Insect Biodiversity Science and Society*. Pp. 185-222. United Kingdom: Wiley-Blackwell Publisher.
- Damanik-Ambarita, M. N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Nguyen, T. H. T., Forio, M. A. E., Musonge, P. L. S., Suhareva, N., Bennetsen, E., Landuyt, D., Domínguez-Granda, L. y Goethals, P. L. M. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnológica - Ecology and Management of Inland Waters*, 57, 27-59.
- DeWalt, R. E., Resh, V. H. y Hilsenhoff, W. L. (2010). Diversity and classification of insects and Collembola. En Thorp, J. H. y Covich, A. P. (Eds.). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Tercera edición. Pp. 587-657. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Domínguez, E. y Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 656 pp.
- Epler, J. (2001). *Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the Southeastern United States, including Florida*. Crawfordville, Florida: St. Johns River Water Management District. 534 pp.
- Hamada, N. y Grillet, M. E. (2001). Black flies (Diptera: Simuliidae) of the Gran Sabana (Venezuela) and Pacaraima Region (Brazil): Distributional data and identification keys for larvae and pupae. *Entomotropica*, 16 (1), 29-49.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. Recuperado el 9 de marzo de 2013 de [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hanson, P., Springer, M. y Ramírez A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Helson, J. E. y Williams, D. D. (2013). Development of a macroinvertebrate multimetric index for the assessment of low-land streams in the neotropics. *Ecological Indicators*, 29, 167-178.
- Jacobsen, D., Cressa, C., Mathooko, J. M. y Dudgeon, D. (2008). Macroinvertebrates: composition, life histories and production. En Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Pp. 65-105. Londres, Inglaterra: Academic Press.
- Kamp-Nielsen, L. (2008). Sediments: Setting, transport, mineralization, and modeling. En Jorgensen, S. E. y Fath, B. (Eds.). *Encyclopedia of Ecology*. Pp. 3181-3188. Oxford, Inglaterra: Academic Press.
- Kikuchi, R. M. y Uieda, V. S. (2005). Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho

- no Município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomología y Vectores*, 12, 193-231.
- Kong, P. (2010). *ChiroKey*. Recuperado el 6 de mayo de 2012 de: <http://chirokey.skullisland.info/>.
- Lizarralde de Grosso, M. (2009). Diptera: generalidades. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Pp. 341-364. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Merritt, R. W., Courtney, G. W. y Keiper, J. B. (2009). Diptera: (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats). En Vincent, H. R. y Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects*. Segunda edición. Pp. 284-297. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Merritt, R. W. y Wallace, J. B. (2009). Aquatic Habitats. En Vincent, H. R. y Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects* (38-48). Segunda edición. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Oviedo, N. (2011). Estudio de los dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Opia, departamento del Tolima (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 284-297 pp.
- Paggi, A. C. (2009). Diptera Chironomidae. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Pp. 383-410. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Pérez, S. P. (2007). Muscidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: importancia y distribución. En *Memorias de Socolen XXXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. 250 pp.
- Pinilla, A. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: Compilación bibliográfica*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. 67 pp.
- Pizano, C. y García, H. (2014). *Bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 354 pp.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998a). Sistemas lóticos: caracterización fisicoquímica II. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogota, Colombia: BP Exploration Company (Colombia) Limited por la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 73-74.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998b). Sistemas lóticos: ecología. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogota, Colombia: BP Exploration Company (Colombia) Limited por la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 79-81.
- Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. y Johnson, M. (2009). Chemistry, microbiology and biology of water. En Twort, A. C., Ratnayaka, D. D. y Brandt, M. J. (Eds.). *Water Supply*. Pp. 195-266. Burlington, Estados Unidos: Elsevier Science.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J. y Vejarano, M. (2009). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Gutiérrez C., Vásquez, J., López, E., Carranza, X., Parra, Y. y Bohórquez, H. (Eds.). Biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río Recio-Biodiversidad regional fase V. (17-103). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2007). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Guevara, G., Carranza, X., Gutiérrez, C., López, E., Vasquez, J., Ramírez, F., Parra, Y., Zárate, H. y Bonilla, A. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del Río Totare-Biodiversidad regional fase III*. Pp. 69-209. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2008a). Macroinvertebrados Acuáticos. En Reinoso, G., Gutiérrez, C., López, E., Carranza, X. y Vásquez, J. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del río Saldaña (Subcuenca Anamichú)- Biodiversidad regional fase IV*. Pp. 59-183. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.

- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2008b). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Carranza, X., Gutiérrez, C., López, E. y Vásquez, J. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del río Lagunilla-Biodiversidad regional fase IV*. Pp. 62-237. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Ribeiro, L. O. y Uieda, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22, 613-618.
- Roldán, G. (1988). Orden Diptera. En Roldán, G. (Ed.). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis".
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales*, 23 (88), 375-387.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 440 pp.
- Rosa, B. F. J. V., Dias-Silva, M. V. D. y Alves, R. G. (2013a). Composition and structure of the Chironomidae (Insecta: Diptera) community associated with Bryophytes in a first-order stream in the Atlantic Forest, Brazil. *Neotropical Entomology*, 42 (1), 15-21.
- Rosa, B. F. J. V., Vasques, M. y Alves, R. G. (2013b). Chironomidae (Insecta, Diptera) associated with stones in a first-order Atlantic Forest stream. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86, 291-300.
- Ruiz Moreno, J., Ospina, Torres R. y Riss, W. (1999). Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá II subfamilia Chirominae. *Caldasia*, 22 (1), 15-33.
- Sánchez, L. (2004). *Distribución espacial y temporal de los dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Coello* (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 126 pp.
- Sarmiento, F. O. (2010). *Diccionario de Ecología*. Atenas, Grecia: Universidad de Georgia. 514 pp.
- Souza Amorim, D., Silva, V. C., y Balbi, M. I. (2002). Estado do conhecimento dos Diptera neotropicais. *Monografías Tercer Milenio*, 2, 29-36.
- StatSoft. (2007). *Statistica*. Recuperado el 12 de marzo de 2013 de: <http://www.statsoft.com/>.
- Ter Braak, C. y Milauer, P. S. (2004). CANOCO for Windows. Recuperado el 12 de mayo de 2013 de <http://www.canoco5.com/>.
- Thorp, J. H. (2015). Functional relationships of freshwater invertebrates. En Thorp, J. H. y Rogers, D. C. (Eds.). *Ecology and General Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates - Volume I*. Kansas, Estados Unidos: Elseiver. 65-79 pp.
- Thorp, J. H. y Rogers, D. C. (2011). Midges, Mosquitoes, Blackflies, and Other True Flies: Insect Order Diptera. En Thorp, J., H. y Rogers, D. C. (Eds.). *Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America*. Boston, Estados Unidos: Academic Press Publisher. 247-260 pp.
- Trivinho, S. (2011). *Larvas de Chironomidae: guía de identificación*. Sao Carlos, Brasil: Departamento de Hidrobiología, laboratorio de Entomología Acuática/UFSCar. 371 pp
- Villa, F., Reinoso, G., Bernal, M. y Losada, S. (2004). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Guevara, G., Torres, A. M., Arias, D. M., Barrios, M. A., Castellanos, L. X. y Sanchez, L. V. (Eds.). *Biodiversidad faunística de la cuenca del río Coello-Biodiversidad Regional Fase I*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima. 34-156 pp.

- Wang, L. y D'Odorico, P. (2008). Decomposition and Mineralization. En Jorgensen, S. E. y Fath, B. (Eds.). *Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science. 838-844 pp.
- Wantzen, K. y Rueda, G. (2009). Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 17-46 pp.

**Anexo 1.** Registro fotográfico de las estructuras de la capsula cefálica y del cuerpo de los nuevos reportes de quironómidos en la cuenca del río Alvarado entre los meses de septiembre y diciembre de 2012.

**Anexo 2.** Riqueza, abundancia y distribución temporal de las larvas de dípteros acuáticos recolectados en las 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de septiembre y diciembre de 2012.

Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/556/0>

Laura D. Rojas-Sandino  
Universidad del Tolima,  
Facultad de Ciencias  
Ibagué, Colombia  
[ldrojas@ut.edu.co](mailto:ldrojas@ut.edu.co)

Gladys Reinoso-Flórez  
Universidad del Tolima,  
Facultad de Ciencias  
Ibagué, Colombia  
[greinoso@ut.edu.co](mailto:greinoso@ut.edu.co)

Jesús M. Vásquez-Ramos  
Universidad de los Llanos,  
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Villavicencio, Colombia  
[jvasquez@unillanos.edu.co](mailto:jvasquez@unillanos.edu.co)

Distribución espacial y temporal de dípteros  
acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río  
Alvarado, Tolima, Colombia

**Citación del artículo:** Rojas-Sandino, L. D.,  
Reinoso-Flórez, G. y Vásquez-Ramos, J. M. (2018).  
Distribución espacial y temporal de dípteros  
acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río  
Alvarado, Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*,  
19(1), 70-91. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a05.

Recibido: 10 de junio de 2017  
Aprobado: 10 de mayo de 2018