

Artículo original

## Composición de macroinvertebrados en las provincias de Márquez y Lengupá y posible efecto de la orogénesis en su distribución

### Composition of macroinvertebrates in the provinces of Márquez and Lengupá and the possible effect of orogenesis on their distribution

Ángela Liceth González-Tuta\*, Luz Nidia Gil-Padilla

Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos (UDESAs), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Colombia

#### Resumen

La orogénesis de los Andes en Colombia modificó el paisaje y el clima ocasionando un elevamiento que provocó la interrupción de la circulación atmosférica y dando lugar a un aumento de lluvias en el flanco oriental, lo que transformó la red hidrográfica continental y aumentó la disponibilidad de nutrientes, permitiendo, a su vez, la aparición de una gran variedad de hábitats con el consecuente aumento de la diversidad de flora y fauna en el país. El levantamiento de las cordilleras promovió la vicarianza ecológica al favorecer el aislamiento genético y la especiación, lo cual explica parcialmente los patrones de acumulación de biodiversidad como parte importante en los procesos tróficos de los sistemas. En este contexto, en el periodo de 2011 a 2012 se recolectaron en sitios puntuales en 10 quebradas de las provincias de Márquez y Lengupá en el centro-sur de Boyacá para conocer la composición de macroinvertebrados del flanco oriental de la Cordillera Oriental y establecer las diferencias en los grupos presentes con respecto a las otras dos cordilleras colombianas; se tomaron muestras semicuantitativas con red de pantalla de 500 µm, los especímenes se fijaron en campo con alcohol etílico al 96 % y, posteriormente, se preservaron en el laboratorio en alcohol etílico al 70 %. La identificación taxonómica se llevó al menor nivel taxonómico posible. Según los resultados, las subfamilias Orthoclaadiinae y Tanypodinae y el género *Hyalella* fueron los más abundantes, y se registraron los géneros *Grumichella* y *Polycentropus* no reportados antes en la cordilleras Central y Occidental, lo que evidencia una diferenciación, aunque no se puede concluir que sean endemismos porque el nivel taxonómico alcanzado en la mayoría de los trabajos no permite saber si se trata de las mismas especies, por lo que debe avanzarse hacia un nivel más específico.

**Palabras clave:** Cordillera de los Andes; Dispersión; Divergencia; Ecosistemas acuáticos; Orogenia.

#### Abstract

The orogenesis of the Andes in Colombia modified the landscape and the climate causing their elevation thus interrupting the atmospheric circulation, which led to increased rainfall on their eastern flank. This transformed the continental hydrographic network and increased the availability of nutrients originating, consequently, a great variety of habitats for flora and fauna in the country. The elevation of the mountain ranges promoted the appearance of vicariant speciation and genetic isolation, which partially explains the patterns of accumulation of biodiversity as an important part of the trophic processes of the systems. In this context, we made point collections during 2011 and 2012 in 10 streams located in the provinces of Márquez and Lengupá in the center-south of Boyacá to establish the composition of macroinvertebrates on the eastern flank of the Eastern Cordillera and the differences in the groups present compared to the other two Colombian mountain ranges. We collected semi-quantitative samples with a 500 µm screen network; the specimens were fixed in the field in 96% ethyl alcohol and later preserved in the laboratory in 70% ethyl alcohol; the taxonomic identification was established in the lowest possible taxonomic level. The results showed

**Citación:** González-Tuta AL, Gil-Padilla LN. Composición de macroinvertebrados en las provincias de Márquez y Lengupá y posible efecto de la orogénesis en su distribución. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 44(171):572-580, abril-junio de 2020. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1037>

**Editor:** Gabriel Roldan

**\*Correspondencia:**

Ángela González;  
[angela.gonzalez05@uptc.edu.co](mailto:angela.gonzalez05@uptc.edu.co)

**Recibido:** 17 de octubre de 2019

**Aceptado:** 23 de abril de 2020

**Publicado:** 30 de junio de 2020



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

that the Orthoclaadiinae and Tanypodinae subfamilies and the *Hyaella* genus were the most abundant. *Grumichella* and *Polycentropus* genera had not been registered for the central and western mountain ranges and they show differentiation, but it was not possible to conclude that they are endemisms as in most of the previous studies, the taxonomic level does not allow to establish if they are the same species or not. Thus, the works must be completed at a more specific level.

**Keywords:** Andes Mountains; Dispersion; Divergence; Ecosystems aquatic; Orogeny.

## Introducción

La Cordillera de los Andes se extiende desde Argentina hasta Venezuela en un sistema montañoso que abarca desde los 500 hasta 5500 m s.n.m.; durante el Cenozoico hubo procesos de subducción, vulcanismo y acreción que produjeron en Colombia su ramificación en tres cordilleras. El país contribuye aproximadamente con el 23 % (287,720 Km<sup>2</sup>) del área total de los Andes donde se encuentran páramos, bosques altoandinos, subandinos, ríos, lagos y enclaves secos que generan un gran número de biomas y ecosistemas con la consecuente presencia de grupos taxonómicos exclusivos y una gran diversidad de especies con rangos de distribución restringidos a ciertas elevaciones (Rodríguez, *et al.*, 2006). Ello ha permitido catalogar los Andes como un gran punto caliente de biodiversidad del planeta (Hole, *et al.*, 2011; Mittermeier, *et al.*, 2004). La Cordillera Oriental es de gran importancia, ya que presenta la mayor extensión de ecosistemas de bosques alto andinos y de páramos. En la actualidad, estos ecosistemas tienen un alto grado de fragmentación, pues se ven interrumpidos por pastos, cultivos y vegetación secundaria introducida (Álvarez, *et al.*, 1999).

El levantamiento de los Andes creó grandes barreras físicas, lo que ocasionó que las especies no pudiesen moverse con la misma facilidad y el proceso de dispersión se viera limitado. El éxito de las especies ha dependido, en gran parte, de su facultad para adaptarse al medio (Mayer & Albrecht, 2008). La dispersión entendida como el movimiento de individuos de un área a otra es una de las actividades que exhiben la mayoría de los insectos acuáticos, lo que es importante porque permite la localización de parejas potenciales y, en el caso de las hembras, la ovoposición en lugares seguros, mejorando, así, el éxito reproductivo. La dispersión tiene un papel importante en la dinámica de los ecosistemas, ya que proporciona flujos de genes que afectan la estructura genética de la población (Petersen, *et al.*, 2004; Smock, 2007), evita la endogamia y permite localizar sitios con mayores recursos y menos competidores (Bilton, *et al.*, 2001).

Los macroinvertebrados son organismos con adaptaciones sorprendentes para sobrevivir, reproducirse, alimentarse y moverse en el agua (Merritt & Cummins, 1996), por ejemplo, patas posteriores como remos, ganchos, cuerpo velludo, garras, cepillos bucales, un dispositivo para atrapar alimentos hechos por el insecto, o parte de ellos, y estructuras corporales en forma de cajas hechas de diferentes materiales para su protección (Domínguez & Fernández, 2009). La dispersión de macroinvertebrados ocurre principalmente a través de dos rutas: una activa, es decir, la fuga de insectos adultos terrestres, y una pasiva, por medio de vectores como los animales, el viento o el agua (deriva) (Grönroos, *et al.*, 2013). Teniendo en cuenta que durante su formación los flujos de materia, energía y las condiciones climáticas de la Cordillera Oriental cambiaron, y que cada una de las cordilleras presenta características únicas, el objetivo del estudio fue establecer la composición de los macroinvertebrados del flanco oriental de la Cordillera Oriental y sus posibles diferencias con las otras dos cordilleras colombianas.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Las provincias de Márquez y Lengupá se ubican en el departamento de Boyacá y hacen parte de la Cordillera Oriental de los Andes; presentan una conformación geomorfológica predominantemente montañosa, limitan con el piedemonte llanero, las temperaturas varían entre 15 y 32 °C, y la precipitación es bimodal, con temporadas de lluvias durante los meses de abril y agosto.

Se seleccionaron 10 puntos de muestreo en la vertiente oriental de la Cordillera, que hace parte de la macrocuenca del Orinoco, distribuidos en las quebradas Guamalera, La Sucia, los Negros, Arrayán, El Ramo, La Encenilla y Piedecuesta, pertenecientes a la provincia de Lengupá, y el río Jenesano y las quebradas La Única y Agua Blanca, pertenecientes a la provincia de Márquez (Figura 1, Tabla 1).

**Fases de campo y laboratorio**

Se realizaron muestreos semicuantitativos durante el 2011 y el 2012 en las épocas de precipitaciones altas y bajas utilizando una red de pantalla de 500 µ y tomando un metro longitudinal a lo ancho de cada una de las quebradas con un esfuerzo de 1 minuto/hombre. En cada una de las estaciones se tomaron dos submuestras que se depositaron en frascos plásticos debidamente etiquetados; el material se fijó en alcohol etílico al 96 % y, posteriormente, se llevó al laboratorio para separarlo e identificarlo utilizando las claves especializadas de Roldán (1985), Merritt & Cummins (1996), Domínguez & Fernández

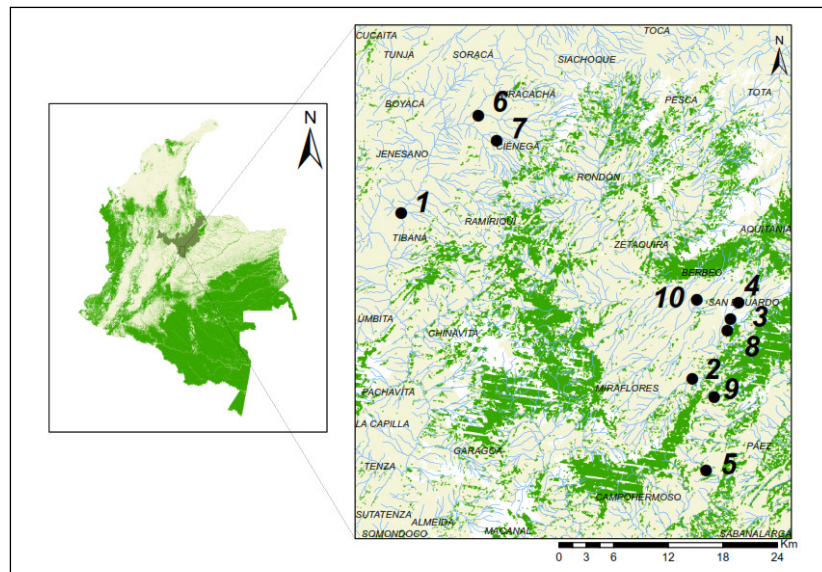


Figura 1. Sitio de las estaciones de muestreo.

Tabla 1. Estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Altitud m s.n.m.	Estación	Este (UTM WGS84)	Norte (UTM WGS84)
Río Jenesano	2300	E1	113018	1129189
Quebrada La Encenilla	2200	E2	1107645	1062466
Quebrada El Ramo	1839	E3	1099646	1065864
Quebrada El Arrayán	1470	E4	1105663	1063791
Quebrada Agua Blanca	2161	E5	1095440	1069088
Quebrada Los Negros	2503	E6	1076940	1088189
Quebrada La Única	2109	E7	1101331	1065178
Quebrada La Guamalera	1846	E8	1080048	1083912
Quebrada La Sucia	1125	E9	1107772	1062467
Quebrada Piedecuesta	1915	E10	1095205	1069507

UTM WGS 84: *Universal Transverse Mercator World Geodetic System 84*

(2009); Springer (2010), Bagatini, *et al.* (2012), y Gutiérrez, *et al.* (2015) para confirmar cada grupo en Colombia. Los organismos se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Por último, se almacenaron en alcohol etílico al 70 %, con el fin de hacer su curaduría periódicamente.

**Análisis de los datos**

Se elaboró una matriz con la composición de macroinvertebrados de cada quebrada teniendo en cuenta la abundancia de cada género (Tabla 2). Posteriormente, se buscó la información sobre la composición de macroinvertebrados de las cordilleras Occidental y Central

**Tabla 2.** Taxones recolectados en ríos y quebradas del flanco oriental de la cordillera Oriental

Taxón	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Anacroneuria	1	10	12	1	1	0	1	7	36	39
Baetodes	0	32	4	0	33	0	1	5	1	10
Chirinominae	32	0	0	0	7	31	23	2	2	12
Cloeodes	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Corydalus	1	0	2	0	0	0	1	1	1	1
Gammarus	2	0	0	0	0	12	0	0	0	0
Grumichella*	0	53	7	0	0	0	0	0	0	0
Guajirolus	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
Haplohyphes	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Helicopsyche	1	0	3	0	11	1	1	6	0	0
Heterelmis	1	0	1	4	0	13	5	11	1	0
Hexatoma	0	0	2	0	5	0	0	0	0	15
Hyalella	0	0	0	0	0	183	0	0	0	0
Leptohyphes	0	7	19	0	22	0	3	2	7	0
Leptonema	2	54	15	0	4	0	0	3	3	10
Macrelmis	0	7	14	0	0	0	1	5	0	4
Mayobaetis	0	38	4	0	0	0	5	2	0	0
Moribaetis	19	0	0	0	0	0	0	0	4	16
Ochrotrichia	0	1	8	0	0	0	0	0	0	1
Orthocladiinae	53	212	84	30	0	15	14	4	83	32
Paracloeodes	0	0	9	2	2	0	0	0	0	0
Phylloicus	0	0	1	36	0	4	0	0	1	5
Polycentropus	6	0	0	0	0	12	0	0	0	0
Probezzia	2	12	0	6	0	1	1	1	0	5
Psephenops*	0	7	1	0	3	0	0	0	0	13
Rhagovelia	2	0	1	3	0	0	0	0	1	0
Simulium	4	9	0	0	4	17	19	0	0	3
Smicridea	0	24	15	0	0	0	0	10	5	3
Tanypodinae	0	2	110	37	3	23	0	3	0	0
Thraulodes	4	52	0	0	30	0	8	15	1	55
Tipula	3	0	1	0	0	5	2	0	0	0
Tricorythodes	5	0	0	8	5	0	0	0	0	0
Tubifex	0	0	0	2	0	3	0	0	3	0

\*Taxones presentes únicamente en la cordillera Oriental

en las bases de datos de Scopus y SciELO y en artículos con descripción taxonómica hasta el nivel de género. A continuación se procedió a comparar los resultados obtenidos en la Cordillera Oriental con las demás cordilleras para establecer si existían diferencias en la composición de macroinvertebrados.

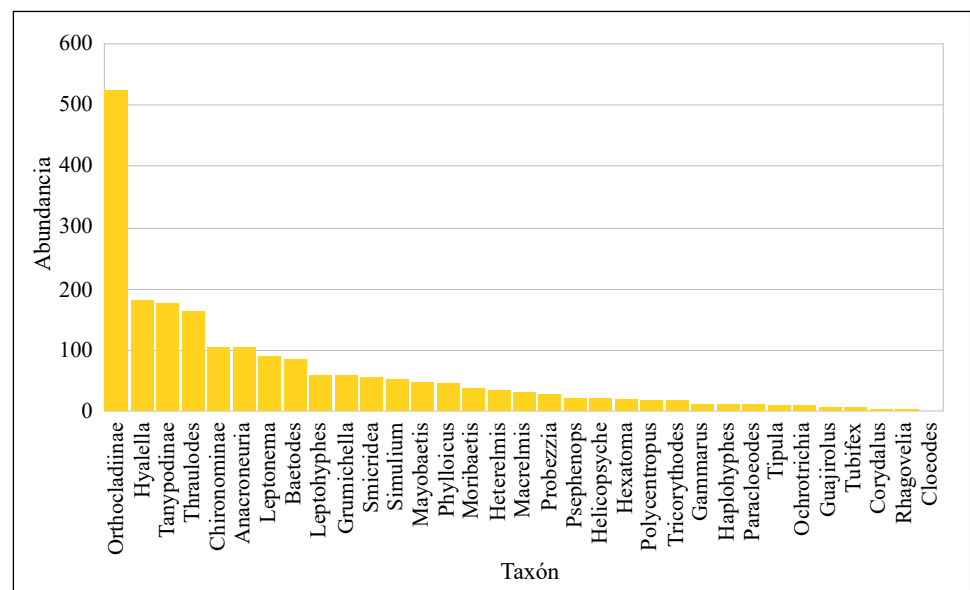
## Resultados y discusión

Se recolectaron 2.109 individuos que corresponden a 30 géneros y tres subfamilias. Las subfamilias con mayor abundancia fueron Orthocladiinae, con un total de 527 individuos, y Tanypodinae, con 178 individuos; los géneros de mayor abundancia fueron *Hyallolella*, con 183 individuos, presente únicamente en la quebrada Los Negros, y *Thraulodes*, con 165 individuos. Los géneros de menor abundancia fueron *Cloeodes*, *Corydalis*, *Guajirulus* y *Rhagovelia*, todos con menos de 10 individuos (**Figura 2, Tabla 2**). En cuanto a los puntos de muestreo, la mayor cantidad de individuos se encontró en la quebrada La Encenilla (521), en tanto que en La Guamalera se encontró la menor cantidad, con 77 individuos.

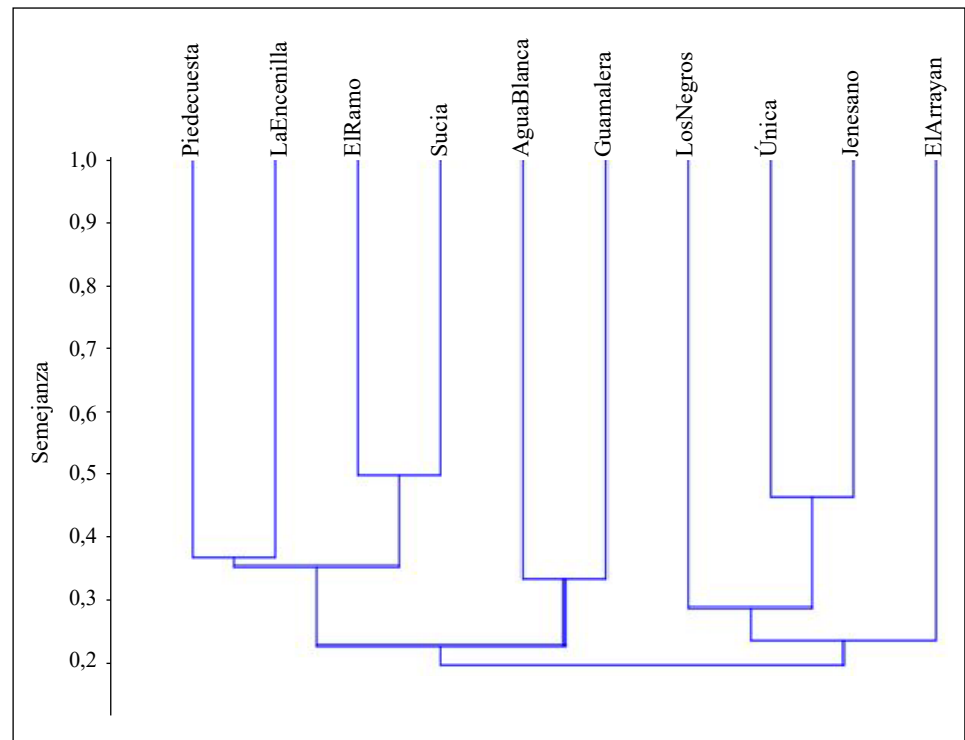
La subfamilia Orthocladiinae, así como la Chironominae, han sido las más abundantes en estudios de sistemas lóticos. A diferencia de Chironominae, que es filtrador, Orthocladiinae se caracteriza por tener muchas especies herbívoras y raspadoras o coleccionistas y recolectores que se alimentan principalmente de algas y perfiton de plantas y piedras, componentes estos que también le son útiles para la construcción de tubos que les ayudan a evitar la depredación. Las especies de esta subfamilia suelen encontrarse en ríos de gran tamaño debajo de madera o piedras; según **Walentowicz & McLachlan (1980)**, el porcentaje de Orthocladiinae aumenta con el contenido de nitrógeno (**Klink & Moller-Pillot, 2003**).

La subfamilia Tanypodinae se puede encontrar en diferentes hábitats: estanques, lagos, corrientes y ríos. Los organismos de esta especie no construyen casas, pero pueden ocupar las casas de otros quironómidos, y se caracterizan por moverse libremente a través del sustrato y por ser depredadores de otros insectos y oligoquetos (**Ruiz-Moreno, et al., 2000**). En este estudio los organismos se encontraron principalmente libres en diferentes sustratos.

En cuanto a la similitud de los puntos, el dendograma muestra cuatro grupos con un grado de similitud de 0,29. Un primer grupo estuvo conformado por las quebradas Piedecuesta, Encenilla, el Ramo y La Sucia; el segundo por las quebradas Aguablanca



**Figura 2.** Taxones de mayor abundancia.



**Figura 3.** Dendrograma de los sitios de muestreo.

y Guamalera; el tercero por las quebradas Los Negros, La Única y el río Jenesano, y el cuarto, únicamente por la quebrada El Arrayán. Exceptuando este último, todos los puntos tenían cercanía geográfica. Los dos primeros grupos pertenecen a la provincia de Lengupá y los más cercanos estaban en las quebradas El Ramo y La Sucia; el tercer grupo incluyó las quebradas pertenecientes a la provincia de Márquez, siendo más similar la fauna de macroinvertebrados del río Jenesano y la quebrada La Única, que difirió de la encontrada en la quebrada Los Negros (**Figura 3**).

La similitud entre las provincias es baja, lo que permite suponer que, incluso dentro del mismo flanco, la dispersión fue baja, como se evidencia en estudios como el de **Antonelli, et al.** (2009) con la evolución de las plantas neotropicales sujetas a la influencia del levantamiento de la Cordillera Oriental, lo que dio lugar a un enorme sistema de humedales que impidió la especiación y la diversificación florística de algunas plantas; esto mismo puede ocurrir con otros organismos como los macroinvertebrados, ya que algunos presentan una dispersión activa que depende del desplazamiento de insectos adultos a otros lugares (**Grönroos, et al.,** 2013).

En los estudios de **Zamora & Zamora** (2017) en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental y en el flanco occidental de la Cordillera Central, en la región baja del río Patía, y en los de **Forero, et al.** (2014) y **Montoya, et al.** (2012) en la cordillera Central, se evidencia que la composición de macroinvertebrados en estos sitios no incluye los géneros *Grumichella*, *Polycentropus* y *Tubifex*, en tanto que en un estudio en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, ubicado en el centro-occidente de la Cordillera Oriental, se encontraron géneros como *Grumichella* y *Polycentropus* (**Gamarra, et al.,** 2018). La separación de estos géneros entre cordilleras puede sugerir un impacto de la barrera geográfica en la diversificación de especies. **Antonelli, et al.** (2009) se refieren a la elevación de la Cordillera de los Andes como un impulsor de la diversificación neotropical en un escenario consistente con la diferenciación alopatrica, en la cual la topografía compleja de los Andes restringe el flujo de genes (**Bilton, et al.,** 2001; **Salgado-Roa, et al.,** 2018).

Se ha reportado que *Grumichella* se encuentra en pequeñas cascadas y superficies rocosas de aguas rápidas en pequeños arroyos de montaña; una de sus características más importantes es el uso de seda para ayudar a mantener la larva en la corriente y unas patas gruesas con garras en los tarsos modificados (Calor, *et al.*, 2016). En la Cordillera Oriental hay varias quebradas con estas características, entre ellas, La Encenilla, uno de los puntos de muestreo en el presente estudio.

El género *Polycentropus* pertenece a la familia Polycentropodidae y se caracteriza por construir refugios fijos y redes amplias de hilo en aguas con poca corriente. Se lo ha descrito como un depredador engullidor (ingieren animales enteros o sus partes), recolector filtrador y desmenuzador herbívoro (Gil, *et al.*, 2006). En este estudio se lo encontró en el río Jenesano, el cual no tenía una corriente fuerte en la época del muestreo.

*Gammarus* cf., género de Amphipoda identificado según las claves de Merritt & Cummins (1996), se reportó en el río Jenesano y la quebrada Los Negros, pero por ser estas especies neárticas, no tenemos certeza de que se trate de este género; sin embargo, este también ha sido reportado en la cuenca del río Frío (Cundinamarca), ubicado en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental (Ayala-Ramírez, *et al.*, 2019).

## Conclusión

La cordillera Oriental tiene una gran diversidad de macroinvertebrados, siendo la familia Chironomidae una de las más representativas, con las mayores abundancias en las subfamilias Orthoclaadiinae y Tanypodinae.

La elevación de los Andes y los eventos geológicos y climáticos que ocurrieron en el Cuaternario originaron la diversificación de especies presente aún hoy; los géneros *Grumichella*, *Polycentropus* y *Gammarus* son un ejemplo de ello, pues en los estudios taxonómicos en las cordilleras Occidental y Central no hay reportes de ellos. Estos hallazgos pueden orientar futuros estudios en esta región.

El estudio y conocimiento de la fauna bentónica de Colombia, en especial en la de la Cordillera Oriental de los Andes, es de gran importancia por ser esta una de las regiones biológicamente diversas del mundo. La determinación de los procesos de flujos de materia y energía, así como de la distribución de las especies y su papel, es crucial para conocer el funcionamiento de estos sistemas y elaborar planes de manejo y conservación de las cuencas.

## Agradecimientos

Las autoras agradecemos a todas las entidades públicas y privadas y a las personas que de una u otra manera apoyaron la elaboración del manuscrito.

## Contribución de los autores

ALGT, realizó contribuciones en el diseño, redacción y análisis de datos del del trabajo; LNGP, realizó contribuciones en el diseño, redacción y análisis de datos del trabajo.

## Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Álvarez, M., Escobar S., F., Mendoza-Cifuentes, H., Villarreal Leal, H. F. (1999). Caracterización de la biodiversidad en áreas prioritarias de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. Villa de Leyva: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fecha de consulta: 21 de agosto de 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34913>
- Antonelli, A., Nylander, J., Persson, C., Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **106** (24): 9749-9754. Doi: 10.1073/pnas.0811421106

- Ayala-Ramírez, S., Reinoso-González, W. A., Calderón-Rivera, D. S., Jaramillo-Londoño, Á. M., Mesa-Fernández, D. J.** (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos. *Avances: Investigación En Ingeniería*. **16** (1): 49-65. Doi: 10.18041/1794-4953/avances.1.5191
- Bagatini, Y. M., Delariva, R. L., Higuti, J.** (2012). Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotropica*. **12** (1): 307-317. Doi: 10.1590/S1676-06032012000100023
- Bilton, D. T., Freeland, J. R., Okamura, B.** (2001). Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Reviews in Ecology and Systematic*. **32**: 159-81. Doi: 10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114016
- Calor, A. R., Holzenthal, R. W., Froehlich, C. G.** (2016). Phylogeny and revision of the Neotropical genus *Grumichella* Müller (Trichoptera : Leptoceridae), including nine new species and a key (1981). *Zoological Journal of the Linnean Society*. **176** (1): 137-169. Doi: 10.1111/zoj.12310
- Domínguez, E. & Fernández H. R.** (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Tucumán: Fundación Miguel Lillo. p. 656.
- Forero-Céspedes, A., Reinoso-Flórez, G., Gutiérrez, C.** (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *Caldasia*. **35** (2): 371-387. Fecha de consulta: marzo 30, 2020. Disponible en: [www.jstor.org/stable/90008350](http://www.jstor.org/stable/90008350)
- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C. I., Ávila, A. A.** (2018). Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*. **18** (2): 11-30. Doi: 10.21068/c2017.v18n02a02
- Gil, M. A., Garelis, P. A., Vallania, E. A.** (2006). Hábitos alimenticios de larvas de *Polycentropus joergenseni* Ulmer, 1909 (Trichoptera: Polycentropodidae) en el río Grande (San Luis, Argentina). *Gayana*. **70** (2): 206-209.
- Grönroos, M., Heino, J., Siqueira, T., Landeiro, V. L., Kotanen, J., Bini, L. M.** (2013). Meta-community structuring in stream networks: Roles of dispersal mode, distance type, and regional environmental context. *Ecology and Evolution*. **3** (13): 4473-4487. Doi: 10.1002/ece3.834
- Gutiérrez, Y. & Dias L.** (2015). Ephemeroptera (Insecta) de Caldas - Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Papéis Avulsos de Zoologia*. **55** (2): 13-46. Doi: 10.1590/0031-1049.2015.55.02
- Hole, D. G., Young, K. R., Seimon, A., Wichtendahl, C., Hoffmann, D., Páez, K. S., Ramírez, E.** (2011). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes* Edited by S. K. Herzog, P. M. J. Rodney Martínez, & H. Tiessen (Eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). p. 152-160.
- Klink, A. G. & Moller-Pillot, H. K. M.** (2003). Chironomidae larvae. Key to Higher Taxa and Species of the Lowlands of Northwestern Europe. Koninklijke Wöhrmann BV. p. 5-21.
- Mayer, F. & Albrecht, H.** (2008). Dispersal Strategies. Are They Responsible for Species Success in Arable Ecosystems? Perspectives for Agroecosystem Management: Balancing Environmental and Socio-Economic Demands. Elsevier B.V. Doi: 10.1016/B978-044451905-4.50010-6
- Merritt, R. W. & Cummins K. W.** (1996). *Aquatic Insects of North America*. Journal of the North American Benthological Society. **15** (3): 401-403. Doi: 10.2307/1467288
- Mittermeier, R. A., Robles-Gil, P., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B.** (2004). Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. México: Cemex. p. 73-79.
- Montoya M., Y., Acosta, Y., Zuluaga, E.** (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP / Col y el ASPT. *Caldasia*. **33** (1): 193-210. Fecha de consulta: Marzo 30, 2020. Disponible en: [www.jstor.org/stable/23642070](http://www.jstor.org/stable/23642070)
- Pes, A.M.O., Hamada, N., Nessimian, J.L.** (2005). Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **49** (2): 181-204. Doi: 10.1590/S0085-56262005000200002
- Petersen, I., Masters, Z., Hildrew, A. G., Ormerod, S. J.** (2004). Dispersal of adult aquatic insects in catchments of differing land use. *Journal of Applied Ecology*. **41** (5): 934-950. Doi: 10.1111/j.0021-8901.2004.00942.x



- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., Romero, M.** (2006). Ecosistemas de los Andes colombianos. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt (segunda ed). Bogotá, Colombia. p. 12-62.
- Roldán, G.** (1985). Contribución al conocimiento de las ninfas de los efemerópteros (Clase: Insecta, Orden: Ephemeroptera) en el departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*. **14** (51): 3-13.
- Ruiz-Moreno, L. J., Ospina-Torres, R., Riss, W., Gómez-Sierra, H.** (2000). Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. III Subfamilias Tanypodinae, Podonominae y Diamesinae. *Caldasia*. **22** (1): 34-60.
- Salgado-Roa, F. C., Pardo-Díaz, C., Lasso, E., Arias, C. F., Solferini, V. N., Salazar, C.** (2018). Gene flow and Andean uplift shape the diversification of *Gasteracantha cancriformis* (Araneae: Araneidae) in Northern South America. *Ecology and Evolution*. **8** (14): 7131-7142. Doi: 10.1002/ece3.4237
- Smock, L.** (2007). Macroinvertebrate Dispersal. In F. R. Hauer & G. A. Lamberti (Eds.), *Methods in Stream Ecology* (second, pp. 585–601). British: Elsevier. Doi: 10.1016/B978-012332908-0.50036-X
- Springer, M.** (2010). Capítulo 7: Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*. **58** (Suppl. 4): 151-198. Fecha de consulta: marzo 30, 2020. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007&lng=en&tlng=es)
- Walentowicz, A.T. & McLachlan, A.J.**, (1980). Chironomids and particles: A field experiment with peat in an upland stream. *Chironomidae: Ecology, Systematics, Cytology and Physiology*. (D.A. Murray (Ed). Pergamon Press, Oxford. p. 179-185.
- Zamora, H. & Zamora, M.** (2017). Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales en ecosistemas lóticos del valle del Patía. Revisión de literatura científica 1991-2015. *Revista Novedades Colombianas*. **12**: 65-86.