

# Larvas de Trichoptera: diversidad y distribución en el río Quenane, piedemonte orinocense colombiano<sup>1</sup>

## Larvae of Trichoptera: diversity and distribution in the Quenane river, Colombian Orinoco foothills

Y. N. Sánchez, J. M. Vásquez y C. I. Caro

Recibido: octubre 20 de 2022 – Aceptado: diciembre 27 de 2024.

**Resumen**—En la región de la Orinoquía la información generada sobre aspectos ecológicos y taxonómicos del orden Trichoptera es escasa. Este estudio analizó la diversidad y distribución de larvas de tricópteros en el río Quenane a nivel espacial, en dos eventos hidrológicos: transición aguas bajas (TAB) y aguas bajas (AB). Las muestras biológicas se tomaron con red surber a lo largo de seis estaciones y también se registraron variables físicas y químicas *in situ* y *ex situ*. Se obtuvieron 1142 organismos correspondientes a 8 familias y 22 géneros, entre los cuales Hydropsychidae (70,31 %), Philopotamidae (10,07 %), *Smicridea* y *Chimarra*, respectivamente, fueron los taxones más representativos. A nivel temporal la diversidad beta fue mayor en aguas bajas. La exploración (NDMS) mostró que las estaciones tenían diferencias en composición taxonómica para cada periodo hidrológico. El análisis multivariado (RDA) determinó que las variables que influyeron en la distribución de taxones fueron demanda química de oxígeno, coliformes fecales y conductividad. Se evidenciaron varios tipos de perturbaciones ambientales, lo cual señala la necesidad de buscar alternativas para minimizar los impactos sobre el río y la biota acuática.

**Palabras clave**—Afectaciones, bioindicador, hábitat, Orinoquía.

**Abstract**—In the Orinoquía region, the information generated on ecological and taxonomic aspects of the Trichoptera order is scarce. This study analyzed the diversity and distribution of caddisfly larvae in the Quenane River at a spatial level in two hydrological events: low water transition (LWT) and low water (LW). Biological samples were taken with a surber net throughout six stations; physical and chemical variables were also recorded *in situ* and *ex situ*. 1142 organisms corresponding to 8 families and 22 genera were obtained. Hydropsychidae (70.31 %), Philopotamidae (10.07 %), *Smicridea* and *Chimarra*, respectively, were the most representative taxa. At a temporal level, beta diversity was higher in low water. The exploration (NDMS) showed that the stations had differences in taxonomic composition for each hydrological period. Multivariate analysis (RDA) determined that the variables influencing taxa distribution were chemical oxygen demand, fecal coliforms, and conductivity. Several types of environmental disturbances were evident, which indicates the need to search for alternatives to minimize the impacts on the river and aquatic biota.

**Keywords**—Affectations, bioindicator, habitat, Orinoquia.

### I. INTRODUCCIÓN

EL estudio de tricópteros ha tomado importancia por su capacidad bioindicadora de calidad del agua a partir de la distribución y abundancia de los taxones que lo conforman. La investigación en cuanto a ecología y distribución de macroinvertebrados acuáticos como los tricópteros permite conocer el nivel de alteración de los ecosistemas acuáticos [1]. Así, se ha planteado el uso de los macroinvertebrados acuáticos para la determinación del impacto antrópico en los diferentes ecosistemas hídricos [2]. Los tricópteros son considerados uno de los órdenes de insectos de agua dulce más diversificados, así como buenos indicadores de la calidad del agua [3].

En Colombia, la mayoría de los estudios realizados en este orden se enfocan en la región andina, con avances de conocimiento en su distribución y en su ecología [4]-[6]. Como aporte para la Orinoquía esta investigación analiza el ensamblaje de larvas de tricópteros en el piedemonte orinocense, en el río Quenane, a nivel espacial y temporal,

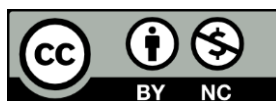
<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación convenio Marco de Cooperación 5211592 suscrito entre la Universidad de los Llanos y Ecopetrol.

Y. N. Sánchez, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, email: [yari.sanchez.rodriguez@unillanos.edu.co](mailto:yari.sanchez.rodriguez@unillanos.edu.co).

J. M. Vásquez, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, email: [jvasquez@unillanos.edu.co](mailto:jvasquez@unillanos.edu.co)

C. I. Caro, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, email: [clarainescaro@unillanos.edu.co](mailto:clarainescaro@unillanos.edu.co)

**Como citar este artículo:** Sánchez, Y. N., Vásquez, J. M., y Caro, C. I. Larvas de Trichoptera: diversidad y distribución en el río Quenane, piedemonte orinocense colombiano, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 18, no. 36, pp. 17-23, julio-diciembre 2024.  
DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2861>.



durante dos periodos hidrológicos contrastantes.

El río Quenane es el principal tributario del río Negro [7], afluente del río Meta en la cuenca alta. Tiene importancia ambiental para las comunidades cercanas a este, pues es utilizado en actividades mineras, domésticas, agropecuarias, turísticas e industriales [8].

## II. METODOLOGÍA

### A. Área de estudio

El río Quenane nace en el municipio de Villavicencio (375 m s. n. m.) y desemboca en el río Negro (200 m s. n. m.), en el municipio de Puerto López, en el piedemonte del departamento del Meta (Colombia). Limita con los ríos Ocoa, Pachaquiario y Caños Negros [7, 9] y posee un régimen de precipitación bimodal que caracteriza la zona alta de la cuenca del río Meta [9].

### B. Estructura temporal de la toma de datos

Las muestras se recolectaron en los periodos hidrológicos Transición Aguas Bajas (TAB) (19 al 21 de noviembre de 2014) y Aguas Bajas (AB) (24 al 26 de febrero de 2015), a lo largo de seis (6) estaciones (100 m de longitud) de muestreo (Tabla I), en la ejecución del Convenio Marco de Cooperación 5211592 suscrito entre la Universidad de los Llanos y Ecopetrol, por parte del Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquía Colombiana (ICAOC).

### C. Recolección de especímenes

Se recolectaron siete (7) réplicas en cada estación; para ello se empleó red surber (ojo de malla 250  $\mu$ m) contra corriente y se removió el sustrato manualmente (grava-guijarro) [7,11]. Las muestras se fijaron con alcohol (70 %); posteriormente se removió el material inorgánico y los organismos fueron etiquetados, preservados (alcohol al 70 %) y almacenados en el Museo de Historia Natural Unillanos (MHNU). La determinación taxonómica se realizó con las claves taxonómicas de [3], [12], [13].

TABLA I  
ESTACIONES DE MUESTREO EN EL RÍO QUENANE.

ID	Estación	Altitud (m s. n. m.)	Longitud	Latitud
E1	Predios del SENA	329	73°30'28,06"W	04°04'2,64"N
E2	Sector La Reforma II	345	73°28'25,30"W	04°04'28,3"N
E3	Santa Helena	298	73°25'32,53"W	04°04'50,44"N
E4	Finca Villa Esperanza	280	73°22'34,48"W	04°04'33,08"N
E5	El Naranjal vía Puerto Colombia	228	73°15'2,429"W	04°02'45,959"N
E6	Desembocadura al río Negro	205	73°10'33,42"W	04°02'23,52"N

### D. Variables físicas, químicas y bacteriológicas

*In situ* se registraron las variables: caudal ( $m^3/s$ ), conductividad eléctrica ( $\mu S/cm$ ), pH, turbidez (AquaFluor 8000-010), oxígeno disuelto (ppm) y temperatura ( $^{\circ}C$ ). *Ex situ*

en el laboratorio certificado Analquim se midieron: bicarbonatos ( $mg/L CaCO_3$ ), cromo ( $mg/L Cr$ ), DQO ( $mg/L O_2$ ), DBO ( $mg/L O_2$ ), fósforo total ( $mg/L PO_4^{3-}$ ), hierro ( $mg/L Fe$ ), nitrógeno total ( $mg/L N$ ), sólidos totales disueltos (ppm STD), sulfatos ( $mg/L SO_4^{2-}$ ), tensoactivos ( $mg/L$ ), zinc ( $mg/L Zn$ ), clorofila a ( $\mu g/l$ ), clorofila alfa y la variable bacteriológica coliformes totales.

### E. Análisis de datos

Para el análisis de diversidad alfa, se emplearon tres medidas de diversidad ( $q=0$ ,  $q=1$  y  $q=2$ ). La diversidad de orden cero ( $q=0$ ) hace referencia a la riqueza específica, por lo que el valor de esta medida es insensible a la abundancia relativa. La diversidad de orden uno ( $q=1$ ) incluye los géneros comunes, dominantes e incluso los raros, y se calculó con el exponencial del índice de entropía de Shannon. La diversidad de orden dos ( $q=2$ ) le da mayor importancia a los géneros comunes y no toma en cuenta los raros; para el cálculo de esta medida de diversidad se empleó el inverso del índice de Simpson [14]. Los anteriores análisis se realizaron con el paquete iNEXT [15].

Para la determinación de los patrones de variación espacial y temporal se analizó la diversidad beta, a partir del recambio y el anidamiento [16], [17] de los géneros de Trichoptera en el río Quenane; también se empleó un análisis exploratorio de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con el paquete Vegan [18], con la medida de disimilitud de Shannon.

La determinación de la influencia de las variables ambientales (físicas, químicas y bacteriológicas) sobre el ensamblaje de géneros de tricópteros se realizó con un análisis exploratorio de redundancia (RDA) [19] con el paquete Vegan [18]. Todos los análisis se hicieron con el software Rstudio [20].

## III. RESULTADOS

En ambos periodos hidrológicos (transición aguas bajas y aguas bajas) sólo se encontraron larvas de tricópteros en 5 de las 6 estaciones muestreadas, desde E2 hasta E6, que representan las zona media y baja del río. En total se identificaron 1142 organismos distribuidos en 8 familias y 22 géneros; las familias con más riqueza fueron Hydroptilidae, con 5 géneros (*Celaenotrichia*, *Complejo Alisotrichia*, *Metrichia*, *Orthotrichia* y *Oxyethira*) e Hydropsychidae, con 4 géneros (*Leptonema*, *Macronema*, *Smicridea*, y *Synoestropsis*).

Las familias más abundantes fueron Hydropsychidae con 70,31 % (803 organismos) y Philopotamidae con 10,07 % (115 organismos). Por otro lado, las que tuvieron menor riqueza fueron Helicopsychidae y Odontoceridae, con 1 género cada una (*Helicopsyche* y *Marilia*, respectivamente), y las menos abundantes fueron Glossosomatidae con 0,17 % (2 organismos) y Odontoceridae con 0,08 % (1 organismo). En cuanto a géneros, *Smicridea* y *Chimarra* fueron los más abundantes, con 67,32 % (756 organismos) y 10,06 % (113 organismos), respectivamente.

En el periodo hidrológico TAB se identificaron 532 organismos. Las familias Hydropsychidae y Philopotamidae

fueron las más abundantes, la primera con 398 organismos y la segunda con 50; Glossosomatidae y Polycentropodidae fueron las menos abundantes, con 1 y 2 organismos, respectivamente. Para este mismo periodo los géneros con mayor abundancia fueron *Smicridea* (372 organismos) y *Chimarra* (48 organismos), en tanto que los géneros *Celaenotrichia*, *Complejo Alisotrichia*, *Mortoniella*, *Notalina* y *Wormaldia* fueron los menos abundantes, cada uno con un solo organismo.

En el periodo hidrológico AB se identificaron 610 organismos. Las familias más abundantes fueron Hydropsychidae, Hydroptilidae y Philopotamidae, con 405, 67 y 65 organismos, respectivamente; Glossosomatidae y Odontoceridae fueron las menos abundantes, cada una de ellas con un organismo. Los géneros más abundantes fueron *Smicridea* (384 organismos) y *Chimarra* (65 organismos), y los menos abundantes fueron *Marilia*, *Polyplectropus* y *Protophila*, con un organismo cada uno.

En el periodo hidrológico TAB se evidenció el registro de los géneros *Smicridea* y *Orthotrichia* en 5 estaciones; seguidos por *Chimarra*, *Leptonema* y *Oecetis*, presentes en 4 estaciones; *Helicopsyche* y *Macronema* se encontraron en 3 estaciones; *Synoestropsis* se registró en dos estaciones; y por último los géneros *Celaenotrichia*, *Complejo Alisotrichia*, *Cynnellus*, *Mortoniella*, *Notalina*, *Oxyethira* y *Wormaldia* sólo estuvieron presentes en una estación (Fig. 1A).

En el periodo hidrológico AB los géneros reportados en 5 estaciones fueron *Smicridea*, *Leptonema* y *Polycentropus*; en 4 estaciones *Chimarra*, *Oecetis* y *Orthotrichia*; *Metrichia*, *Cynnellus* y *Oxyethira* en 3 estaciones; *Complejo Alisotrichia* y *Macronema* en 2 estaciones y, por último, con presencia en una sola estación, los géneros *Celaenotrichia*, *Helicopsyche*, *Marilia*, *Nectopsyche*, *Polyplectropus* y *Protophila* (Fig. 1B).

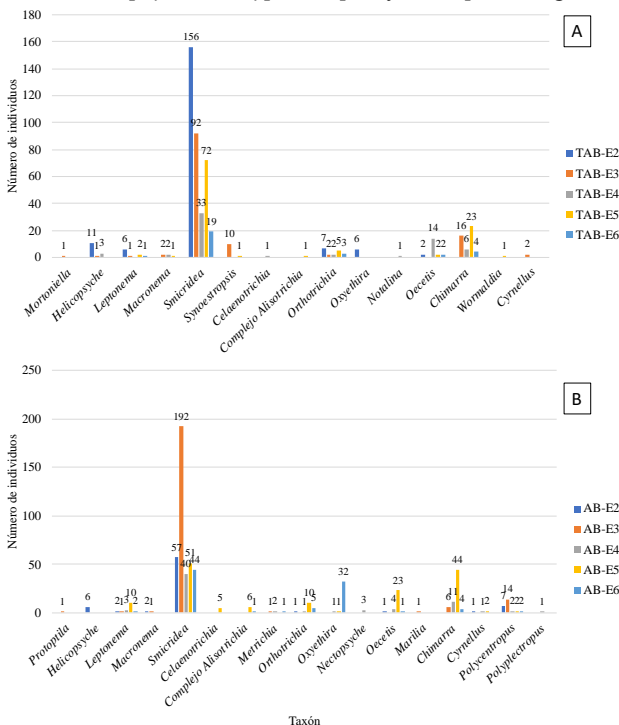


Fig. 1. Abundancia de organismos por género de Trichoptera: A en el periodo hidrológico (TAB) y B (AB) en el río Quenane.

A. Diversidad alfa

En el periodo hidrológico TAB, la diversidad de orden 0 (q=0) mostró que la estación E3 fue la que tuvo mayor riqueza de géneros efectivos (10), seguida por las estaciones E5 con 9, E4 con 8 y E2 con 6; por otro lado, la estación con menor riqueza fue E6 (5 géneros efectivos). La diversidad de orden 1 (q=1) indicó que las estaciones E4 y E6 fueron las más diversas, con 4.051 y 3.031 géneros efectivos, respectivamente; la estación E2 fue la menos diversa, con 2.037 géneros efectivos. En cuanto a la diversidad de orden 2 (q=2), las estaciones E4 y E6 presentaron la dominancia más alta (2.869 y 2.215 géneros efectivos, respectivamente) y la de menor dominancia fue la estación E2 con 1.438 géneros efectivos.

Por otro lado, en el periodo hidrológico AB, la diversidad de orden 0 (q=0) indicó que la estación con mayor riqueza de géneros efectivos fue E4 (11), seguida por E5 y E6, con 10 y 9 géneros efectivos, respectivamente; por último, las estaciones E2 y E3 fueron las de menor riqueza, con 8 géneros efectivos cada una. En cuanto a la diversidad de orden 1 (q=1), las estaciones E5 y E4 fueron las más diversas, con 5.733 y 4.469 géneros efectivos, respectivamente; las menos diversas fueron E3 (1.662) y E2 (2.714). Para la diversidad de orden 2 (q=2) las estaciones con mayor dominancia fueron E5 (4.445) y E6 (2.810) y las estaciones con menor dominancia fueron E3 (1.269) y E2 (1.772).

B. Diversidad beta

En el periodo hidrológico AB la diversidad beta total fue mayor (βBRAY=0,72) en comparación con el periodo hidrológico TAB (βBRAY=0,65). La variación balanceada fue la principal responsable de la diversidad beta total para el periodo AB (βBRAY.BAL=0.53; 73,61 %) y para el periodo TAB (βBRAY.BAL=0.34; 52,30 %).

La variación balanceada de la abundancia para el periodo AB, representada en el dendrograma de disimilitud, evidenció la formación de dos grupos; el primero conformado por las estaciones E2 y E3, con una disimilitud del 14,28 %, y el segundo conformado por las estaciones E6, E4 y E5, con una disimilitud del 27,53 %.

En cuanto al periodo TAB, la variación balanceada de la abundancia del dendrograma de disimilitud presentó a E3, E5 y E6 con una disimilitud del 14,68 %. Para el gradiente de abundancia las estaciones E2, E3 y E5 mostraron una disimilitud del 19,50 %.

C. Análisis NDMS y ANOSIM

El análisis NDMS mostró agrupamientos que indicaban diferencias en la composición de géneros de Trichoptera en las estaciones (NDMS stress: 0,1255675, ANOSIM: R=-0.1 y P=0.742), de acuerdo con el periodo hidrológico (Fig. 2), aunque se presentó un solapamiento con la estación E2 del periodo hidrológico AB (Fig. 2).

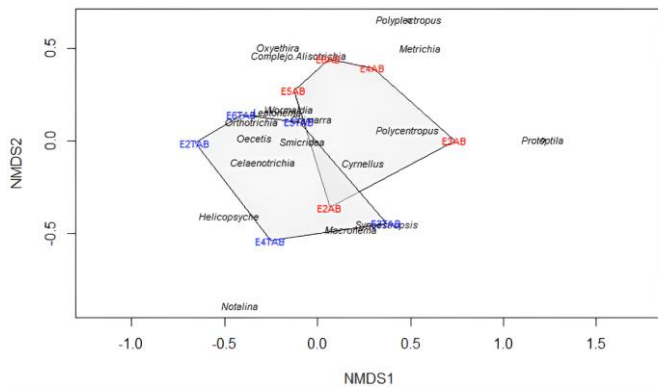


Fig. 2. Análisis de NDMS para el ensamblaje de larvas de tricópteros en dos periodos hidrológicos contrastantes.

#### D. Análisis multivariado

El Análisis de Redundancia (RDA) explicó el 85,01 % de la variación en sus dos primeros ejes, cuyas variables significativamente importantes fueron DQO (demanda química de oxígeno), Col.fec (coliformes fecales) y Cond. (conductividad eléctrica). En el diagrama de ordenación se evidenció que *Chimarra* se asoció con valores altos de coliformes fecales, mientras que los demás géneros no se relacionaron de manera clara con ninguna otra de las variables.

Este análisis también señaló que las estaciones E4TAB y E5TAB se asociaron positivamente con valores altos de DQO; la estación E5AB presentó una mayor relación con coliformes fecales a diferencia de E2AB. Por último, las estaciones E6AB y E4AB mostraron una mayor relación con conductividad, y las demás estaciones no mostraron relaciones específicas con ninguna otra variable (Fig. 3).

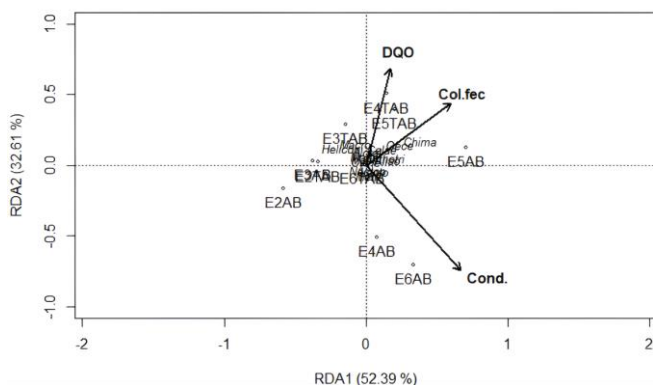


Fig. 3. Diagrama RDA de la relación entre las larvas de tricópteros del río Quenane con respecto a las variables ambientales en las estaciones y periodos hidrológicos.

## IV. DISCUSIÓN

En la estación E1, ubicada en la parte alta del río Quenane, en los dos periodos hidrológicos muestreados no se encontraron larvas de tricópteros. Esto debido posiblemente a que en esa estación el flujo es laminar (tipo léntico) y la velocidad del agua es baja, por lo que no es el hábitat de preferencia para la mayoría de organismos de este orden, teniendo en cuenta que la preferencia es el ambiente léntico

[21]. Se han registrado algunos géneros en ambientes lénticos, como *Macronema*, *Smicridea* y *Leptonema* (Hydropsychidae), *Oxyethira* e *Hydroptila* (Hydroptilidae) ([22] capítulo 9), así como la familia Polycentropodidae [23], por lo cual no se descarta la posibilidad de que se pueda encontrar este tipo de larvas en esta sección del río Quenane.

En este trabajo se reportan 8 familias y 22 géneros de larvas de Trichoptera; cabe resaltar que para la región Orinoquía hace falta más estudios, lo que podría ampliar los reportes de géneros y familias de larvas de tricópteros [24]. La familia Hydropsychidae (*Smicridea*) fue la más abundante, tanto espacial como temporalmente; este género ha sido registrado como uno de los más abundantes en varios estudios [5]-[27]. En el periodo hidrológico AB se registró la mayor riqueza y abundancia, pues la poca precipitación ayuda al establecimiento de las larvas de tricópteros [28].

Se halló que Hydroptilidae fue la familia con más riqueza taxonómica (*Cetaenotrichia*, *Complejo Alisotrichia*, *Metrichia*, *Orthotrichia* y *Oxyethira*). En los estudios de [5], [21] y [29] también se puede evidenciar que esta familia registra una alta riqueza taxonómica, a diferencia de otras investigaciones en donde esta familia no fue muy representativa [30], [31]. Aunque estos organismos se encuentran en muchos hábitats, como las rocas de los ríos con corrientes fuertes o lentas, su diminuto tamaño dificulta su recolecta en las muestras [21].

La familia Philopotamidae solo registró 2 géneros, de los cuales solo *Chimarra* fue abundante en ambos periodos, al igual que lo reportado por [21] y [30]. El género *Wormaldia* recolectado en el periodo TAB fue muy escaso; esto es poco común, debido a que generalmente estas larvas prefieren quebradas pequeñas y muy limpias [21]. De la familia Hydropsychidae, *Leptonema* fue un género abundante y presente en ambos periodos hidrológicos; así también lo reportaron [25]-[27] y [32]. Según [33], *Leptonema* es más abundante en tierras altas y *Smicridea*, en tierra bajas, lo que explicaría la alta abundancia de *Smicridea* sobre *Leptonema*, *Macronema* y *Synoestropsis*, que se registraron con una baja abundancia. Como señala [33], las larvas de *Macronema* son raras en las colectas, y para [21], *Synoestropsis* es un género que es desconocido en cuanto a su biología y ecología.

La diversidad alfa a nivel temporal durante el periodo hidrológico AB registró mayor riqueza de géneros y diversidad que el periodo hidrológico TAB. Se ha demostrado que el fitoperifiton se desarrolla mejor en sustratos con una corriente mínima, propia de las bajas precipitaciones (periodo AB); al aumentar el caudal y las precipitaciones también se evidencia que este disminuye [34], [35]. Al existir una alta oferta de alimento en el periodo AB se explicaría la mayor riqueza y abundancia de larvas de tricópteros en este estudio.

En lo correspondiente a diversidad beta, en el periodo TAB la variación balanceada mostró un grupo formado por las estaciones E3, E5 y E6, con una disimilitud del 14,68 %; este grupo pertenece a la zona media y baja de la cuenca del río Quenane. Esto posiblemente se debe a que estas estaciones poseen variedad de sustratos y además conservan vegetación riparia que ayuda al establecimiento de las larvas de

tricópteros. No obstante, tienen en común perturbaciones asociadas con el turismo, la agricultura y la ganadería [36], lo que favorece el establecimiento de géneros tolerantes que se benefician de dichas condiciones (*Smicridea* y *Leptonema*) [5], [37].

Aunque en las estaciones E3 y E5 se registraron la mayoría de géneros exclusivos de este periodo, con abundancias bajas, esto no afectó el grado de disimilitud entre estas estaciones. En el periodo AB la diversidad beta fue determinada principalmente por la variación balanceada (73,41 %), lo que evidenció la formación de dos grupos: E2 y E3, con una disimilitud del 14,28 %, y E4, E5 y E6, con una disimilitud del 27,53 %. Las estaciones del primer grupo se caracterizaron por la presencia de balnearios turísticos ubicados en la parte media del río Quenane [36], además registraron temperatura, pH y conductividad similares; estas compartieron 4 de los 8 géneros (*Smicridea*, *Polycentropus*, *Chimarra* y *Helicopsyche*).

En la estación E3 también se registraron *Protoptila* y *Marilia* (un solo organismo en todo el muestreo). Las larvas de la familia Glossosomatidae habitan adheridas a las rocas en corrientes de aguas lóxicas, y las larvas de *Marilia* usualmente se encuentran en sustratos pedregosos-arenosos de corrientes lóxicas [33], lo que indica que los sustratos presentes en estas estaciones son propicios para el establecimiento de dichas larvas. A diferencia del estudio de [38], en el que esta familia fue abundante, ya que las quebradas muestreadas presentaban mayor velocidad de la corriente y, con ello, una mejor oxigenación, y baja temperatura del agua, lo que puede repercutir favorablemente en el establecimiento de estas larvas, en el río Quenane la corriente no tiene velocidades rápidas y la temperatura del agua es mucho más alta.

En cuanto al segundo grupo, las estaciones E4 (parte media), E5 y E6 (parte baja) comparten varios géneros (*Smicridea*, *Leptonema*, *Chimarra*, *Orthotrichia*, *Oxyethira* y *Oecetis*) aunque poseen diferentes características. En la estación E4 se presentan viviendas ubicadas en la ronda hídrica del río Quenane, con la consecuente pérdida de cobertura vegetal; en los alrededores de la estación E5 se desarrollan actividades agrícolas (arroz, cítricos, palma aceitera y maíz) que podrían generar algún efecto positivo en la abundancia de algunos géneros que son tolerantes a las afectaciones antrópicas, como *Smicridea* y *Leptonema*, considerados tolerantes [5], [26]; mientras que en la estación E6 predomina la corriente lenta y hay influencia de actividades de ganadería, lo que genera cambios en la vegetación, que incluyen pastos introducidos [37].

Existen algunas familias y géneros que pueden colonizar este tipo de corrientes, como Hydropsychidae (*Smicridea*) e Hydroptilidae (*Oxyethira*), reportados en corrientes lénticas ([22] capítulo 9), los cuales registraron abundancias altas en esta estación. Cabe resaltar a *Oxyethira*, que registró una abundancia mayor en esta estación con respecto a las otras estaciones donde fue recolectada.

Según el análisis de NDMS, se evidenció que los dos periodos hidrológicos tienen una composición diferente, lo cual se corrobora con la incidencia del caudal y la precipitación en la comunidad de larvas de tricópteros. Estas

se adaptan a dichas condiciones, por lo que pueden ser arrastradas con el sustrato cuando aumenta el caudal por causa de la precipitación, haciendo que se establezcan en otros sitios a lo largo del río Quenane [39].

De acuerdo con el RDA, se pudo evidenciar que solo tres variables fisicoquímicas fueron significativas para explicar la variación en la composición de tricópteros: DQO, coliformes fecales y conductividad, con correlaciones positivas y negativas de algunos géneros y estaciones con estas variables. Esto coincide con los estudios de [28], [37], [39]-[40], en los que las variables DQO y coliformes fecales también fueron significativas y estuvieron asociadas a la comunidad de tricópteros. Por otro lado, la conductividad eléctrica estuvo asociada con la composición de macroinvertebrados acuáticos en los estudios de [4], [27], [29], [37].

*Chimarra* y *Oecetis* se asociaron positivamente con valores altos de coliformes fecales, los cuales fueron abundantes en la estación E5 en el periodo aguas bajas (AB). Sin embargo, la principal actividad antrópica asociada con esta estación es la agricultura, que, no obstante, podría estar influenciada por las actividades que se desarrollan en la estación E4, donde sí se presentan vertimientos domésticos.

Por el contrario, la estación E2 en aguas bajas (AB) tuvo una relación negativa con valores altos de coliformes fecales, al parecer vinculada con la actividad económica predominante, el turismo. A diferencia de este estudio, *Chimarra* en estudios similares ha estado asociado con la temperatura, sólidos totales, fosfatos y profundidad [6]. De acuerdo con [3], las larvas de *Oecetis* se encuentran en zonas conservadas, pues son poco tolerantes a la contaminación, aunque en este estudio estos organismos no fueron afectados por los coliformes fecales, ya que estuvieron relacionados positivamente con esta variable.

En cuanto a DQO, ningún género se relacionó con esta variable; las estaciones E4 y E5 en el periodo TAB se relacionaron positivamente con esta variable, a diferencia de [6], que registró que DQO se asoció positivamente con *Protoptila*. La conductividad eléctrica se asoció con las estaciones E4 y E6 en el periodo hidrológico aguas bajas (AB), que efectivamente se caracterizaron por presentar valores altos de conductividad. Sin embargo, no se evidenció ningún género asociado con esta variable o estas estaciones, puesto que una conductividad elevada limita el establecimiento de los organismos [27], como ocurre con los organismos de la familia Hydroptilidae [41], los cuales tuvieron poca riqueza y abundancia en estas dos estaciones en el periodo AB.

Los demás géneros y estaciones no mostraron ninguna relación con las variables fisicoquímicas y bacteriológicas, lo que podría indicar que los cambios presentados en estas variables no los afectaron drásticamente. Esto posiblemente debido a que estas variables no tuvieron cambios abruptos que afectaran letalmente los tricópteros registrados en el río Quenane, o a que estos organismos podrían estar condicionados por otro tipo de factores [6].



## V. CONCLUSIONES

La familia Hydropsychidae representada por el género *Smicridea* registró la mayor abundancia a lo largo del río Quenane en ambos periodos hidrológicos, lo que la convierte en parte importante del ensamblaje de tricópteros.

La precipitación y el caudal fueron determinantes en el ensamblaje y composición de las larvas de tricópteros, y se registró mayor riqueza y abundancia en el periodo hidrológico de aguas bajas (AB), ya que dichas condiciones permiten el establecimiento de estos organismos.

Se evidenciaron varios tipos de perturbaciones ambientales que afectan el ensamblaje de tricópteros. En la parte alta (E1) no hubo presencia de organismos, ni siquiera de los más tolerantes, como *Smicridea*, debido al estancamiento de las aguas y los vertimientos residuales domésticos en el sitio. En la parte media, esto se debe a las perturbaciones por vertimientos residuales domésticos y por actividad turística; por último, en la parte baja se evidencia pérdida de bosque ripario, cuya franja es ocupada por pasturas introducidas que llegan hasta la orilla del río Quenane, lo que posiblemente estaría condicionando el ensamblaje de larvas de tricópteros a lo largo de este tramo.

De las variables fisicoquímicas analizadas solo tres fueron significativas para explicar la variación espacial de tricópteros (DQO, coliformes fecales y conductividad eléctrica); y únicamente coliformes fecales se asoció de manera positiva con dos géneros, *Chimarra* y *Oecetis*, mientras que los demás géneros no se relacionaron con estas u otras variables.

## AGRADECIMIENTOS

A los evaluadores del trabajo de grado de la primera autora: C. E. Tamariz-Turizo y G. Guevara, por sus valiosas contribuciones. Al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquía Colombiana (ICAOC) por la información facilitada producto del convenio marco de colaboración n.º 5211592 Ecopetrol–Unillanos: “Identificación de alternativas de manejo ambiental de los ríos Guayuriba y Ocoa y caños Quenane y Quenanito de la cuenca alta del río Meta, basado en estrategias educativas, investigativas y de proyección social”.

## REFERENCIAS

- [1] G. Roldán and J. J. Ramírez, *Fundamentos de limnología neotropical*, 2nd ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2008.
- [2] N. Bonada, N. Prat, V. H. Resh and B. Statzner, “Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches”, *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 51, pp. 495-523, 2006.
- [3] E. Domínguez and H. R. Fernández, *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, pp. 307, 2009.
- [4] F. Medellín, M. Ramírez and M. E. Rincón, “Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua”, *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 30, no. 2, pp. 197-203, 2004.
- [5] J. Vasquez, F. Ramirez, G. Reinoso and G. Guevara, “Distribución espacial y temporal de los tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia)”, *Caldasia*, vol. 32, no. 1, pp. 129-148, 2010.
- [6] E. J. Duarte Ramos, “Análisis faunístico de las larvas de insectos del orden trichoptera en la cuenca del río Alvarado, Departamento del Tolima”, undergraduate work, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia, 2014.
- [7] M. A. Torres-Mora, C. I. Caro-Caro, H. Ramírez-Gil, S. L. Parada-Guevara and J. M. Trujillo-González, “Cuenca alta del río Meta: Una

- mirada socioambiental a los ríos Guayuriba y Ocoa y al caño Quenane–Quenanito”, Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos, vol. 172, 2015.
- [8] C. Alonso Lozano, C. Cerquera Trujillo, Y. Enciso Aldana and C. Aristizábal Morales, “Plan de manejo ambiental de la microcuenca del caño Quenane del municipio de Villavicencio y Puerto López departamento del Meta (Informe final)”, Villavicencio: Especialización en Gestión Ambiental Sostenible, Universidad de los Llanos, 2012.
  - [9] D. P. Osorio-Ramírez, O. J. Díaz-Celis, C. I. Caro-Caro and J. Duque-Cabrera, “Generalidades del área de estudio. Cuenca alta del río Meta: Una mirada socioambiental a los ríos Guayuriba y Ocoa y al caño Quenane-Quenanito”, pp. 12–65, 2015.
  - [10] CHE - Confederación Hidrográfica del Ebro, “Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro: protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton, fitobentos (microalgas bentónicas), macrofitos, invertebrados bentó”, Zaragoza (informe técnico), 2005.
  - [11] R. F. Hauer and V. H. Resh, “Macroinvertebrates”, in *Methods in Stream Ecology*, 2nd ed., F. R. Hauer and G. A. Lamberti, Eds. Academic Press, 2007, pp. 435-463.
  - [12] N. Hamada, J. L. Nessimian and R. B. Querino, *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora INPA, 2014.
  - [13] A. M. Pes, R. W. Holzenthal, J. V. Sganga, A. P. Santos, P. Barcelos-Silva and L. M. Camargos, “Order Trichoptera”. In *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*, Academic Press, 2018, pp. 237-324.
  - [14] C. E. Moreno, F. Barragán, E. Pineda and N. P. Pavón, “Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 82, no. 4, pp. 1249-1261, 2011.
  - [15] T. C. Hsieh, K. H. Ma and A. Chao, “iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers)”, *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 7, no. 12, pp. 1451-1456, 2016.
  - [16] A. Baselga, “Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity”, *Global Ecology and Biogeography*, vol. 19, no. 1, pp. 134-143, 2010.
  - [17] A. Baselga, “Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: Balanced variation in abundance and abundance gradients”, *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 8, no. 7, pp. 799-808, 2016.
  - [18] J. Oksanen, F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGinn, P. R. Minchin, R.B. O’Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, E. Szocs and H. Wagner, “Vegan: Community ecology package”, R package version, 2.5-3, 2018.
  - [19] M. M. Vertel and C. E. Pardo, “Comparación entre el análisis canónico de correspondencias y el análisis factorial múltiple en tablas de frecuencias–variables continuas”, Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2010.
  - [20] RStudio Team RStudio, “Integrated development for R”, RStudio, vol. 42, no. 14, pp. 84, 2015.
  - [21] M. Springer, “Trichoptera”, *Revista de Biología Tropical*, vol. 58, pp. 151-198, 2010.
  - [22] L. Blanco-Belmonte, “Insectos acuáticos asociados a tres ríos de morichal de los llanos orientales, Cuenca del Orinoco, Venezuela”, in *Morichales y canangunchales de la Orinoquía y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I*, C. A. Lasso, A. Rial and V. González, Eds. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2013, pp. 165-180.
  - [23] M. Springer, “Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica”, *Revista de Biología Tropical*, pp. 273-286, 2006.
  - [24] F. Moreno-Rodríguez, C. I. Caro Caro, G. A. Pinilla and D. P. Osorio, “Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia”, *Acta Biológica Colombiana*, vol. 22, no. 3, pp. 274-306, 2017.
  - [25] C. Zúñiga, J. Chará, L. P. Giraldo, A. M. Chará-Serna and G. X. Pedraza, “Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la región andina colombiana, con énfasis en la entomofauna”, *Dugesiana*, vol. 20, no. 2, pp. 263-277, 2013.
  - [26] E. O. López-Delgado, J. M. Vásquez-Ramos and G. Reinoso-Flórez, “Listado taxonómico y distribución de los tricópteros inmaduros del departamento del Tolima”, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, pp. 42-49, 2015.

- [27] A. M. Jaimes-Contreras and C. Granados-Martínez, “Tricópteros asociados a siete afluentes de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 87, no. 2, pp. 436-442, 2016.
- [28] M. Custodio and F. Chanamé, “Analysis of benthic macroinvertebrates biodiversity of Cunas river by means of environmental indicators, Junin-Peru”, *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, no. 1, pp. 33-44, 2016.
- [29] C. A. Carvacho Aránguiz, “Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile”, M.S. thesis, Institut de Recerca de l'Aigua, Barcelona, 2012.
- [30] Z. Mosquera-Murillo, “Riqueza y distribución de tricópteros inmaduros del departamento del Chocó, Colombia,” *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, vol. 43, no 167, pp. 219-226, 2019.
- [31] C. Granados-Martínez and A. Batista, “Macroinvertebrados acuáticos”, in *Fauna de Caño Cristales, sierra La Macarena, Meta, Colombia*, C. A. Lasso and M. A. Morales-Betancourt, Eds. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2017, pp. 47-65.
- [32] J. M. Vásquez-Ramos, G. Guevara-Cardona and G. Reinoso-Flórez, “Factores ambientales asociados con la preferencia de hábitat de larvas de tricópteros en cuencas con bosque seco tropical (Tolima, Colombia)”, *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, pp. 21-40, 2014.
- [33] J. A. Posada-García and G. Roldán-Pérez, “Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el noroccidente de Colombia,” *Caldasia*, pp.169-192, 2003.
- [34] L. F. Martínez and J. Donato, “Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia)”, *Caldasia*, vol. 25, no. 2, pp. 337-354, 2003.
- [35] M. del P. Arcos-Pulido and A. C. Gómez-Prieto, “Microalgas perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia”, *Nova*, vol. 4, no. 6, pp. 60-79, 2006.
- [36] O. I. Vargas-Pineda, J. M. Trujillo-González and M. A. Torres-Mora, “Supply-demand of water resource of a basin with high anthropic pressure: Case study Quenane-Quenanito basin in Colombia”, *Air, Soil and Water Research*, vol. 13, no. 1, 2020.
- [37] L. P. Giraldo, J. Chará, M. D. C. Zúñiga, A. M. Chará-Serna and G. Pedraza, “Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia)”, *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, pp. 203-219, 2014.
- [38] G. González-Vargas and A. García-García, “Tricóptero-fauna del río Palmar, Cundinamarca, Colombia”, *The Biologist*, vol. 19, no 1, 2021.
- [39] J. M. Vásquez Ramos, “Composición y estructura de Tricópteros en cuencas con bosque seco tropical del departamento del Tolima”, M.S. thesis, Universidad del Tolima, Ibagué, 2012.
- [40] A. M. Meza-S, J. Rubio-M, L. G-Dias and J. M-Walteros, “Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la Subcuenca Alta del Río Chinchiná, Colombia”, *Caldasia*, pp. 443-456, 2012.
- [41] G. Everaert, J. De Neve, P. Boets, L. Dominguez-Granda, S. T. Mereta, A. Ambelu, T. H. Hoang, P. M. L. Goethals and O. Thas, “Comparison of the abiotic preferences of macroinvertebrates in tropical river basins”, *PLoS one*, vol. 9, no. 10, e108898, 2014.



**Yari Nathalia Sánchez Rodríguez.** Bióloga de la Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Miembro del Semillero de Investigación Ijacacu, Grupo de Investigación Evaluación, Manejo y Conservación de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros (GIREHPES), Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1324-8075>.



**Jesús Manuel Vásquez Ramos.** Biólogo de la Universidad del Tolima (2008). Magíster en Ciencias Biológicas de la Universidad del Tolima (2012), Ibagué, Colombia. Experiencia en investigación en ecosistemas acuáticos continentales con énfasis en ecología y taxonomía de macroinvertebrados acuáticos, ecología espacial y temporal en diversidad alfa y beta. Actualmente, es profesor ocasional tiempo completo del Departamento de Biología y Química de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad

de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación Evaluación Manejo y Conservación de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros (GIREHPES). Curador Museo de Historia Natural Unillanos (MHNU). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1465-9407>.



**Clara Inés Caro Caro.** Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia (1985). Magíster en Ecología del Centro de Investigación Científica de Ensenada -CICESE, Baja California, México. Doctora en Ciencias Agrarias de la Universidad de los Llanos, Colombia. Investigación en temas de gestión de la biodiversidad tropical y sus servicios ecosistémicos, gestión de socioecosistemas, ecosistemas estratégicos (acuáticos y de tierras bajas) y en gestión ambiental. Desempeño en entidades oficiales nacionales, como el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, la Corporación de Desarrollo Sostenible para la Mojana y el San Jorge (Corpomojana); en México, en el CIQRO, y actual Colegio de la Frontera Sur (Quintana Roo). Actualmente es docente de planta de la Universidad de los Llanos, adscrita al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquía Colombiana de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Sostenible (GIGAS).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1589-6535>.