

Artículo original

Composición y diversidad de tricópteros (Insecta: Trichoptera) en la región andino-amazónica colombiana

Composition and diversity of caddisflies (Insecta: Trichoptera) in the Colombian Andean-Amazonian region

✉ Jhonatan Gutiérrez-Garaviz^{1,2,3,*}, ✉ Odete Rocha¹, ✉ Marlon Peláez-Rodríguez²

¹ Departamento de Ecología e Biología Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

² Grupo de investigación em Calidad y Preservación de Ecosistemas Acuáticos, Universidad de la Amazonía, Leticia, Colombia

³ Grupo de Investigación para el Desarrollo Social y Tecnológico, SENA regional Huila, Neiva, Colombia

Resumen

El orden Trichoptera es un grupo de interés ecológico por su diversidad y sensibilidad ambiental. Se analiza aquí su composición, su diversidad taxonómica, y su relación con componentes del paisaje fluvial (oxígeno disuelto, sustrato, pH, cobertura vegetal, etc.) en la región andino-amazónica colombiana. Se establecieron 30 estaciones de muestreo en tres regiones de interés (Andes, Transición y Amazonas), donde se hicieron campañas de recolección entre el 2021 y el 2022. Se estimó la diversidad alfa (números de Hill) y beta (variación balanceada en abundancia, gradiente de abundancia), y se describieron sus patrones en las regiones. Además, se hicieron análisis multivariados (PCoA, PERMANOVA, RDA, dbRDA), asociando la estructura comunitaria con variables ambientales, y se aplicó el método del valor indicador (IndVal) por región. Se registraron 22 géneros, predominantemente de las familias Leptoceridae e Hydroptilidae y los géneros *Smicridea* y *Leptonema*, así como ocho taxones indicadores de las regiones. La región de los Andes se destacó en los números de Hill, y la variación balanceada fue el componente sobresaliente en la diversidad beta. Mediante el análisis PCoA, con un 56,37 % de la variación explicada, se diferenciaron dos grupos significativos, separando las regiones de Andes y Transición de la de Amazonas, lo cual se validó con un valor F en el PERMANOVA de 8,139 ($p = 0,001$). La altitud, el sustrato de origen vegetal (O.Veg) y el pH fueron los componentes ambientales significativos en los modelos RDA y dbRDA. Estos hallazgos indican que la región andino-amazónica alberga una composición taxonómica importante, con un recambio de géneros asociado a las condiciones ambientales a lo largo del gradiente ambiental.

Palabras clave: Diversidad; Recambio; Paisaje fluvial; Géneros indicadores.

Abstract

The order Trichoptera has a high ecological interest due to its diversity and environmental sensitivity. Our study examines its taxonomic composition and diversity and assesses its members' relationships with riverscape components (dissolved oxygen, substrate, pH, riparian vegetation cover, etc.) across the Colombian Andean–Amazonian region. We established 30 sampling sites in three focal regions (Andes, Transition, and Amazon) and conducted field surveys during 2021–2022. Alpha diversity (Hill numbers) and beta diversity (balanced variation in abundance and abundance gradient) were estimated to describe patterns among regions. We further applied multivariate analyses (PCoA, PERMANOVA, RDA, and dbRDA) to relate community structure to environmental variables, along with an indicator value (IndVal) analysis by region. We recorded 22 genera, with Leptoceridae and Hydroptilidae as the predominant families; *Smicridea* and *Leptonema* were particularly representative, and eight regional indicator taxa were identified. The Andean region showed the highest Hill numbers, and balanced variation was the dominant component of beta diversity. The PCoA explained 56.37% of the variation and distinguished two significant groups, separating the

Citación: Gutiérrez-Garaviz J, *et al.* Composición y diversidad de tricópteros (Insecta: Trichoptera) en la región andino-amazónica colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 50(195):456-468, abril-junio de 2026. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefn.3324>

Editor: Elizabeth Castañeda

***Correspondencia:**

Jhonatan Gutiérrez-Garaviz;
jgaraviz@estudiante.ufscar.br

Recibido: 14 de octubre de 2025

Aceptado: 17 de febrero de 2026

Publicado en línea: 15 de abril de 2026



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

Andes and Transition regions from the Amazon, as supported by PERMANOVA ($F = 8.139$; $p = 0.001$). Altitude, plant-derived substrate (O.Veg), and pH were significant predictors in the RDA and dbRDA models. Overall, these findings indicate that the Andean–Amazonian region harbors a distinctive taxonomic assemblage, with pronounced genus turnover associated with environmental conditions along the riverscape gradient.

Keywords: Diversity; Turnover; Riverscape; Indicator genera.

Introducción

La región andino-amazónica de Colombia se conoce como uno de los lugares más diversos y dinámicos del Neotrópico, con hábitats terrestres y acuáticos que albergan una biodiversidad sobresaliente (**Bogotá-Gregory et al.**, 2024; **Gutiérrez-Garaviz et al.**, 2025). En esta región, la Amazonia occidental se ha moldeado en la interacción con la cordillera de los Andes, cuyo gradiente altitudinal y condiciones ambientales extremas han definido las condiciones actuales por la acción de su levantamiento en el tiempo (**Hoorn et al.**, 2010).

Los ecosistemas acuáticos de esta región proporcionan servicios esenciales para la regulación hídrica, la calidad del agua, el flujo de energía y las redes tróficas, entre otros (**Castelo & Macedo**, 2016). Sin embargo, las condiciones del paisaje fluvial están fuertemente amenazadas por actividades antrópicas como la deforestación, las cuales provocan alteraciones significativas en las variables ambientales, entre ellas, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, los nutrientes y la estructura del hábitat (**Armenteras et al.**, 2011; **Artaxo et al.**, 2021), generando una presión negativa sobre su biodiversidad. Algunas investigaciones predicen, incluso, una desconexión entre los Andes y el Amazonas (**Clerici et al.**, 2019; **Murillo-Sandoval et al.**, 2022; **Sierra et al.**, 2021), lo que podría afectar significativamente dinámicas ecológicas como la dispersión de especies (**Mosquera-Guerra et al.**, 2025).

En estos ecosistemas acuáticos hay una gran variedad de comunidades biológicas. Entre estas se cuentan los insectos, cuya identificación, especialmente en estados inmaduros, sitúa el orden Trichoptera como un grupo de interés caracterizado por su sensibilidad ambiental, diversidad taxonómica y rol funcional en ambientes lóticos (**Kalaninová et al.**, 2014; **Morse et al.**, 2021), lo que lo convierte en un modelo ecológico ideal en los estudios que buscan determinar la influencia de las variables ambientales de escala regional o local en su composición (**Duarte & Reinoso-Flórez**, 2020; **Razo-González et al.**, 2023; **Vásquez-Ramos et al.**, 2014), así como patrones espaciales de diversidad en la región andino-amazónica, como ya se ha demostrado en investigaciones anteriores con el orden Ephemeroptera **en el departamento del Caquetá (verificar con los autores)** (**Gutiérrez-Garaviz et al.**, 2024; 2025).

Varias investigaciones adelantadas en Colombia han abordado aspectos taxonómicos y ecológicos del orden Trichoptera (**Flint**, 1991; **Mosquera-Murillo**, 2019; **Muñoz-Quesada**, 2000; **Serna et al.**, 2015); sin embargo, aún existen vacíos de conocimiento sobre este grupo, principalmente en la región andino-amazónica del departamento del Caquetá, donde estas se han limitado al examen de la composición de macroinvertebrados acuáticos (**Chaux et al.**, 2019; **Bravo & Restrepo**, 2021; **González et al.**, 2020; **Gutiérrez-Garaviz et al.**, 2016), lo que hace necesario nuevos estudios sobre la diversidad alfa y los mecanismos ecológicos que hacen parte de la diversidad beta.

La diversidad alfa corresponde a la riqueza y la equidad de las especies en el ámbito de la complejidad ecológica local (**Rodrigues da Silva et al.**, 2022). Su estimación se hace a partir de los números de Hill (**Hill**, 1973; **Jost**, 2006), que miden el número de especies que coexisten en un determinado lugar (**Roswell et al.**, 2021). La diversidad beta, por su parte, se expresa de forma general como la variación de especies entre sitios, conectando la diversidad local con el conjunto regional (**Anderson et al.**, 2011). En este sentido, se definen dos componentes, el recambio direccional (*turnover*) a lo largo de un gradiente espacial, temporal o ambiental, y el anidamiento, es decir, la variación no direccional dentro de una región (**Anderson et al.**, 2011; **Baselga**, 2010).

En ese contexto, nuestro estudio aspira a llenar estos vacíos de conocimiento mediante un análisis detallado de la composición taxonómica, de los estimativos de diversidad alfa y diversidad beta, y de la influencia que pueden tener diferentes componentes ambientales del paisaje fluvial sobre el orden Trichoptera presente en la región andino-amazónica del departamento del Caquetá, Colombia. Considerando que entre la cordillera de los Andes y la planicie amazónica existe una heterogeneidad ambiental, se propuso como hipótesis que las condiciones ambientales cambiantes del sustrato, la cobertura vegetal, el oxígeno disuelto y la temperatura del agua a lo largo del paisaje fluvial del gradiente altitudinal, son determinantes en la composición y la diversidad del orden Trichoptera, estableciendo dos agrupaciones espaciales. Además, se anticipó que el componente de recambio sería dominante en la región de estudio.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se localizó en el departamento de Caquetá e incluyó ecosistemas lóticos de primer y tercer orden, tanto de paisajes fluviales altoandinos como tierras bajas amazónicas, con una variación altitudinal entre los 231 y los 2205 m s.n.m (**Figura 1**) (**Tabla S1**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3324/5325>), en los municipios de Belén de los Andaquíes, El Doncello, El Paujil, Florencia, Milán, Montañita y San José del Fragua. En el diseño experimental se definieron tres regiones de interés, cada una con diez estaciones de muestreo, cuya selección se fundamentó en la accesibilidad y la seguridad, y una base de datos de cobertura vegetal y uso del suelo como referente (datos abiertos del **Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI**, 2023). Los ecosistemas lóticos de la región de los Andes (E1:E10) están ubicados en un rango altitudinal entre los 581 y 2205 m s.n.m y su flujo de agua está dominado por rápidos, con buena oxigenación (> 6 mg/l), sustrato rocoso en bloques,

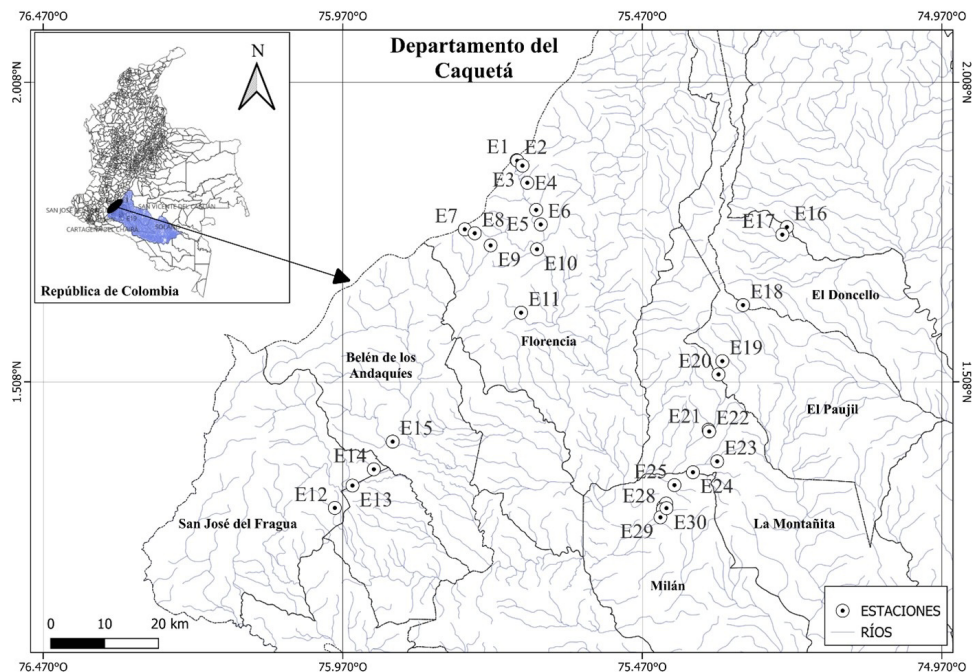


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en la región andino-amazónica del departamento del Caquetá (Colombia), donde se recolectó el material biológico asociado a distintos ecosistemas lóticos durante los periodos de muestreo de octubre a noviembre de 2021 y febrero a abril de 2022. Estaciones de muestreo (E)

cobertura vegetal predominantemente de bosques y presencia de actividad agropecuaria en algunas estaciones de muestreo. En la región de Transición (rango altitudinal: 276-396 m.s.n.m; E11:E20), los ríos también se caracterizan por su sustrato rocoso de menor tamaño (cantos, gravas), además de sustrato blando (arenas), con un flujo de agua que varía entre rápidos y remansos; allí se evidencia una intensa actividad ganadera y la fragmentación de la vegetación ribereña formada por una miscelánea de pastos y vegetación natural. Por último, la región de Amazonas (rango altitudinal: 231-266 m s.n.m; E21:E30), se caracteriza por la dominancia de aguas más lentas (mayor presencia de remansos), sustrato blando (limos, arcillas) y depósitos de materia orgánica gruesa (hojas, tallos, ramas), menor concentración de oxígeno (<6 mg/l), marcada actividad ganadera y presencia de una miscelánea de pastos y vegetación natural.

Muestreo y laboratorio

En cuatro jornadas de campo entre octubre y diciembre de 2021 y febrero y abril de 2022, se recolectó el material biológico mediante un muestreo multihábitat ajustado a lo indicado por **Rodríguez-Capítulo et al.** (2009), **Wantzen y Rueda-Delgado** (2009) y **Roldán y Ramírez** (2022), en un tramo de estudio de 100 metros de longitud en cada estación. Se realizaron diez arrastres en contracorriente utilizando una red Surber con poro de maya de 250 micras y área de 30 x 30 cm. El material biológico se preservó en etanol al 75 %; posteriormente, se separó y se identificaron los individuos del orden Trichoptera con la ayuda de equipos de óptica (microscopio Zeiss Primo Star y estereoscopio Stemi DV4), y guías y claves taxonómicas de **Posada-García & Roldán-Pérez** (2003), **Angrisano & Sganga** (2009), **Pes et al.** (2014), y **Pes et al.** (2018).

En cuanto a los componentes ambientales del paisaje fluvial en cada estación de muestreo (**Tabla S2**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3324/5325>), se estableció el promedio de velocidad del agua (Ve; m/s) y la profundidad (Pr;m) utilizando un flujómetro Global Water. Con una sonda multiparamétrica profesional AZ86031 se registraron el oxígeno disuelto (OD; mg/l), el potencial de hidrogeniones (pH), la temperatura del agua (Te; °C), los sólidos totales disueltos (TDS; ppm) y la conductividad (Co; uS/cm). Para la determinación de la composición del sustrato se definieron las siguientes categorías, adaptadas de **Hynes** (1972): bloques (>25 cm de diámetro), cantos (6 cm-25cm), gravas (2 cm-6 cm), arenas (0,06 mm-2mm), y material de origen vegetal (O.Veg.). De manera visual y el respaldo de las imágenes satelitales (Landsat-8, resolución 30 m), se estableció el porcentaje de la cobertura vegetal (CV). El tipo de vegetación riparia (árboles, arbustos, pastos, herbáceas), se determinó con la ayuda de datos SIG (datos abiertos del **SINCHI**, 2023); la información se procesó en el *software* estadístico QGIS V. 3.30.2, utilizando la herramienta de geoprociamiento “Union” y contrastando los puntos de muestreo con el tipo de vegetación.

Análisis de datos

Se evaluó la efectividad del muestreo teniendo en cuenta el enfoque de **Chao et al.** (2014) a partir de los datos de abundancia; dicho enfoque se basa en la diversidad de primer orden según los números de Hill ($q=0$) y en él se usan curvas de extrapolación-interpolación de la cobertura de la muestra y la rarefacción (**López-Orozco et al.**, 2024). Posteriormente, se estimó la diversidad alfa taxonómica siguiendo las recomendaciones de **Jost** (2006) y **Chao et al.** (2014) y calculando los números de **Hill** (1973) a partir de un análisis asintótico, donde $q=0$ corresponde al número de géneros observados, $q=1$ a la diversidad de Shannon-Wiener y $q=2$ al inverso de Simpson. En estos análisis se utilizaron las librerías “iNEXT,” “ggplot2,” y “ggthemes.” Para determinar la diversidad beta taxonómica, se calcularon los componentes de variación balanceada en abundancia (dbc-bal), lo cual se aplica cuando los individuos de algunas especies en un sitio son sustituidos por el mismo número de individuos de otras especies en otro sitio, así como el gradiente de abundancia (dbc_gra), es decir, la pérdida de individuos entre sitios (**Baselga**, 2013). Se utilizó la librería “betapart” y las funciones “beta.multi.abund” y “beta.pair.abund”.

A partir de la composición del orden Trichoptera, se aplicó un análisis de coordenadas principales (PCoA), examinando la diferencia de manera gráfica entre regiones con base en la distancia de Bray-Curtis y el uso de las librerías “vegan” y “ggplot2”. Para evaluar su significación estadística en los agrupamientos, se utilizó un análisis multivariado permutacional de varianza (PERMANOVA), empleando las funciones “vegdist” y “adonis2” de la librería “vegan”. Seguidamente, se hizo un análisis de valor indicador (IndVal) a escala de género, buscando identificar taxones sobresalientes en cada una de las regiones de interés. En este análisis se utilizaron las librerías “stats” e “indicpecies” con la función “multipatt”.

Por último, se determinó la influencia de las diferentes variables ambientales del paisaje fluvial sobre la composición y la diversidad beta del orden Trichoptera mediante dos análisis, no sin antes aplicar la transformación de Hellinger sobre la variable dependiente que, en este caso, correspondía a los datos biológicos (se utilizó la función “decontand” de la librería “vegan”), estandarizar las variables físicas y químicas (media= 0, desviación estándar= 1) y utilizar la función “forward.sel function” de la librería “vegan” para seleccionar variables predictoras. El primero fue el RDA (análisis de redundancia), con el que se buscaban las variables ambientales que influyeran en la composición taxonómica. El segundo fue un dbRDA (análisis de diversidad), soportado en la distancia de Bray-Curtis, con el fin de establecer la influencia de las variables independientes sobre la diversidad beta.

Todos los análisis se hicieron con el *software* estadístico R, versión 4.4.1.

Resultados

Composición taxonómica y evaluación del muestreo del orden Trichoptera en la región andino-amazónica

Se colectaron 789 larvas del orden Trichoptera en las tres regiones de estudio (**Tabla S3**, <https://www.raccefyfn.co/index.php/raccefyfn/article/view/3324/5325>). La abundancia se concentró principalmente en la región Andes (530 ejemplares; 67,2 %), seguida por la de Transición (172; 21,8 %) y la Amazonas (87; 11,0 %). Se identificaron doce familias y 22 taxones. Sobresalieron las familias Leptoceridae e Hidroptilidae en términos de riqueza genérica (18,2 % de la riqueza total) y los géneros *Smicridea* (249) y *Leptonema* (132) a nivel de abundancia.

La cobertura de muestreo fue de 100 % en cada una de las regiones evaluadas, para garantizar que la recolección fuera adecuada para la diversidad local (**Figura 2A**). Las curvas de rarefacción y extrapolación basadas en el número de individuos indicaron que al duplicar el tamaño de la muestra se obtendría la misma riqueza en las regiones de Transición y Amazonas, aunque en la de Andes, la ganancia de géneros sería mínima (**Figura 2B**).

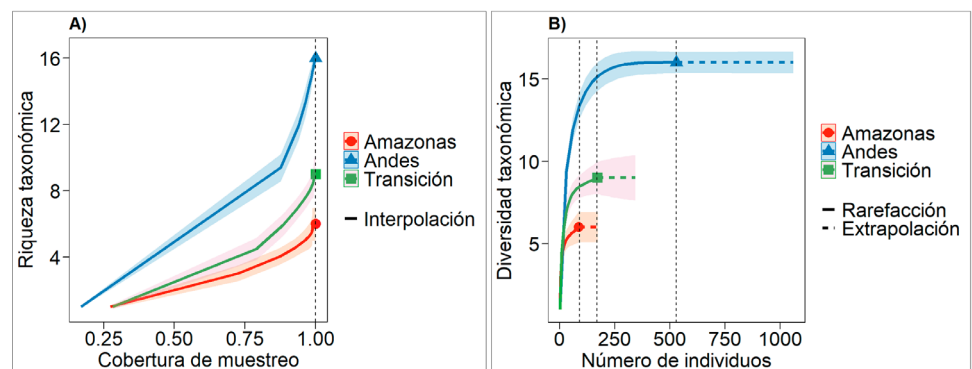


Figura 2. Evaluación del esfuerzo de muestreo y curvas de rarefacción y extrapolación estimadas para el orden Trichoptera en cada una de las regiones del corredor andino-amazónico en el departamento del Cauquetá

Diversidad taxonómica y géneros indicadores

En términos de diversidad alfa taxonómica (números de Hill) (**Figura 3A**), la región Andes registró los valores más altos en los tres estimativos calculados (riqueza = q_0 , diversidad de Shannon-Wiever = q_1 , e inverso de Simpson = q_2), comparada con las regiones de Transición y Amazonas. En el análisis de la diversidad beta taxonómica (**Figura 3B**) hubo una disimilitud total de $dbc (= 0,9457)$ entre regiones, dominada principalmente por la variación balanceada de la abundancia ($dbc_bal = 0,8472$), mientras que el componente del gradiente de abundancia fue considerablemente menor ($dbc_gra = 0,0984$). La variación balanceada explicó más del 70 % de la disimilitud en los pares de Andes-Amazonas ($dbc_bal = 0,73$; $dbc_gra = 0,12$) y Transición-Amazonas ($dbc_bal = 0,71$; $dbc_gra = 0,13$), superando el 40 % entre Andes y Transición ($dbc_bal = 0,42$; $dbc_gra = 0,31$).

El PCoA (**Figura 4**) evidenció una segregación espacial marcada entre las tres regiones, explicando en conjunto el 56,37 % de la variación. Las estaciones de la región Amazonas se aislaron claramente de las de Andes y Transición. Esta separación fue estadísticamente significativa ($F_{permanova} = 8,139$; $p = 0,001$).

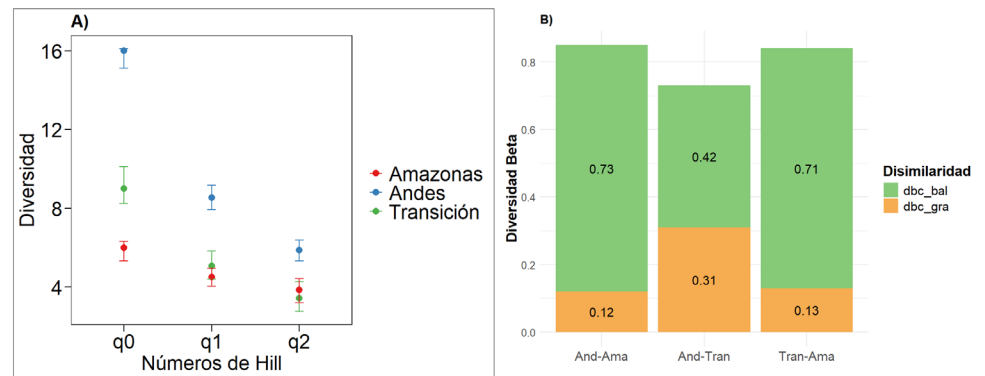


Figura 3. Resultados de los números de Hill (A) y los componentes de diversidad beta (B) aplicados al orden Trichoptera recolectado en diferentes ecosistemas lóticos de la región andino-amazónica, departamento del Caquetá, Colombia. Variación balanceada en abundancia (dbc_bal); gradiente de abundancia (dbc_gra)

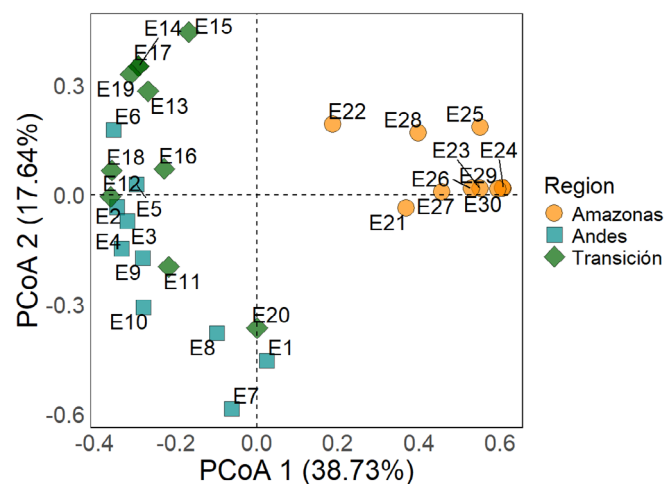


Figura 4. Análisis de coordenadas principales (PCoA) aplicado al orden Trichoptera recolectado en diferentes ecosistemas lóticos dentro de la región andino-amazónica, departamento de Caquetá, Colombia

El análisis del valor indicador (IndVal) detectó ocho géneros de tricópteros acuáticos con significación estadística asociada a cada una de las regiones de estudio ($p < 0,05$) (**Figura 5**). Los géneros *Atopsyche* (“Ato”), *Leptonema* (“Lept”), *Phylloicus* (“Phi”) y *Helicopsyche* (“Hel”) son exclusivos de la región Andes; *Smicridea* (“Smi”) y *Netopsyche* (“Net”) se asociaron conjuntamente a la interacción Andes – Transición; *Oecetis* (“Oe”) y *Macronema* (“Mac”) se identificaron como géneros específicos de la región Amazonas.

Tricópteros acuáticos y paisaje fluvial

En el análisis de redundancia (RDA) aplicado a la composición taxonómica, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,40, mientras que en el análisis de redundancia basado en la distancia de Bray-Curtis (dbRDA) en la diversidad beta, el R^2 alcanzó un valor de 0,42. De las 18 variables contrastadas, el modelo seleccionó un conjunto de tres que explicaban la mayor variación (**Tabla 1**): sustrato de origen vegetal (O.Veg.), pH y altitud.

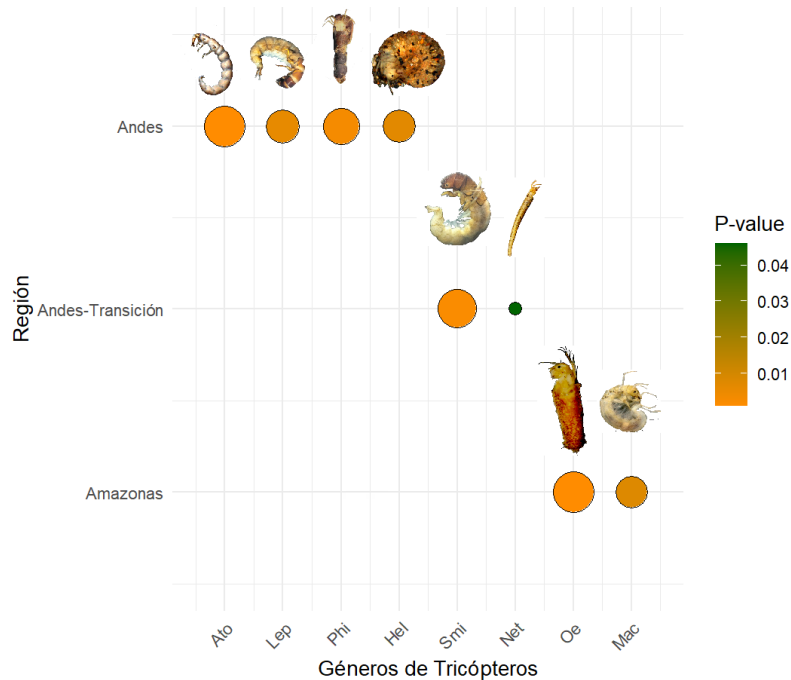


Figura 5. Resultados de géneros indicadores (Indval) del orden Trichoptera en cada una de las regiones evaluadas, teniendo en cuenta sus interacciones. *Atopsyche* (Ato), *Leptonema* (Lep), *Phylloicus* (Phi), *Helicopsyche* (Hel), *Smicridea* (Smi), *Nectopsyche* (Nec), *Oecetis* (Oe), *Macronema* (Mac)

Tabla 1. Resultados del análisis multivariado que relaciona las variables ambientales con la composición y la diversidad beta del orden Trichoptera en ecosistemas lóticos de la región andino-amazónica, departamento del Caquetá (Colombia). Origen vegetal (O.Veg.), potencial de hidrogeniones (pH). Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$

Variable predictora	Varianza	F	Composición (RDA)		Diversidad Beta (dbRDA)			
			d.f	PR(>F)	Suma de cuadrados	F	d.f	PR(>F)
O.Veg.	0,1918	11,1907	1	0,001***	3,1237	12,6871	1	0,001***
pH	0,0573	3,3462	1	0,003**	0,9065	3,6817	1	0,003*
Altitud	0,0483	2,8219	1	0,011*	0,7631	3,0996	1	0,007**
Residuales	0,4458		26		6,4014		26	

Discusión

El presente estudio aporta información novedosa sobre la composición y distribución de tricópteros acuáticos a lo largo del gradiente andino-amazónico. La hipótesis planteada inicialmente indicaba el establecimiento de dos agrupaciones, lo cual fue validado en el estudio, diferenciando la región andina de la planicie amazónica. Estas dos agrupaciones definidas responden a variables ambientales locales que influyen en la rotación taxonómica como componente de la diversidad beta dominante. Sin embargo, según esa misma hipótesis, solo el sustrato focalizado en la categoría de origen vegetal (O.Veg.) se validó como variable ambiental explicativa.

Los resultados obtenidos para la composición encontrada en el área de estudio refuerzan lo publicado previamente en los trabajos de **Gutiérrez-Garaviz et al.** (2016), **Bravo & Restrepo** (2021) y **González et al.** (2025) relativo al departamento del Caquetá, agregando puntos nuevos de distribución geográfica. Además, en la región andino-amazónica la composición reportada se respalda con la elevada completitud del muestreo, con una ganancia mínima en Andes, lo que convierte este estudio en un referente importante para futuras investigaciones orientadas a abordar el grupo en la escala de especie.

La mayor riqueza genérica asociada a las familias Leptoceridae e Hydroptilidae coincide con otras investigaciones en la región andina (**López-Delgado et al.**, 2015; **Ríos-Touma et al.**, 2017, **Meza-Salazar et al.**, 2020). Estas dos familias se caracterizan por presentar una diversidad importante, principalmente los hydroptílidos, exhibiendo una gran capacidad de construcción de refugios y utilizando fuentes de material orgánico o inorgánico disponibles tanto en ecosistemas lóticos como lénticos (**Springer**, 2010). Asimismo, *Smicridea* y *Leptonema* son géneros que comúnmente representan una proporción significativamente abundante dentro de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el país (**Vásquez-Ramos et al.**, 2014; **López-Delgado et al.**, 2015; **Granados-Martínez et al.**, 2025), lo que se valida como tendencia en la región andino-amazónica.

La región de los Andes exhibió los valores más altos de diversidad alfa taxonómica estimada, lo que probablemente refleja su variedad de condiciones ambientales y la heterogeneidad de sustratos disponibles para procesos de colonización. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que reflejan la alta riqueza del orden Trichoptera en la cordillera de los Andes (**Gutiérrez-Garaviz et al.**, 2014; **Meza-Salazar et al.**, 2020; **Ríos-Pulgarín et al.**, 2022). Por el contrario, la región de Transición, y en especial el Amazonas, reflejan valores más bajos en los números de Hill debido a que esta última área puede presentar ambientes más homogéneos, que definirían una distribución menos uniforme de géneros de Trichoptera. **Lessmann et al.** (2016) encontraron que Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera presentaban una mayor diversidad en elevaciones más altas, mientras que Odonata y Hemiptera, eran más diversos en tierras bajas; además, los autores plantearon que los gradientes ambientales pronunciados y la mayor heterogeneidad pueden ser claves para los invertebrados acuáticos, presentándose una mayor diversificación a mayores elevaciones, en tanto que en altitudes menores, la menor variación topográfica y las variables físicas y químicas del agua fueron determinantes en la diversificación.

Los resultados de diversidad beta taxonómica indicaron una sustitución del mismo número de individuos en la composición, evidenciada a través de patrones claros de reemplazo de géneros entre las regiones estudiadas, con valores superiores al 70 % entre los Andes y la región de Transición con respecto a la planicie amazónica. Además, la formación de dos grupos en el análisis PCoA, con significación estadística validada (PERMANOVA), soportan la idea de que las diferencias identificadas en la estructura de la comunidad no tienen un carácter aleatorio, sino que son el reflejo de una influencia regional que define espacialmente la comunidad de tricópteros acuáticos. **Hoorn et al.** (2010) plantean que el levantamiento de la cordillera de los Andes ha sido determinante en el establecimiento de la biodiversidad regional. Asimismo, **Shimabukuro et al.** (2023) indican que las montañas son barreras geográficas que definen la distribución de especies,

limitando la dispersión, lo que explicaría el reemplazo de géneros de Trichoptera en la región andino-amazónica, componente de diversidad beta que ya ha sido validado para el orden Ephemeroptera (Gutiérrez-Garaviz *et al.*, 2025).

El análisis de las variables abióticas evidenció que la estructura de las comunidades de tricópteros acuáticos está determinada parcialmente por una interacción de factores regionales y locales atravesados por la discontinuidad espacial en el paisaje fluvial dentro de la región andino-amazónica. La altitud es un gradiente ambiental complejo que relaciona otras variables como la temperatura y el oxígeno disuelto (Lujan *et al.*, 2013), siendo un factor influyente en el recambio de géneros y especies, como ya se ha demostrado en el orden Ephemeroptera en la región de interés (Gutiérrez-Garaviz *et al.*, 2024). La variación del pH puede actuar como un filtro ambiental que restringe la distribución de familias sensibles (Henriques-Oliveira *et al.*, 2015). En cuanto al sustrato, se ha documentado que su heterogeneidad constituye un factor esencial para incrementar la diversidad (Duarte & Reinóso-Flórez, 2020; Menegat *et al.*, 2025), lo que explicaría los mayores valores de alfa de la diversidad taxonómica en la región de Andes, caracterizada principalmente por sustratos rocosos que pueden albergar una variedad de microhábitats. Sin embargo, el sustrato de origen vegetal (variable significativa en el modelo RDA) es relevante para la región de Amazonas, donde la acumulación de materia orgánica particulada gruesa, la presencia de raíces asociadas a la vegetación ribereña y las macrófitas acuáticas proporcionan refugios que favorecen la colonización de diferentes taxones de Trichoptera, como ya se ha demostrado con el orden Ephemeroptera (Gutiérrez-Garaviz *et al.*, 2025).

La selección de géneros indicadores mediante el análisis IndVal puede ser una herramienta útil para monitorear cambios ecológicos en los diferentes componentes del paisaje fluvial dentro de la región andino-amazónica. Al contrastar los datos abióticos con este análisis, se observó que los géneros exclusivos de las regiones de Andes y Transición están presentes en condiciones de sustrato rocoso, aguas rápidas y altitudes elevadas, mientras que los géneros de Amazonas viven en zonas bajas y se recolectaron sobre sustratos vegetales, como ya se ha indicado (raíces de vegetación riparia, macrófitas acuáticas), y en aguas lentas. En este contexto, el aumento de la pérdida de conectividad física y ambiental entre los Andes y la Amazonía, preocupación que ya se ha señalado en los trabajos de Murillo-Sandoval *et al.* (2022) y López *et al.* (2024), debería reflejarse en cambios detectables en la presencia y la abundancia de estos géneros indicativos, ofreciendo una alerta temprana para la conservación de la biodiversidad regional y el sostenimiento ecosistémico.

Conclusión

La región andino-amazónica alberga una notable composición taxonómica de tricópteros, sobresaliendo *Atopsyche*, *Leptonema*, *Phylloicus*, *Helicopsyche*, *Smicridea*, *Netopsyche*, *Oecetis* y *Macronema* como géneros indicadores. En términos de diversidad alfa taxonómica (números de Hill), los Andes superaron a las regiones de Transición y la Amazonía, en tanto que en la diversidad beta taxonómica predominó el componente de variación balanceada, reflejando una marcada sustitución de individuos de algunos géneros por el mismo número de individuos de diferentes géneros entre la cordillera de los Andes y la planicie amazónica.

La composición y la diversidad de la comunidad de tricópteros acuáticos se ven influenciadas por los componentes del paisaje fluvial, destacando el sustrato (origen vegetal), el pH y el gradiente altitudinal.

Información suplementaria

Ver la información suplementaria en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3324/5325>

Agradecimientos

Al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de Brasil por financiar parte del proyecto (con tasa bancaria asociada a la beca doctoral, proceso 141626/2020-8). A la Universidad de la Amazonía y la Universidade Federal de São Carlo, por el apoyo en campo y en el laboratorio.

Contribución de los autores

JGG: conceptualización, investigación, análisis formal, redacción del borrador original.
OR: conceptualización, redacción, revisión y edición. **MPR:** revisión y edición.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., Sanders, N. J., Cornell, H. V., Comita, L. S., Davies, K. F., Harrison, S. P., Kraft, N. J. B., Stegen, J. C., Swenson, N. G.** (2011). Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist: Roadmap for beta diversity. *Ecology Letters*, *14*(1), 19-28. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Agrisano, E.B. & Sganga, J.V.** (2009). Trichoptera, Capítulo 9. En E. Domínguez y H. R. Fernández (Ed.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología* (255-307). Fundación Miguel Lillo.
- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J., Morales, M.** (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, *11*(3), 693-705. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0200-y>
- Artaxo, P., Almeida-Val, V.M.F, Bilbao, B., Brando, P., Bustamante, M., Coe, M.T., Correa, S.B., Cuesta, F., Costa, M.H., Miralles-Wilhelm, F., Salinas, N., Silvério, D.V., Val, A.L.** (2021). Chapter 23: Impacts of deforestation and climate change on biodiversity, ecological processes, and environmental adaptation. In C. Nobre, A. Encalada, E. Anderson, F.H. Roca Alcazar, M. Bustamante, C. Mena, M. Peña-Claros, G. Poveda, J.P. Rodríguez, S. Saleska, S. Trumbore, A.L. Val, L. Villa Nova, R. Abramovay, A. Alencar, C. Rodríguez Alzza, D. Armenteras, P. Artaxo, S. Athayde, H.T. Barretto Filho... G. Zapata-Ríos (Ed.), *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network. <https://doi.org/10.55161/VKMN1905>
- Baselga, A.** (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* *19*, 134-143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>
- Baselga, A.** (2013). Separating the two components of abundance-based dissimilarity: balanced changes in abundance vs. abundance gradients. *Methods in Ecology and Evolution*, *4*, 552-557. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12029>
- Bogota-Gregory, J.D., Jenkins, D.G., Acosta-Santos, A., Agudelo-Córdoba, E.** (2024). Fish diversity of Colombian Andes-Amazon streams at the end of conflict is a reference for conservation before increased land use. *Ecology and Evolution*, *14*(3), e11046. <https://doi.org/10.1002/ece3.11046>
- Bravo Chaves, L.R. & Restrepo Franco, G.M.** (2021). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *17*(1), 57-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5432>
- Castello, L. & Macedo, M. N.** (2016). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, *22*(3), 990-1007. <https://doi.org/10.1111/gcb.13173>
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K., Ellison, A.M.** (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* *84*, 45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chaux, J.P., Pimentel-Parra, G.A., Murcia-Ordoñez, B., Chaves-Moreno, L. C., Acosta, L. C., Suárez, L.F.** (2019). Biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Río Fragua Chorroso y su papel como bioindicador de calidad de agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *14*(2), 130-137. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3222>

- Clerici, N., Salazar, C., Pardo-Díaz, C., Jiggins, C.D., Richardson, J.E., Linares, M.** (2019). Peace in Colombia is a critical moment for Neotropical connectivity and conservation: Save the northern Andes-Amazon biodiversity bridge. *Conservation Letters*, 12(1): e12594. <https://doi.org/10.1111/conl.12594>
- Duarte Ramos, E. J. & Reinoso-Flórez, G.** (2020). Composición y estructura de larvas del orden Trichoptera (Arthropoda: Insecta) en la quebrada Las Perlas, Ibagué - Colombia. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 44(171), 471-481. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.964>
- Flint Jr., O.S.** (1991). *Studies of Neotropical caddisflies, XLV: The taxonomy, phenology, and faunistics of the Trichoptera of Antioquia, Colombia*. Smithsonian Contributions to Zoology, no. 520.
- González, I. G., Núñez-Avellaneda, M., Zúñiga, M.D.C.** (2020). Los macroinvertebrados acuáticos de la región andino-amazónica colombiana: Camino Andakí, departamento de Caquetá. *Revista Colombiana Amazónica*, 12, 191-202.
- González, I., Núñez-Avellaneda, M., Castro-Pulido W.** (2025). Colección de Macroinvertebrados Acuáticos de la Amazonia Colombiana. Version 2.2. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15472/j75tor>
- Granados-Martínez, C., Guevara-Mora, M., López-López, E., Rincón-Ramírez, J.** (2025). Changes in Macroinvertebrate Community Structure Associated with Land Use in Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Water*, 17, 2142. <https://doi.org/10.3390/w17142142>
- Gutiérrez-Garaviz, J., Zamora-González, H., Andrade-Sossa, C.E.** (2014). Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Revista Biodiversidad Neotropical*, 4(2), 113-123. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v4i2.137>
- Gutiérrez-Garaviz, J., Peláez-Rodríguez, M., Ovalle-Serrano, H.** (2016). Macroinvertebrados acuáticos presentes en dietas de peces de la cuenca del río Hacha (Caquetá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 420-432. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.344>
- Gutiérrez-Garaviz, J., Rocha, O., Peláez-Rodríguez, M., Agredo- Jiménez, O.** (2024). Ephemeroptera (Insecta) en un gradiente altitudinal de la región andino-amazónica colombiana: validación de una regla de Rapoport. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 48(187), 383-395. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2631>
- Gutiérrez-Garaviz, J., Rocha, O., Rodríguez Peláez, M., González-Trujillo, J.D.** (2025). Diversity and distribution of Ephemeroptera (Insecta) along the Colombian Andean-Amazonian transition. *Hydrobiologia*, 852, 1663-1675. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05769-y>
- Henriques-Oliveira, A.L., Nessimian, J.L., Baptista, D.F.** (2015). Diversity and composition of Trichoptera (Insecta) larvae assemblages in streams with different environmental conditions at Serra da Bocaina, Southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 27(4), 394-410. <https://doi.org/10.1590/s2179-975x3215>
- Hill, M.O.** (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., Ter-Steege, H., Bermúdez, M.A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartín, I., Sánchez-Meseguer, A.C., Anderson, L., Antonelli, A.** (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330(6006), 927-931. <https://doi.org/10.1126/science.1194585>
- Hynes, H. B. N.** (1972). *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press., Ontario.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.** (11 de julio de 2023). Coberturas de la tierra SIMCOBA. Datos abiertos. <https://datos.siatic.co/pages/coberturas>
- Jost, L.** (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kalaninová, D., Bulánková, E., Šporka, F.** (2014). Caddisflies (Trichoptera) as good indicators of environmental stress in mountain lotic ecosystems. *Biologia*, 69(8), 1030-1045. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0405-5>
- Lessmann, J., Guayasamín, J.M., Casner, K.L., Flecker, A.S., Funk, W.C., Ghalambor, C.K., Gill, B.A., Jácome-Negrete, I., Kondratieff, B.C., Poff, L.N., Schreckinger, J., Thomas, S.A., Toral-Contreras, E., Zamudio, K.R., Encalada, A.C.** (2016). Freshwater vertebrate and invertebrate diversity patterns in an Andean-Amazon basin: Implications for conservation efforts. *Neotropical Biodiversity*, 2(1), 99-114. <https://doi.org/10.1080/23766808.2016.1222189>

- 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. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.108>
- López, J., Qian, Y., Murillo-Sandoval, P. J., Clerici, N., Eklundh, L.** (2024). Landscape connectivity loss after the de-escalation of armed conflict in the Colombian Amazon (2011–2021). *Global Ecology and Conservation*, 54(e03094), e03094. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03094>
- López-Orozco, C. M., Carpio-Díaz, Y. M., Borja-Arrieta, R., Campos-Filho, I. S., Taboada-Verona, C., Navas S., G. R.** (2024). Supralittoral isopod (Oniscidea) diversity at three ecoregions along the Colombian Caribbean: useful data for environmental management. *Revista de Biología Tropical*, 72(1), e58577. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.58577>
- Lujan, N. K., Roach, K. A., Jacobsen, D., Winemiller, K. O., Vargas, V. M., Ching, V. R., Maestre, J. A.** (2013). Aquatic community structure across an Andes-to-Amazon fluvial gradient. *Journal of Biogeography*, 40(9), 1715-1728. <https://doi.org/10.1111/jbi.12131>
- Menegat, M. N., Restello, R. M., Milesi, S. V., Hepp, L. U.** (2025). Which is more important for stream caddisfly colonization: Substrate heterogeneity or food resources? *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology*, 25(4), 100657. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2025.100657>
- Meza-Salazar, A.M., Guevara, G., Gomes-Dias, L., Cultid-Medina, C.A.** (2020). Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. *Peer J*, 8, e9619. <https://doi.org/10.7717/peerj.9619>
- Morse, J.C., Frandsen P.B., Graf, W., Thomas, J.A.** (2021). Diversity and Ecosystem Services of Trichoptera. *Insects*, 10, 125. <http://dx.doi.org/10.3390/insects10050125>
- Mosquera-Murillo, Z.** (2019). Riqueza y distribución de tricópteros inmaduros del departamento del Chocó, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167), 219-226. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.836>
- Mosquera-Guerra, F., Barreto, S., Palencia-Rivera, J. D., Velásquez-Valencia, A., Mantilla-Meluk, H., Bruges-Morales, G. A., Jiménez-Ortega, A. M., Trujillo, F., Armenteras-Pascual, D.** (2025). A multi-species corridor between the Andean Amazonian and Amazon floodplain landscapes: prioritizing ecological connectivity areas for jaguar and threatened ungulates in the north-eastern of South America. *Discover Conservation*, 2, 13. <https://doi.org/10.1007/s44353-025-00032-4>
- Muñoz-Quesada, F.** (2000). Especies del Orden Trichoptera (Insecta) en Colombia. *Biota colombiana*, 1(3), 267 -288. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49110304>
- Murillo-Sandoval, P.J., Clerici, N., Correa-Ayram, C.** (2022). Rapid loss in landscape connectivity after the peace agreement in the Andes-Amazon region. *Global Ecology and Conservation*, 38(e02205), e02205. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02205>
- Pes, A.M., Moreira Santos, A.P., Barcelos-Silva, P., de Camargos, L.M.** (2014). Ordem Trichoptera, capítulo 23. En N. Hamada, J.L. Nessimian, R. Barbosa Querino (Ed.). *Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (391 - 433). Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Pes, A.M., Holzenthal, R.W., Sganga, J.V., Santos, A.P.M., Barcelos-Silva, P., Camargos, L. M.** (2018). Order Trichoptera, Chapter 10. In N. Hamada, J.H. Thorp, D.C. Rogers (Ed.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, Keys to Neotropical Hexapoda, 4th edn.* (237–321) Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00010-X>
- Posada-García, J.A. & Roldán-Pérez, G.** (2003). Clave ilustrada y diversidad de larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia*, 25(1), 169 - 192.
- Razo-González, M., Novelo-Gutiérrez, R., Castaño-Meneses, G., Márquez, J.** (2023). Diversity and Composition of Caddisflies (Insecta: Trichoptera) along an Elevation Gradient in Southeastern Mexico. *Diversity*, 15, 110. <https://doi.org/10.3390/d15010110>
- Ríos-Pulgarín, M.I., Giraldo-Sánchez, C.E., Calvo-Cardona, S.J., Londoño-Valencia, J.** (2022). Efecto de características ambientales en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en ríos andinos regulados para generación hidroeléctrica. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 836-852. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v70i1.49975>
- Ríos-Touma, B., Holzenthal, R.W., Huisman, J., Thomson, R., Rázuri-Gonzales, E.** (2017). Diversity and distribution of the Caddisflies (Insecta: Trichoptera) of Ecuador. *Peer J*, 5, e2851. <https://doi.org/10.7717/peerj.2851>
- Rodríguez da Silva, F., Gonçalves-Souza, T., Paterno, G.B., Provete, D.B., Vancine, M. H.** (2022). *Análises ecológicas no R*. Canal 6 Editora.

- Rodríguez-Capítulo, A., Muñoz, I., Bonada, N., Gaudes, A., Tomanova, S.** (2009). La biota de los ríos: los invertebrados, capítulo 14. En A. Elosegui, & S. Sabater (Eds.). *Conceptos y técnicas en Ecología Fluvial* (pp. 253-270). Fundación BBVA.
- Roldán-Pérez, G. & Ramírez-Ramírez, J. J.** (2022). Fundamentos de limnología Neotropical, 3 edición. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Roswell, M., Dushoff, J., Winfree, R.** (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos (Copenhagen, Denmark)*, 130(3), 321–338. <https://doi.org/10.1111/oik.07202>
- Serna, D. J., Tamaris-Turizo, C. E., Moreno, L.** (2015). Distribución espacial y temporal de larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 63, 465–477. <https://doi.org/10.15517/RBT.V63I2.15604>
- Shimabukuro, E.M., Gómez-Rodríguez, C., Lamas C.J.E., Baselga, A.** (2023). Mountain passes are higher at low latitudes for madicolous insect communities of the Neotropical region. *Diversity and Distributions*, 29, 1118-1128. <https://doi.org/10.1111/ddi.13747>
- Sierra, J.P., Junquas, C., Espinoza, J.C., Segura, H., Condom, T., Andrade, M., Molina-Carpio, J., Ticona, L., Mardoñez, V., Blacutt, L., Polcher, J., Rabatel, A., Sicart, J. E.** (2021). Deforestation impacts on Amazon-Andes hydroclimatic connectivity. *Climate Dynamics*, 58, 2609-2636. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-06025-y>
- Springer, M.** (2010). Trichoptera, capítulo 7. En M. Springer, A. Ramírez, P. Hanson (Ed.), *Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Revista de Biología Tropical*, 58(4), 151-198.
- Vásquez-Ramos, J.M., Guevara-Cardona, G., Reinoso-Flórez, G.** (2014). Factores ambientales asociados con la preferencia de hábitat de larvas de tricópteros en cuencas con bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62, 21-40. <https://doi.org/10.15517/RBT.V62I0.15776>
- Wantzen, K.M. & Rueda-Delgado, G.** (2009). Técnicas de muestreo de macroinvertebrados acuáticos bentónicos, capítulo 1. En: Domínguez, E, Fernández, HR (eds). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, pp. 17-45.