

Artículo original

## Composición y estructura del ensamblaje de larvas del orden Trichoptera (Arthropoda: Insecta) en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Colombia

### Composition and structure of larval Trichoptera (Arthropoda: Insecta) assemblages of the Las Perlas stream, Ibagué, Colombia

Edison Jahir Duarte Ramos\*, Gladys Reinoso-Flórez

Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

#### Resumen

El orden Trichoptera es un grupo de insectos muy abundante y diverso en los ecosistemas acuáticos donde cumple roles importantes: es base de la cadena trófica, degrada la materia orgánica y es sensor de los cambios fisicoquímicos en el agua. Por ello, en este estudio se evaluó la composición y la estructura de los ensambles de las larvas de tricópteros asociados con los sustratos y las variables físicas, químicas y microbiológicas de la quebrada Las Perlas. Se monitorearon tres sitios de la quebrada durante seis periodos de muestreo (siguiendo el régimen hidrológico); la recolección de individuos se hizo con una red Surber en cuatro sustratos (arena, grava, hojarasca y roca). Se recolectaron 5.831 organismos distribuidos en 17 géneros y nueve familias; el género *Helicopsyche* fue el más abundante (2.200 individuos), seguido de *Smicridea* (1.808 individuos). El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (*non-metric multidimensional scaling*, NMDS) evidenció diferencias significativas entre el ensamblaje de larvas de las tres estaciones evaluadas. También se pudo establecer que los sustratos de roca y grava son los preferidos por la mayoría de tricópteros para fijar sus redes de filtración y capullos pupales. Por otro lado, la distribución de los organismos se vio modulada por el efecto del caudal, siendo los periodos de poca lluvia de noviembre (M3) y febrero (M4) los de mayor densidad de organismos. Por último, el análisis de correspondencia canónica (ACC) con las variables físicas, químicas y bacteriológicas no evidenció efectos condicionantes en la distribución de los organismos. Estos resultados amplían el conocimiento de la fauna de tricópteros de la región y son indicativos del buen estado de conservación de la parte alta de la quebrada Las Perlas.

**Palabras clave:** Ecosistemas dulceacuícolas; Insectos acuáticos; Ríos.

#### Abstract

The Trichoptera order is a very abundant and diverse group of insects in aquatic ecosystems where it functions as the base of the trophic chain, degrades organic matter, and is a sensor of physicochemical alterations. In this study, we aimed at determining the composition and structure of the Trichoptera on the substrates, as well as the physical, chemical, and microbiological variables of the Las Perlas stream. Three stations of the stream were monitored during six sampling periods; the collection was carried out with Surber samplers on four substrates (sand, gravel, leaf litter, and rock). We collected 5,831 organisms distributed in 17 genera and nine families, where the genus *Helicopsyche* (Helicopsychidae) was the most abundant (2,200 ind.) followed by *Smicridea* (1808 ind.). The NMDS ranking analysis supported on ANOSIM showed that there were significant differences between the assemblies of the three stations evaluated. Rock and gravel substrates are preferred by most Trichoptera to establish their filtration nets and pupal cases. Temporally distribution of the organisms is modulated by the effect of the flow with the periods of low rainfall M3 and M4 as those of a higher density of organisms. Finally, the analysis of canonical

**Citación:** Duarte Ramos EJ, Reinoso-Flórez G. Composición y estructura del ensamblaje de larvas del orden Trichoptera (Arthropoda: Insecta) en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 44(171):471-481, abril-junio de 2020. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.964>

**Editor:** Gabriel Roldán

**\*Correspondencia:**

Edison Jahir Duarte Ramos;  
edduarte@ut.edu.co

**Recibido:** 8 de agosto de 2019

**Aceptado:** 29 de mayo de 2020

**Publicado:** 30 de junio de 2020



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

correspondence showed that no variable had conditioning effects on the distribution of organisms. These results broaden the knowledge of the Trichoptera of the region and provide information on the environmental status of the Las Perlas stream, an important source and supplier for the population of Ibagué.

**Keywords:** Freshwater ecosystems; aquatic insects; rivers.

## Introducción

La quebrada Las Perlas, ubicada en la cuenca del río Combeima, es relevante debido a que es uno de los abastecedores de agua del municipio de Ibagué. En sus márgenes se ubican asentamientos que dependen directamente de esta quebrada para diversas actividades (riego de cultivos, turismo, acueducto, etc.) (Cortolima, 2009). Sin embargo, su uso desmedido ha venido afectando la biota que allí habita, en especial los macroinvertebrados acuáticos, probablemente la fauna más subestimada y poco percibida por la comunidad en general (Hanson, *et al.*, 2010).

Entre los macroinvertebrados, los tricópteros son relevantes para el ecosistema acuático porque son un recurso alimenticio en todos sus estadios de desarrollo para anfibios, peces y otros insectos (Springer, 2010). Además, este grupo tienen exigencias muy específicas de hábitat y rangos de tolerancia estrictos frente a las modificaciones fisicoquímicas de los hábitats (Posada & Roldan-Pérez, 2003).

Otro factor importante deriva de la alta diversificación de este grupo, que está ampliamente distribuido en los ecosistemas dulceacuícolas donde su presencia suele estar asociada con sustratos específicos y condiciones ecológicas particulares (Springer, 2010). Por esta razón, en este estudio se propuso como objetivo conocer la composición taxonómica y la diversidad de las larvas, así como su asociación con variables físicas y químicas para determinar su distribución en la parte alta, media y baja de la quebrada Las Perlas.

## Materiales y métodos

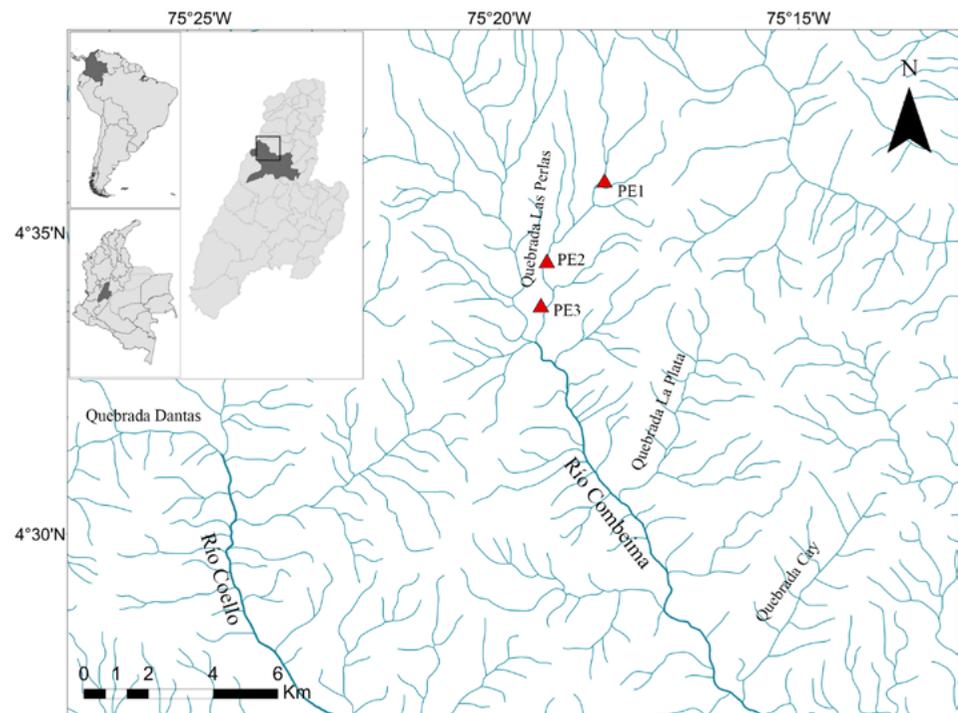
### Área de estudio

La quebrada Las Perlas forma parte de la cuenca del río Combeima que, a su vez, se encuentra inmersa en la cuenca mayor del río Coello. Esta quebrada se localiza en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima, en las inmediaciones de la vertiente oriental de la cordillera Central de Colombia (Figura 1). Geológicamente es un ecosistema acuático de origen volcánico, nace en el páramo de Estambul, en el área del volcán nevado del Tolima, y se ubica en el cañón del Combeima. En la parte alta y media de la cuenca, correspondientes a las zonas de vida de bosque premontano y montano, la pendiente es pronunciada, lo que dificulta el acceso, con una altitud entre los 1.000 y los 3.000 m s.n.m. y una temperatura que oscila entre los 6 y los 24 °C, en tanto que la pluviosidad anual es de 1.450 mm en promedio (CONPES, 2009). La microcuenca tiene una extensión de 47,9 km y un área aproximada de 31 ha. Existen algunos asentamientos humanos esporádicos a lo largo de su curso, así como algunos pequeños cultivos y ganadería en la zona baja. Además, durante algunas épocas puede presentar disturbios geológicos naturales, como los derrumbes cerca de su nacimiento, donde recibe aportaciones de fósforo y azufre, aunque estos pasan con rapidez (CONPES, 2009).

### Métodos de recolección

Se hicieron muestreos bimensuales en tres estaciones de la microcuenca (parte alta, media y baja: en adelante PE1, PE2 y PE3) durante seis periodos (M= muestreos, M1 - M6; agosto de 2015 a mayo de 2016) comprendidos dentro de un ciclo hidrológico (bajas lluvias, transición a altas lluvias, altas lluvias, transición a bajas lluvias). Las estaciones de trabajo se seleccionaron con base en la cartografía disponible y en un muestreo preliminar en el que se consideraron el área, el caudal, los impactos naturales y antropogénicos, y la accesibilidad como factores predominantes (Tabla 1).

La recolección de las larvas se hizo con una red Surber (área de 0,09 m<sup>2</sup> y poro de malla de 150 micras), siguiendo la metodología propuesta por **Wantzen & Rueda (2009)**. En cada una de las localidades de muestreo se evaluaron cuatro sustratos diferentes (arena, grava, roca y hojarasca), con tres muestras al azar de cada uno. El material recolectado en la red Surber se empacó en frascos plásticos de 500 ml y los individuos se fijaron en formol al 10 % para su posterior traslado al Laboratorio del Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia). Para el análisis de las variables fisicoquímicas se tomaron datos *in situ* de la temperatura del agua (T°C), la profundidad (cm), el ancho (m) y la velocidad de corriente (m/s) en cada una de las estaciones de muestreo. Simultáneamente, se recolectaron muestras de agua en botellas estériles para el



**Figura 1.** Área de estudio de la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

**Tabla 1.** Localidades de muestreo ubicadas en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

Estación	Sigla	N	W	Altura (m s.n.m.)	Caracterización
Perlas I	PE1	4° 35' 52"	75° 18' 14,5"	2586	Se caracteriza por su difícil acceso, presenta un bosque ripario bien conservado, la cobertura vegetal es total, el caudal en esta estación es moderado y el lecho se compone principalmente de rocas grandes y cantos rodados.
Perlas II	PE2	4° 34' 32"	75° 19' 12,3"	2073	En esta zona ya se evidencian ciertas intervenciones, particularmente producto de la agricultura y ganadería, sin embargo, su efecto es mínimo, el caudal en esta zona aumenta, la cobertura vegetal es abundante y el lecho es rocoso.
Perlas III	PE3	4° 33' 47,9"	75° 19' 18,3"	1998	En esta zona, la intervención es mayor, específicamente por efecto de la agricultura y el turismo, el caudal sigue en aumento, al igual que el ancho del cauce; esta zona es próxima a la desembocadura, presenta cobertura vegetal a uno de sus costados y el lecho se compone principalmente de rocas más pequeñas y grava.

posterior análisis de los parámetros químicos y bacteriológicos, todos ellos llevados a cabo en el Laboratorio de Química y Análisis de Suelos y Aguas (Laserex) de la Universidad del Tolima (**Tabla 2**).

### **Métodos de laboratorio**

Los organismos recolectados se separaron utilizando un estereomicroscopio Motic® SMZ-168 (10X) y se determinaron hasta el nivel taxonómico de género utilizando las claves y descripciones de **Holzenthall, et al.** (2007), **Domínguez & Fernández** (2009), **Springer** (2010) y **Pes, et al.** (2018). Posteriormente, los especímenes se preservaron en alcohol al 70 % y se depositaron en la colección zoológica de la Universidad del Tolima, sección de macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

### **Análisis de la información**

Para el análisis y tratamiento estadístico de los datos, se elaboró una curva de acumulación usando el programa EstimateS, versión 9.1.0 (**Colwell**, 2013); se empleó el PAST, versión 2.3 (**Hammer, et al.**, 2001) para la estimación de los índices de riqueza y diversidad, y luego se ajustaron con las series de Hill; se hizo una prueba NDMS corroborada con ANOSIM (PAST 2.3) para explorar las posibles diferencias del ensamblaje de tricópteros a nivel espacial. Por último, se hizo un análisis de correspondencia canónica con el programa CANOCO 4.5 (**Ter Braak & Smilauer**, 2009), con el propósito de evaluar la relación entre las variables físicas, químicas y microbiológicas y la fauna de tricópteros.

## **Resultados**

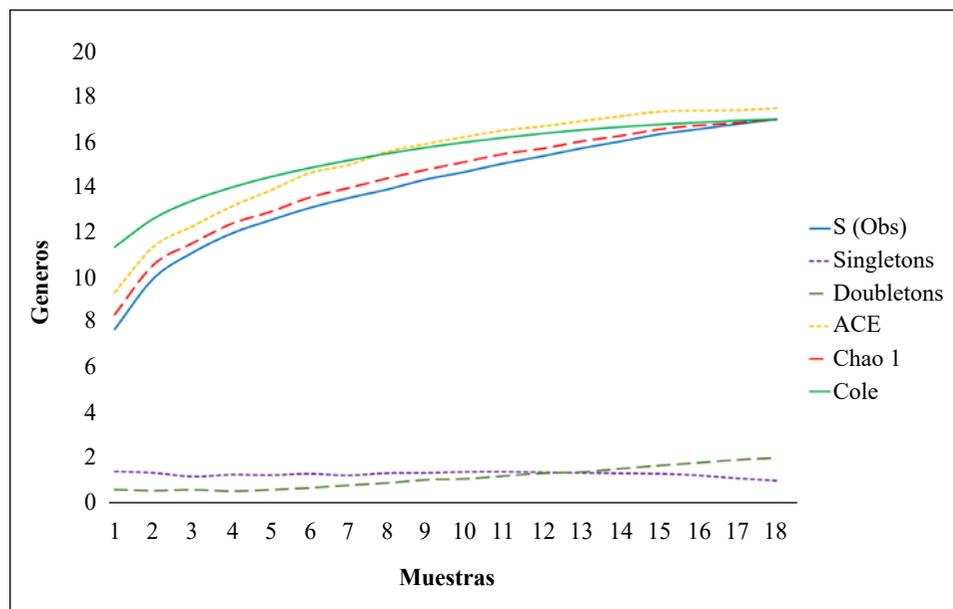
La curva de acumulación indicó que los datos obtenidos a partir de las 18 muestras evaluadas con el esfuerzo de muestreo aplicado fueron suficientes para establecer la composición y la estructura de la comunidad de tricópteros en los cuatro sustratos evaluados en la quebrada Las Perlas, ya que, según los estimadores evaluados, se logró una representatividad del 97,1 % con el ACE y de 100 % con el Chao 1 y Cole (**Figura 2**).

Se recolectaron 5.831 organismos distribuidos en 17 géneros y nueve familias. El género *Helicopsyche* de la familia Helicopsychidae tuvo la mayor abundancia relativa, con el 19,7 % del total recolectado (2.200 individuos), seguido por los géneros *Smicridea*,

**Tabla 2.** Metodología utilizada para el análisis de los parámetros químicos y bacteriológicos

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
Conductividad eléctrica	Electrométrico, a través de conductímetro W.T.W. 330i con sensor de temperatura
Turbiedad	Nefelométrico
Alcalinidad total	Titulación por técnica volumétrica
Dureza total	Volumétrico con EDTA
Cloruros	Argentométrico
Nitratos	Método 8039 de HACH, método de reducción de cadmio basado en el método 4500 E
Fosfatos	Método 8048 de HACH, método de ácido ascórbico basado en el método 4500 E del <i>Standard Methods</i>
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico 2540-D
Sólidos totales	Gravimétrico 2540-B
Demanda química de oxígeno	Titulométrico 5220--C
Demanda biológica de oxígeno	Titulométrico 5210-B

con el 16,2 % (1.808 individuos) y *Leptonema*, con el 4,4 % (496 individuos) de la familia Hydropsychidae (**Tabla 3**). En cuanto a las estaciones de muestreo, en términos generales la abundancia fue mayor en la estación PE3, con el 59,5 %, seguida de PE2, con el 34,5 % y la estación PE1, que reportó el menor número de tricópteros, con el 5,6 %.



**Figura 2.** Curva de acumulación de géneros registrados en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

**Tabla 3.** Composición y abundancia del orden Trichoptera en tres sitios (PE1: cuenca alta; PE2: cuenca media; PE3: cuenca baja) de la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

Familia	Género	PE1	PE2	PE3
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0	3	0
Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	2	76	62
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	63	937	1200
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	24	46	72
Hydropsychidae	<i>Blepharopus</i>	0	12	0
	<i>Leptonema</i>	0	24	472
	<i>Smicridea</i>	18	400	1390
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	4	150	66
	<i>Leucotrichia</i>	0	1	1
	<i>Ochrotrichia</i>	22	242	157
Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	17	102	35
	<i>Grumichella</i>	188	0	3
	<i>Nectopsyche</i>	0	4	9
	<i>Oecetis</i>	10	12	1
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	3	0
	<i>Wormaldia</i>	0	2	0
Xiphocentronidae	Indeterminado	0	0	1

### Comparación entre estaciones

Según los valores de diversidad obtenidos con la serie Hill, la estación PE2 presentó un mayor valor de riqueza específica, con 15 géneros, de los cuales cinco son relativamente comunes y entre cuatro y cinco, muy abundantes (*Helicopsyche*, *Smicridea*, *Ochrotrichia*, *Hydroptila* y *Atanotolica*). Además, en esta estación se presentaron tres géneros “únicos”, que no fueron recolectados en las otras dos estaciones (*Chimarra*, *Wormaldia* y *Phylloicus*). Por otro lado, en PE1 se registró la menor riqueza, con nueve géneros, a pesar de ser el sitio más conservado; los organismos allí encontrados fueron, en su mayoría, comunes y dominantes (Figura 3).

El ordenamiento NMDS arrojó agrupamientos separados a nivel espacial en el diagrama, en el cual es posible observar que existen diferencias entre los ensamblajes de tricópteros a nivel espacial (ANOSIM:  $p < 0,05$ ), especialmente la estación PE1, que se encuentra alejada de los otros dos grupos evaluados (Figura 4).

### Comparación entre sustratos

Se encontraron tricópteros en los cuatro sustratos evaluados, sin embargo, se observó una preferencia por los sustratos inorgánicos de mayor porte, como la roca (52,6 %) y la grava (30,2 %). En la figura 5 se observa que los géneros *Atanotolica*, *Atopsyche*, *Culoptila*, *Grumichella*, *Helicopsyche*, *Hydroptila*, *Leptonema*, *Ochrotrichia*, *Oecetis*, y *Smicridea* se encontraron en todos los sustratos evaluados. No obstante, la familia Xiphocentronidae sp y el género *Wormaldia* fueron específicos del sustrato de roca, en tanto que *Phylloicus* se presentó únicamente en la hojarasca (Figura 5). En el análisis de varianza no paramétrico se evidenció que la distribución de abundancias por sustratos presentaban diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), lo cual denota que el ensamblaje es diferente en cada uno de los sustratos evaluados.

### Comparación temporal

Se observó una mayor densidad de tricópteros en los periodos de transición a las bajas lluvias M4 y M5 (Figura 6), específicamente de los géneros *Helicopsyche*, *Smicridea*, *Leptonema* y *Hydroptila*. Por otro lado, se apreció una reducción de las densidades en los periodos M1 y M2, que corresponden a la transición a lluvias (Figura 6). La riqueza de géneros no varió significativamente en los periodos muestrados ( $q_0$ : 10 y 13 géneros), aunque algunos géneros, como *Blepharopus*, *Wormaldia*, y la familia Xiphocentronidae sp solo se recolectaron en una de las épocas.

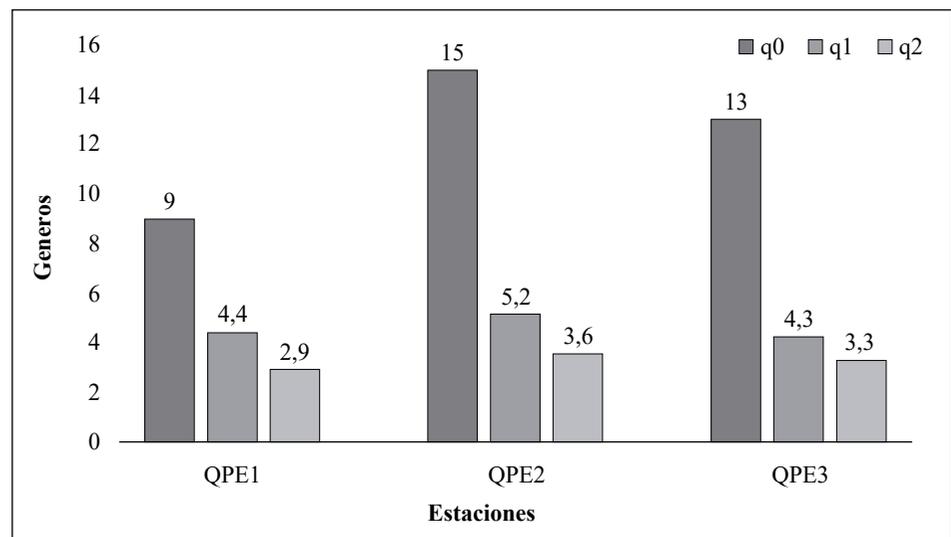
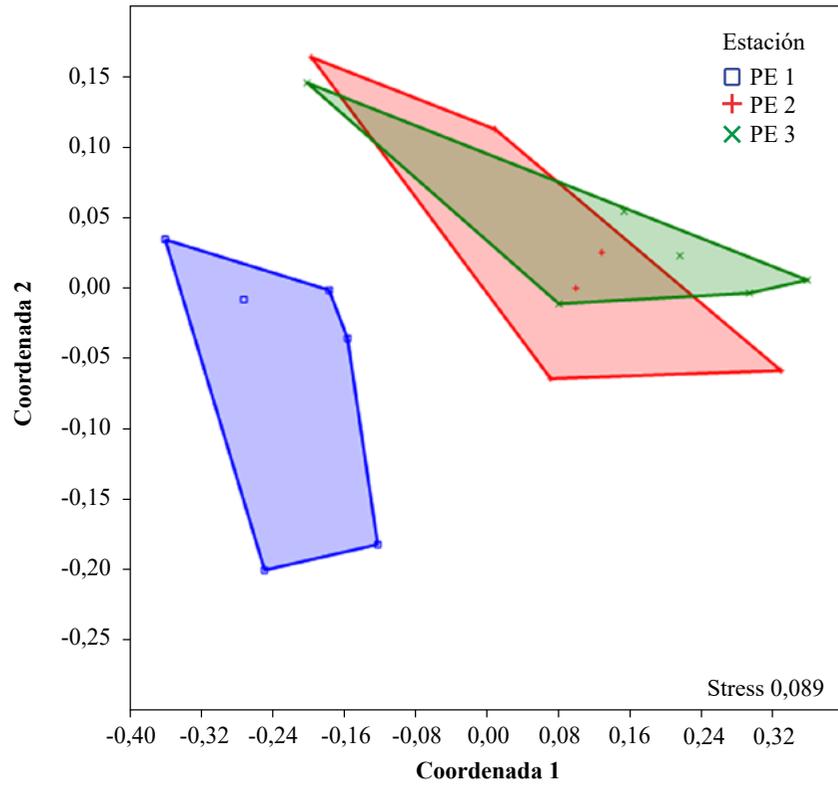


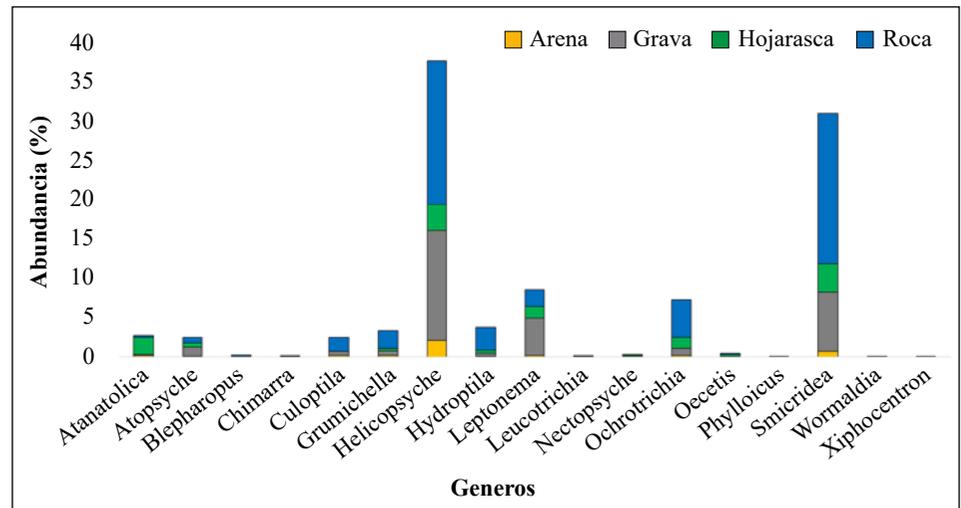
Figura 3. Diversidad espacial del orden Trichoptera registrada en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

**Relacion con las variables fisicoquímicas**

En el análisis de correspondencia canónica (**Figura 7**) se evidenció la relación de la estación PE2 con variables como la conductividad eléctrica (550 mS/cm), la alcalinidad (160 mg/CaO3/L), la dureza (623 mg/CaO3/L), y los sólidos totales (542 mg/l), lo que indica que en esta zona los procesos de sedimentación son mayores, en tanto que la estación PE3 se



**Figura 4.** Diagrama de ordenamiento NMDS para el ensamblaje de tricópteros en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima



**Figura 5.** Abundancia relativa de los géneros de Trichoptera en cada sustrato evaluado de la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

relacionó con los nitratos, los coliformes totales y fecales, y la demanda biológica (DBO) y química (DQO) de oxígeno, que son propios de efectos de enriquecimiento del medio por cuenta de la agricultura y la ganadería. En cuanto a los géneros, se pudo observar la asociación entre la estación PE1 y *Grumichella*, la estación PE2 con *Chimarra*, *Wormaldia*, *Phylloicus* y *Blepharopus* y las variables de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto y, por último, la estación PE3 se relacionó con los coliformes totales y fecales directamente y con la familia Xiphocentronidae sp (Figura 6).

### Discusión

Los tricópteros son uno de los grupos de macroinvertebrados acuáticos más abundantes, diversos y ampliamente distribuidos en las cuencas andinas (Vásquez-Ramos & Reinoso-Flórez, 2012; López, et al., 2015). Todos los géneros registrados en este estudio ya habían sido reportados antes en la cuenca del río Combeima (Guevara, et al., 2005). Usualmente los géneros *Smicridea* y *Leptonema* figuran como los más abundantes, debido a su capacidad de colonizar rápidamente la mayoría de los sustratos disponibles donde adecuan redes para filtrar el material de partículas en suspensión. Estas características responden a su naturaleza eurioica, que le permite explotar eficientemente los recursos disponibles (Holzenthal, et al., 2015). Por otro lado, *Helicopsyche* presentó la mayor abundancia entre los tricópteros recolectados y su presencia se asocia principalmente con la disponibilidad de algas del perifiton de las cuales se alimenta (Vaughn, 1986).

El orden Trichoptera es un grupo muy diversificado y abundante, sobre todo en ecosistemas de gran cobertura boscosa y heterogeneidad espacial, donde abunden las materias primas para la construcción de sus capullos, los cuales son indispensables para la captura de alimento y la protección de los efectos físicos del caudal (Wiggins, 1996). La quebrada Las Perlas es un ecosistema con una gran variedad de recursos alimenticios y sustratos que permiten la supervivencia de los organismos de este orden, a pesar de las afectaciones naturales y artificiales que pueden incidir en su desarrollo.

Cabe destacar que existen algunas fincas con pequeños cultivos y ganado sobre el margen de la quebrada en sus zonas media y baja, donde se puede notar una reducción del bosque de ribera y erosión en las orillas. También se presentan algunas dinámicas geológicas naturales, como los derrumbes en la zona del volcán nevado que aportan una

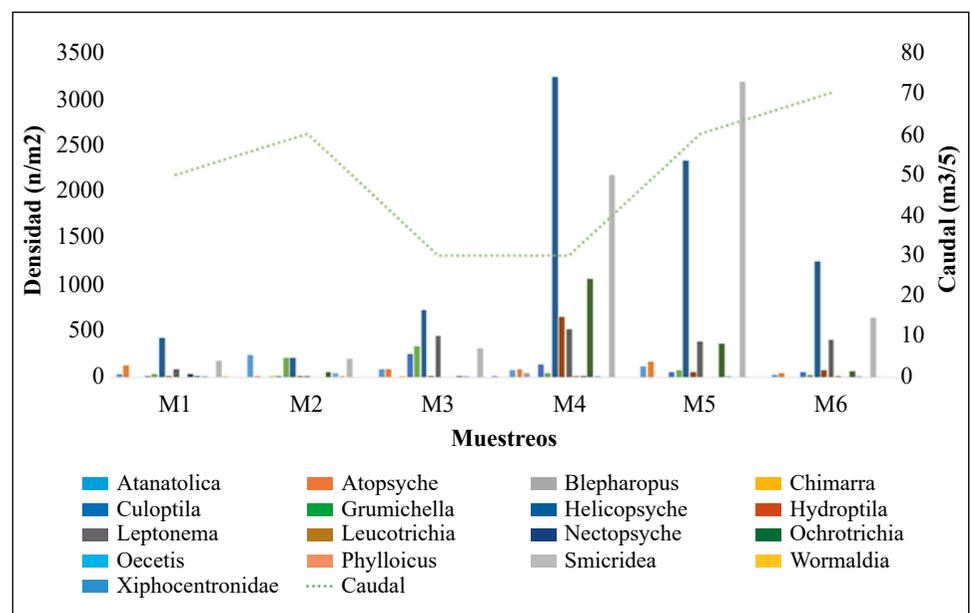


Figura 6. Distribución temporal de los géneros de Trichoptera de la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

cantidad significativa de fósforo y azufre a la quebrada, lo que a su vez afecta la distribución de estos organismos, sin embargo, estos eventos son fortuitos y suelen pasar con rapidez (Guevara, *et al.*, 2005).

Se ha reportado que los sustratos preferidos de los tricópteros son la roca y la grava, en donde pueden fijar fuertemente los capullos y establecer redes de filtración, en tanto que la hojarasca es preferida por organismos fragmentadores que fabrican sus casas a partir de este material, y por algunos predadores que lo utilizan como terreno de caza (Posada & Roldán- Pérez, 2003). En esta quebrada el lecho es principalmente rocoso, con amplias extensiones de grava, y un gran aporte de hojarasca que queda apresada entre las rocas, lo que genera las condiciones propicias para que los tricópteros se establezcan rápidamente en todo el ecosistema (Guevara, *et al.*, 2005).

Al estar ubicada en una zona de alta pendiente, el efecto del caudal en esta microcuenca tiende a ser mayor, por lo que los organismos son obligados a derivar y colonizar nuevos ambientes.

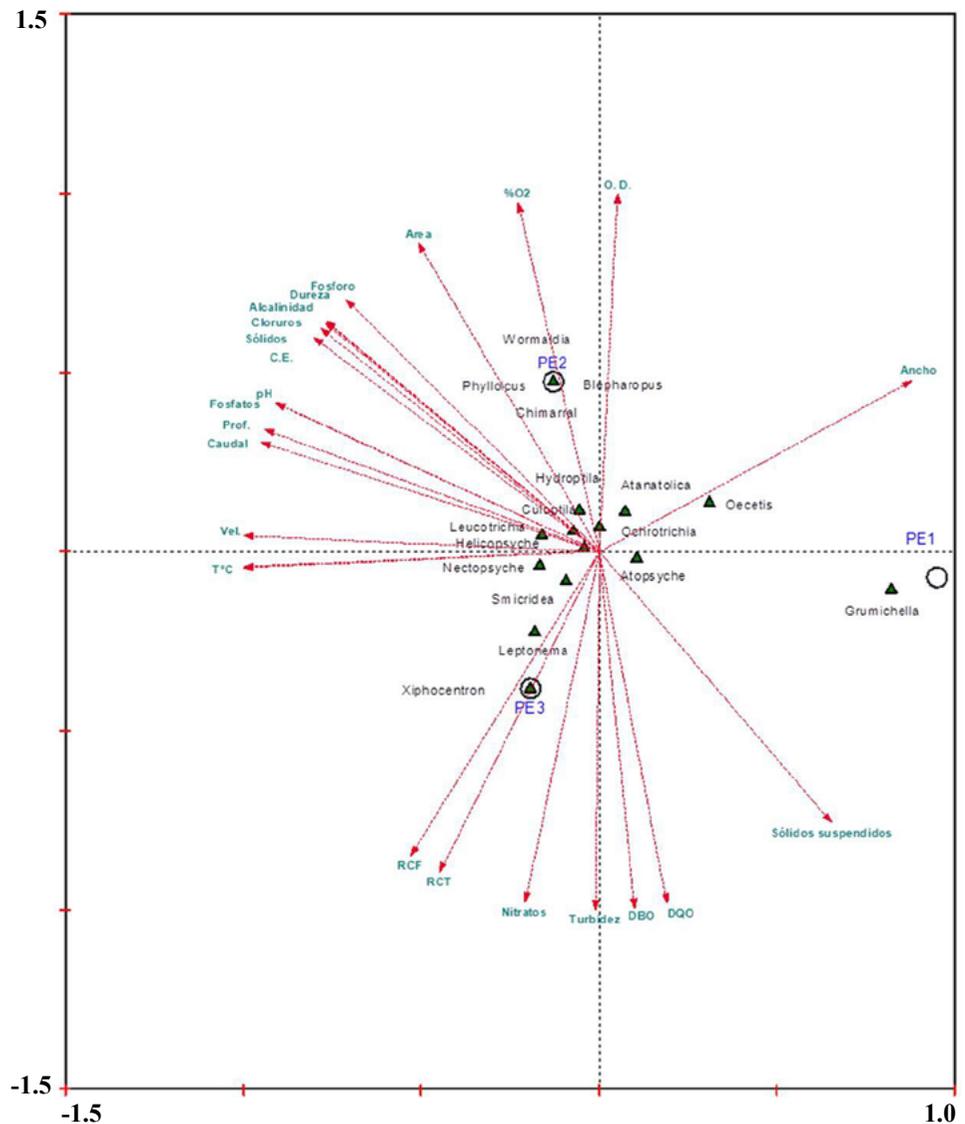


Figura 7. Análisis de correspondencia canónica con las variables fisicoquímicas evaluadas en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Tolima

Muchos de los géneros presentan adaptaciones estructurales, como los fuertes pigopodos, y producen seda para que sus capullos se adhieran firmemente al sustrato (Holzenthall, *et al.*, 2015) y se mitigue el efecto abrasivo de la corriente, razón por la cual pueden mantener relictos de poblaciones que van en aumento a medida que se desciende en altitud (Roldán-Pérez & Ramírez, 2008; Pes, *et al.*, 2018).

### **Relacion con las variables fisicoquímicas**

Tradicionalmente, los tricópteros se consideran organismos sensibles a las alteraciones que se producen dentro de los ecosistemas acuáticos (Roldán-Pérez, 2003; Ramírez & Rincón, 2004), sin embargo, algunos de los géneros no parecen estar ligados a estas fluctuaciones y se comportan de modo resiliente ante ciertos tensores, como es el caso de *Leptonema* y *Smicridea*, que pueden habitar en ecosistemas marcadamente degradados (Pes, *et al.*, 2018).

Por otro lado, en varios estudios se ha sugerido que es más importante la disponibilidad de sustratos y material para la construcción de los capullos (Wiggins, 1996). Por último, es prudente evaluar periodos de tiempo más extensos que puedan revelar con mayor detalle la dinámica de los factores fisicoquímicos y la forma en que afectan a los organismos (Tachet, *et al.*, 1994; Berger, *et al.*, 2018).

Deben considerarse las limitaciones implícitas en el método de recolección que se emplea y la cantidad de sustratos que se evalúan, ya que el orden Trichoptera tiene un amplio espectro de adaptaciones y se distribuye en gran variedad de hábitats, por lo que puede existir una mayor diversidad que la reflejada en este estudio (Vásquez-Ramos & Reinoso-Flórez, 2012).

## **Conclusiones**

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo reportado en cuencas andinas donde las familias Helicopsychidae e Hydropsychidae son el componente principal de la estructura de los tricópteros. Esta información es consistente con los datos reportados en otras investigaciones similares y amplía el conocimiento de la fauna local del departamento del Tolima.

Como ecosistema, la quebrada Las Perlas exhibe un buen estado de conservación y ofrece una gran cantidad de recursos vitales para la subsistencia de los tricópteros y demás macroinvertebrados acuáticos que mantienen su abundancia y diversidad en toda la extensión de su curso.

## **Contribución de los autores**

ED contribuyó en el desarrollo y la estandarización de las metodologías de campo y laboratorio y el análisis de los resultados; GR asesoró de manera continua el desarrollo del proyecto de investigación, el análisis de los resultados y la corrección del documento.

## **Conflicto de intereses**

Ninguno que declarar

## **Referencias**

- Berger, E., Haase, P., Schäfer, R. B., Sundermann, A. (2018). Towards stressor-specific macroinvertebrate indices: Which traits and taxonomic groups are associated with vulnerable and tolerant taxa? *Science of the Total Environment*. **619**: 144-154.
- Braak, C. & Smilauer, P. (2009). Canoco. Wageningen Biometris Plant Research International. Version 4.5, 2009.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. 2013.
- CONPES. (2009). Estrategias de mitigación del riesgo en la cuenca del río Combeima para garantizar el abastecimiento del agua en la ciudad de Ibagué. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. <https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/boletines/ago2012/3570.pdf>

- CORTOLIMA.** (2009). Zonificación de amenaza por movimientos en masa y zonificación geomecánica de la cuenca del río Combeima - Ibagué - Tolima. Escala 1:25.000. Proyecto: Prevención de desastres glacio-volcánicos e hidro-meteorológicos en las cuencas de los ríos Combeima y Páez, cordillera Central, Colombia (departamentos de Tolima, Cauca y Huila). Tomos I y II.
- Domínguez, E. & Fernández, H.** (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. p. 255-307.
- Gamboa, M., Reyes, R., Arrivillaga, Y.** (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. **XLVIII** (2): 109-120.
- Giacometti, J. & Bersosa, F.** (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica. **2**: 17-32.
- Guevara, G., Reinoso-Florez, G., Villa, F.** (2005). Estudio del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. **17** (1): 59-70.
- Hammer, O., Harper, D., Ryan, P.** (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. **4** (1): 1-9.
- Hanson, P., Springer, M., Ramírez, A.** (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical. **58**: 3-37.
- Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L., Kjer, K. M.** (2007). Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. Zootaxa. **1668** (1): 639-698.
- Holzenthal, R. W., Thomson, R. E., Ríos-Touma, B.** (2015). Order Trichoptera. In Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Academic Press. **1**: 965-1002.
- López-Delgado, E. O., Vásquez-Ramos, J. M., Reinoso-Flórez, G.** (2015). Listado taxonómico y distribución de los tricópteros inmaduros del departamento del Tolima. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. **39** (150): 42-49.
- Roldán-Pérez, G. R.** (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. p. 1-147.
- Pes, A. M., Holzenthal, R. W., Sganga, J. V., Santos, A. P., Barcelos-Silva, P., Camargos, L. M.** (2018). Order Trichoptera. In Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Academic Press. p. 237-324.
- Posada-García, J. A. & Roldán-Pérez, G.** (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el nor-occidente de Colombia/Illustrated key for the larvae of Trichoptera in the northwest of Colombia. Caldasia. **25** (1): 169-192.
- Ramírez, A. & Viña, G.** (1998). Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá: BP-Exploration, Universidad Jorge Tadeo Lozano, p. 1-191.
- Ramírez, M. & Rincón, M.** (2004). Trichoptera of the Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) in relation to water quality. Revista Colombiana de Entomología. **30** (2): 197-203.
- Reinoso-Flórez, G., Guevara, G., Arias, D., Villa, F.** (2007). Aspectos bioecológicos de la fauna entomológica de la cuenca mayor del río Coello-departamento del Tolima. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. **19**: 65-71.
- Roldán-Pérez, G. & Ramírez, J. J.** (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. 2da edición. Universidad de Antioquia, p. 1-442.
- Springer, M.** (2010). Trichoptera. Revista de Biología Tropical. **58**: 151-198.
- Tachet, H., Usseglio-Polatera, P., Roux, C.** (1994). Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: Trichoptera in the Upper Rhône River and its floodplain. Freshwater Biology. **31** (3): 397-415.
- Vásquez-Ramos, J., Ramírez, F., Reinoso-Flórez, G., Guevara, G.** (2010). Distribución espacial y temporal de los tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia). Caldasia. **32** (1): 129-148.
- Vásquez-Ramos, J. M. & Reinoso-Flórez, G.** (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. Revista Colombiana de Entomología. **38** (2): 351-359.
- Wantzen, K. & Rueda, G.** (2009). Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En E. Domínguez, & H. Fernández (Eds.), Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología. (p. 17-45). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Vaughn, C. C.** (1986). The role of periphyton abundance and quality in the microdistribution of a stream grazer, *Helicopsyche borealis* (Trichoptera: Helicopsychidae). Freshwater Biology. **16** (4): 485-493.
- Wiggins, G. B.** (1996). Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera). University of Toronto Press. p. 1-472.