

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Insectos acuáticos asociados a microcuencas de los Llanos Orientales de Colombia

LAURA JIMENA MARIN ESLAVA

DICIEMBRE, 2020



Universidad de Caldas



Universidad de Caldas

**Insectos Acuáticos Asociados a Microcuencas de los Llanos
Orientales de Colombia**

TESIS QUE PRESENTA LAURA JIMENA MARÍN ESLAVA

PARA OBTENER EL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Manizales, Caldas, Colombia diciembre de 2020



Universidad de Caldas

Insectos Acuáticos Asociados a Microcuencas de los Llanos Orientales de Colombia

TESIS QUE PRESENTA **LAURA JIEMNA MARÍN ESLAVA**
PARA OBTENER EL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIRIGIDA POR **LUCIMAR GOMES DIAS**
Y CODIRIGIDA POR **LEANDRO JUEN**

Manizales, Caldas, Colombia (Diciembre, 2020)

Universidad de Caldas



Aprobación final del documento de tesis de grado:

Título de la tesis en comillas:

“Insectos Acuáticos Asociados a Microcuencas de los Llanos Orientales de Colombia”

	Nombre	Firma
Director(es)	Lucimar Gomes Dias Ph.D.	<hr/>
	Leandro Juen Ph.D.	<hr/>
Jurado	Alberto Soto Giraldo Ph.D.	<hr/>
	Irina Morales Ph.D.	<hr/>

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado todas las herramientas necesarias para realizar mis estudios de posgrado.

A mi madre por ser mi ejemplo a seguir y por su apoyo incondicional.

“Escucha lo que te mando: Esfuérzate y sé valiente. No temas ni desmayes, que yo soy el Señor tu Dios, y estaré contigo por dondequiera que vayas”. Josué 1:9

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de Tesis, la Maestra Lucimar Gomes Dias por haberme orientado y ser parte fundamental en esta etapa de mi vida. Excelente ser humano y la mejor docente que he conocido.

A mis grandes amigos Elsa Edilma Páez, Carlos Enrique Hoyos y Gildardo Tovar por su gran ayuda en la fase de campo. A Alejandra Rojas y al profesor Paul Gutiérrez por su amistad y compañía. Al Doctor Leandro Juen, Isabel Hernández, María del Carmen Zúñiga, Marcela González, Camilo Llano y Diego Martínez por todos sus aportes.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por Laura Jimena Marín Eslava como estudiante de la Maestría en Ciencias Biológicas entre Enero de 2019 y Diciembre del 2020, bajo la supervisión y orientación de Lucimar Gomes Dias en calidad de directora y Leandro Juen como co-director.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato:

Laura Jimena Marín Eslava

Director(es) de tesis: Nombre

Lucimar Gomes Dias

Nombre

Leandro Juen

RESUMEN GENERAL

Los Llanos Orientales comprenden una de las regiones de Colombia con mayor trayectoria en actividades ganaderas, lo que ha conllevado a una alta tasa de deforestación, incluyendo la eliminación de la vegetación ribereña que consecuentemente ha afectado a la biodiversidad, tanto terrestre como acuática. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la vegetación ribereña sobre la diversidad de insectos acuáticos en nueve afluentes inmersos en matrices ganaderas, con diferentes amplitudes de vegetación en los municipios de San Martín y Cubarral del departamento del Meta. Además, también se tuvo como propósito contribuir al conocimiento del orden Ephemeroptera en la región, siendo este uno de los órdenes de insectos acuáticos más representativos en Colombia. Los resultados obtenidos mediante el Índice de Integridad del Hábitat indicaron que la remoción total o parcial de la vegetación ribereña influyó sobre la composición de los insectos acuáticos. Además, los cambios del uso del suelo mostraron una alteración de las condiciones fisicoquímicas de los afluentes evaluados, observándose que dichas variables tuvieron un efecto sobre la riqueza de géneros. Por otro lado, en este estudio se actualizó el listado de Ephemeroptera del Meta, con un total de 39 géneros y 29 especies reportadas. A parte de los registros históricos recopilados en este trabajo, se realiza el registro nuevo de la especie *Campylocia araca* para Colombia y un total de siete géneros y cuatro especies son reportadas por primera vez para el departamento. Los registros nuevos e históricos de Ephemeroptera recopilados en este trabajo para el Meta, lo posicionan como el departamento más diverso en Ephemeroptera de Colombia, con más de 60% de los géneros documentados en todo el país.

Palabras claves: Insectos acuáticos, Ephemeroptera, diversidad, vegetación ribereña, Meta.

ABSTRACT

The Eastern Plains is one of the regions of Colombia with the longest experience in cattle production activities, with a high rate of deforestation, which consequently has affected biodiversity, both terrestrial and aquatic. The aim of this work was to evaluate the effect of riparian vegetation on the diversity of aquatic insects in nine tributaries immersed in cattle production areas with different amplitudes of riparian vegetation, in the municipalities of San Martín and Cubarral of the Meta department. Besides, to contribute to knowledge of the Ephemeroptera order in the region, one of the most representative groups of aquatic insects in Colombia. The results obtained through the Habitat Integrity Index indicated that the presence or absence of riparian vegetation influenced the composition of aquatic insects. In addition, changes in land use showed an alteration of the physicochemical conditions of the effluents evaluated, it is seen that these variables had an effect on genus wealth. On the other hand, the Ephemeroptera Meta's list was updated, with a total of 39 genera and 29 species reported. In addition to the historical records collected in this research, the new registration of the *Campylocia araca* species for Colombia is carried out and a total of seven genera and four species are first reported to the department.

Keywords: Aquatic insects, Ephemeroptera, diversity, riparian vegetation, Meta..

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I. CONSIDERACIONES GENERALES	15
LITERATURA CITADA	18
CAPÍTULO II. Variación de la vegetación ribereña en matrices ganaderas y sus efectos sobre la comunidad de insectos acuáticos.....	26
INTRODUCCIÓN.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
Área de estudio	32
Diseño de muestreo	33
Índice de integridad del hábitat de afluentes:	35
Análisis de datos:.....	35
RESULTADOS	37
Diversidad.....	37
Efecto de integridad del hábitat sobre la composición y riqueza de géneros:.....	38
Efecto de las Variables ambientales sobre la riqueza y abundancia.....	43
DISCUSIÓN.....	44
LITERATURA CITADA	50
ANEXO 1 Variables físicas e hidrológicas de los afluentes evaluados	63
ANEXO 2 Listado de géneros y/o morfoespecies por estación de muestreo	64
CAPÍTULO III. Contribución al conocimiento de los Ephemeroptera del departamento del Meta.....	68
INTRODUCCIÓN.....	70
MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
RESULTADOS	72
Familia Baetidae	73
Familia Caenidae	81
Familia Coryphoridae.....	82
Familia Ephemeridae.....	82
Familia Euthyplociidae.....	83
Familia Leptohyphidae.....	83
Familia Leptophlebiidae	88
Familia Oligoneuriidae	95
Familia Polymitarcyidae.....	96
DISCUSIÓN	98
LITERATURA CITADA	99
ANEXO 1 Estaciones de colecta.....	117
ANEXO 2 Registros nuevos e históricos de géneros y especies de Ephemeroptera para el departamento del Meta.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO IV. Primer registro de Campylocia araca Gonçalves & Salles (Ephemeroptera: Euthyplociidae) para Colombia.....	1222
INTRODUCCIÓN.....	1244
MATERIALES Y MÉTODOS.....	1255
RESULTADOS	1266
DISCUSIÓN.....	1277
LITERATURA CITADA.....	12929
CONCLUSIONES GENERALES	1322

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II. Variación de la vegetación ribereña en matrices ganaderas y sus efectos sobre la comunidad de insectos acuáticos

Figura. 1. Área de estudio en los municipios de Cubarral y San Martín.	33
Figura. 2. Diseño del muestreo según el ancho de la vegetación ribereña.	34
Figura. 3. Perfiles de diversidad para los afluentes con diferentes amplitudes de vegetación ribereña.....	38
Figura. 4. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA).	39
Figura. 5. Ordenación directa de la abundancia relativa de los géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados	41
Figura. 6. Relaciones entre el Índice de Integridad del Hábitat (HII) y la riqueza y abundancia de géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados.....	43

CAPÍTULO III. Contribución al conocimiento de los Ephemeroptera del departamento del Meta

Figura 1. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Baetidae.	110
Figura 2. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Leptohyphidae.	111
Figura 3. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Leptophlebiidae.	112
Figura 4. Mapa de ocurrencia de géneros de las familias Caenidae, Coryphoridae, Oligoneuridae, Ephemeridae, Euthyplociidae y Polymitarcidae.	113
Figura 5. Hábitos de las ninfas de la familia Baetidae..	114
Figura 6 Hábitos de las ninfas de la familia Leptohyphidae.	115
Figura 7. Hábitos de las ninfas de la familia Leptophlebiidae..	116

CAPÍTULO IV. Primer registro de Campylocia araca Gonçalves & Salles (Ephemeroptera: Euthyplociidae) para Colombia

Figura 1. Mapa de ocurrencia de <i>C. araca</i> para América del Sur.....	125
Figura 2. Imago macho de la especie <i>Campylocia araca</i>	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones relacionando la época de muestreo, amplitud de vegetación e Índice de Integridad del Hábitat.....	42
Tabla 2. Resultados del análisis de regresión múltiple para la riqueza y abundancia de géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados en relación con la calidad del agua.....	44

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

Importancia de la vegetación ribereña

La vegetación ribereña contribuye de forma significativa al mantenimiento de los procesos fluviales (Rios y Bailey 2006), tanto así que tiene un papel protagónico en la teoría “del río continuo”, en donde se describe que la fuente de energía que entra al sistema a través de la vegetación circundante es fundamental para el funcionamiento del mismo (Vannote et al. 1980). Además, los corredores de ribereños también sirven como conectores de los ecosistemas terrestres y acuáticos, lo que garantiza el sostenimiento e interacción de la vida acuática y terrestre (Milner y Gloyne-Phillips 2005; Rios y Bailey 2006; Valle et al. 2013).

Los beneficios de la vegetación ribereña han sido bien documentados en la literatura, entre ellos, podríamos citar que actúa como barrera para el control de escorrentías, sedimentos, nutrientes y contaminantes provenientes de las actividades antrópicas (Rios y Bailey 2006; Coles-Ritchie et al. 2007; Burger et al. 2010; Tabacchi et al. 2013; Valle et al. 2013). Además de mejorar la salud y la calidad del agua de los ríos, la vegetación ribereña es importante para la reducción de la erosión y suministro de sombra, lo que es indispensable para los regímenes de la temperatura del agua (Rios y Bailey 2006; Valle et al. 2013; Ono et al. 2020). La vegetación ribereña también provee de hojarasca y desechos leñosos, los cuales son arrastrados a los ríos, ayudando al mantenimiento de la estructura y composición de la biodiversidad acuática y es utilizado por los insectos acuáticos como recurso para su alimentación y refugio (Burger et al. 2010; Valle et al. 2013).

A pesar de su relevancia, la vegetación ribereña ha sufrido una fuerte presión proveniente de las actividades antrópicas, que han intensificado la remoción de la cobertura vegetal (Stromberg 2001; Milner y Gloyne-Phillips 2005; Rios y Bailey 2006; Valle et al. 2013). Los diferentes usos del suelo, tales como la expansión de los cultivos de pasto para el mantenimiento de las explotaciones ganaderas, ha provocado una reducción de la vegetación ribereña, con cambios estructurales

relevantes en los afluentes (Miserendino y Masi 2010; Dauwalter et al. 2018; Galetti et al. 2020). Además, el pastoreo inadecuado desestabiliza los márgenes de los afluentes (Dauwalter et al. 2018) y acelera el proceso de erosión de las orillas (Ranganath et al. 2009; Madden et al. 2019). Por otro lado, la contaminación fecal del ganado, provoca un aumento de los sedimentos y turbidez, lo que conlleva a un deterioro de la calidad del agua (Madden et al. 2019) y con ello a la reducción de la biodiversidad de las comunidades acuáticas (Dauwalter et al. 2018).

Los bosques de Colombia corresponden alrededor del 10% de la biodiversidad de todo planeta, pero actualmente son varias las actividades que conllevan a su degradación y pérdida (Baptiste et al. 2017). El departamento del Meta en las últimas dos décadas ha perdido 797.156 Ha de bosques tropicales (SMBYC 2020), evidenciándose un marcado deterioro ambiental, debido al establecimiento de cultivos de pasto para el mantenimiento de la producción ganadera (Briceño 2015).

Aspectos generales de los insectos acuáticos

Los insectos acuáticos son uno de los grupos biológicos más representativos en los ecosistemas dulceacuícolas y son considerados un componente fundamental de la cadena trófica de estos sistemas (Merritt et al. 2008; Chará et al. 2010; Villada-Bedoya et al. 2017; Ramírez 2018; Meza-Salazar et al. 2020; Zúñiga & Cardona, 2009). La comunidad de macroinvertebrados acuáticos, de la cual hacen parte los insectos acuáticos es compuesta por organismos con tamaño mayor a 0,5mm, que viven al menos parte de su ciclo de vida en ambientes acuáticos (Rosenberg & Resh, 1993). El grupo está representado en su mayoría por los órdenes: Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Hemiptera, Odonata, entre otros (Zúñiga & Cardona, 2009).

En los últimos años, el grupo de los insectos acuáticos ha sido ampliamente usado como bioindicador ambiental, para determinar integridad de ecosistemas y, principalmente, la calidad del agua en las cuencas hidrográficas, debido a que son sensibles a la contaminación o alteración en su hábitat (Valle et al. 2013; Madden et al. 2019; Galetti et al. 2020; Ono et al. 2020). Diferentes autores indican que las alteraciones de los ecosistemas acuáticos pueden observarse y cuantificarse

de forma eficiente mediante el uso de los insectos acuáticos como bioindicadores (Roldán-Pérez 2016; Melo et al. 2018; Meza-Salazar et al. 2020; Zúñiga & Cardona 2009; entre otros).

Investigaciones desarrolladas en diferentes regiones, han documentado que la diversidad del grupo disminuye, cuando la calidad del agua y hábitat es alterada debido a los diferentes usos del suelo y eliminación de la vegetación ribereña (Duran 2006; Ferreira et al. 2014; Oliveira-Junior et al. 2017; Brasil et al. 2020). La reducción en la diversidad de estos organismos puede conllevar a un desequilibrio de todos los niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos (Ono et al. 2020). Lo anterior genera una alteración en estado de salud de los sistemas acuáticos y es por esto que las medidas de diversidad del grupo de insectos acuáticos están siendo utilizadas en el monitoreo de las fuentes hídricas (Meza-Salazar et al. 2020; Villada et al. 2017; Stone et al. 2005).

Estado actual del conocimiento de los insectos acuáticos en el Meta

En el departamento del Meta han sido pocos los estudios realizados sobre insectos acuáticos, a pesar de la riqueza hídrica de la región (Rivera et al. 2010; Moreno et al. 2017; Granados-Martínez et al. 2018) y de la relevancia de las investigaciones relacionadas con biomonitoreo ambiental (Galeti et al. 2020). La región de la Orinoquia Colombiana es categóricamente reconocida como megadiversa debido a las ecorregiones que alberga (Peñuela-Recio 2011), pero ha sido de las regiones menos estudiadas en el país, en cuanto a la taxonomía y diversidad de insectos acuáticos.

El orden Odonata comprende uno de los grupos de insectos acuáticos más estudiados en el departamento en la actualidad (Rivera et al. 2010; Rache et al. 2013; Bota-Sierra 2014; Palacino-Rodríguez et al. 2020), pero también existen trabajos puntuales que involucran a otros órdenes de insectos acuáticos, tales como Trichoptera, Coleoptera, Ephemeroptera (eg. Peters 1981; Muñoz-Quesada F. 2000; Zúñiga et al. 2014; Zúñiga y Torres-Zambrano 2015; Dias et al. 2016; Salinas-Jiménez et al. 2017; Salinas-Jiménez et al. 2018; Aguilera-Giraldo & Vásquez-Ramos 2019; Salinas-Jimenez et al. 2019; Marulanda et al. 2020; Molineri et al. 2020; Rojas-Peña et al. 2021). Para el caso del orden Ephemeroptera, uno de los grupos más diversos dentro de la comunidad de insectos acuáticos, el conocimiento también ha incrementado en los últimos años, pero el número de registros aún es insipiente, con tan solo 20 especies reportadas (Peters 1981; Lugo-Ortiz y

McCafferty 1998; Zúñiga y Torres-Zambrano 2015; Dias et al. 2016; Salinas-Jiménez et al. 2017, 2018, 2019; Marulanda et al. 2020; Marín-Eslava et al. 2021 datos no pub; Molineri et al. 2021 datos no pub.; Rojas-Peña et al. 2021). Considerando lo anterior, los listados de especies, inventarios, registros y datos de distribuciones de estos grupos de insectos acuáticos presentes en el departamento del Meta son una contribución importante al conocimiento en la región y a su implementación como bioindicadores (Moreno et al. 2017).

Con el fin de aportar herramientas necesarias para futuras investigaciones encaminadas a la protección de los recursos hídricos del departamento del Meta, el presente estudio, tuvo como objetivo general: contribuir al conocimiento ecológico y taxonómico de insectos acuáticos en microcuencas de los Llanos Orientales y como objetivos específicos: evaluar el efecto de la vegetación ribereña a través de la integridad del hábitat sobre la abundancia, riqueza y composición de los insectos acuáticos en matrices ganaderas (Capítulo II) y contribuir al conocimiento de los Ephemeroptera en los Llanos Orientales (Capítulo III). Adicionalmente, en la tesis también se presenta el primer registro de la especie *C. araca* Gonçalves & Salles para Colombia (Capítulo IV).

LITERATURA CITADA

Aguilera-Giraldo IA, Vásquez-Ramos JM. 2019. Distribución espacial y temporal de Elmidae (Insecta: Coleoptera) y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el río Ocoa, Meta, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(166), 108-120.

Baptiste B, Pinedo-Vasquez M, Gutierrez-Velez VH, Andrade GI, Vieira P, Estupiñán-Suárez LM, Londoño MC, Laurance W, Lee TM. 2017. Greening peace in Colombia. *Nat Ecol Evol*. 1(4). doi:10.1038/s41559-017-0102.

Bota-Sierra CA. 2014. Nine new records of Odonata for Colombia from the Orinoco Basin (Lestidae, Calopterygidae, Heteragrionidae, Coenagrionidae, Libellulidae). *Not Odonatol Bick Bick*. 8(4):77–116.

Brasil LS, de Lima EL, Spigoloni ZA, Ribeiro-Brasil DRG, Juen L. 2020. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. *Ecol Indic.* 116(April):106495. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106495.

Briseño G. 2015. Evolution of the structural integrity of lotic ecosystems in “piedemonte llanero” in response to antropogenic action. *Acta Biológica Colomb.* 20(2):133–144. doi:10.15446/abc.v20n2.42307.

Burger B, Reich P, Cavagnaro TR. 2010. Trajectories of change: Riparian vegetation and soil conditions following livestock removal and replanting. *Austral Ecol.* 35(8):980–987. doi:10.1111/j.1442-9993.2010.02112.x.

Chará-Serna, A. M., Chará, J., Zúñiga, M. C., Pedraza, G.X., & Giraldo, L. P. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27-36.

Coles-Ritchie MC, Roberts DW, Kershner JL, Henderson RC. 2007. Use of a wetland index to evaluate changes in riparian vegetation after livestock exclusion. *J Am Water Resour Assoc.* 43(3):731–743. doi:10.1111/j.1752-1688.2007.00058.x.

Dauwalter DC, Fesenmyer KA, Miller SW, Porter T. 2018. Response of Riparian Vegetation, Instream Habitat, and Aquatic Biota to Riparian Grazing Exlosures. *North Am J Fish Manag.* 38(5):1187–1200. doi:10.1002/nafm.10224.

Dias LG, Cárdenas TL, Laython M. 2016. Conocimiento actual y ampliación de la distribución de *Tricorythopsis rondoniensis* (Ephemeroptera, Leptohephidae). *Rev Colomb Entomol.* 42(2):197. doi:10.25100/socolen.v42i2.6693.

Duran M. 2006. Monitoring water quality using benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish J Environ Stud.* 15(5):709–717.

Ferreira WR, Ligeiro R, Macedo DR, Hughes RM, Kaufmann PR, Oliveira LG, Callisto M. 2014. Importance of environmental factors for the richness and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. *Freshw Sci.* 33(3):860–871. doi:10.1086/676951.

Galeti G, Capitano BM, Baldissera R. 2020. Variation of benthic macroinvertebrate communities in streams of three landscapes of south Brazilian grasslands. *Rev Biol Trop.* 68(1):108–121. doi:10.15517/rbt.v68i1.37652.

Granados-Martínez C, Lasso CA, Núñez-Avellaneda M, Morales-Betancourt MA. 2018. Macroinvertebrados acuáticos de los ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda, Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Pp. 97–119. In: Lasso CA, Morales-Betancourt MA, Escobar-Martínez ID, editors. Biodiversidad de la Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda. Bogotá, DC, Colombia: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Lugo-Ortiz CR, McCafferty WP. 1998. Five new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from South America. *Ann Limnol.* 34(1):57–73. doi:10.1051/limn/1998007.

Madden D, Harrison S, Finn JA, Huallacháin D. 2019. The impact of cattle drinking points on aquatic macroinvertebrates in streams in south-east Ireland. *Irish J Agric Food Res.* 58(1):13–20. doi:10.2478/ijafr-2019-0002.

Marulanda JF, Hernández IC, Dias LG, Salles FF. 2020. New, additional and historical records of Leptophlebiidae (Insecta, Ephemeroptera) from Colombia. *Rev Bras Entomol.* 64(3):1–13. doi:10.1590/1806-9665-RBENT-2020-0063.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Fourth edition. Dubuque: Kendall /Hunt Publishing.

Melo SM, Pinha GD, Ragonha FH, Fontes-Junior HM, Takeda AM. 2018. Reservoir longitudinal gradient promotes ordered losses on diversity and density of Ephemeroptera community. *Brazilian J Biol.* 78(4):785–792. doi:10.1590/1519-6984.181514.

Meza-Salazar AM, Guevara G, Dias LG, Cultid-Medina CA. 2020. Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. *PeerJ.* 8:1–26. doi:10.7717/peerj.9619.

Milner AM, Gloyne-Phillips IT. 2005. The role of riparian vegetation and woody debris in the development of macroinvertebrate assemblages in streams. *River Res Appl.* 21(4):403–420. doi:10.1002/rra.815.

Miserendino ML, Masi CI. 2010. The effects of land use on environmental features and functional organization of macroinvertebrate communities in Patagonian low order streams. *Ecol Indic.* 10(2):311–319. doi:10.1016/j.ecolind.2009.06.008.

Molineri C, Nieto C, Dos Santos DA, Emmerich D, Zúñiga M, Fierro P, Pessacq P, Gomez D, Márquez JA, Príncipe RE, et al. 2020. Do mayflies (Ephemeroptera) support a biogeographic transition zone in South America? *J Biogeogr.* 47(9):1980–1993. doi:10.1111/jbi.13868.

Moreno F, Caro Caro CI, Pinilla GA, Osorio DP. 2017. Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. *Acta Biol Colomb.* 22(3):274–306. doi:10.15446/abc.v22n3.60619.

Muñoz-Quesada F. 2000. Especies del orden Trichoptera (Insecta) en Colombia [Colombian species of the order Trichoptera (Insecta)]. *Biota Colomb.* 1(3):267–288

Oliveira-Junior JMB de, De Marco P, Dias-Silva K, Leitão RP, Leal CG, Pompeu PS, Gardner TA, Hughes RM, Juen L. 2017. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. *Limnologica.* 66:31–39. doi:10.1016/j.limno.2017.04.007.

Ono ER, Manoel PS, Melo ALU, Uieda VS. 2020. Effects of riparian vegetation removal on the functional feeding group structure of benthic macroinvertebrate assemblages. *Community Ecol.* 21(2):145–157. doi:10.1007/s42974-020-00014-7.

Palacino-Rodríguez F, Silva Brito J da, Batista Calvão L, Sabogal Gonzalez A, Juen L. 2020. In Neotropical savannas , altitude affects the diversity of the Anisoptera but not the Zygoptera (Insecta : Odonata). *Mar Freshw Res.* doi: 10.1071/MF20182

Peters WL. 1981. *Coryphorus aquilus*, a New Genus and Species of Tricorythidae from the Amazon Basin (Ephemeroptera). *Aquat Insects.* 3(4):209–217. doi:10.1080/01650428109361064.

Peñuela-Recio L, Castro LF, Ocampo-Peñuela N. 2011. Las Reservas Naturales del Nodo Orinoquia en su rol de conservación de la Biodiversidad. Fundación Horizonte Verde y Resnatur. 104p. Colombia.

Rache L, Acero A, Alfonso S, Silva JDR. 2013. Primer registro de los géneros *Diaplebia* Selys, 1854, *Argyrothemis* Ris 1909 y *Fylgia* kirby 1889 para colombia (Odonata: Gomphidae, Libellulidae). *Entomotropica.* 28(2):95–97.

Ramírez YP. 2018. Influencia de la ganadería en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Rev Biol Trop.* 66(3):1244. doi:10.15517/rbt.v66i3.30316.

Ranganath SC, Hession WC, Wynn TM. 2009. Livestock exclusion influences on riparian vegetation, channel morphology, and benthic macroinvertebrate assemblages. *J Soil Water Conserv.* 64(1):33–42. doi:10.2489/jswc.64.1.33.

Rios SL, Bailey RC. 2006. Relationship between riparian vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. *Hydrobiologia.* 553(1):153–160. doi:10.1007/s10750-005-0868-z.

Rivera-Rondón CA, Zapata AM, Perez D, Morales Y, Ovalle H, Alvarez JP. 2010. Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río orinoco (Orinoquía, Colombia). Acta Biológica Colomb Vol 15, núm 1 (2010); 145-166 <http://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/9575>.

Rojas-Peña JI, Vásquez-Ramos JM, Salinas-Jiménez LG, Osorio-Ramirez DP, Caro-Caro CI. 2021. Effects of physical and chemical factors on Ephemeroptera (Insecta) assemblages in an urban river of the eastern Colombian Llanos. Pap Avulsos Zool. 61:1–11. doi:10.11606/1807-0205/2021.61.07

Roldán-Pérez G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat. 40(155):254. doi:10.18257/raccefy.335.

Rosenberg, D.M. y Resh, V.H., 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. En: Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Rosenberg, D.M. y Resh, V.H. (eds.), Chapman & Hall, New York, pp. 1-9.

Rubio-M J, Meza-S AM, Dias LG. 2016. Colonización de macroinvertebrados acuáticos en hojas de *Miconia* sp. y *Eucalyptus* sp. en la subcuenca alta Del Río Chinchiná, Colombia. Bol Cient del Cent Museos. 20(2):45–56. doi:10.17151/bccm.2016.20.2.4.

Salinas-Jiménez LG, Rojas-Peña JI, Osorio-Ramírez DP, Caro-Caro CI. 2017. New records of Ephemeroptera from the Colombian Orinoco river basin of the Meta department. Rev Colomb Entomol. 43(2):271–276. doi:10.25100/socolen.v43i2.5958.

Salinas LG, Suárez-Mantilla EY, Cuartas JAO, Mora MAT. 2018. First record of the nymph of *Fittkaulus amazonicus* Kluge (Ephemeroptera-Leptophlebiidae) from Colombia and broadening of the distribution to the Orinoco river basin. Bol Cient del Cent Museos. 22(1):97–101. doi:10.17151/bccm.2018.22.1.8.

Salinas-Jimenez LG, Boldrini R, Osorio-Ramirez DP, Caro CI, Rojas-Peña JI. 2019. A new species of *Camelobaetidius* Demoulin, 1966 (Ephemeroptera: Baetidae), from the Colombian Orinoco River basin. *Zootaxa*. 4656(2):367–374. doi:10.11646/zootaxa.4656.2.9.

Sistema de Monitoreo de bosques y carbono (SMBYC). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). [Revisada en: 10 oct 2020]. <http://smbyc.ideam.gov.co>.

Stone ML, Whiles MR, Webber JA, Williard KWJ, Reeve JD. 2005. Macroinvertebrate Communities in Agriculturally Impacted Southern Illinois Streams: Patterns with Riparian Vegetation, Water Quality, and In-Stream Habitat Quality. *J Environ Qual*. 34(3):907–917. doi:10.2134/jeq2004.0305.

Stromberg JC. 2001. Restoration of riparian vegetation in the south-western United States: Importance of flow regimes and fluvial dynamism. *J Arid Environ*. 49(1):17–34. doi:10.1006/jare.2001.0833.

Tabacchi E, Lambs L, Guilloy H, Planty-Tabacchi A-M, Muller E, Décamps H. 2013. Security Challenges of BYOD : a Security Education , Training and Awareness perspective. Unpublished. 14(July):1–8. doi:10.1002/1099-1085(200011/12)14.

Valle IC, Buss DF, Baptista DF. 2013. Influência da conectividade dos fragmentos florestais e da largura da vegetação ripária sobre a fauna de macroinvertebrados em um ecossistema lótico. *Brazilian J Biol*. 73(2):231–238. doi:10.1590/S1519-69842013000200002.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Can J Fish Aquat Sci*. 37(1):130–137. doi:10.1139/f80-017.

Villada-Bedoya S, Ospina-Bautista F, Dias LG, Varón JVE. 2017. Diversidad de insectos acuáticos en quebradas impactadas por agricultura y minería, Caldas, Colombia. *Rev Biol Trop*. 65(4):1635–1659. doi:10.15517/rbt.v65i4.26903.

Zúñiga, M. C., & Cardona, W. 2009. Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. In J. Cantera, Y. Carvajal, & L. M. Castro (Eds.), *Caudal Ambiental: Conceptos, Experiencias y Desafíos* (pp. 167-196). Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Zúñiga M, Torres-Zambrano NN. 2015. *Tricorythopsis rondoniensis* (Dias, Salles y Fereira) (Insecta: Ephemeroptera: Leptohephidae): Nuevo registro de distribución para Colombia y la cuenca del río Orinoco. *Dugesiana*, 22(1), 37-38.

Zúñiga M, Giraldo LP, Calero H, Ram YP, Chará JD. 2014. *Anacroneuria caraca* Stark y *A. jewetti* Stark (Insecta: Plecoptera: Perlidae): primeros registros para los Andes Orientales y el Pie de Monte de la Orinoquia Colombiana. *Boletín del Mus Entomol la Univ del Val*. 15 (1):12–19.

CAPÍTULO II

Variación de la vegetación ribereña en matrices ganaderas y sus efectos sobre la comunidad de insectos acuáticos

En preparación

Variación de la vegetación ribereña en matrices ganaderas y sus efectos sobre la comunidad de insectos acuáticos

(Variation of riparian vegetation in cattle production areas and their effects on the aquatic insects community)

Laura Jimena Marín Eslava¹, Lucimar Gomes Dias², Leandro Juen³

Resumen: Las actividades antrópicas como la ganadería causan alteraciones en la estructura física, química y biológica de los ecosistemas acuáticos, especialmente por la eliminación de la vegetación ribereña, la cual es indispensable para el mantenimiento de la biodiversidad acuática. En este estudio se evaluaron los efectos de diferentes anchos de vegetación ribereña sobre la composición de los insectos acuáticos en nueve afluentes de primer y segundo orden, ubicados dentro de matrices ganaderas en los municipios de Cubarral y San Martín (departamento del Meta). Se colectaron 3.288 individuos agrupados en nueve órdenes, 43 familias, y 103 géneros y/o morfotipos. Los resultados obtenidos mediante el Índice de Integridad del Hábitat indicaron que la vegetación ribereña influyó a la composición de los insectos acuáticos, en donde las quebradas con mayor similitud fueron aquellas con vegetación >4m, las cuales también presentaron un mayor número de géneros exclusivos. Además, los cambios del uso del suelo mostraron una alteración de las condiciones fisicoquímicas de los afluentes evaluados, observándose que dichas variables tuvieron un efecto sobre la riqueza de géneros. Este estudio resalta la importancia del mantenimiento y conservación de la vegetación ribereña de los afluentes que se encuentran dentro de áreas de explotaciones ganaderas.

Palabras claves: vegetación ribereña; Meta; insectos acuáticos; integridad de hábitat.

Abstract: Anthropic activities such as cattle production cause alterations in the physical, chemical, and biological structure of aquatic ecosystems, especially by the elimination of riverine vegetation which is indispensable for the maintenance of aquatic biodiversity. This study evaluated the effects of different amplitudes of riverine vegetation on the composition of aquatic insects in nine tributaries of first and second order within cattle production areas in the municipalities of Cubarral

and San Martín (Meta department). 3.288 individuals were collected in nine orders, 43 families, and 103 genera and/or morphotypes. The results obtained through the Habitat Integrity Index indicated that riparian vegetation influenced the composition of aquatic insects, where the streams with the greatest similarity were those with vegetation > 4m, which also presented a greater number of exclusive genera. In addition, changes in land use showed an alteration of the physicochemical conditions of the affluents evaluated, it is seen that these variables had an effect on genera wealth. This study reveals the importance of maintenance and conservation of the riparian vegetation in tributaries within cattle production farms.

Key words: riparian vegetation: Meta; aquatic insects; habitat integrity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, diferentes actividades antropogénicas, como la ganadería, minería, agricultura y urbanización, han provocado la remoción parcial o total de la cobertura vegetal de los recursos hídricos y, consecuentemente, han afectado las relaciones estructurales y funcionales entre los elementos del paisaje y la integridad de los ambientes acuáticos (Wiens 2002; Giraldo et al. 2014; Chará-Serna et al. 2015; Calvão et al. 2016; Lobo et al. 2017; Villada-Bedoya et al. 2017; Calvão et al. 2018; Meza-Salazar et al. 2020). En el caso de la ganadería, el incremento en las tasas de deforestación ocurre debido al establecimiento de amplias áreas de cultivos de pastos para el alimento del ganado, con implicaciones directas en la dinámica de los ecosistemas naturales (Piza et al. 2011; Giraldo et al. 2014).

En términos generales, se puede afirmar que la pérdida de la vegetación ribereña provocada por los diferentes usos del suelo ha puesto en riesgo la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos (Chará-Serna et al. 2015; Villada-Bedoya et al. 2017; Meza-Salazar et al. 2020). Lo anterior es debido a que la vegetación ribereña tiene un papel relevante en la reducción de la erosión, estabilización de los márgenes de los ríos, regulación hídrica, aumento de sombrero y una relación directa con aspectos fisicoquímicos e hidrológicos, que consecuentemente están relacionados con la calidad del agua y la biodiversidad asociada (Guevara et al. 2006; Lorion y Kennedy 2009; I.

Valle et al. 2013; Moraes et al. 2014; Nunes et al. 2015; Taniwaki et al. 2019; Ono et al. 2020). Adicionalmente, la vegetación ribereña también tiene un rol relevante en el amortiguamiento del impacto generado por los diferentes usos del suelo sobre las fuentes hídricas, mediante la disminución de la velocidad de escorrentía, la captación de sedimentos, compuestos tóxicos y nutrientes producidos en las actividades agropecuarias (Chará et al. 2007; Moraes et al. 2014; Meza-Salazar et al. 2020).

Diferentes autores apuntan que la vegetación ribereña comprende una gran diversidad de hábitats que son fundamentales para diferentes especies de vertebrados e invertebrados y actúa como corredores de dispersión, tanto para organismos terrestres como acuáticos (Arcos et al. 2008; Lorion y Kennedy 2009; Valle et al. 2013; Nunes et al. 2015; Calle y Holl 2019). La vegetación ribereña también es responsable por el aporte de material alóctono para la biota acuática que se alimenta de hojas, troncos, flores y frutos que caen o son arrastrados dentro de los cuerpos de agua y que son fundamentales en la cadena trófica del ecosistema acuático (Möller 2011). Así, la remoción parcial o total de la vegetación ribereña tiene un efecto directo sobre la biodiversidad acuática y puede conllevar a la transformación de un sistema heterotrófico a autotrófico (Vannote et al. 1980; Juen et al. 2016; Carvalho et al. 2018; Veras et al. 2019).

Como consecuencia de la pérdida total o parcial de la vegetación ribereña, algunos grupos funcionales pueden disminuir su abundancia y algunas especies pueden ser desplazadas o hasta extintas (Green et al. 2005). Por otro lado, el ambiente acuático desprovisto de vegetación ribereña también puede ser colonizado por otras especies adaptadas a esta nueva condición o al menos, más resilientes a los impactos ambientales (Brand y Miserendino 2015; Lobón-Cerviá et al. 2016; Faria et al. 2017; Fierro et al. 2017; Frutos et al. 2020). Los servicios ecosistémicos que brindan los ríos y quebradas también son alterados por la pérdida de la vegetación circundante y algunos estudios indican que cuanto más ancha y densa sea la vegetación, habrá una mayor retención de nutrientes y sedimentos, lo que conlleva a una mejor calidad del agua, integridad biótica y salud del ecosistema (Stone et al. 2005; Elosegí y Diéz 2009; Moraes et al. 2014).

Diferentes autores han demostrado el efecto de la fragmentación y/o remoción de la vegetación ribereña sobre la riqueza y diversidad de diferentes grupos biológicos, como las aves (Hansen et

al. 2019; Frutos et al. 2020), mamíferos, artrópodos, reptiles, anfibios, peces e insectos acuáticos (Corbacho et al. 2003; Lobón-Cerviá et al. 2016; Carvalho et al. 2018; Mitchell et al. 2018). Este último grupo, a pesar de poco carismático, reviste de gran importancia al contribuir en la descomposición y recirculación de nutrientes, además de ser parte fundamental de la cadena alimenticia de los organismos pertenecientes a niveles tróficos superiores (Castro et al. 2016; Rubio-M et al. 2016; Ramírez 2018; Ono et al. 2020). La gran mayoría de los insectos acuáticos son dependientes del recurso vegetal alóctono para su alimentación y refugio y cuando la vegetación ribereña es eliminada, ocurre una disminución de su diversidad, lo que provoca una alteración de la estructura de la comunidad (Valle et al. 2013; Moraes et al. 2014; Ramírez 2018; Meza-Salazar et al. 2020).

En los últimos años, los insectos acuáticos han ganado protagonismo como una herramienta eficaz en programas de biomonitoreo de la calidad y el estado de conservación de su hábitat (Miguel et al. 2017; Murillo-Montoya et al. 2018; Ramírez 2018; Meza-Salazar et al. 2020), ya que estos son sensibles a los cambios ambientales y estructurales del paisaje (Uehara-Prado et al. 2009). Dentro de la comunidad de insectos acuáticos, algunos grupos son considerados sensibles y otros tolerantes a la contaminación o perturbación ambiental, por lo que se puede esperar una respuesta de la comunidad frente a diferentes alteraciones en el ecosistema (Stone et al. 2005; Valle et al. 2013; Ramírez 2018; Meza-Salazar et al. 2020; Ono et al. 2020). El incremento en la utilización de los insectos acuáticos como bioindicadores se debe a algunas características que los mismos poseen, tales como: amplia distribución geográfica, gran variedad de taxones, han sido relativamente bien estudiados y documentados, ciclo de vida largos y su muestreo es fácil y económico, así como gran especificidad ambiental y sensibilidad a los cambios de hábitat (Johnson et al. 1993; Valle et al. 2013; Villada-Bedoya et al. 2017; Ono et al. 2020).

Otra forma de evaluar el efecto de los diferentes usos de suelo sobre los ecosistemas acuáticos y, la consecuente, la pérdida de vegetación ribereña es mediante el uso de índices de integridad ambiental (Brasil et al. 2020). Uno de los índices más utilizados en la actualidad es el propuesto por Nessimian et al. (2008), el cual ha demostrado un gran un gran potencial para explicar los cambios que ocurren en las comunidades de insectos acuáticos en pequeños arroyos como consecuencia de la alteración de sus hábitats (Brasil et al. 2020).

En Colombia, uno de los departamentos con mayor trayectoria en la actividad ganadera es el Meta, el cual ha sufrido un marcado deterioro ambiental debido al establecimiento de sistemas de pasturas (Briceño 2015). Estos sistemas ganaderos conllevan a la degradación de los ecosistemas naturales y han sido considerados como una amenaza para los bosques tropicales (Murgueitio 2003). De acuerdo con lo anteriormente mencionado, en las últimas dos décadas el departamento del Meta ha perdido 797.156 Ha de bosques (SMBYC 2020). Además de los efectos directos sobre la degradación del suelo y aire, la ganadería también aporta en el aumento de la contaminación de las fuentes hídricas por infiltración y/o escorrentía de los residuos generados por el uso de sustancias altamente tóxicas, como los antibióticos usados para manejo de enfermedades del ganado y antiparasitarios, tal como la ivermectina (Fernandez et al. 2009; Brinke et al. 2010) y agroquímicos para el control de plagas de los pastos (Murgueitio 2003; Sainato et al. 2006; Pinos-Rodríguez et al. 2012; Rojas-Downing et al. 2017; Horak et al. 2019). Adicionalmente, las excretas del ganado, también impactan los ecosistemas, debido a que contienen una gran cantidad de fósforo y nitrógeno, que incluso pueden provocar un aumento en la propagación de plantas acuáticas en los ecosistemas acuáticos, generando la disminución del oxígeno disuelto, variabilidad en el pH y consecuentemente la eutrofización de los cuerpos de agua (Pinos-Rodríguez et al. 2012; Sakadevan y Nguyen 2017).

Considerando todo lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la vegetación ribereña a través de la integridad del hábitat sobre la abundancia, riqueza y composición de los insectos acuáticos en matrices ganaderas de los Llanos Orientales. Se tuvo como hipótesis que la anchura de vegetación ribereña afecta la diversidad de los insectos acuáticos debido a que interfiere en la disponibilidad de hábitat. Adicionalmente, en el estudio se evaluó la relación entre las condiciones fisicoquímicas y la biodiversidad (riqueza, abundancia y composición) de insectos acuáticos, debido a que estos parámetros son alterados por el cambio de uso del suelo y por la remoción parcial o total de la vegetación ribereña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en afluentes de primer y segundo orden con impacto ganadero en los municipios de Cubarral y San Marín (Meta, Colombia) (Figura 1), ubicados en el piedemonte llanero, al occidente y centro sur oriente del departamento del Meta.

Esta región es conocida por poseer numerosas fuentes hídricas (Briceño 2015). Los pequeños y abundantes afluentes en los municipios de Cubarral y San Martín poseen una red de drenaje tipo paralelo (Twidale 2004) que nacen en la vertiente de la cordillera oriental y tributan al río Humadea, el cual hace parte de la gran cuenca del río Orinoco. El régimen climático del piedemonte llanero es monomodal, donde la época de lluvias comienza desde el mes de abril hasta noviembre y presenta un periodo seco de diciembre a marzo (Pacheco y León-Aristizábal 2001), con una temperatura promedio de 26 °C (Briceño 2015). Se encuentra en una zona de cambio entre bosques montanos y sabanas de altillanura (Briceño 2015) concentrando una gran diversidad de flora, además sus bosques se caracterizan por ser higrófilos, los cuales han sido alterados debido al establecimiento de cultivos y pastos (Díaz-Pérez 2019).

Los afluentes seleccionados se encontraban inmersos dentro de matrices de pasturas del género *Brachiaria*, especialmente *Brachiaria Brizantha* y *Brachiaria dictyoneura* cuyas producciones ganaderas son explotaciones de doble propósito orientado a la producción de carne y leche. La matriz ganadera de los municipios de Cubarral y San Martín alberga una población bovina de aproximadamente 18.078 y 184.275 individuos, respectivamente (ICA 2020).



Fig. 1. Área de estudio en los municipios de Cubarral y San Martín.

Diseño de muestreo

Un total de nueve afluentes con diferentes anchos de vegetación ribereña fueron elegidos para el estudio (Figura 2). Para la selección de dichos afluentes se tuvo en cuenta fotografías satelitales, información cartográfica cedida por el IGAC (2020), además de visitas de reconocimiento para apreciación y estimación manual de la anchura de la vegetación ribereña la cual se realizó con un decámetro. De los nueve afluentes estudiados, tres no tenían cobertura vegetal (Figura 2A); tres presentaban una vegetación ribereña entre 1 a 3 metros (Figura 2B) ubicados en el municipio de Cubarral y otros tres con cobertura vegetal mayor a 4 metros (Figura 2C) ubicados en el municipio de San Martín.

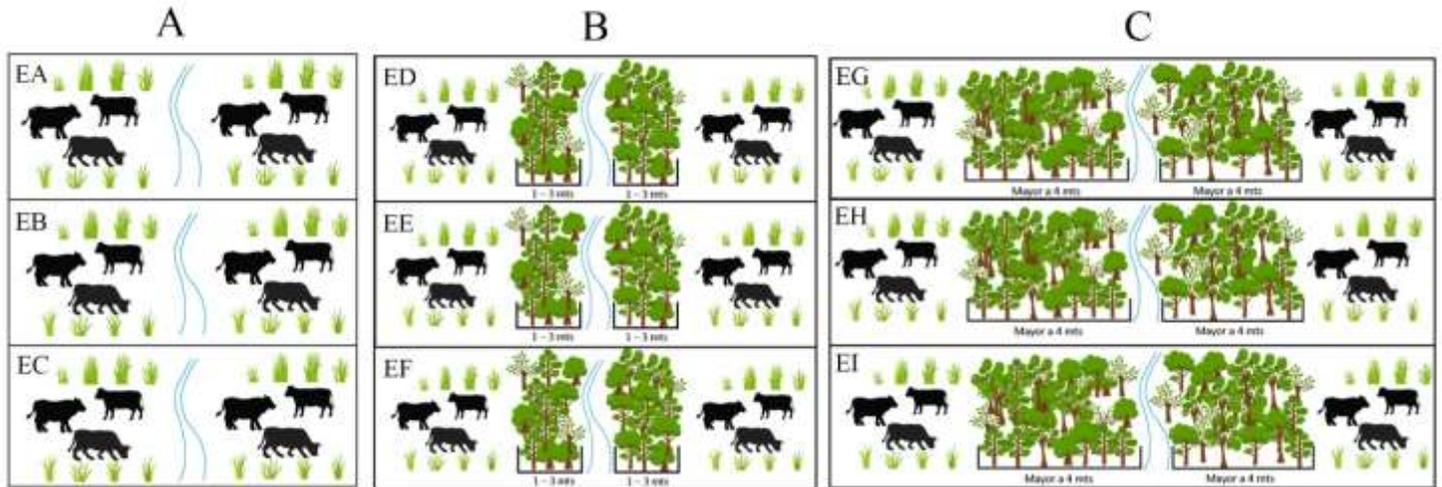


Fig. 2. Diseño del muestreo según el ancho de la vegetación ribereña. A. Sin vegetación ribereña. B. 1 -3 metros de ancho. C. Mayor a 4 metros de ancho.

Para la colecta de los insectos acuáticos se realizaron dos expediciones de muestreos en cada afluente seleccionado, uno en época de verano o bajas lluvias (febrero 2019) y en época de invierno o altas lluvias (junio 2019). En cada sitio se tomaron muestras de insectos acuáticos con una trampa tipo Surber en tres sustratos (piedra, hojarasca y sedimento), con tres repeticiones según metodología propuesta por Silveira et al. (2004). Los insectos fueron colectados en frascos herméticos con alcohol al 96%, los cuales fueron rotulados con información pertinente (coordenada geográfica, punto de muestro y fecha de colecta). Las identificaciones de los especímenes colectados se realizaron con un estereoscopio binocular marca Nikon y se emplearon las claves taxonómicas para familias y géneros de autores como Posada-García y Roldán-Pérez (2003), Domínguez (2006), Domínguez y Fernández (2009), Springer (2010) y Neiss et al. (2018). El material recolectado fue depositado en la Colección CEBUC (RNC: 188). Adicionalmente, en cada punto de muestreo se midieron *in situ* las variables físicas como: temperatura, sólidos disueltos totales, conductividad, pH y oxígeno disuelto con un equipo multiparamétrico marca Ohaus (modelo ST300D-B) y se calcularon las variables hidrológicas como el ancho, profundidad y velocidad del cauce (Anexo 1).

Índice de integridad del hábitat de afluentes:

Para evaluar las condiciones ambientales de los afluentes muestreados, se midieron 12 elementos del hábitat, con base al protocolo propuesto por Nessimian et al. (2008) referente al Índice de Integridad del Hábitat (IIH). Dichos elementos fueron evaluados de forma visual, en los cuales se tuvo en cuenta: patrón de uso del suelo más allá de la zona de vegetación ribereña, ancho de la vegetación ribereña, estado de conservación de la vegetación ribereña, estado de la vegetación ribereña dentro de un rango de 10 metros, dispositivos de retención, sedimentos en el canal, estructura de la ribera del río, excavación bajo barranco, cauce del río, rápidos y pociones o áreas serpenteantes, vegetación acuática y detritos. Cada elemento contenía de 4 a 5 opciones de respuesta, las cuales estaban relacionadas con la integridad del hábitat. Los valores observados se estandarizaron con relación al valor máximo para cada elemento evaluado, con el fin de asegurar que cada elemento tuviera el mismo peso en el análisis y así obtener un valor final entre 0 a 1, en donde los valores más bajos indican menor integridad y los más cercanos a 1, la mayor integridad. Como la integridad del hábitat es una medida amplia que involucra la eliminación de vegetación, en el análisis se utilizará para evaluar el efecto de la pérdida de vegetación ribereña en la comunidad de insectos acuáticos.

Análisis de datos:

Para los análisis de los datos, se tuvo en cuenta cada expedición de recolección y cada punto de muestreo como muestra, totalizando 18 muestras. La abundancia de individuos es la suma de todos los organismos presentes en cada afluente. La riqueza de especies es la suma de los géneros presentes en cada afluente.

Diversidad.

Para evaluar la diversidad de los insectos acuáticos en los afluentes con diferentes amplitudes de vegetación ribereña, se utilizó la diversidad de orden q (qD), la cual expresa el número efectivo de

especies (géneros para este estudio), en donde el valor de q determina la influencia que puede tener los géneros comunes sobre los valores de la diversidad (Chao et al. 2014).

$${}^qD \equiv \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

En el presente estudio, se utilizaron 3 valores, diversidad de orden cero ($q = 0$) el cual representa la riqueza de géneros, diversidad de orden 1 ($q = 1$) equivalente a la diversidad *per se* (exponencial del índice de Shannon) y diversidad de orden 2 ($q = 2$) equivalente a la dominancia de géneros (recíproco del índice de Simpson) (Moreno *et al.*, 2011). La estimación y comparación de la diversidad de orden q (qD), se basa en la comparación de la diversidad de los taxones encontrados en el mismo nivel de cobertura de muestreo (Chao et al. 2014).

Composición.

La variación en la composición de especies entre muestras se evaluó mediante un Análisis de coordenadas principales (PCoA). Los datos de abundancia se transformaron previamente usando $\log(x + 1)$ usando la medida de similitud de Bray Curtis. Este análisis evalúa la similitud de la distribución de géneros entre las muestras, los puntos ordenados en el gráfico más juntos significan que comparten un mayor número de géneros, por otro lado, los puntos ordenados más distantes tienen una composición de géneros más disímil. En las clasificaciones utilizamos el puntaje IIIH como una burbuja variable, lo que nos permite visualizar el efecto del cambio en la composición de los géneros, cuanto mayor sea el tamaño del punto representa mayor integridad del hábitat o menor cambio ambiental. Además, realizamos un ordenamiento directo de las abundancias relativas de los géneros con el índice de integridad de géneros, lo que nos permite evaluar la especificidad de cada género. Este análisis realiza un “ranking” para cada género, calculando la abundancia relativa en cada condición ambiental de interés, que en nuestro caso es la integridad ambiental. De esta forma, este análisis permite evaluar en qué condiciones ambientales el género tiene mayor abundancia, permitiendo inferir sobre su especialidad de condiciones ambientales. Este análisis se realizó en tres bloques, el primero representado por los géneros EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), el segundo por los géneros Odonata y el tercero por los demás géneros muestreados.

Relación entre variables ambientales sobre la riqueza y abundancia.

Para evaluar la hipótesis de que la integridad del hábitat (IIH) afecta la riqueza y la abundancia de los insectos acuáticos, utilizamos una regresión lineal simple (Zar 2010). Para evaluar nuestra segunda hipótesis de que las variables ambientales (físicoquímicas y hidrológicas) también tienen relación con la riqueza y abundancia de insectos acuáticos, se utilizó regresiones lineales múltiples (Zar 2010), con la selección de modelos step wise. Todos los análisis se realizaron en la plataforma R (R Core Team 2019) utilizando el paquete Vegan (Oksanen et al. 2016).

RESULTADOS

En total se colectaron 3.288 individuos agrupados en 9 órdenes, 43 familias, y 103 géneros y/o morfotipos, de los cuales, los géneros *Smicridea* y *Nectopsyche* fueron los más abundantes con un 23.3% del total de las muestras colectadas, seguidos por los géneros *Thraulodes*, *Leptonema*, subfamilia Chironominae, *Anacroneuria*, *Americabaetis*, *Farrodes*, *Caenis*, *Gigantodax*, *Tricorythopsis*, *Chimarra* y *Camelobaetidius* con un 43 %. El orden que presentó una mayor cantidad de géneros fue Ephemeroptera con 24, seguido de Trichoptera con 19, Coleoptera y Odonota con 17, cada uno (Anexo 2).

Con respecto a las amplitudes de la vegetación ribereña evaluadas, los afluentes con cobertura vegetal mayor a 4 metros registraron la abundancia más alta (1.205 individuos), con 36.6% del total de individuos de todo el muestreo y dentro de estos, el género *Nectopsyche* fue el más abundante (320 individuos). Para los afluentes con cobertura vegetal de 1 a 3 metros y sin cobertura, la abundancia total fue de un 33.3% (1.094 individuos) y 30.1% (989), respectivamente, donde el género más abundante fue *Smicridea* con 169 y 191 individuos, respectivamente.

Diversidad.

Con relación a la riqueza de géneros y/o morfotipos ($q=0$), se presentó una tendencia en donde los afluentes sin cobertura vegetal presentaron una menor diversidad. Las estaciones más diversas

fueron E y H, con 50 géneros cada una, seguido por la estación G con 42 géneros. En cuanto a la diversidad de orden $q=1$, la estación E presentó el valor más alto, con una comunidad de 23.14 géneros, en donde cada género posee la misma abundancia, seguido de las estaciones F y D con 21.51 y 19.9 géneros, respectivamente. Estos resultados indican que los afluentes con 1- 3 metros de vegetación ribereña fueron los más diversos, seguidos de los afluentes con vegetación mayor a 4 metros y los menos diversos aquellos sin cobertura vegetal. Para la diversidad de orden $q=2$, la estación que reportó más géneros dominantes fue E con 15.52 géneros, seguido de las estaciones D y E con 15.45 y 12.58 géneros, respectivamente, resultados similares a los anteriores, en donde los afluentes más diversos son aquellos con una amplitud vegetación ribereña entre 1 a 3 metros, seguidos de los afluentes con amplitudes mayores a 4 metros y por último los afluentes sin cobertura vegetal (Figura 3).

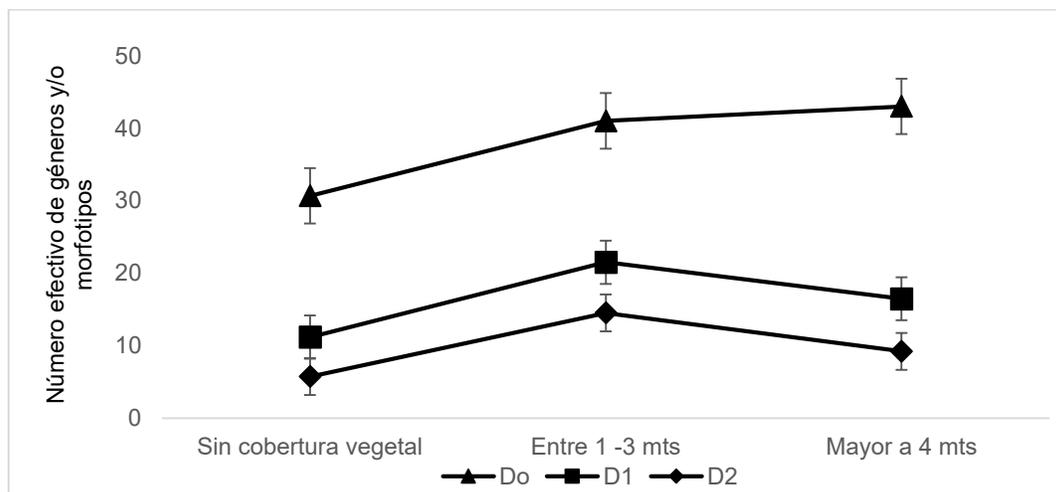


Fig. 3 Perfiles de diversidad para los afluentes con diferentes amplitudes de vegetación ribereña evaluados. Donde $q = 0$: riqueza de géneros y/o morfotipos, $q = 1$: diversidad *per se* y $q = 2$: dominancia de géneros y/o morfotipos.

Efecto de integridad del hábitat sobre la composición y riqueza de géneros:

El Índice de Integridad del Hábitat (IIH) estuvo en un rango entre 0.36 y 0.87, lo que indica un amplio gradiente de condiciones ambientales. Los afluentes con un alto Índice de Integridad del Hábitat fueron aquellos con cobertura vegetal mayor a 4 metros, los cuales obtuvieron una

puntuación que osciló entre 0.81 – 0.87, seguidos de los afluentes con una cobertura vegetal entre 1 y 3 metros con un IIH de 0.61 y los afluentes sin cobertura vegetal, prestaron menor integridad ambiental con una puntuación que varió entre 0.36 y 0.45 (Tabla 1).

En el análisis de las coordenadas principales, en sus dos primeros ejes explicaron el 41,92% de la variación de la composición, siendo 24,93% en el primer eje y 16,99% en el segundo. Al evaluar el orden del gráfico, se observa que hubo una variación en la distribución de especies según la condición de integridad del hábitat en cada arroyo, lo que demuestra que esta condición ambiental está afectando la composición de las especies. Las localidades con menor integridad tenían una mayor similitud en la composición, estando dispuestas en el lado derecho del gráfico. Los lugares con integridad intermedia se ubicaron en la parte media del gráfico y los lugares con mayor integridad también tuvieron una mayor similitud de composición, estando dispuestos en el lado izquierdo del gráfico (El primer eje representa las puntuaciones del IIH). Las ubicaciones y tamaños de las burbujas indican una amplia variación en la composición de géneros a lo largo del gradiente IIH (las burbujas más grandes representan sitios con la mayor integridad).

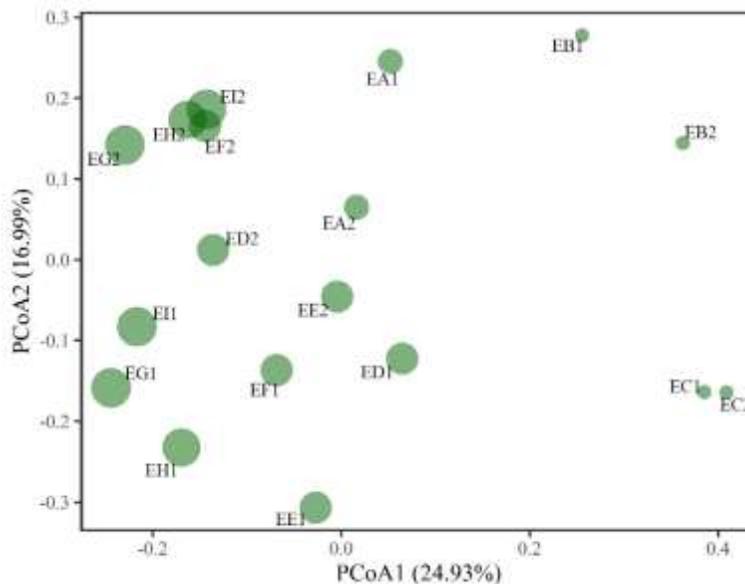


Fig. 4. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) considerando todas las comunidades.

La composición de los géneros y/o morfotipos varió con el IIIH, el cual está relacionado con la amplitud de la vegetación ribereña y puede observarse en los gráficos de gradientes directos, que hay una distribución de la composición siguiendo un gradiente de integridad (Fig. 5). Los géneros que se encuentran en la parte más alta de las gráficas poseen una mayor asociación con sitios de mayor integridad ambiental (afluentes con cobertura vegetal) y aquellos ubicados en la parte más baja de la gráfica se encuentran asociados a sitios con baja integridad ambiental (afluentes sin cobertura vegetal) (Figura 5). La composición de los géneros y/o morfotipos varió a lo largo de la amplitud de la vegetación ribereña evidenciándose una sustitución de géneros a medida que aumentaba el ancho de la vegetación cuyas abundancias relativas fueron mayores en los afluentes con presencia de vegetación ribereña.

Para el caso del grupo EPT (Figura 5A), los géneros *Xiphocentron*, *Synoestropsis*, *Atopsyche*, *Nectopsyche*, *Cernotina* (Trichoptera) y *Waltzoyphius*, *Askola* (Ephemeroptera) fueron exclusivos de los sitios con mayor integridad ambiental, los cuales se encuentran en afluentes con una cobertura vegetal mayor a 4, observándose que sus abundancias relativas aumentaron a medida que aumentó la amplitud de vegetación. Otros géneros como *Varipes*, *Baetodes*, *Traverhyphes*, *Americabaetis*, *Caenis*, *Callibaetis* (Ephemeroptera) y *Oecetis* (Trichoptera) estuvieron asociados con los sitios de menor integridad ambiental, cuyos afluentes no tenían cobertura vegetal. Géneros como *Farrodes*, *Thraulodes*, *Tricorythodes*, *Tricorythopsis*, *Paracleodes* (Ephemeroptera) y *Smicridea* (Trichoptera) estuvieron ampliamente distribuidos en las estaciones muestreo, independiente de la integridad ambiental de las mismas.

Para el caso del Odonata (Figura 6B), el género *Perilestes* (Zygoptera) fue exclusivo de sitios con mayor integridad ambiental, seguido de los géneros *Heteragrion*, *Palaemnema* (Zygoptera) *Miathyria* y *Erpetogomphus* (Anisoptera) y los géneros que estuvieron asociados con los sitios de menor integridad ambiental fueron *Perithemis*, *Macrothemis*, *Erythemis* y *Aphylla* (Anisoptera).

La familia Elmidae (Coleoptera) presentó una mayor cantidad de géneros exclusivos y asociados a una mayor integridad ambiental, como: *Pilielmis*, *Phanocerus*, *Heterelmis*, seguido de *Microvelia* (Hemiptera: Veliidae) y *Lethoceru* ((Hemiptera: Belostomatidae), *Anchytarsus* (Coleoptera: Ptilodactylidae), *Hintonelmis* (Coleoptera: Elmidae) y *Atrichopogon* (Diptera) (Figura 6C). Por

otro lado, los géneros como *Hexanchorus*, *Gyretes*, *Hydrocanthus*, *Celina* (Coleoptera), *Neotrepes* (Hemiptera) *Paracles* (Lepidoptera) y *Limnocoris* (Hemiptera) presentaron una asociación con los sitios con más baja integridad ambiental y los géneros y/o morfotipos, *Gigantodax*, Chironominae, Orthocladinae, Tanypodinae (Diptera) y *Rhagovelia* (Hemiptera: Veliidae) estuvieron presentes en todos los afluentes con menor, media y alta integridad ambiental.

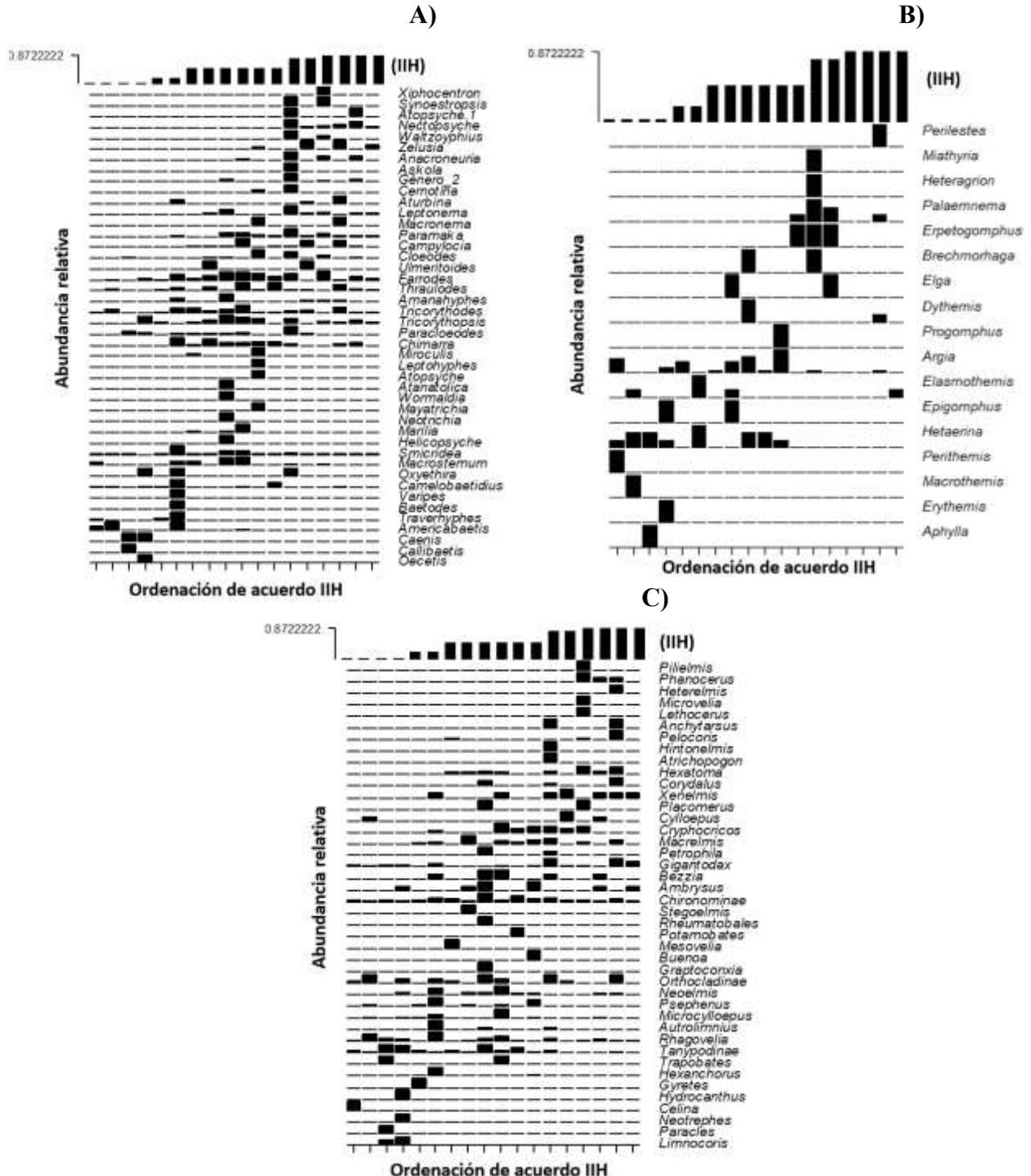


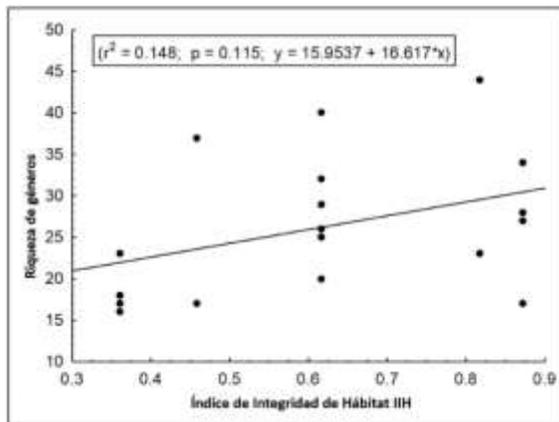
Fig. 5. Ordenación directa de la abundancia relativa de los géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados, de acuerdo al índice integridad ambiental. Los géneros y/ morfotipos se clasifican a lo largo del eje y mediante el recíproco medio, ponderado para el Índice de Integralidad del Hábitat (IIH): (a) EPT; (b) Odonata; (c) Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera y Megaloptera.

Estación	Época de muestreo	Amplitud de vegetación	Valor IIH	Riqueza	Abundancia
A	1 (bajas lluvias)	0	0,4583333333	39	547
A	2 (altas lluvias)	0			
B	1 (bajas lluvias)	0	0,3611111111	23	178
B	2 (altas lluvias)	0			
C	1 (bajas lluvias)	0	0,3611111111	30	264
C	2 (altas lluvias)	0			
D	1 (bajas lluvias)	1 a 3	0,6166666667	32	180
D	2 (altas lluvias)	1 a 3			
E	1 (bajas lluvias)	1 a 3	0,6166666667	50	606
E	2 (altas lluvias)	1 a 3			
F	1 (bajas lluvias)	1 a 3	0,6166666667	41	308
F	2 (altas lluvias)	1 a 3			
G	1 (bajas lluvias)	> 4	0,8722222222	42	302
G	2 (altas lluvias)	> 4			
H	1 (bajas lluvias)	> 4	0,8166666667	50	573
H	2 (altas lluvias)	> 4			
I	1 (bajas lluvias)	> 4	0,8722222222	37	330
I	2 (altas lluvias)	> 4			

Tabla 1. Estaciones relacionando la época de muestreo, amplitud de vegetación e Índice de Integridad del Hábitat.

La hipótesis de que la abundancia (R^2 : 0.018; p : 0.588) y la riqueza de géneros y/o morfotipos (R^2 : 0.148; p : 0.115) serían afectados por el Índice de Integridad del Hábitat no fue corroborada, ya que la probabilidad del azar tuvo una variación observada muy alta (Figura 6A y B).

A)



B)

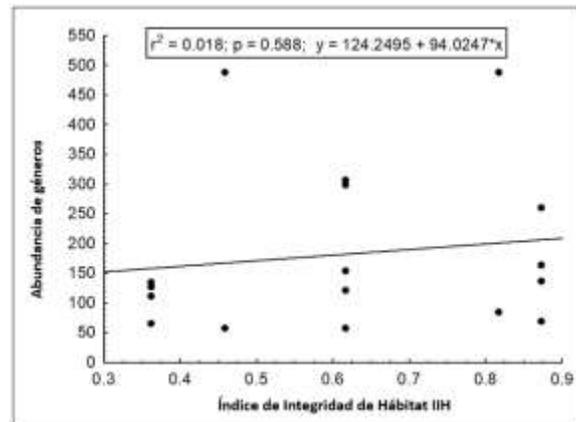


Fig. 6. Relaciones entre el Índice de Integridad del Hábitat (HII) y A) la riqueza y de B) abundancia de géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados.

Efecto de las Variables ambientales sobre la riqueza y abundancia.

Al evaluar nuestra segunda hipótesis de que las condiciones fisicoquímicas afectan la riqueza y la abundancia, se observó que la temperatura, sólidos disueltos totales, conductividad y pH, tuvieron valores más altos en los afluentes sin cobertura vegetal, mientras que los afluentes que tenían vegetación ribereña presentaron valores más altos de oxígeno disuelto. De forma general, dichas variables tuvieron un efecto en la riqueza de géneros (R^2 : 0,623; p : 0,049) y al evaluar los coeficientes parciales, hubo un efecto positivo del pH y un efecto negativo de la temperatura (Tabla 2A). Se pudo confirmar que la hipótesis donde las variables ambientales son importantes para la riqueza de los insectos acuáticos. En cuanto a la abundancia, no fue afectada por las variables físico-químicas y la hipótesis no fue confirmada, debido a que la probabilidad del azar fue muy alta (R^2 : 0.398; p : 0132) (Tabla 2B).

(a)

	Beta	Std.Err. of Beta	t(11)	p-level
Intercept			1,359	0,201
T°	-0,584	0,235	-2,490	0,030
pH	0,575	0,248	2,318	0,041
Conductividad (μ s)	-0,493	0,296	-1,665	0,124
Promedio del ancho	-1,279	0,721	-1,774	0,104
O2 (mg/L)	0,663	0,336	1,974	0,074
Desvio del ancho	0,551	0,537	1,027	0,327

(b)

	Beta	Std.Err. of Beta	t(11)	p-level
Intercept			1,272	0,226
O2 (mg/L)	1,008	0,384	2,625	0,021
Promedio del ancho	-1,787	0,832	-2,148	0,051
T°	-0,401	0,270	-1,485	0,161
Desvio del ancho	0,902	0,626	1,439	0,174

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión múltiple para la riqueza (a) y abundancia (b) de géneros y/o morfotipos encontrados en los afluentes evaluados en relación con la calidad del agua. Los valores en negrita son significativos a $p < 0.05$.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se demostró que la integridad del hábitat de los afluentes evaluados fue un factor determinante sobre diversidad y la composición de los insectos acuáticos, este resultado es relevante ya que dicho índice está estrechamente relacionado con la presencia o ausencia de la vegetación ribereña (Nessimian et al. 2008) y corrobora la hipótesis planteada. La eliminación de la vegetación influyó de forma negativa sobre las comunidades evaluadas, resultados congruentes con lo encontrado por varios autores que afirmaron que las alteraciones ambientales, bien como la

remoción de la vegetación ribereña, provocan una disminución de grupos sensibles, (Chará et al. 2007; de Faria et al. 2017; Villada-Bedoya et al. 2017; Ramírez 2018; Meza-Salazar et al. 2020).

Meza-Salazar et al. (2012), Orrego-Meza et al. (2020) y Meza-Salazar et al. (2020) sugirieron que la presencia de la vegetación ribereña incrementa la disponibilidad de los hábitats y recursos alimenticios garantizando el sostenimiento de la comunidad de los insectos acuáticos, lo que podría explicar los resultados obtenidos en este estudio. Además, estos autores también mencionaron la importante contribución de la vegetación ribereña en el amortiguamiento de impactos antrópicos sobre los recursos hídricos, como la ganadería. Según Nessimian et al. (2008), la amplitud de la vegetación ribereña está relacionada con la integridad ambiental, ya que al ser eliminada se producen cambios significativos en la estructura del hábitat de los arroyos. Los valores del IIIH por encima de 0.8, fueron obtenidos en ambientes con una vegetación ribereña mayor a 4 metros, hallazgo que también puede ser corroborado por otros estudios, donde los puntajes altos del IIIH siempre se estuvieron asociados con ambientes preservados (Shimano y Juen 2016; Miguel et al. 2017; Oliveira-Junior et al. 2017; Brasil et al. 2020).

Por otro lado, los resultados del estudio indicaron que el IIIH no afectó la riqueza ni la abundancia de los insectos acuáticos en el área de estudio. En este contexto, algunos autores sugieren que en áreas perturbadas son comunes las extinciones locales de especies sensibles y la entrada individuos más generalistas, por lo que la riqueza y la abundancia muchas veces permanece sin cambios (Lobón-Cerviá et al. 2016; Frutos et al. 2020).

Por el contrario, la integridad ambiental influyó sobre la composición de todos los grupos colectados en los afluentes evaluados. Igualmente en el Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) puede observarse que hubo una variación de la composición entre las diferentes estaciones evaluadas y que los afluentes con mayor integridad y similitud de composición se encontraron en aquellas estaciones con presencia de cobertura vegetal, resultados similares a lo encontrado por otros autores (Dias-Silva et al. 2010; Miguel et al. 2017; Oliveira-Junior et al. 2017; Veras et al. 2019).

Para el grupo EPT, cuya supervivencia generalmente depende de la buena calidad del agua (Roque et al. 2018), las actividades antropogénicas, como la ganadería, pueden conllevar a una disminución en su diversidad, tal como lo encontrado en este estudio, y esto posiblemente se debe a que dichas actividades afectan las características fisicoquímicas del agua, como la temperatura y el oxígeno disuelto (Brasil et al. 2020). En el presente estudio, la mayoría de los géneros reportados como exclusivos para los afluentes con una vegetación mayor a 4 metros, posiblemente sean sensibles a cierto grado de perturbación, tal como sugiere Zúñiga (2009). Firmiano et al. (2017), reportaron que los géneros *Zelusia* y *Askola* mostraron asociaciones positivas con relación a una mayor integridad de la vegetación ribereña, coincidiendo con nuestros hallazgos.

De acuerdo al índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) las familias Hydropsychidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, son sensibles a la alteración ambiental y están relacionados buena calidad del agua (Zúñiga 2009), corroborando con la tendencia observada en este estudio. Según Zúñiga (2009), el género *Anacroneuria*, es uno de los géneros más sensibles a los ambientes degradados y son encontrados en afluentes con buena calidad ambiental, lo cual es consistente con nuestros resultados, ya que dicho género solo fue colectado en afluentes con cobertura vegetal. Los géneros ubicados en el área media del gráfico de gradientes directos (*Farrodes*, *Thraulodes* y *Tricorythodes*), aparentemente son tolerantes y de amplia distribución en ambientes perturbados y no perturbados, hallazgo que puede ser corroborado por diferentes autores que indicaron que estos géneros de Ephemeroptera poseen un amplio espectro ambiental (Domínguez et al. 2006, Zúñiga 2009). Mientras que los géneros *Baetodes*, *Caenis* y *Callibaetis* estuvieron relacionados en nuestro estudio con los lugares con menor integridad ambiental, lo que también coincide con otros autores que han reportados a dichos grupos como tolerantes a la contaminación del agua (Domínguez et al. 2006, Flowers y De la Rosa 2010).

Otra situación observada en el presente estudio, es que el género *Nectopsyche* fue el más abundante en los afluentes con cobertura vegetal mayor a 4 metros (los cuales estaban inmersos en matrices ganaderas con una alta carga animal) y *Heterelmis* fue exclusivo de la estación I, hecho que podría estar asociado al grupo funcional de alimentación de los mismos, lo cuales son catalogados como recolectores y están relacionados con ambientes en donde abundan materia orgánica particulada (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca 2014; Mangadze et al. 2019).

La mayoría de los géneros del orden Odonata encontrados en afluentes con un alto Índice de Integridad Ambiental, pertenecían al suborden Zygoptera, mientras que los géneros encontrados pertenecientes al suborden Anisoptera se relacionaron con afluentes con un bajo Índice de Integridad Ambiental, lo que concuerda con datos de composición y distribución realizados por numerosos autores (Carvalho et al. 2013; Monteiro-Júnior et al. 2014; Miguel et al. 2017; Oliveira-Junior et al. 2017; Oliveira-Junior y Juen 2019; Brasil et al. 2020 entre otros). Esta condición pueda deberse a que estos subórdenes poseen necesidades ecofisiológicas puntuales, las cuales son afectadas por la presencia o ausencia de la vegetación ribereña (Oliveira-Junior et al. 2017; Brasil et al. 2020).

Varios estudios han demostrado que en ambientes perturbados y sin cobertura se produce un aumento de especies del suborden Anisoptera, las cuales han sido catalogadas como tolerantes o de amplio rango geográfico; mientras que en ambientes conservados y/o con presencia de cobertura vegetal, predominan especies del suborden Zygoptera, las cuales han sido reportadas como sensibles (Carvalho et al. 2013; Miguel et al. 2017; Oliveira-Junior et al. 2017; Oliveira-Junior y Juen 2019; Brasil et al. 2020).

La familia Elmidae ha sido considerada como bioindicadora de la calidad del agua por diferentes autores (Manzo 2013; González-Córdoba et al. 2016; Braun et al. 2019; González-Córdoba et al. 2020a; González-Córdoba et al. 2020b), debido a su alta sensibilidad relacionada con ambientes perturbados, en donde el oxígeno disuelto es una variable importante que incide en la composición de sus poblaciones (González-Córdoba et al. 2016; González-Córdoba et al. 2020a; González-Córdoba et al. 2020b).

En nuestro estudio, siete de los doce géneros encontrados de la familia Elmidae fueron exclusivos de afluentes con presencia de vegetación ribereña (*Macrelmis*, *Pilielmis*, *Hintonelmis*, *Phanocerus*, *Xenelmis*, *Heterelmis* y *Stegoelmis*), los cuales están estrechamente relacionados con valores altos del Índice de Integridad Ambiental. Otros cuatro géneros (*Autrolimnius*, *Neoelmis*, *Microcylloepus* y *Cylloepus*) fueron encontrados en afluentes con y sin cobertura vegetal, mientras que tan solo un género (*Hexanchorus*) fue relacionado ambientes con baja integridad ambiental. Nuestros

resultados son consistentes con González-Córdoba et al. (2020b), donde se evidencia que la presencia o ausencia de la vegetación ribereña influye en la composición de los géneros de Elmidae. Para el caso de los morfotipos de las subfamilias Chironominae, Orthocladiinae y Tanypodinae (Chironomidae), estas fueron colectadas en afluentes con y sin cobertura vegetal, mostrando una amplia distribución en el área de estudio, posiblemente debido a que dicha familia posee pocas exigencias para su supervivencia, en donde su alimentación puede variar según la integridad del ambiente (Henriques-Oliveira et al. 2003; Meza-Salazar et al. 2012).

En este estudio se observó que la eliminación de la vegetación ribereña provocó una alteración de las variables fisicoquímicas de los afluentes evaluados y que dichas variables afectaron la riqueza de géneros y/o morfotipos. Parámetros como la temperatura, el pH, la conductividad, los sólidos disueltos totales y el oxígeno disuelto presentaron una alta variación entre afluentes con y sin cobertura vegetal, un patrón también observado en otros trabajos (Juen et al. 2016). De la misma forma, la alteración de las comunidades acuáticas como consecuencia de la variación en los parámetros fisicoquímicos también concuerdan con lo registrado por otros autores (Duran 2006; Ding et al. 2013; Ferreira et al. 2014; Oliveira-Junior et al. 2017).

Los afluentes que presentaron valores altos relacionados con la temperatura, conductividad, pH y sólidos disueltos, fueron aquellos sin cobertura vegetal y que además estuvieron relacionados con valores bajos en el índice de Integridad Ambiental y estas alteraciones conllevan a la afectación de las estrategias de historia de vida de los insectos acuáticos (Lorion y Kennedy 2009).

Por otro lado, los afluentes con valores altos de oxígeno disuelto estaban relacionados con los valores más bajos de temperatura, presencia de cobertura vegetal y altos valores en el Índice de Integridad Ambiental. La alta concentración de oxígeno disuelto posiblemente se deba al aumento de la tasa fotosintética realizada por las macrofitas y el fitoplancton (Cantera 2009) y por la disminución de las actividades metabólicas de las comunidades acuáticas, debido a una menor temperatura de agua, lo que conlleva a una reducción del consumo del oxígeno disuelto (Uehlinger et al. 2000). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por varios autores, en donde han evaluado las condiciones ambientales con relación a gradientes de integridad ambiental (Monteiro-Junior et al. 2014; Veras et al. 2019; Brasil et al. 2020).

Según Lorion y Kennedy (2009) y Paiva et al. (2017), la vegetación ribereña es fundamental para evitar la degradación de los ecosistemas acuáticos producto de las actividades antrópicas, en este caso la ganadería. Para ello es indispensable tomar acciones que abarquen la conservación de las coberturas boscosas de los afluentes desde el ámbito social hasta las políticas públicas. Desafortunadamente en las regiones tropicales hay poca evidencia científica sobre el ancho necesario de la vegetación ribereña para evitar la alteración de la biodiversidad de las comunidades acuáticas, además los estudios científicos usados como base para la implementación de normatividad que regulen el uso de la tierra aún son incipientes (Dala-Corte et al. 2020).

En Colombia se han llevado a cabo algunos proyectos para reducir los impactos negativos de los usos del suelo sobre las fuentes hídricas, entre ellos el proyecto “Ganadería Colombiana Sostenible”, el cual se llevó a cabo en varios departamentos de Colombia, incluido el Meta y tuvo en cuenta la reforestación de vegetación de ribera para la protección y mantenimiento de los cuerpos de agua (Chará et al. 2011, Uribe et al. 2011). Además, en este proyecto también se implementó el Pago por Servicios Ambientales – PSA, con el propósito de aumentar la conectividad entre corredores biológicos inmersos en matrices ganaderas por medio de la vegetación ribereña (Chará et al. 2011). En este contexto, los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden aportar información relevante para la implementación de nuevos proyectos relacionados con la ganadería sostenible en el departamento del Meta y en Colombia, al demostrar la importancia de la conservación de un ancho de vegetación ribereña igual o mayor que 3 metros para la protección de las fuentes hídricas.

Igualmente, dichos resultados podrían tenerse en cuenta por las autoridades ambientales para acciones y decisiones encaminadas a la protección de los recursos hídricos, incluso para fortalecer normas ya existentes que rigen el uso de la tierra y la protección de las rondas de los ríos, tales como: el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto Ley 2811 de 1974, artículo 83, literal d; Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014: Ley 1450 de 2011, artículo 206 y la Ley 99 de 1993, artículo 31 (Ramírez, 2017).

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Caldas y Vicerrectoría de Investigaciones por la financiación del proyecto Insectos Acuáticos Transamazónicos. A Camilo A. Llano, Elsa Edilma Páez, Carlos Enrique Hoyos y Gildardo Tovar por el apoyo en trabajo de campo. A Diego Martínez por la elaboración del mapa del área de estudio.

LITERATURA CITADA

Arcos IT, Jiménez F, Harvey CA, Casanoves F. 2008. Riqueza y abundancia de aves en bosques ribereños de diferentes anchos en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. *Rev Biol Trop.* 56(1):355–369. doi:10.15517/rbt.v56i1.5531.

Brand C, Miserendino ML. 2015. Testing the Performance of Macroinvertebrate Metrics as Indicators of Changes in Biodiversity after Pasture Conversion in Patagonian Mountain Streams. *Water Air Soil Pollut.* 226(11). doi:10.1007/s11270-015-2633-x.

Brasil LS, de Lima EL, Spigoloni ZA, Ribeiro-Brasil DRG, Juen L. 2020. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. *Ecol Indic.* 116(November 2019):106495. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106495.

Braun BM, Gonçalves AS, Pires MM, Kotzian CB. 2019. Potential distribution of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae) in southern Brazil. *Austral Entomol.* 58(3):646–656. doi:10.1111/aen.12381.

Briceño G. 2015. Evolution of the structural integrity of lotic ecosystems in “piedemonte llanero” in response to antropogenic action. *Acta Biológica Colomb.* 20(2):133–144. doi:10.15446/abc.v20n2.42307.

Brinke M, Höss S, Fink G, Ternes TA, Heininger P, Traunspurger W. 2010. Assessing effects of the pharmaceutical ivermectin on meiobenthic communities using freshwater microcosms. *Aquat Toxicol.* 99(2):126–137. doi:10.1016/j.aquatox.2010.04.008.

Calle A, Holl KD. 2019. Riparian forest recovery following a decade of cattle exclusion in the Colombian Andes. *For Ecol Manage.* 452(August):117563. doi:10.1016/j.foreco.2019.117563.

Calvão LB, Juen L, de Oliveira Junior JMB, Batista JD, De Marco Júnior P. 2018. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *J Insect Conserv.* 22(5–6):675–685. doi:10.1007/s10841-018-0093-5.

Calvão LB, Nogueira DS, de Assis Montag LF, Lopes MA, Juen L. 2016. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging? *For Ecol Manage.* 382:143–150. doi:10.1016/j.foreco.2016.10.013.

Cantera KJ, Carvajal Y, Castro LM. 2009. *Caudal Ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos.* Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Carvalho FG, De Oliveira Junior JMB, Faria APJ, Juen L. 2013a. Uso da curva abc como método para detectar o efeito de modificação antropogênica sobre assembléia de Odonata (Insecta). *Interciencia.* 38(7):516–522.

Carvalho FG, Pinto NS, de Oliveira Júnior JMB, Juen L. 2013b. Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnol Bras.* 25(1):10–18. doi:10.1590/s2179-975x2013005000013.

Carvalho FG, de Oliveira Roque F, Barbosa L, de Assis Montag LF, Juen L. 2018. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. *Anim Conserv.* 21(6):526–533. doi:10.1111/acv.12427.

Castro DMP, De Carvalho DR, Pompeu PDS, Moreira MZ, Nardoto GB, Callisto M. 2016. Land use influences niche size and the assimilation of resources by benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. *PLoS One.* 11(3):1–19. doi:10.1371/journal.pone.0150527.

Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol Monogr.* 84(1):45–67. doi:10.1890/13-0133.1.

Chará-Serna AM, Chará J, Giraldo LP, Zúñiga M, Allan JD. 2015. Understanding the impacts of agriculture on Andean stream ecosystems of Colombia: A causal analysis using aquatic macroinvertebrates as indicators of biological integrity. *Freshw Sci.* 34(2):727–740. doi:10.1086/681094.

Chará J, Pedraza G, Giraldo L, Hincapié D. 2007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera.

Chará J, Murgueitio E, Zuluaga A, Giraldo C. 2011. Ganadería colombiana sostenible. *Mainstreaming Biodiversity in sustainable cattle ranching.* Bogota: Fundación CIPAV.

Corbacho C, Sánchez JM, Costillo E. 2003. Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agricultural landscapes of a Mediterranean area. *Agric Ecosyst Environ.* 95(2–3):495–507. doi:10.1016/S0167-8809(02)00218-9.

Dala-Corte RB, Melo AS, Siqueira T, Bini LM, Martins RT, Cunico AM, Pes AM, Magalhães ALB, Godoy BS, Leal CG, et al. 2020. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *J Appl Ecol.* 57(7):1391–1402. doi:10.1111/1365-2664.13657.

Dias-Silva K, Cabette HSR, Juen L, De Marco P. 2010. The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. *Zoologia.* 27(6):918–930. doi:10.1590/S1984-46702010000600013.

Díaz-Pérez CN, Gualteros J, Morales-Puentes ME. 2019. Composición y estructura florística de dos bosques del Piedemonte Llanero. In *Flora de Aguazul: muestra de diversidad.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Ding S, Zhang Y, Liu B, Kong W, Meng W. 2013. Effects of riparian land use on water quality and fish communities in the headwater stream of the Taizi River in China. *Front Environ Sci Eng.* 7(5):699–708. doi:10.1007/s11783-013-0528-x.

Domínguez E, Molineri C, Pescador M, Hubbard M, Nieto C. 2006. Ephemeroptera of South America, Aquatic Biodiversity of Latin America. In: Adis J, Arias JR, Rueda-Delgado G, Wantzen KM, editors. *Aquatic Biodiversity of Latin America*. Volume 2, Pensoft, Sofia-Moscow.

Domínguez E, Fernández, HR. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología* 1. ed. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Duran M. 2006. Monitoring water quality using benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish J Environ Stud.* 15(5):709–717.

Elosegi A, Díez J. 2009. Cap_17 Vegetación Terrestre Asociada Al Río, Bosque De Ribera.Pdf. In: *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. p. 309–321.

Faria APJ, Ligeiro R, Callisto M, Juen L. 2017. Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. *Hydrobiologia.* 802(1):39–51. doi:10.1007/s10750-017-3238-8.

Fernandez C, Andrés MS, Porce MA, Rodriguez C, Alonso A, Tarazona JV. 2009. Pharmacokinetic profile of Ivermectin in cattle dung excretion, and its associated environmental hazard. *Soil Sediment Contam.* 18(5):564–575. doi:10.1080/15320380903085675.

Ferreira WR, Ligeiro R, Macedo DR, Hughes RM, Kaufmann PR, Oliveira LG, Callisto M. 2014. Importance of environmental factors for the richness and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. *Freshw Sci.* 33(3):860–871. doi:10.1086/676951.

Fierro P, Bertrán C, Tapia J, Hauenstein E, Peña-Cortés F, Vergara C, Cerna C, Vargas-Chacoff L. 2017. Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. *Sci Total Environ.* 609:724–734. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.07.197.

Firmiano KR, Ligeiro R, Macedo DR, Juen L, Hughes RM, Callisto M. 2017. Mayfly bioindicator thresholds for several anthropogenic disturbances in neotropical savanna streams. *Ecol Indic.* 74:276–284. doi:10.1016/j.ecolind.2016.11.033.

Flowers R, De la Rosa C. 2010. Capítulo 4: Ephemeroptera. *Rev Biol Trop.* 58:63–93. doi:10.1163/9789004261051_008.

Frutos AE, Ronchi-Virgolini AL, Giraudo AR, Piña CI. 2020. How does cattle raising affect bird communities in the delta of the Paraná River? *J Nat Conserv.* 57(May 2019):125872. doi:10.1016/j.jnc.2020.125872.

Giraldo LP, Chará J, Zúñiga M, Chará-Sema AM, Pedraza G. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Rev Biol Trop.* 62(April):203. doi:10.15517/rbt.v62i0.15788.

González-Córdoba M, Zúñiga M. de C., Mosquera-Murillo Z, Sánchez-Vásquez SP. 2016. Riqueza y distribución de Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en el departamento del Chocó, Colombia. *Intropica.* 11:85. doi:10.21676/23897864.1865.

González-Córdoba M, Zúñiga M, de C., Manzo V. 2020a. La familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en Colombia: riqueza taxonómica y distribución. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* 44(171):522–553. doi:10.18257/raccefyn.1062.

González-Córdoba M, Chará J, Zúñiga M, Giraldo LP, Ramírez YP. 2020b. Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en

ambientes lóticos de los Andes colombianos. *Rev Biol Trop.* 68(2):601–622. doi:10.15517/rbt.v68i2.36702.

Green RE, Cornell SJ, Scharlemann JPW, Balmford A. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* (80-). 307(5709):550–555. doi:10.1126/science.1106049.

Guevara G, Senn CJ, Mercado M, Simon Elliott. 2006. Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la Reserva Costera Valdiviana, Sur de Chile. *Asoc Colomb Limnol.* 1:98–105.

Hansen BD, Fraser HS, Jones CS. 2019. Livestock grazing effects on riparian bird breeding behaviour in agricultural landscapes. *Agric Ecosyst Environ.* 270 (271):93–102. doi:10.1016/j.agee.2018.10.016.

Henriques-Oliveira AL, Nessimian JL, Dorvillé LF. 2003. Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz J Biol.* 63(2):269–281. doi:10.1590/S1519-69842003000200012.

Horak CN, Assef YA, Miserendino ML. 2019. Assessing effects of confined animal production systems on water quality, ecological integrity, and macroinvertebrates at small piedmont streams (Patagonia, Argentina). *Agric Water Manag.* 216(2019):242–253. doi:10.1016/j.agwat.2019.01.026.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Censo Pecuario Nacional – 2019. [Revisada en: 25 sep 2020]. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

Johnson RK, Wiederholm T, Rosenberg DM. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg DM, Resh VH, editors. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman & Hall.

Juen L, Cunha E, Carvalho FG, Ferreira M, Begot A, Andrade A, Shimano Y, De Moraes Novo E, Leão H, Pompeu PS, et al. 2016. Book Review - Environmental flows: Saving rivers in the third millennium. *River Res Appl.* 30:132–133. doi:10.1002/rra.

Lobo FDL, Costa M, De Moraes Novo EML, Telmer K. 2017. Effects of small-scale gold mining tailings on the underwater light field in the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. *Remote Sens.* 9(8). doi:10.3390/rs9080861.

Lobón-Cerviá J, Mazzoni R, Rezende CF. 2016. Effects of riparian forest removal on the trophic dynamics of a Neotropical stream fish assemblage. *J Fish Biol.* 89(1):50–64. doi:10.1111/jfb.12973.

Lorion CM, Kennedy BP. 2009. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshw Biol.* 54(1):165–180. doi:10.1111/j.1365-2427.2008.02092.x.

Mangadze T, Wasserman RJ, Froneman PW, Dalu T. 2019. Macroinvertebrate functional feeding group alterations in response to habitat degradation of headwater Austral streams. *Sci Total Environ.* 695:133910. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133910.

Manzo V. 2013. Los élmidos de la región Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae): diversidad y distribución The riffle beetles (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae) from the Neotropical Region: diversity and distributions. *Rev la Soc Entomológica Argentina.* 72(4000):199–212.

Meza-Salazar AM, Rubio-M J, Dias LG, Walteros JW. 2012. Water quality and composition of aquatic macroinvertebrates in the subwatershed of river chinchiná. *Caldasia.* 34(2):443–456.

Meza-Salazar AM, Guevara G, Dias LG, Cultid-Medina CA. 2020. Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. *PeerJ.* 8:1–26. doi:10.7717/peerj.9619.

Miguel TB, Oliveira-Junior JMB, Ligeiro R, Juen L. 2017. Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecol Indic.* 81(2017):555–566. doi:10.1016/j.ecolind.2017.06.010.

Mitchell SL, Edwards DP, Bernard H, Coomes D, Jucker T, Davies ZG, Struebig MJ. 2018. Riparian reserves help protect forest bird communities in oil palm dominated landscapes. *J Appl Ecol.* 55(6):2744–2755. doi:10.1111/1365-2664.13233.

Möller P. 2011. Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gest Ambient.* 21(2011):96–106.

Monteiro-Júnior CS, Juen L, Hamada N. 2014. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. *Landsc Urban Plan.* 127(1):28–40. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.03.006.

Moraes AB, Wilhelm AE, Boelter T, Stenert C, Schulz UH, Maltchik L. 2014. Reduced riparian zone width compromises aquatic macroinvertebrate communities in streams of southern Brazil. *Environ Monit Assess.* 186(11):7063–7074. doi:10.1007/s10661-014-3911-6.

Murgueitio E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livest Res Rural Dev.*, 15(10), 1-16.

Murillo-Montoya SA, Mendoza-Mora A, Restrepo-Bastidas ES, Rodríguez MÁ. 2018. Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua en la quebrada Santo Tomás, municipio de Pensilvania, Colombia. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* 42(164):212. doi:10.18257/raccefyn.655.

Neiss UG, Fleck G, Pessacq P, Tennessen KJ. 2018. Odonata. Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-804223-6.00017-2.

Nessimian JL, Venticinque EM, Zuanon J, De Marco P, Gordo M, Fidelis L, D'arc Batista J, Juen L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*. 614(1):117–131. doi:10.1007/s10750-008-9441-x.

Nunes SS, Barlow J, Gardner TA, Siqueira J V., Sales MR, Souza CM. 2015. A 22 year assessment of deforestation and restoration in riparian forests in the eastern Brazilian Amazon. *Environ Conserv*. 42(3):193–203. doi:10.1017/S0376892914000356.

Oksanen J, Blanchet F.G, Friendly M. et al. 2016. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-0. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Oliveira-Junior JMB de, De Marco P, Dias-Silva K, Leitão RP, Leal CG, Pompeu PS, Gardner TA, Hughes RM, Juen L. 2017. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. *Limnologia*. 66(1):31–39. doi:10.1016/j.limno.2017.04.007.

Oliveira-Junior JMB, Juen L. 2019. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. *Neotrop Entomol*. 48(4):552–560. doi:10.1007/s13744-019-00672-x.

Ono ER, Manoel PS, Melo ALU, Uieda VS. 2020. Effects of riparian vegetation removal on the functional feeding group structure of benthic macroinvertebrate assemblages. *Community Ecol*. 21(2):145–157. doi:10.1007/s42974-020-00014-7.

Orrego-Meza JG, Hernández-Cortés IC, Marulanda JF, Rivera-Pérez JM, Viteri-Delgado JP, Franco-Torres M, Llano-Arias CA, Dias LG. 2020. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Colombia Diversity of aquatic macroinvertebrates in the National Natural Park Selva de Florencia, Colombia Resumen Introducción. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat*. 44(171):560–571.

Pacheco Y, León-Aristizábal G. 2001. Clasificación climática de la Orinoquia colombiana a partir de los patrones de circulación atmosférica. *Meteorol Colomb.* 4:117–120.

Paiva CKS, Faria APJ, Calvão LB, Juen L. 2017. Effect of oil palm on the Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages in streams of eastern Amazon. *Environ Monit Assess.* 189(8). doi:10.1007/s10661-017-6116-y.

Pinos-Rodríguez JM, García-López JC, Peña-Avelino LY, Rendón-Huerta JA, González-González C, Tristán-Patiño F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia.* 46(4):359–370.

Piza PA, Jiménez A, Prieto JA. 2011. Estado del arte de algunos sistemas de producción ganadera de clima frío en Colombia y el mundo. *Inventum.* 6(11):48–53. doi:10.26620/uniminuto.inventum.6.11.2011.48-53.

Posada-García JAJ, Roldán-Pérez G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el nor-occidente de Colombia/Illustrated key for the larvae of Trichoptera in the northwest of Colombia. *Caldasia.* 25(1):169–192.

R Core Team (2019) R, a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Ramírez A, Gutiérrez-Fonseca PE. 2014. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: A critical analysis and review of existing literature. *Rev Biol Trop.* 62(2):155–167. doi:10.15517/rbt.v62i0.15785.

Ramírez DP. 2017. Evaluación de la calidad de la ribera en el piedemonte del departamento del Meta, como herramienta de gestión ambiental local y regional. Repositorio unillanos.

Ramírez YP. 2018. Influencia de la ganadería en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Rev Biol Trop.* 66(3):1244. doi:10.15517/rbt.v66i3.30316.

Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim Risk Manag.* 16:145–163. doi:10.1016/j.crm.2017.02.001.

Roque FDO, Menezes JFS, Northfield T, Ochoa-Quintero JM, Campbell MJ, Laurance WF. 2018. Warning signals of biodiversity collapse across gradients of tropical forest loss. *Sci Rep.* 8(1):1–7. doi:10.1038/s41598-018-19985-9.

Rosenberg DM, Resh VH. 1996. Use of aquatic insects in biomonitoring. 87–97. Merritt RW, Cummins KW. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt, Dubuque, IA.

Rubio-MJ, Meza-Salazar AM, Dias LG. 2016. Colonización de macroinvertebrados acuáticos en hojas de *Miconia* sp. y *Eucalyptus* sp. en la subcuenca alta Del Río Chinchiná, Colombia. *Bol Cient del Cent Museos.* 20(2):45–56. doi:10.17151/bccm.2016.20.2.4.

Sainato C, Galindo G, Herrero A. 2006. Diagnóstico de la contaminación en suelo y agua subterránea por actividad ganadera mediante sondeos geoelectricos en la microcuenca del arroyo cañete (Pcia. de Bs. As.) - CORE Reader. 3(1):73–82.

Sakadevan K, Nguyen ML. 2017. Livestock Production and Its Impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions. 1st ed. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.002>.

Shimano Y, Juen L. 2016. How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams. *Ann Limnol.* 52:35–45. doi:10.1051/limn/2016004.

Silveira MP, de Queiroz JF, Boeira RC. 2004. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico No. 19: 1-7.

Sistema de Monitoreo de bosques y carbono (SMBYC). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). [Revisada en: 10 oct 2020]. <http://smbyc.ideam.gov.co>.

Springer M. 2010. Capítulo 7. Trichoptera. *Rev Biol Trop*. 58(4):151–198.

Stone ML, Whiles MR, Webber JA, Williard KWJ, Reeve JD. 2005. Macroinvertebrate Communities in Agriculturally Impacted Southern Illinois Streams: Patterns with Riparian Vegetation, Water Quality, and In-Stream Habitat Quality. *J Environ Qual*. 34(3):907–917. doi:10.2134/jeq2004.0305.

Taniwaki RH, Cassiano CC, Fransozi AA, Vásquez K V, Posada RG, Velásquez G V, Ferraz SFB. 2019. Effects of land-use changes on structural characteristics of tropical high-altitude Andean headwater streams. *Limnologica*. 74(August 2018):1–7. doi:10.1016/j.limno.2018.10.002.

Twidale CR. 2004. River patterns and their meaning. *Earth-Science Rev*. 67(3–4):159–218. doi:10.1016/j.earscirev.2004.03.001.

Uehara-Prado M, Fernandes J de O, Bello A de M, Machado G, Santos AJ, Vaz-de-Mello FZ, Freitas AVL. 2009. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biol Conserv*. 142(6):1220–1228. doi:10.1016/j.biocon.2009.01.008.

Uehlinger U, König C, Reichert P. 2000. Variability of photosynthesis-irradiance curves and ecosystem respiration in a small river. *Freshw Biol*. 44(3):493–507. doi:10.1046/j.1365-2427.2000.00602.x.

Uribe F, Zuluaga AF, Valencia L, Murgueitio E, Zapata A, Solarte L, Soto R. 2011. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto ganadería Colombiana Sostenible.

Valle I, Buss D, Baptista D. 2013. The influence of connectivity in forest patches, and riparian vegetation width on stream macroinvertebrate fauna. *Brazilian J Biol.* 73(2):231–238. doi:10.1590/s1519-69842013000200002.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Can J Fish Aquat Sci.* 37(1):130–137. doi:10.1139/f80-017.

Veras DS, Castro ER, Lustosa GS, de Azevêdo CAS, Juen L. 2019. Evaluating the habitat integrity index as a potential surrogate for monitoring the water quality of streams in the cerrado-caatinga ecotone in northern Brazil. *Environ Monit Assess.* 191(9). doi:10.1007/s10661-019-7667-x.

Villada-Bedoya S, Ospina-Bautista F, Dias LG, Varón JVE. 2017. Diversidad de insectos acuáticos en quebradas impactadas por agricultura y minería, Caldas, Colombia. *Rev Biol Trop.* 65(4):1635–1659. doi:10.15517/rbt.v65i4.26903.

Wiens JA. 2002. Riverine landscapes: Taking landscape ecology into the water. *Freshw Biol.* 47(4):501–515. doi:10.1046/j.1365-2427.2002.00887.x.

Zar JR. 2010. *Biostatistical analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Zúñiga M. del C. 2009. Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. El caudal Ambient conceptos, Exp y desafíos.:167–197.

ANEXO 1

Variables físicas e hidrológicas de los afluentes evaluados.

ua	Estacion	Época de muestreo	Amplitud de vegetación	Parámetro						
				T°	TDS (ppm)	Conductividad (μ/s):	pH	O2 (mg/L)	Ancho promedio (mt)	Profundidad promedio (cm)
1	EA	1 (bajas lluvias)	0	25,3	41,4	83,4	7,25	5,4	5,7	38,3
2	EA	2 (altas lluvias)	0	25,1	29,4	59,1	6,62	6,05	7,4	61,6
3	EB	1 (bajas lluvias)	0	25,2	25,1	50,4	6,75	4,84	1,6	26,3
4	EB	2 (altas lluvias)	0	25,2	24,4	48,7	6,48	5,47	2,6	31,3
5	EC	1 (bajas lluvias)	0	25,6	18,3	36,8	6	4,32	1,6	31,3
6	EC	2 (altas lluvias)	0	25,2	15,6	31,2	5,97	5,23	2,4	11,33
7	ED	1 (bajas lluvias)	1 a 3	24,8	20,4	40,8	6,2	4,6	1,6	18,33
8	ED	2 (altas lluvias)	1 a 3	23,40	18,50	36,90	5,95	5,45	2,71	32,66
9	EE	1 (bajas lluvias)	1 a 3	24,70	13,10	26,20	6,90	4,60	3,00	12,33
10	EE	2 (altas lluvias)	1 a 3	22,70	20,00	40,30	6,14	4,58	3,40	17,66
11	EF	1 (bajas lluvias)	1 a 3	23,50	30,90	60,90	7,10	3,00	2,92	22,43
12	EF	2 (altas lluvias)	1 a 3	24,60	10,90	21,80	6,55	5,98	9,00	34,73
13	EG	1 (bajas lluvias)	> 4	23,60	11,00	24,60	6,41	8,75	4,66	23,33
14	EG	2 (altas lluvias)	> 4	23,30	7,85	15,74	5,90	8,60	11,46	68,66
15	EH	1 (bajas lluvias)	> 4	23,40	11,00	22,20	6,34	9,30	3,72	21,00
16	EH	2 (altas lluvias)	> 4	23,70	7,71	15,43	6,00	6,64	5,66	49,00
17	EI	1 (bajas lluvias)	> 4	23,10	8,95	18,90	6,47	8,31	4,00	30,33
18	EI	2 (altas lluvias)	> 4	23,50	10,20	20,40	5,60	6,20	10,26	76,66

ANEXO 2

Listado de géneros y/o morfoespecies por estación de muestreo

Orden	Familia	Género	Ancho vegetación ribereña									Total	N%
			Menor a 0 mts			Entre 1 - 3 mts			Mayor a 4 mts				
			EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	49	74	4	0	10	1	0	0	0	138	4,2
		<i>Aturbina</i>	2	0	0	0	0	0	5	1	0	8	0,2
		<i>Baetodes</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
		<i>Callibaetis</i>	0	0	32	0	0	0	0	0	0	32	1,0
		<i>Camelobaetidius</i>	60	3	1	0	2	33	2	0	0	101	3,1
		<i>Cloeodes</i>	0	0	1	1	1	9	4	7	1	24	0,7
		Género 1	0	0	0	0	11	0	6	32	11	60	1,8
		<i>Paracloeodes</i>	4	0	16	5	7	1	1	25	0	59	1,8
		<i>Varipes</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,1
		<i>Waltzoyphius</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4	0,1
		<i>Zelusia</i>	0	0	0	0	0	1	4	4	2	11	0,3
	Caenidae	<i>Caenis</i>	1	3	104	2	2	0	0	3	1	116	3,5
	Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	0	0	0	2	9	1	6	7	1	26	0,8
	Leptohyphidae	<i>Amanahyphes</i>	2	0	0	0	4	0	2	1	0	9	0,3
		<i>Leptohyphes</i>	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9	0,3
		<i>Traverhyphes</i>	49	1	0	0	0	0	0	0	0	50	1,5
		<i>Tricorythodes</i>	11	9	0	14	23	3	12	9	4	85	2,6
		<i>Tricorythopsis</i>	3	0	18	11	33	12	8	12	9	106	3,2
	Leptophlebiidae	<i>Askola</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0
		<i>Farrodes</i>	11	1	4	12	28	20	18	12	10	116	3,5
		<i>Miroculis</i>	0	0	0	7	1	28	0	0	0	36	1,1
		<i>Paramaka</i>	1	0	0	0	17	5	9	19	4	55	1,7
		<i>Thraulodes</i>	16	10	0	19	35	39	30	12	14	175	5,3
<i>Ulmeritoides</i>		0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0,1	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	3	0	0	2	6	1	36	62	31	141	4,3
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0,1
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0,1
	Hydroptilidae	<i>Mayatrichia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,0
		<i>Neotrichia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0
<i>Oxyethira</i>		1	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0,1	

Orden	Familia	Género	Ancho vegetación ribereña									Total	N%
			Menor a 0 mts			Entre 1 - 3 mts			Mayor a 4 mts				
			EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI		
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,0
		<i>Leptonema</i>	7	0	0	9	34	4	20	61	20	155	4,7
		<i>Macronema</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0,1
		<i>Macrostemum</i>	4	3	0	4	15	0	1	1	0	28	0,9
		<i>Smicridea</i>	178	11	2	14	140	15	19	42	16	437	13,3
		<i>Synoestropsis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0,1
	Leptoceridae	<i>Atanotica</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0,6
		<i>Nectopsyche</i>	1	0	3	0	1	3	64	145	111	328	10,0
		<i>Oecetis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	3	31	1	0	0	0	35	1,1
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	25	0	0	21	18	22	5	6	8	105	3,2
		<i>Wormaldia</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0,2
	Polycentropodidae	<i>Ceratotina</i>	0	0	0	0	0	1	0	3	0	4	0,1
	Xiphocentrinidae	<i>Xiphocentron</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	3	3	3	0	4	1	0	0	14	0,4	
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	5	6	2	6	8	10	0	1	1	39	1,2
	Gomphidae	<i>Aphylla</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0
		<i>Epigomphus</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0,1
		<i>Erpetogomphus</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	0,1
		<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,0
	Libellulidae	<i>Brechmorhaga</i>	0	0	0	0	2	0	0	2	0	4	0,1
		<i>Dythemis</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4	0,1
		<i>Erythemis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0
		<i>Elga</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0,1
		<i>Elasmothemis</i>	3	1	0	1	0	0	0	0	1	6	0,2
		<i>Macrothemis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
		<i>Miathyria</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0
		<i>Perithemis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
Megapodagrionidae	<i>Heteragrion</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,1	
Perilestidae	<i>Perilestes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0	
Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	0	0	0	0	0	1	0	5	1	7	0,2	

Orden	Familia	Género	Ancho vegetación ribereña									Total	N%	
			Menor a 0 mts			Entre 1 - 3 mts			Mayor a 4 mts					
			EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Celina</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
	Elmidae	<i>Autrolimnius</i>	4	0	0	0	1	0	0	1	0	6	0,2	
		<i>Heterelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0	
		<i>Hintonelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0	
		<i>Macrelmis</i>	5	0	0	15	6	11	3	9	8	57	1,7	
		<i>Microcylloepus</i>	9	2	1	0	17	1	1	0	0	31	0,9	
		<i>Neoelmis</i>	5	0	2	2	9	2	1	0	1	22	0,7	
		<i>Phanocerus</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	0,1	
		<i>Pilielmis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0	
		<i>Xenelmis</i>	1	0	0	0	1	0	1	3	2	8	0,2	
	Gyrinidae	<i>Gyretes</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	
	Larainae	<i>Cylloepus</i>	0	1	0	0	0	0	1	2	0	4	0,1	
		<i>Hexanchorus</i>	9	0	0	0	0	2	0	0	0	11	0,3	
		<i>Stegoelmis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0	
Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0,1		
Psephenidae	<i>Psephenus</i>	16	2	0	3	3	12	1	0	2	39	1,2		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0,1		
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Lethocerus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0	
	Corixidae	<i>Graptocoxia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0	
	Gerridae	<i>Rheumatobates</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0	
		<i>Potamobates</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0,2	
		<i>Trepobates</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,1	
	Helotrephidae	<i>Neotrephes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0	
	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0	
	Naucoridae	<i>Ambrysus</i>	0	0	1	1	2	2	1	0	1	8	0,2	
		<i>Cryphocricos</i>	1	0	0	0	4	5	3	5	0	18	0,5	
		<i>Limnocoris</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0,2	
		<i>Pelocoris</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	4	6	0,2	
		<i>Placomerus</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0,1	
	Notonectidae	<i>Buena</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,1	
	Veliidae	<i>Microvelia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
<i>Rhagovelia</i>		16	15	9	1	16	2	4	6	2	71	2,2		

Orden	Familia	Género	Ancho vegetación ribereña									Total	N%
			Menor a 0 mts			Entre 1 - 3 mts			Mayor a 4 mts				
			EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI		
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0
		<i>Bezzia</i>	1	0	0	0	4	0	1	1	0	7	0,2
	Chironomidae Subfamilia Chironominae	Ch1	20	9	9	12	33	27	10	20	11	151	4,6
	Chironomidae Subfamily Orthoclaadiinae	Oth1	2	5	2	1	6	0	0	5	4	25	0,8
	Chironomidae Subfamilia Tanypodinae	Tany1	3	4	18	3	12	7	0	2	1	50	1,5
	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	12	12	14	0	5	3	4	25	34	109	3,3
Lepidoptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	0	0	2	3	0	7	2	4	18	0,5
	Arctiidae	<i>Paracles</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,1
	Pyrilidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	0,1
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	3	6	0,2
Total de individuos (N)			547	178	264	180	606	308	302	573	330	3288	100
q = 0			39	23	30	32	50	41	42	50	37		
q = 1			13,58	9,68	10,3	19,9	23,14	21,51	18,68	17,37	13,4		
q = 2			7,01	4,98	5,27	15,45	12,58	15,52	11,32	9,56	6,82		

CAPÍTULO III

Contribución al conocimiento de los Ephemeroptera del departamento del Meta

En preparación

Contribución al conocimiento de los Ephemeroptera del departamento del Meta

(Contribution to the knowledge of Meta-department's Ephemeroptera)

Laura Jimena Marín Eslava¹, María Del Carmen Zúñiga², Isabel Cristina Hernández³, Lucimar Gomes Dias⁴

Resumen: Considerando la riqueza hídrica y de ecorregiones que alberga el departamento del Meta, se considera que la diversidad de los insectos acuáticos de esta región está subestimada, para el caso del orden Ephemeroptera apenas 20 especies están reportadas hasta el momento. Con el fin de contribuir al conocimiento de este orden en el departamento, se examinaron ejemplares de Ephemeroptera del Meta depositados en las Colecciones Entomológicas del Programa de Biología de la Universidad de Caldas – CEBUC y del Museo de Entomología de la Universidad del Valle y, adicionalmente, se realizaron muestreos en diez afluentes ubicados en los municipios de Cubarral, San Martín y Vista Hermosa. Para consolidar el conocimiento actual, una revisión exhaustiva de la literatura que reporta Ephemeroptera en el departamento del Meta fue realizada. Como resultado de esta investigación, se actualiza el listado de Ephemeroptera del Meta, con un total de 39 géneros y 29 especies reportadas. A parte de los registros históricos recopilados en este trabajo, un total de siete géneros (*Amanahyphes*, *Askola*, *Aturbina*, *Ecuaphlebia*, *Paracloeodes*, *Traverhyphes* y *Waltzoyphius*) y cuatro especies (*Amanahyphes saguassu*, *Americabaetis robacki*, *Lumahyphes yagua* y *Tortopsis limoncocha*) son reportados por primera vez para el departamento. Los registros nuevos e históricos de Ephemeroptera recopilados en este trabajo para el Meta, lo posicionan como el departamento más diverso en Ephemeroptera de Colombia, con más de 60% de los géneros documentados en todo el país.

Palabras claves: Efímeras, nuevos registros, Llanos Orientales, Orinoquia, taxonomía.

Abstract: Considering the water and ecoregion wealth of the Meta department, the diversity of aquatic insects in this region is considered to be underestimated, for the order Ephemeroptera only 20 species are reported so far. In order to contribute to the knowledge of this order in the department, specimens of Ephemeroptera from Meta deposited in the Entomological

Collections of the Biology Program of the University of Caldas – CEBUC and the Museum of Entomology of the University of the Valle were examined, and, in addition, sampling was carried out in ten tributaries located in the municipalities of Cubarral, San Martín and Vista Hermosa. To consolidate current knowledge, a thorough review of the literature reported by Ephemeroptera in the Meta department was carried out. As a result of this research, Meta's list of Ephemeroptera is updated, with a total of 39 genera and 29 species reported. In addition to the historical records collected in this work, a total of seven genera (*Amanahyphes*, *Askola*, *Aturbina*, *Equaphlebia*, *Paracloeodes*, *Traverhyphes* and *Waltzoyphius*) and five species (*Amanahyphes saguassu*, *Americabaetis robacki*, *Campylocia araca*, *Lumahyphes yagua* and *Tortopsis limoncocha*) are reported for the first time to the department. The new and historical records of Ephemeroptera collected in this work for Meta, position it as the most diverse department in Ephemeroptera of Colombia, with more than 60% of the genera documented throughout the country.

Key words: Mayfly, new records, Eastern Plains, Orinoquia, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

El orden Ephemeroptera posee alrededor de 3500 especies, 42 familias y 450 géneros (Salles et al. 2018). La región neotropical es una de las más diversas, con 820 especies, 16 familias y 130 géneros (Salles et al. 2018), pero estas cifras podrían aumentar mediante la intensificación de muestreos, ya que muchas áreas de la región han sido pobremente estudiadas. A pesar de lo anterior, es notorio que el conocimiento taxonómico del grupo en América del Sur se ha incrementado en los últimos años (Pescador et al. 2001; Dias et al. 2007; Nieto 2010; Salles et al. 2018; Vilela et al. 2018; Molineri et al. 2020, 2021 datos no pub), y actualmente la región posee 689 especies de Ephemeroptera registradas (Domínguez et al. 2020b). Lo anterior ha facilitado la implementación de estudios de biomonitoreos de calidad de agua de fuentes hídricas en varios países de América del Sur (Zúñiga y Cardona 2009; Miserendino et al. 2012; Villamarín et al. 2013; Forero-Céspedes et al. 2013; Giraldo et al. 2014; Damanik-Ambarita et al. 2016; Roldán-Pérez 2016; Melo et al. 2018; Meza-Salazar et al. 2020; Domínguez et al. 2020a).

En Colombia, a pesar de la insipiente en estudios taxonómicos y ecológicos con el orden Ephemeroptera, están documentadas formalmente 129 especies, la mayoría provenientes de las regiones Andina y Amazónica (Domínguez et al. 2002; Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Salinas-Jiménez et al. 2017; Marulanda et al. 2020). Las familias más representativas en Suramérica y en Colombia en general, son: Leptophlebiidae, Baetidae y Leptohyphidae, con 33, 32 y 28 especies registradas, respectivamente (Domínguez et al. 2006, 2020b; Dias et al. 2009a; Marulanda et al. 2020; Molineri et al. 2020).

La región de la Orinoquia Colombiana, de la cual hace parte el departamento del Meta, ha sido una de las menos estudiadas en el país, en cuanto a la taxonomía y ecología de los efemerópteros, con apenas 20 especies reportadas (Peters 1981; Lugo-Ortiz y McCafferty 1998; Zúñiga y Torres-Zambrano 2015; Dias et al. 2016; Salinas-Jiménez et al. 2017, 2018, 2019; Marulanda et al. 2020; Marín-Eslava et al. 2021 datos no pub; Molineri et al. 2021 datos no pub.; Rojas-Peña et al. 2021). Considerando la riqueza hídrica del Departamento del Meta, en donde la mayoría de sus afluentes nacen en la región Andina y desembocan en el río Macaya que hace parte de la cuenca del río Amazonas, regiones consideradas megadiversas, se puede suponer que el número actual de registros de Ephemeroptera no refleja la diversidad real del departamento. Considerando lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de los Ephemeroptera del departamento del Meta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para consolidar el conocimiento de los Ephemeroptera del Meta, una revisión de literatura fue realizada y una revisión del material depositado en las Colecciones Entomológicas descritas a continuación fue revisado. Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas – CEBUC (RNC: 188) y Colección de Entomofauna Acuática del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (RNC: 077). Adicionalmente, se llevaron a cabo muestreos en diez afluentes en los municipios de Cubarral, San Martín y Vista Hermosa, ubicados al occidente y centro sur oriente del departamento del Meta, en el marco del proyecto “Insectos acuáticos transamazónicos: Estudio de potenciales áreas de endemismos en Colombia”, ejecutado por la

Universidad de Caldas. La información detallada referente a la procedencia (Estaciones E1- E30) del material examinado en este estudio se presenta en el Anexo 1.

Los especímenes inmaduros de Ephemeroptera fueron colectados utilizando una red (tipo Surber) en diferentes sustratos (piedra, hojarasca y sedimento) y los adultos fueron recolectados con trampa de luz blanca ubicada en la zona de ribera de las corrientes, entre las 18:00 y las 21:00 horas. Todo el material recolectado fue depositado en las colecciones: CEBUC y MUSENUV. La determinación de los especímenes se realizó con un estereoscopio binocular marca Leica MC205 y se emplearon las claves taxonómicas, descripciones originales y diagnosis de géneros (Domínguez et al. 2006; Domínguez y Fernández 2009; Gonçalves et al. 2017; Salles et al. 2018). Para la determinación específica, se tuvieron en cuenta las descripciones originales y se realizaron disecciones, montajes en láminas para aquellas estructuras taxonómicas de interés. Las diagnosis (para la discriminación de las ninfas) de los géneros presentadas en el trabajo fueron elaboradas teniendo en cuenta principalmente lo propuesto en Domínguez et al. (2006) y Salles et al. (2018).

Con la información obtenida en este estudio sobre la fauna de Ephemeroptera se elaboraron mapas de ocurrencia de Ephemeroptera para el Meta utilizando el software ESRI® ArcMap 10.0.

RESULTADOS

Con base en los registros previos y los nuevos obtenidos en este trabajo, el Meta es actualmente uno de los departamentos con mayor riqueza de Ephemeroptera de Colombia, con un consolidado total de ocho familias, 39 géneros de Ephemeroptera y 29 especies documentadas (Anexo 2, Figuras 1-7). Un total de siete géneros son registrados por primera vez en el departamento: *Aturbina* Lugo-Ortiz & McCafferty, *Paracloeodes* Day y *Waltzoyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz (Baetidae); *Amanahyphes* Salles & Molineri y *Traverhyphes* Molineri (Leptohephidae); *Askola* Peters y *Ecuaphlebia* Domínguez (Leptophlebiidae).

Cuatro especies son documentadas por primera vez para el Meta: *Amanahyphes saguassu* Salles & Molineri, *Americabaetis robacki* Lugo-Ortiz & McCafferty, *Lumahyphes yagua* Molineri &

Zúñiga y *Tortopsis limoncocha* Molineri. Además, cinco nuevas especies se encuentran en proceso de descripción, tres correspondientes al género *Tricorythodes* y dos de *Tricorythopsis*.

A continuación, se presenta la lista de los géneros del orden registrados para el departamento del Meta, incluyendo su diagnóstico, material examinado, especies reportadas y la respectiva distribución.

Familia Baetidae (Figuras 1 y 5).

***Americabaetis* Kluge (Figura 5A).**

Diagnosis. 1) Mandíbulas con setas entre la prosteca y la mola, incisivos fusionados apicalmente. 2) Segmento II del palpo labial con una proyección digitiforme distomedial. 3) Pterotecas posteriores ausentes. 4) Patas robustas, superficie dorsal del fémur con una hilera de espinas. 5) Uñas tarsales menos de la mitad de la longitud del tarso, con una hilera simple de denticulos (subiguales) y sin setas. 6) Branquias abdominales presentes y alargadas en los segmentos II- VII (Salles et al. 2018; Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 8 ninfas (E1). Cubarral: 49 ninfas (E4), 74 ninfas, (E5), 4 ninfas (E6), 10 ninfas (E8), 1 ninfa (E9), 2 ninfas (E12), 6 ninfas (E16). Guamal: 3 ninfas (E21). Restrepo: 5 ninfas (E22) y 8 ninfas (E23).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución geográfica y altitudinal en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010; Forero-Céspedes et al. 2014; Gutiérrez y Dias 2015; Rozo y Salinas 2016; Rojas-Peña et al. 2021; entre otros), de igual manera que en el departamento del Meta.

Especies del género registradas para Colombia:

Americabaetis robacki y *Americabaetis alphas* (Roza y Salinas 2016; Salinas et al. 2019).

***Aturbina* Lugo-Ortiz & McCafferty**

Diagnosis. 1) Antenas tres veces más largas que la cápsula de cefálica. 2) Superficie dorsal del labro con presencia de una fila submarginal de espinas aplanadas, las cuales son basalmente anchas y apicalmente puntiagudas, setas en el margen anterior bífidas. 3) Mandíbulas con incisivos fusionados apicalmente, sin setas entre la prosteca y mola. 4) Mandíbula izquierda con prosteca robusta y con dentículos apicales. 5) Prosteca de la mandíbula derecha con setas transversas bipectinadas. 6) Hipofaringe con lengua redondeada apicalmente; 7) Segmento II del palpo labial sin proyección, segmento III apicalmente ancho; 8) Uñas tarsales con dos hileras de pequeños dentículos. 9) Pterotecas posteriores presentes (Domínguez et al. 2006, Salles et al. 2018).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 2 ninfas (E4). San Martín: 5 ninfas (E25), 1 ninfa (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b).

Especies del género registradas para Colombia:

Aturbina georgei (Domínguez et al. 2006).

***Baetodes* Needham & Murphy (Figura 5B).**

Diagnosis. 1) Branquias presentes en los segmentos abdominales I – V. 2) Filamento terminal reducido (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 2 ninfas (E2), 5 ninfas (E3). Cubarral: 1 ninfa (E4), 3 ninfas (E140), 5 ninfas (E17). Restrepo: 5 ninfas (E23). Villavicencio: 6 ninfas (E29).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Bacca et al. 2008; Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Rozo y Salinas 2016; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Baetodes levis, *Baetodes spiniae*, *Baetodes solus*, *Baetodes awa*, *Baetodes diasae*, *Baetodes pseudospinae* y *Baetodes gibbus* (Zúñiga et al. 2004; Salinas et al. 2011; Motta-Díaz et al. 2012; Domínguez et al. 2020b).

***Callibaetis* Eaton**

Diagnosis. 1) Antenas largas, 5-6 veces la longitud de la cabeza. 2) Labro más ancho que largo, con una hilera de setas como espinas aplanadas a lo largo del margen anterior. 3) Mandíbulas presentan incisivos hendidados profundamente, pueden presentar o no un mechón de setas entre la prosteca y la mola. 4) segmento II del palpo labial sin proyección y con una fila de setas como espinas, el segmento III es alargado y presenta una concavidad media. 5) Pterotecas posteriores presentes. 6) Patas largas y estrechas, borde dorsal de los fémures paralelo al borde ventral, borde dorsal con una fila de cortas espinas, la tibia es alargada subigual al tarso y con espinas bipectinadas. 7) margen ventral del fémur I con una fila de 2 a 3 espinas puntiagudas. 8) Uña tarsal con dos filas de denticulos cilíndricos muy largos. 9) Branquias presentes en los segmentos I-VII alargadas, con dos lamelas en estrecho contacto (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 32 ninfas (E6), 2 ninfas (E16). San Juan de Arama: 2 ninfas (E24). Vista Hermosa: 1 ninfas (E30).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Rozo y Salinas 2016; Vinasco-Mondragón y Zúñiga 2016; Granados-Martínez et al. 2018; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Callibaetis radiatus, *Callibaetis viviparu*, *Callibaetis molinerii*, y *Callibaetis sellacki* (Vinasco-Mondragón y Zúñiga 2016; Domínguez et al. 2020b).

***Camelobaetidius* Demoulin (Figura 5C).**

Diagnosis. 1) Segmento III del palpo labial redondeado y segmento II con una hilera de cerdas dorsales. 2) Uñas tarsales espatuladas, con una fila de dentículos en forma de abanico (no excede a 60 dentículos) (Domínguez et al. 2006, Salles et al. 2018).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 4 ninfas (E1), 9 ninfas (E2), 25 ninfas (E3), Cubarral: 60 ninfas (E4), 3 ninfas (E5), 1 ninfa (E6), 2 ninfas (E8), 33 ninfas (E9), 3 ninfas (E11). El Castillo: 2 ninfas (E18). Guamal: 6 ninfas (E21). Restrepo: 16 ninfas (E24). San Martín: 2 ninfas (E25), 12 ninfas (E28). Villavicencio: 12 ninfas (E29).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Rivera-Rondón et al. 2010; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Camelobaetidius edmundsi, *Camelobaetidius mathuriae*, *Camelobaetidius metae* y *Camelobaetidius patricki* (Salinas-Jiménez et al. 2019; Domínguez et al. 2020b).

***Cloeodes* Traver (Figura 5D).**

Diagnosis. 1) Antenas 1.5-3 veces más larga que la capsula cefálica, escapo subigual en longitud al pedicelo. 2) Superficie dorsal del labro con un par de setas subpapicales cerca de la línea media, margen anterior con dos tipos de setas bífidas: basalmente bífidas cerca de la línea media, apicalmente bífidas cerca del margen lateral. 3) Mandíbulas de las especies sudamericanas sin setas entre prosteca y mola. 4) Mandíbula izquierda con incisivos fusionados apicalmente, prosteca robusta con dentículos apicales. 5) Mandíbula derecha con incisivos fuertemente hendidos, prosteca delgada y ramificada. 6) Segmento II del palpo maxilar con constricción apical. 7) Segmento II del palpo labial sin proyección. 8) Tibia con un arco subproximal de setas largas. 9) Uñas tarsales cortas, 0,3 a 0,6 veces la longitud del tarso y sin dentículos (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 8 ninfas (E3). Cubarral: 1 ninfa (E6), 1 ninfa (E7), 1 ninfa (E8), 9 ninfas (E9). San Juan de Arama: 4 ninfas (E24). San Martín: 4 ninfas (E25), 7 ninfas (E26), 1 ninfa (E27). San Martín: 5 ninfas (E28).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Dias et al. 2009b; Zúñiga et al. 2014; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Cloeodes redactus (Dias et al. 2009b; Domínguez et al. 2020b).

***Mayobaetis* Waltz & McCafferty**

Diagnosis. 1) Antenas cortas, 1,5 veces la longitud de la capsula cefálica. 2) escapo tres veces la longitud del pedicelo; escapo y pedicelo dorsoventralmente aplanados, con tubérculos en forma de escamas y con una fila de setas finas. 3) Labro con dos tipos diferentes de setas bipectinadas a lo largo del margen anterior; basalmente bífidas cerca de la línea media y apicalmente bífidas en el margen lateral, ventralmente con el margen lateral esclerotizado. 4) Fémures con una fila de setas largas y espinas gruesas alternadas. 5) Uñas tarsales con una fila de denticulos y con una seta fuerte subapical en la superficie externa. 6) Margen posterior de los tergos abdominales liso. 7) margen posterior de paraproctos lisos. 8) Filamento terminal 0,3 veces la longitud de los cercos. 9) cercos con espinas cortas en el margen externo (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Meta. Cubarral: 2 ninfas (E13). El Dorado: 1 ninfa (E20).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Dias et al. 2009b; Salinas et al. 2017, 2019; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Mayobaetis ellenae (Dias et al. 2009b, Domínguez et al. 2020b).

***Nanomis* Lugo-Ortiz & McCafferty**

Diagnosis. 1) Antenas largas, 2,5 veces la cápsula cefalica, escapo y el pedicelo aplanados dorsoventralmente. 2) Labro con dos tipos de setas bipectinadas en el margen anterior: basalmente bífidas cerca de la línea media y apicalmente ramificadas en el margen lateral. 3) Mandíbula izquierda con incisivos fusionados y prosteca robusta con dentículos apicales. 4) Mandíbula derecha con incisivos hendidos y prosteca esbelta y bífida. 5) Segmento II del palpo labial con una pequeña proyección distomedial, segmento III ovalado. 6) Pterotecas posteriores presentes. 7) Patas: borde dorsal de los fémures con una fila de espinas largas apicalmente redondeadas, tibia con espinas pectinadas, tibia III con una seta subapical en forma de paleta; 8) Uñas tarsales con una fila de dentículos. 9) Margen posterior de los paraproctos con espinas (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 1 ninfa (E1), 6 ninfas (E2), 6 ninfas (E3). Restrepo: 1 ninfa (E22) y 4 ninfas (E23).

Distribución en Colombia:

Cundinamarca, Meta, Nariño y Tolima (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2006; Bacca et al. 2008; Dias et al. 2009b; Salinas-Jiménez et al. 2017).

Especies del género registradas para Colombia:

Nanomis galera y *Nanomis rasmussenii* (Salinas-Jiménez et al. 2017, 2018; Domínguez et al. 2020b).

***Paracloeodes* Day (Figura 5E).**

Diagnosis. 1) Labro más ancho que largo con setas bífidas en el margen anterior. 3) Mandíbula izquierda con incisivos hendidos a media longitud, prosteca con 2-3 dentículos apicales. 4) Mandíbula derecha con incisivos hendidos basalmente, prosteca delgada y bífida. 6) Segmento II del palpo con una fuerte proyección distomedial, segmento III cónico, ambos segmentos con setas largas. 7) Patas robustas, borde dorsal del fémur con espinas cortas. 8) Uñas tarsales relativamente

largas, 0,5 veces la longitud del tarso y con denticulos diminutos. 9) Branquias presentes en los segmentos I-VII, alargadas, dos veces la longitud de cada segmento (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias 1: ninfas (E3). Cubarral: 4 ninfas (E4), 16 ninfas (E6), 5 ninfas (E7), 7 ninfas (E8), 1 ninfa (E9), Restrepo: 2 ninfas (E23). San Martín: 1 ninfa (E25), 25 ninfas (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Tolima (Dias et al. 2009b; Forero-Céspedes et al. 2014).

Especies del género registradas para Colombia:

Paracloeodes binodulus (Domínguez et al. 2020b).

***Varipes* Lugo-Ortiz & McCafferty (Figura 5F).**

Diagnosis. 1) Escapo y pedicelo con tubérculos en forma de escamas. 2) Labro con setas marginales bífidas. 3) Mandíbula izquierda con incisivos fusionados apicalmente, prosteca con 2-3 denticulos apicales, molares con constricciones. 4) Mandíbula derecha con prosteca reducida a simple o bífida con una seta larga y fina, pero nunca robusta con denticulos apicales. 5) Segmento II del palpo con una proyección distomedial. 6) Fémures con abundantes setas largas en forma de espinas en los márgenes dorsal y ventral. 7) Fémures II y III con una fila transversal de setas largas en forma de espinas en el tercio proximal. 8) Uñas tarsales alargadas, con dos filas de denticulos (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral 2 ninfas (E4), 3 ninfas (E14).

Distribución en Colombia:

Cundinamarca y Meta (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b).

Especies del género registradas para Colombia:

Varipes lasiobrachus y *Varipes minutus* (Dias et al. 2009b; Forero-Céspedes et al. 2014; Domínguez et al. 2020b).

***Waltzoyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz**

Diagnosis. 1) Antenas largas, 3 veces la cápsula de la cabeza. 2) Superficie dorsal del labro con mechones laterales de setas largas, margen apical con dos tipos de setas: 18-20 setas romas en el medio y siete-ocho setas largas en forma de espina lateralmente. 3) Segmento II del palpo con una fuerte proyección distomedial, segmento III cónico. 4) Pterotecas posteriores ausentes. 5) Mesosterno torácico con una proyección. 6) Patas muy largas, fémures con una fila dorsal de espinas cortas. 7) Uñas tarsales con 2 filas de denticulos. 8) branquias abdominales en los segmentos I-VII, alargadas, 1.5 veces la longitud de cada segmento. 9) Cercos con tres a cinco espinas laterales largas a cada cuatro segmentos, filamento terminal con dos a tres espinas largas centralmente cada cuatro segmentos (Lugo-Ortiz y McCafferty, 1995; Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. San Martín: 1 ninfa (E25), 3 ninfas (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas (Dias et al. 2009b).

Especies del género registradas para Colombia:

Waltzoyphius fasciatus (Dias et al. 2009b; Domínguez et al. 2006).

***Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty**

Diagnosis. 1) Antenas con escapo más largo que el pedicelo. 2) Labro más ancho que largo, medialmente elevado, con una fuerte hilera de cerdas en la región distal. 3) Mandíbulas con incisivos fusionados apicalmente. 4) Mandíbula izquierda: prosteca robusta con denticulos apicales. 5) Mandíbula derecha con prosteca bífida. 6) Segmento II de los palpos sin proyección lateral. 7) Pterotecas posteriores ausentes. 8) Patas: borde dorsal de los fémures con una fila de setas en forma de espinas. 9) Uñas tarsales con una fila de pequeños denticulos. 10) Branquias presentes en los segmentos II-VII, alargadas (Domínguez et al. 2006; Salles et al. 2018).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 1 ninfas (E9). San Martín: 4 ninfas (E25), 4 ninfas (E27), 2 ninfas (E23).

Distribución en Colombia:

Cundinamarca (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b).

Especies del género registradas para Colombia:

Zelusia principalis (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2006).

Familia Caenidae (Figura 4).

***Caenis* Stephens (Figura 6H).**

Diagnosis. 1) Antenas: pedicelo dos veces más largo que el escapo. 2) Ausencia de tubérculos ocelares. 3) Palpos maxilares y labiales con 3 segmentos; 4) Prosterno más largo que ancho, coxas anteriores contiguas. 5) Patas anteriores casi tan largas como las patas medias y posteriores, uñas tarsales cortas. 6) Branquias del segmento abdominal II: superficie dorsal sin espinas y superficie ventral con fila submarginal de microtriquias. 7) Proyecciones posterolaterales en los segmentos abdominales medianos no curvados hacia arriba (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Meta. Cubarral: 1 ninfas (E4), 3 ninfas (E5), 104 ninfas (E6), 2 ninfas (E7), 2 ninfas (E8), 3 ninfas (E11), 4 ninfas (E15), 6 ninfas (E17). Restrepo: 3 ninfas (E22). San Martín: 3 ninfas (E26), 1 ninfa (E27).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Rivera-Rondón et al. 2010; Rozo y Salinas, 2016; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Caenis chamie y *Caenis tarapoto* (Domínguez et al. 2020b).

Familia Coryphoridae (Figura 4).

***Coryphorus* Peters**

Diagnosis. 1) Vértice de la cabeza con un par de tubérculos largos y delgados. 2) Branquia opercular cuadrangular en el segmento abdominal II. 3) Branquias en los segmentos abdominales II-V, parcialmente confinadas a una cámara formada por proyecciones curvadas dorsalmente de los tergos III-VI. 4) Patas largas y delgadas, con margen posterior dentado. 5) ½ de la porción basal de las uñas tarsales con seis pequeños denticulos romos (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Meta. San Juan de Arama: 1 ninfa (E24).

Distribución en Colombia:

Amazonas, Meta y Putumayo (Peters 1981; Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; López et al. 2017).

Especies del género registradas para Colombia:

Coryphorus aquilus (Peters 1981; Domínguez et al. 2020b).

Familia Ephemeridae (Figura 4).

***Hexagenia* Walsh**

Diagnosis. 1) Colmillos mandibulares bien desarrollados, proyectados por delante de la cabeza, curvados hacia arriba distalmente, con largas setas en los márgenes medial y lateral. 2) Branquias abdominales dorsales presentes, branquias en el segmento I reducidas y la porción dorsal de las branquias del segmento II con la porción basal expandida (Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Valle del Cauca y Meta (Zúñiga et al. 2004; Granados-Martínez et al. 2018).

Especies del género registradas para Colombia:

Hexagenia albivitta, *Hexagenia callineura* y *Hexagenia mexicana* (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2020b).

Familia Euthyplociidae (Figura 4).

***Campylocia* Needham & Murphy**

Diagnosis. 1) Antenas más cortas que los colmillos mandibulares. 2) Espina de la tibia anterior aproximadamente 1/4 de la longitud del tarso. 3) Ante-tarso sin proyección distal (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 2 ninfas (E7), 9 ninfas (E8), 1 ninfa (E9). San Juan de Arama: 3 imagos (E24). San Martín: 6 ninfas (E25), 7 ninfas (E26), 1 ninfa (E27) y 1 ninfas (E28).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Granados-Martínez et al. 2018; Chaux-Rojas et al. 2020; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Campylocia anceps y *C. araca* (Domínguez et al. 2020b; Marín-Eslava et al. 2021 datos no pub).

Familia Leptohiphidae (Figuras 2 y 6).

***Amanahyphes* Salles & Molineri (Figura 6A).**

Diagnosis. 1) Patas largas y delgadas. 2) Uñas tarsales largas y delgadas, con 4-6 dentículos marginales en la región basal y una doble hilera de 1-3 dentículos submarginales en la parte subdistal. 3) Área dorsal de los fémures de todas las patas con 5-7 espinas espatuladas, formando

una fila transversal subdistal. 4) Branquias presentes en los segmentos abdominales II-V, lamelas de las branquias con margen completo sin una serie de lóbulos imbricados. 5) Foma atípica de branquias operculadas subcuadradas y ampliamente redondeadas en el sector apical y con el margen interno que llega a la línea media del cuerpo. 6) Branquia opercular con una línea transversal débil y ausencia de canasta branquial (Molineri et al. 2015).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 2 ninfas (E4), 4 ninfas (E8). San Martín: 2 ninfas (E25), 1 ninfa (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas, Guaviare y Vaupés (Dias et al. 2021).

Especies del género registradas para Colombia:

Amanahyphes saguassu (Dias et al. 2021).

***Haplohyphes* Allen**

Diagnosis. 1) Cuerpo elongado, base del abdómen ligeramente más ancha que el ápice. 2) Fémures anteriores con una hilera transversal de largas setas y cortas espinas en el margen anterior. 3) Fémures II y III con una hilera trasversal de setas dorsales en la base. 4) Pterotecas posteriores presentes en ambos sexos. 5) Branquia opercular triangular o subtriangular con 2 puentes elevados. 6) Cuerpo cubierto con largas setas, abdomen cilíndrico y largo. (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. El Dorado: 1 ninfa (E19).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010; Salinas et al. 2012; Hoyos et al. 2014; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Haplohyphes aquilonius, *Haplohyphes baritu* y *Haplohyphes mithras* (Hoyos et al. 2014; Salinas-Jiménez et al. 2017; Domínguez et al. 2020b).

***Leptohyphes* Eaton. (Figura 6B y C).**

Diagnosis. 1) Pterotecas posteriores presentes en los machos, ausentes o presentes en las hembras. 2) Fémures anteriores con una fila transversal de espinas cortas. 3) Fémures medios y posteriores con una fila basal transversal de espinas en el dorso. 4) Uñas tarsales con numerosos dentículos marginales y 1 dentículo subapical submarginal. 5) Branquias operculares ovaladas o subovaladas, con cresta dorsal y un lóbulo ventral con espina basal. 6) Filamentos caudales con anulaciones más oscuras basalmente en las hembras; en los machos, anulaciones más oscuras en la zona media de los filamentos caudales (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 9 ninfas (E9). El Dorado: 20 ninfas (E19), 3 ninfas (E20). Restrepo: 7 ninfas (E23). San Juan de Arama: 2 ninfas (E24). Vista Hermosa: 2 ninfas (E30).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010; Molineri et al. 2021 datos no pub)

Especies del género registradas para Colombia:

Leptohyphes albipennis, *L. andina*, *L. calarca*, *L. coconuco*, *L. ecuador*, *L. jodiannae*, *L. maculatus*, *L. nigripennis* y *L. quimbaya* (Molineri and Zúñiga 2006; Domínguez et al. 2020b; Molineri et al. 2020, 2021 datos no pub)

***Lumahyphes* Molineri**

Diagnosis. 1) Palpo maxilar de 3 segmentos, relativamente grande y sin seta. 2) Fémures anteriores con una fila transversa de espinas largas, generalmente bífidas. 3) Uñas tarsales con una fila basal de dentículos marginales y una fila doble o un simple par de dentículos submarginales cerca del

ápice. 4) Branquias presentes en los segmentos abdominales II-VI. 5) Ninfas hembras maduras generalmente con una mácula negra entre los esternos abdominales VII y VIII (Molineri y Zúñiga 2004; Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Colombia: Meta. San Juan de Arama: 2 imago (E24).

Distribución en Colombia:

Amazonas (Molineri y Zúñiga 2004; Domínguez et al. 2006).

Especies del género registradas para Colombia:

Lumahyphes pijcha y *L. yagua* (Molineri y Zúñiga 2004; Domínguez et al. 2020b).

***Traverhyphes* Molineri (Figura 6D).**

Diagnosis. 1) Pterotecas posteriores presentes en los machos, ausentes en las hembras. 2) Branquia opercular subcuadrada o suboval, con dos marcadas crestas dorsales. 3) Fémures anteriores con una fila transversal de espinas largas. 4) Fémures medios y posteriores sin fila basal transversal de espinas en el dorso. 5) Palpo maxilar pequeño, de 2 o 3 segmentos con o sin seta apical. 6) Uña tarsal con una fila doble o única de denticulos subapicales. 7) Labro con amplia emarginación anteromedial. (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 8 ninfas (E2). Cubarral: 49 ninfas (E4), 1 ninfa (E5). Restrepo: 4 ninfas (E23).

Distribución en Colombia:

Amazonas, Caldas, Magdalena, Tolima y Valle del cauca (Forero-Céspedes et al. 2013; Zúñiga et al. 2015).

Especies del género registradas para Colombia:

Traverhyphes nanus (Domínguez, et al. 2006, 2020b).

***Tricorythodes* Ulmer (Figura 6E y F).**

Diagnosis. 1) Cuerpo robusto, mayor a 3 mm, base del abdomen claramente más ancha que el ápice. 2) Pterotecas posteriores ausentes en ambos sexos. 3) Palpo maxilar reducido, con tres, dos o un segmento, generalmente con seta apical. 4) Branquias operculares del segmento abdominal II triangular, suboval o subcuadrangular, con dos crestas dorsales. 5) Labro con emarginación anteromedial profunda y ancha. 6) Fémures anteriores con hileras transversales de setas largas. 7) Fémures medio y posterior con hileras dorsales transversales de setas en la base. 8) Uñas tarsales con una hilera marginal de denticulos y dos hileras submarginales cerca del ápice (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 7 ninfas (E3). Cubarral: 11 ninfas (E4), 9 ninfas (E5), 14 ninfas (E7), 23 ninfas (E8), 3 ninfas (E9), 2 ninfas (E14), 2 ninfas (E15). Guamal: 1 ninfa (E21). Restrepo: 3 ninfas (E22), 10 ninfas (E23). San Juan de Arama: 3 ninfas (E24) San Martín: 12 ninfas (E25), 9 ninfas (E26), 4 ninfas (E27) y 4 ninfas (E28).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b, 2011; Salinas et al. 2012; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Tricorythodes capuccinorum, *T. caunapi*, *T. macuira*, *T. trifasciatus*, *T. uniandinus* y *T. zunigae* (Domínguez et al. 2020b).

***Tricorythopsis* Traver (Figura 6G).**

Diagnosis. 1) Ninfas relativamente pequeñas y robustas, generalmente de menos de 3 mm de longitud. 2) Palpo maxilar reducido. 3) Pterotecas posteriores ausentes en ambos sexos. 4) Fémures anteriores con una fila transversal de espinas cortas a largas en el dorso. 5) Fémures medios y posteriores con una hilera transversal de espinas en la base. 6) Uñas tarsales con 2 filas paralelas

de denticulos submarginales cerca del ápice y casi siempre con una fila marginal de denticulos más basalmente. 7) Branquia opercular ovalada, sin aristas, generalmente con una línea transversal más clara cerca de la mitad o subapical (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 3 ninfas (E4), 18 ninfas (E6), 11 ninfas (E7), 33 ninfas (E8), 12 ninfas (E9). San Juan de Arama: 1 ninfas (E24). San Martín: 8 ninfas (E25), 12 ninfas (E26), 9 ninfas (E27) y 15 ninfas (E28).

Distribución en Colombia:

Amazonas, Guaviare y Meta (Molineri y Zúñiga 2006; Zúñiga y Torres-Zambrano 2015; Dias et al. 2016).

Especies del género registradas para Colombia:

Tricorythopsis rondoniensis y *T. ticuna* (Domínguez et al. 2020b).

Familia Leptophlebiidae (Figuras 3 y 7).

Askola Peters

Diagnosis. 1) Emarginación anteromediana de labro con dos denticulos de aproximadamente el mismo tamaño. 2) Denticulos de las uñas tarsales progresivamente más grandes apicalmente. 3) Branquias abdominales anchas, presentes en los segmentos I-VII; Las porciones dorsal y ventral de las branquias iguales y en forma de placa, con la mitad apical de cada placa bordeada por procesos similares a dedos. 4) Espinas posterolaterales presentes en los segmentos abdominales V-IX o VI-IX. 5) Pterotecas posteriores ausentes (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 1 ninfa (E12). San Martín: 1 ninfa (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Putumayo (Domínguez et al. 2009b; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Askola emmerichi (Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

***Ecuaphlebia* Domínguez**

Diagnosis. 1) Labro ligeramente más ancho que el clipeo, márgenes laterales redondeadas, emarginación anteromedial con 4-5 denticulos. 2) Mandíbula con algunas setas en la mitad basal del margen exterior y un penacho de setas medialmente 3) Uñas tarsales con denticulos progresivamente más grandes apicalmente; denticulo apical mucho más grande que los demás. 4) Branquias abdominales en los segmentos I-VII lanceoladas, porción dorsal y ventral similares con tráqueas no ramificadas. 5) Proyecciones posterolaterales en los segmentos abdominales VI o VII-IX (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Meta. Cubarral: 2 ninfas (E13).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Chocó (Zúñiga et al. 2004; Meza-Salazar et al. 2018).

Especies del género registradas para Colombia:

Ninguna.

***Farrodes* Peters (Figura 7A).**

Diagnosis. 1) Labro redondeado lateralmente. 2) Branquias abdominales lanceoladas, angostas y con la porción dorsal y ventral similar, presentes en los segmentos I-VII. 3) Espinas posterolaterales presentes en los segmentos abdominales VIII y IX. 4) Denticulos en las uñas tarsales de igual tamaño, excepto el denticulo apical, mucho más grande que los restantes (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacías: 8 ninfas (E1). Cubarral: 11 ninfas (E4), 1 ninfa (E5), 4 ninfas (E6), 12 ninfas (E7), 28 ninfas (E8), 20 ninfas (E9), 6 ninfas (E12), 10 ninfas (E13), 6 ninfas (E14), 4 ninfas (E15). Guamal: 5 ninfas (E21). Restrepo: 2 ninfas (E22) San Juan de Arama: 4 ninfas (E24). San Martín: 18 ninfas (E25), 12 ninfas (E26) y 10 ninfas (E27).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2006; Dias et al. 2009b; Domínguez y Zúñiga 2009; Zúñiga et al. 2014; Zúñiga et al. 2015; Rozo y Salinas 2016; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Farrodes caribbeanus, *F. Roundsi*, *F. savagei*, *F. tepui* y *F. xingu* (Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

***Fittkaulus* Savage & Peters**

Diagnosis. 1) Cabeza hipognata. 2) Labro con emarginación anteromedial bien desarrollada. 3) Hipofaringe: lengua sin apófisis laterales. 4) Maxilas en su ángulo anterior interno con una seta larga unipectinada, curvada apicalmente cercana a una seta larga pectinada. 5) Glosas curvadas ventralmente. 6) Uñas tarsales Uñas tarsales con 5-6 denticulos basales cortos y 4-5 denticulos subapicales más grandes y afilados. 7) Branquias en los segmentos abdominales I-VII con porción ventral más pequeña (porción dorsal de 3 / 5-4 / 5 de longitud); branquias I y VII lanceoladas, branquias II-VI con lóbulo interno grande y externo pequeño en la porción dorsal, lóbulos no desarrollados en la porción ventral. 8) Espinas posterolaterales en los segmentos abdominales III-VI y VIII-IX. 9) Filamentos caudales con setas flotantes (2 / 5-3 / 5 basales de filamentos con setas largas en el margen interno de los cercos y márgenes laterales del filamento terminal) (Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Meta (Zúñiga et al. 2004; Salinas-Jiménez et al. 2018; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Fittkaulus amazonicus (Salinas-Jiménez et al. 2018; Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

***Hydrosmilodon* Flowers & Domínguez (Figura 7C).**

Diagnosis. 1) Labro tan ancho como la cabeza, con setas largas en la zona sub basal. 2) Maxilas con colmillos grandes en forma de cuchilla; longitud del colmillo aproximadamente la mitad del ancho del ápice maxilar. 3) Palpos maxilares con filas de setas largas en la región apical. 4) Uñas tarsales con dentículo apical del mismo tamaño que los demás dentículos o mucho más grandes; a veces pequeños dentículos apicales presentes. 5) Segmentos abdominales VII o VIII-IX con proyecciones posterolaterales. 6) Branquias presentes en los segmentos abdominales I-VII, angostas, en forma de placa con un solo proceso digitiforme o angostas y afiladas apicalmente. 7) Branquias en el segmento VII a veces vestigiales (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Acacias: 2 ninfas (E1).

Distribución en Colombia:

Caldas, Meta y Tolima (Salinas-Jiménez et al. 2017; Granados-Martínez et al. 2018; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Hydrosmilodon primanus (Salinas et al. 2013, 2017; Domínguez et al. 2020b).

***Miroculis* Edmunds (Figura 7B).**

Diagnosis. 1) Labro más ancho que el clípeo, márgenes laterales desde redondeados hasta formar un ángulo. 2) Mandíbulas con un penacho de setas mediales en el margen lateral. 3) Labio con glosa curvada ventralmente. 4) Uñas tarsales Uñas tarsales con dentículos progresivamente más grandes apicalmente, dentículo apical a menudo mucho más grande. 5) Branquias en los segmentos abdominales I-VII, con proyecciones apicales mediana larga y dos proyecciones posterolaterales más cortas, la forma de las proyecciones dorsal y ventral a veces difiere. 6) Espinas posterolaterales presentes en los segmentos abdominales II o III-IX, más desarrolladas en V o VI-IX (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 7 ninfas (E7), 1 ninfa (E8), 28 ninfas (E9). San Martín: 6 ninfas (E28). Vista Hermosa: 2 ninfas (E30).

Distribución en Colombia:

Caldas, Caquetá y Meta (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2006; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Miroculis colombiensis, *M. chiribiquete*, *M. nebulosus* y *M. wolverine* (Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

***Paramaka* Savage & Domínguez (Figura 7D).**

Diagnosis. 1) Labro tan ancho como la cabeza, provisto de hilera de setas largas en la región sub basal. 2) Margen exterior de la mandíbula formando un ángulo de casi 90 °. 3) Denticulo subapical de las uñas tarsales más grande que otros denticulos y con pocos pequeños denticulos apicales. 4) Proyecciones posterolaterales presentes en los segmentos abdominales VIII-IX. 5) Branquias abdominales como placa, sin filamento terminal en el segmento I; filamento corto a menudo presente en la porción dorsal de los segmentos III-VI; branquias vestigiales en el segmento VII (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 1 ninfa (E4), 17 ninfas (E8), 5 ninfas (E9), 3 ninfas (E12). Guamal: 2 ninfas (E21). San Martín: 9 ninfas (E25), 19 ninfas (E26), 4 ninfas (E27).

Distribución en Colombia:

Meta y Putumayo (Zúñiga et al 2004; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Paramaka convexa (Domínguez et al. 2020b).

***Terpides* Demoulin**

Diagnosis. 1) Cabeza hipognata; 2) labro con amplia emarginación anteromedial y con 6 (raramente 5) denticulos pequeños y redondeados. 3) Hipofaringe: lengua sin apófisis laterales. 4) Maxilas en su ángulo anterior interno con una seta larga unipectinada, curvada apicalmente cercana a una seta larga pectinada (large apically curved unpectinate seta near large pectinate seta on inner anterior angle of maxillae). 5) Mandíbula con margen exterior recta. 6) Labio: glosa curvada ventralmente. 7) Uñas tarsales con denticulo medial grande; los basales más pequeños y van aumentando de tamaño en dirección al ápice y varios denticulos pequeños de igual tamaño apicalmente. 8) Branquias abdominales I y VII más pequeñas que las branquias II-VI, branquias I-VII similares, con la porción dorsal más larga y ancha. 9) Segmentos abdominales III-V o VI y VIII-IX con espinas posterolaterales. 10) Filamentos caudales con setas flotantes (2 / 5-3 / 5 basales de filamentos con setas largas en el margen interno de los cercos y márgenes laterales del filamento terminal) (Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Caldas, Cauca, Meta; Mariño y Tolima (Zúñiga et al. 2015; Granados-Martínez et al. 2018; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Terpides contamanensis, *Terpides echinovaris*, *Terpides iguapoga*, *Terpides ornatodermis* (Zúñiga et al. 2015; Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

***Thraulodes* Ulmer (Figura 7E).**

Diagnosis. 1) Labrum angulado lateralmente, con el margen anterior entero. 2) Mandíbulas curvadas angularmente con setas en la mitad distal. 3) Uñas tarsales con denticulos de tamaño subigual; denticulos progresivamente más grandes apicalmente. 4) Branquias abdominales en los segmentos I-VII similares, lanceoladas, angostas en algunas especies y más anchas en otras. 5) Proyecciones posterolaterales en los segmentos abdominales III-IX (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. Meta. Cubarral: 16 ninfas (E4), 10 ninfas (E5), 19 ninfas (E7), 35 ninfas (E8), 39 ninfas (E9), 2 ninfas (E11). El Dorado: 3 ninfas (E19). Restrepo: 3 ninfas (E22). San Martín: 30 ninfas (E25), 12 ninfas (E26), 14 ninfas (E27).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Traver y Edmunds 1967; Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2006; Dias et al. 2009b; Zúñiga et al. 2015; Marulanda et al. 2020; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Thraulodes colombiae, *T. insular*, *T. laetus*, *T. papilionis* (Domínguez et al. 2020b; Zúñiga et al. 2015).

***Traverella* Edmunds**

Diagnosis. 1) Labro tan ancho como la cabeza, con márgenes redondeados y setas largas. 2) Clípeo con una proyección medial variable. 3) Maxilas con o sin colmillo en el margen anteromedial; setas en el segmento III de los palpos dispuestos en filas; segmento I del palpo en forma de copa y unido lateralmente al maxilar. 4) Uñas tarsales con denticulos de tamaño subigual. 5) Branquias abdominales en los segmentos I-VI o I-VII, ovaladas y orladas con flecos. 6) Segmentos abdominales VIII-IX con espinas posterolaterales (Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Meta y Tolima (Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010; Zamora 2015).

Especies del género registradas para Colombia:

Ninguna.

***Ulmeritoides* Traver (Figura 7F).**

Diagnosis. 1) Labro tan ancho como el clípeo, con profunda emarginación anteromedial, bordes laterales de la emarginación casi rectos y denticulo mediano más grande que otros. 2) Mandíbula

con setas presentes a lo largo de todo el margen exterior, más densas en tercio apical. 3) Segmento III del palpo superior 2/3 de la longitud del segmento II. 4) Ápice del segmento II al segmento III del palpo labial con fila dorsal de setas gruesas. 5) Uñas tarsales con dentículos de tamaño subigual. 6) Branquias abdominales digitiformes. 7) Proyecciones posterolaterales presentes en los segmentos abdominales VI-IX, muy grandes en VIII-IX y con espinas laterales (Domínguez et al. 2006).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Cubarral: 1 ninfa (E7). San Juan de Arama: 4 ninfas (E24) San Martín: 1 ninfa (E26).

Distribución en Colombia:

Amazonas, Meta y Putumayo (Domínguez y Zúñiga 2003; Marulanda et al. 2020).

Especies del género registradas para Colombia:

Ulmeritoides flavopedes y *U. huitoto* y (Domínguez y Zúñiga 2003; Domínguez et al. 2020b; Marulanda et al. 2020).

Familia Oligoneuriidae (Figura 4).

***Lachlania* Hagen**

Diagnosis. 1) Región fronto-clipeal moderadamente expandida. 2) Branquias abdominales en los segmentos II-VII, pequeñas y redondeadas. 3) Proyecciones posterolaterales en los segmentos abdominales II-IX. 4) Filamento terminal ausente (Modificado de Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010; Gutiérrez y Dias 2015; entre otros).

Especies del género registradas para Colombia:

Lachlania cacautana y *L. garciai* (Zúñiga et al. 2004; Domínguez et al. 2020b).

Familia Polymitarcyidae (Figura 4)

***Asthenopus* Eaton**

Diagnosis. 1) Colmillos mandibulares cortos y robustos (Modificado de Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Meta (Molineri et al. 2011; Granados-Martínez et al. 2018).

Especies del género registradas para Colombia:

Asthenopus angelae, *A. crenulatus*, *A. curtus*, *A. hubbardi* (Domínguez et al. 2020b).

***Campsurus* Eaton**

Diagnosis. 1) Colmillos mandibulares con un prominente tubérculo basal o sub-basal en el margen mediano y con unas pocas a muchas crenulaciones apicales. 2) Mandíbulas con numerosas setas en el margen externo-lateral. 3) Branquias abdominales en el segmento I bilobuladas (Modificado de Domínguez et al. 2006).

Distribución en Colombia:

Este género presenta amplia distribución en Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Rozo y Salinas 2016; Molineri y Granados-Martínez 2019).

Especies del género registradas para Colombia:

Campsurus albifilum, *C. cristales*, *C. essequibo*, *C. gracilipenis*, *C. homaulos*, *C. janae*, *C. lucidus*, *C. truncatus*, *C. vichada*, *C. violaceus*, *C. yavari*, *C. zunigae* (Domínguez et al. 2020b).

***Tortopsis* Molineri**

Diagnosis. 1) Cabeza con una cresta frontal prominente. 2) Región fronto-clipeal expandida y cóncava, extendiéndose ventralmente más allá de los colmillos mandibulares. 3) Colmillos mandibulares largos, con un gran denticulo sub-apical en el margen interno. 4) Maxila con una

branquia digitiforme en la región basal. 5) Tarso anterior con una proyección distal prominente 6) Branquias abdominales en el segmento I vestigiales unilaminadas, y en los segmentos abdominales II-VII bien desarrolladas y bilameladas (Modificado de Molineri, 2010).

Material examinado. COLOMBIA: Meta. Vista Hermosa: 2 imagos (E30).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Meta (Molineri 2010; Granados-Martínez *et al.* 2018).

Especies del género registradas para Colombia:

Tortopsis spatula y *T. unguiculatus* (Domínguez *et al.* 2020b).

***Tortopus* Needham & Murphy**

Diagnosis. 1) Región fronto-clipeal expandida y cóncava, no extendiéndose ventralmente más allá de los colmillos mandibulares. 2) Colmillos mandibulares con dos tubérculos prominentes (sub-mediano y sub-apical) en el margen interno. 3) Mandíbulas con pocas setas largas en el margen externo. 4) Tarso anterior con una proyección distal poco desarrollada. 5) Branquias abdominales en el segmento I vestigiales unilaminadas (Modificado de Domínguez *et al.* 2006; Molineri 2010).

Distribución en Colombia:

Amazonas y Meta (Zúñiga *et al.* 2004; Dias *et al.* 2009b; Granados-Martínez *et al.* 2018).

Especies del género registradas para Colombia:

Tortopus igaranus (Molineri 2010; Domínguez *et al.* 2020b).

DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo indican que el departamento del Meta alberga 62% de los géneros documentados para el país y es actualmente uno de los más ricos en Ephemeroptera en Colombia (Domínguez et al. 2002; Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Gutiérrez y Dias 2015; Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010, Domínguez et al. 2020b). Esta riqueza genérica puede estar asociada a la gran cantidad de recursos hídricos que ostenta el departamento (IDEAM 2013; Moreno et al. 2017), que a su vez posee 5 ecorregiones dulceacuícolas (piedemonte bajillanura, bajillanura, piedemonte altillanura guayanesa, altillanura guayanesa y serranía de la Macarena) las cuales fueron clasificadas con base a datos biogeográficos y biológicos, según lo propuesto por Mesa et al. (2016). Adicionalmente, en el departamento del Meta confluyen las regiones andina, amazónica y orinoquense, dando origen a una variedad de climas (Viloria 2009) determinados por los gradientes altitudinales y latitudinales, que aportan condiciones favorables para el mantenimiento de una amplia biodiversidad (Gaston 2000).

Dentro del orden Ephemeroptera, las familias más representativas para América del Sur son Baetidae, Leptophlebiidae y Leptohyphidae (Domínguez et al. 2006, 2020b; Salles et al. 2018; Molineri et al. 2006, 2020; Lima et al. 2010; Boldrini et al. 2012), corroborando con la tendencia observada en este trabajo, en donde la familia Baetidae estuvo representada por 12 géneros y 7 especies, seguido de Leptophlebiidae con 11 géneros y 5 especies y Leptohyphidae con 7 géneros y 12 especies. La alta representatividad de las familias mencionadas coincide con otros trabajos realizados para Colombia (Zúñiga et al. 2004; Dias et al. 2009b; Marulanda et al. 2020), Amazonas (Domínguez et al. 2002), Caldas (Gutiérrez y Dias 2015), Chocó (Casas-Córdoba et al. 2006; Mosquera-Murillo y Córdoba-Aragón 2015), Tolima (Gutiérrez y Reinoso-Flórez 2010) y Valle del Cauca (Zúñiga et al. 2013).

Los registros históricos y nuevos de Ephemeroptera documentados en este trabajo para el departamento del Meta, permiten además de ampliar y consolidar el conocimiento sobre la biodiversidad del orden en Colombia, comprender y explorar su biogeografía e incluso corroborar con el estudio de las ecorregiones del país (Mesa et al. 2016). Además, los resultados de esta disertación podrían indicar que el departamento del Meta se encuentra dentro de una zona de

transición, al reportarse la presencia de taxones de Ephemeroptera de la región andina y otros de la región amazónica, cuyas áreas biogeográficas se caracterizan por poseer un marcado endemismo (Dourojeanni 2019). Podría pensarse que esta condición se da debido a que los ecosistemas acuáticos del departamento poseen una conexión con los afluentes de la vertiente oriental de los Andes (Romero y Caro 2006) y donde su continuidad hacia la Amazonía se da mediante la unión de las cuencas del Orinoco y el río Casiquiare, el cual ha sido considerado como un corredor biogeográfico (Willis et al. 2010).

LITERATURA CITADA

Bacca T, Castillo G, Rodríguez M, Dias LG. 2008. Inventario de los Ephemeroptera de Nariño. Resúmenes XXXV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología-SOCOLEN. Santiago de Cali, Colombia.

Boldrini R, Cruz PV, Salles FF, Belmont EL. 2012. Baetidae (Insecta : Ephemeroptera) from northeastern Brazil. Check List. 8(1):88–94. doi: 10.15560/8.1.088

Casas-Córdoba L, Córdoba-Aragón K, Asprilla-Murillo S, Mosquera Z. 2006. Composición y distribución del orden Ephemeroptera en los ríos Tutunendo y Catugadó. Quibdó-Chocó-Colombia. VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión de Ríos y Humedales Neotropicales. Ibagué, 92-97.

Chaux-Rojas JP, Pimentel-Parra GA, García-Peña AL, Pareja-Neira JE. 2020. Primer registro del género *Campylocia* Needham y Murphy, 1924 (Insecta: Ephemeroptera: Euthyplociidae) para el departamento del Caquetá, Colombia. Boletín científico - Cent Museos. 24(1):242–245. doi:10.17151/bccm.2020.24.1.13.

Damanik-Ambarita MN, Lock K, Boets P, Everaert G, Nguyen THT, Forio MAE, Musonge PLS, Suhareva N, Bennetsen E, Landuyt D, et al. 2016. Ecological water quality analysis of the Guayas

river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica*. 57:27–59. doi:10.1016/j.limno.2016.01.001.

Dias LG, Molineri C, Ferreira PSF. 2007. Ephemerelloidea (Insecta : Ephemeroptera) do Brasil. 47(19):213–244.

Dias LG, Cruz PV, Ferreira PSF. 2009a. Taxonomy: A new species of *Tricorythodes* Ulmer (Ephemeroptera: Leptohiphidae) from Northern Brazil. *Ann Limnol*. 45(2):127–129. doi:10.1051/limn/2009009.

Dias LG, Zúñiga M. de C., Bacca T, 2009b. Estado actual del conocimiento del Orden Ephemeroptera en Colombia. Memorias XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Simposio sobre Invertebrados. Medellín, Colombia.

Dias LG, Bacca T, Ferreira PSF. 2011. *Tricorythodes caunapi*: A new species from the rain forest of the Colombian pacific (Ephemeroptera: Leptohiphidae). *Rev Colomb Entomol*. 37(2):327–330.

Dias LG, Cárdenas López T, Laython M. 2016. Conocimiento actual y ampliación de la distribución de *Tricorythopsis rondoniensis* (Ephemeroptera, Leptohiphidae). *Rev Colomb Entomol*. 42(2):197. doi:10.25100/socolen.v42i2.6693.

Domínguez E, Zúñiga M. de C., Molineri C. 2002. Estado actual del conocimiento y distribución del orden Ephemeroptera (Insecta) en la región Amazónica. *Caldasia*. 24(2):459–469.

Domínguez E, Zúñiga M. del C. 2003. First generic record and description of a new species of *Ulmeritoides* (Ephemeroptera: Lepophlebiidae) from Colombia. Pp. 123-125. In: Gaino E, editor. Research update on Ephemeroptera and Plecoptera. University of Perugia, Italy

Domínguez E, Molineri C, Pescador M, Hubbard M, Nieto C. 2006. Ephemeroptera of South America, Aquatic Biodiversity of Latin America. In: Adis J, Arias JR, Rueda-Delgado G, Wantzen KM, editors. Aquatic Biodiversity of Latin America. Volume 2, Pensoft, Sofia-Moscow.

Domínguez E, Fernández, HR. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología 1. ed. Tucumán: Fundación Miguel Lillo.

Domínguez E, Zúñiga M. de C. 2009. First description of the larva of *Farrodes roundsi* (Traver) (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) with comments on its phylogenetic relationships. *Aquat Insects*. 31(Suppl..1):73–81. doi:10.1080/01650420802544297.

Domínguez E, Molineri C, Mariano R. 2009. Revision of the South American species of *Hagenulopsis* ulmer and *Askola* peters (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) with description of six new species. *Zootaxa*.(2142):29–44. doi:10.11646/zootaxa.2142.1.3.

Domínguez E, Giorgi A, Gómez N. 2020a. La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica. 1a ed. Eudeba. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Domínguez E, Molineri C, Nieto C, Zúñiga M. del C. 2020b. Lista de especies de Ephemeroptera Sudamericanos. <http://ibn-conicet.gob.ar/> (Acceso: Diciembre 2020).

Dourojeanni MJ. 2019. Conservación de insectos en la Amazonia. *Ecol Apl*. 18(2):189. doi:10.21704/rea.v18i2.1337.

Forero-Céspedes AM, 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.

Forero-Céspedes A, Gutiérrez C, Reinoso-Flórez G. 2014. Nuevos resgitros de Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) para Colombia y el departamento del Tolima. *Rev Asoc Col Cienc*. 26:56–64.

Gaston KJ. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*. 405(12):220–227. doi:10.1002/9780470999592.

Giraldo LP, Chará J, Zúñiga M. de C., Chará-Sema AM, Pedraza G. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Rev Biol Trop*. 62(2):203–209. doi:10.15517/rbt.v62i0.15788.

Gonçalves IC, Takiya DM, Salles FF, Peters JG, Nessimian JL. 2017. Integrative taxonomic revision of *Campylocia* (mayflies: Ephemeroptera, Euthyplociidae). *Syst Biodivers*. 15(6):564–581. doi:10.1080/14772000.2017.1291543.

Granados-Martínez C, Lasso CA, Núñez-Avellaneda M, Morales-Betancourt MA. 2018. Macroinvertebrados acuáticos de los ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda, Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Pp. 97–119. In: Lasso CA, Morales-Betancourt MA, Escobar-Martínez ID, editors. Biodiversidad de la Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda. Bogotá, DC, Colombia: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Gutiérrez C, Reinoso-Florez G. 2010. Géneros de ninfas del orden Ephemeroptera (Insecta) del departamento del Tolima, Colombia: listado preliminar. *Biota Colomb*. 11(1–2):23–32. doi:10.21068/bc.v11i1.

Gutiérrez Y, Dias LG. 2015. Ephemeroptera (Insecta) de Caldas - Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Pap Avulsos Zool*. 55(2):13–46. doi:10.1590/0031-1049.2015.55.02.

Hoyos DC, García-T. LF, Rivera-P. FA, López-G. GA, Zúñiga M de C., Dias LG. 2014. Contribution to the knowledge of *Haplohyphes* Allen (Insecta: Ephemeroptera: Leptohiphidae) from Colombia. *Caldasia*. 36(1):125–138. doi:10.15446/caldasia.v36n1.43895.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, D.C. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM., Bogotá, D. C., Colombia.

Lima LRC, Salles FF, Pinheiro US, Quinto E. 2010. Espécies de Baetidae (Ephemeroptera) do Sul da Bahia, com descrição de uma nova espécie de *Paracloeodes* Day. Neotrop Entomol. 39(5):725–731. doi:10.1590/s1519-566x2010000500009.

López TC, Londoño XO, Zambrano MR, Rozo MP, Zúñiga RIR, Dias LG. 2017. Nuevo registro de *Coryphorus* (INSE CTA: Ephemeroptera) y notas adicionales sobre su morfología. Bol Cient del Cent Museos. 21(2):184–189. doi:10.17151/bccm.2017.21.2.12.

Lugo-Ortiz CR, McCafferty WP. 1995. Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) from South America. Ann Limnol. 31(4):233–243. doi:10.1051/limn/1998007

Lugo-Ortiz CR, McCafferty WP. 1998. Five new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from South America. Ann Limnol. 34(1):57–73. doi:10.1051/limn/1998007.

Marulanda JF, Hernández IC, Dias LG, Salles FF. 2020. New, additional and historical records of Leptophlebiidae (Insecta, Ephemeroptera) from Colombia. Rev Bras Entomol. 64(3):1–13. doi:10.1590/1806-9665-RBENT-2020-0063.

Melo SM, Pinha GD, Ragonha FH, Fontes-Junior HM, Takeda AM. 2018. Reservoir longitudinal gradient promotes ordered losses on diversity and density of Ephemeroptera community. Brazilian J Biol. 78(4):785–792. doi:10.1590/1519-6984.181514.

Mesa LM, Corzo G, Hernández-Manrique OL, Lasso CA, Galvis G. 2016. Ecorregiones dulceacuícolas de Colombia: una propuesta para para la planificación territorial de la región trasandina y parte de las cuencas del Orinoco y Amazonas. Biota Colomb. 7(2):304. doi:10.21068/c001.

Meza-Salazar AM, Dias LG, Marulanda JF. 2018. Registros adicionales e históricos de Ephemeroptera para la provincia Chocó. Ponencia Congreso Ecosistemas Acuáticos Tropicales en el Antropoceno. Quito, Ecuador.

Meza-Salazar AM, Guevara G, Dias LG, Cultid-Medina CA. 2020. Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. PeerJ. 8:1–26. doi:10.7717/peerj.9619.

Miserendino ML, Archangelsky M, Brand C, Epele LB. 2012. Environmental changes and macroinvertebrate responses in Patagonian streams (Argentina) to ashfall from the Chaitén Volcano (May 2008). Sci Total Environ. 424:202–212. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.054.

Molineri C. 2006. Phylogeny of the mayfly family Leptohiphidae (Insecta: Ephemeroptera) in South America. Syst Entomol. 31(4):711–728. doi:10.1111/j.1365-3113.2006.00357.x.

Molineri C. 2010. A cladistic revision of *Tortopus* Needham & Murphy with description of the new genus *Tortopsis* (Ephemeroptera: Polymitarcyidae). Zootaxa. 2481(1):1-36. doi:10.5281/zenodo.195431.

Molineri C, Zúñiga M. de C. 2004. *Lumahyphes*, a new genus of Leptohiphidae (Ephemeroptera). Aquat Insects. 26(1):19–30. doi:10.1076/aqin.26.1.19.35379.

Molineri C, Zúñiga M. del C. 2006. New species of *Leptohiphidae* (Insecta: Ephemeroptera) from Colombia with evidence of reproductive time segregation. Stud Neotrop Fauna Environ. 41(2):139–151. doi:10.1080/0165020500210891.

Molineri C, Cruz PV, Emmerich D. 2011. A new species of *Asthenopus* (Ephemeroptera: Polymitarcyidae: Asthenopodinae) from Brazil and Colombia. Zootaxa. 38(2750):33–38. doi:10.11646/zootaxa.2750.1.3.

Molineri C, Lima LRC, Knapp WD, Docio L. 2015. A new species of *Amanahyphes* Salles & Molineri, 2006 (Ephemeroptera: Leptohephidae) from Bahia, Brazil. *Zootaxa*. 3956(2):288–294. doi:10.11646/zootaxa.3956.2.9.

Molineri C, Granados-Martínez CE. 2019. Two new species of *Campsurus* Eaton (Ephemeroptera: Polymitarcyidae) from Colombia. *Zootaxa*. 4543(1):90–98. doi:10.11646/zootaxa.4543.1.5.

Molineri C, Nieto C, Dos Santos DA, Emmerich D, Zúñiga M. de C., Fierro P, Pessacq P, Gomez D, Márquez JA, Príncipe RE, et al. 2020. Do mayflies (Ephemeroptera) support a biogeographic transition zone in South America? *J Biogeogr*. 47(9):1980–1993. doi:10.1111/jbi.13868.

Mosquera-Murillo Z, Córdoba-Aragón KE. 2015. Characterization of aquatic entomologic fauna in four streams of San Juan river (Chocó - Colombia). *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat*. 39(150):67–76.

Moreno F, Caro Caro CI, Pinilla GA, Osorio DP. 2017. Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. *Acta Biol Colomb*. 22(3):274–306. doi:10.15446/abc.v22n3.60619.

Motta-Díaz A, Nieto C, Aranguren-Riaño NJ. 2012. New reports of the genus *Baetodes* Needham and Murphy (Ephemeroptera: Baetidae) from Colombia. *Entomotropica*. 27(1):45–47.

Nieto C. 2010. Cladistic analysis of the family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) in South America. *Syst Entomol*. 35(3):512–525. doi:10.1111/j.1365-3113.2010.00523.x.

Pescador ML, Hubbard MD, Zúñiga M. de C. 2001. The status of the taxonomy of the mayfly (Ephemeroptera) fauna of South America. Pp 37-42. In: Domínguez E. editor. *Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera*. Springer, Boston, MA.

Peters WL. 1981. *Coryphorus aquilus*, a New Genus and Species of Tricorythidae from the Amazon Basin (Ephemeroptera). *Aquatic Insects.* 3(4):209–217. doi:10.1080/01650428109361064.

Roldán-Pérez G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* 40(155):254. doi:10.18257/raccefyn.335.

Romero M, Caro C, 2006. La diversidad en la cuenca del Orinoco. Pp: 75-135. En: Correa HD, Ruiz SL, Arévalo L M. 2006. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco Colombia / 2005 - 2015 Propuesta Técnica. Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ Colombia, Bogotá, D. C., 273 p.

Rivera-Rondón CA, Zapata AM, Pérez D, Morales Y, Ovalle H, Alvarez JP. 2010. Limnological characterization of wetlands of the floodplain of the Orinoco river (Orinoco, Colombia). *Acta Biol Colomb.* 15(1):145–156.

Rojas-Peña JI, Vásquez-Ramos JM, Salinas-Jiménez LG, Osorio-Ramirez DP, Caro-Caro CI. 2021. Effects of physical and chemical factors on Ephemeroptera (Insecta) assemblages in an urban river of the eastern Colombian Llanos. *Pap Avulsos Zool.* 61:1–11. doi:10.11606/1807-0205/2021.61.07

Rozo MP, Salinas LG. 2016. Inventario del orden Ephemeroptera (Insecta) en la quebrada Coquital, Serranía de Tripogadí, Departamento del Chocó, Colombia. *Entomotropica.* 31(2016):1–13.

Salinas LG, Dias LG, Salles FF, Bacca T. 2011. Three new species of Baetodes Needham & Murphy (Ephemeroptera: Baetidae) from Colombia. *Zootaxa.*(3110):61–68. doi:10.11646/zootaxa.3110.1.6.

Salinas LG, Dias LG, Bacca T. 2012. Primero registros de Ephemeroptera (Insecta) para el departamento de Putumayo, Colombia. Boletín Científico Cent Museos Mus Hist Nat. 16(2):198–208.

Salinas LG, Flowers RW, Dias LG. 2013. Primer registro de *Hydrosmilodon primanus* (Eaton) (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) para Sur América. Biota Neotrop. 13(1):363–365. doi:10.1590/S1676-06032013000100038.

Salinas-Jiménez LG, Rojas-Peña JI, Osorio-Ramírez DP, Caro-Caro CI. 2017. New records of Ephemeroptera from the Colombian Orinoco river basin of the Meta department. Rev Colomb Entomol. 43(2):271–276. doi:10.25100/socolen.v43i2.5958.

Salinas-Jiménez LG, Suárez-Mantilla EY, Cuartas JAO, Mora MAT. 2018. First record of the nymph of *Fittkaulus amazonicus* Kluge (Ephemeroptera-Leptophlebiidae) from Colombia and broadening of the distribution to the Orinoco river basin. Bol Cient del Cent Museos. 22(1):97–101. doi:10.17151/bccm.2018.22.1.8.

Salinas L, Villegas-A P, Román-Valencia C. 2019. Composición y taxonomía de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) para la cuenca del río La Vieja, alto Cauca, Colombia.. Rev Investig Univ del Quindío. 31(1):15–25. doi:10.33975/riuuq.vol31n1.274.

Salinas-Jimenez LG, Boldrini R, Osorio-Ramirez DP, Caro CI, Rojas-Peña JI. 2019. A new species of *Camelobaetidius Demoulin*, 1966 (Ephemeroptera: Baetidae), from the Colombian Orinoco River basin. Zootaxa. 4656(2):367–374. doi:10.11646/zootaxa.4656.2.9.

Salles FF, Domínguez E, Molineri C, Boldrini R, Nieto C, Dias LG. 2018. Order Ephemeroptera. In: Hamada N, Thorp J, Rogers C, Editors. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Volume 3, Academic Press. doi:10.1016/b978-0-12-804223-6.00003-2.

Traver J R, Edmunds JGF. 1967. A revision of the genus *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). Miscellaneous Publ. Entomol. Soc. Am. 5 (8), 351-402.

Vilela P, Falcão Salles F, Hamada N. 2018. Contribution to the taxonomy of *Paracloeodes* Day 1955 (Ephemeroptera: Baetidae) from South America. *Zootaxa*. 4403(1):1–49. doi:10.11646/zootaxa.4403.1.1.

Villamarín C, Rieradevall M, Paul MJ, Barbour MT, Prat N. 2013. A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecol Indic*. 29:79–92. doi:10.1016/j.ecolind.2012.12.006.

Viloria J. 2009. "Geografía económica de la Orinoquia". Banco de la República. N 113. Documentos de trabajo sobre economía regional y urbana.

Vinasco-Mondragón AF, Zúñiga M. de C., 2016. Primeros registros de *Callibaetis radiatus* y *C. viviparus* (Ephemeroptera: Baetidae) para Colombia. *Rev Colomb Entomol*. 42(1):91–94.

Willis SC, Nunes M, Montaña CG, Farias IP, Ortí G, Lovejoy NR. 2010. The Casiquiare river acts as a corridor between the Amazonas and Orinoco river basins: Biogeographic analysis of the genus *Cichla*. *Mol Ecol*. 19(5):1014–1030. doi:10.1111/j.1365-294X.2010.04540.x.

Zamora HG. 2015. Macroinvertebrados acuáticos registrados durante la época de lluvias en tres ríos del Piedemonte Llanero de Colombia. *Rev Colomb Cienc Anim - RECIA*. 7(2):139–147.

Zúñiga M. del C., Molineri C, Domínguez E. 2004. El Orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. En: Fernández F, Andrade-C MG, G.D. Amat GDG, editors. *Insectos de Colombia*, Volumen. 3. Universidad Nacional de Colombia.

Zúñiga M. del C., Cardona W. 2009. Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. In Cantera J, Carvajal Y, Castro LM, editors. *Caudal Ambiental: Conceptos, Experiencias y Desafíos* (pp. 167-196). Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Zúñiga M. del C., Chará J, Giraldo, LP, Chará-Serna AM, Pedraza GX. 2013. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la región andina colombiana, con énfasis en la entomofauna. *Dugesiana* 20(2):263-277.

Zúñiga M. del C., Cardona W, Molineri C, Mendivil J, Cultid C, Chará AM, Giraldo A. 2014. Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Rev Biol Trop.* 62:221- 241. doi:10.15517/rbt.v62i0.16278.

Zúñiga M. del C., Molineri C, Domínguez E, Cardona W. 2015. Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) from Gorgona Island National Natural Park (Tropical Eastern Pacific, Colombia) with the description of two new species. *Ann Limnol.* 51(4):281–296. doi:10.1051/limn/2015026.

Zúñiga M.del C., Torres-Zambrano N. 2015. *Tricorythopsis rondoniensis* (Dias, Salles y Fereira)(Insecta: Ephemeroptera: Leptohyphidae): Nuevo registro de distribución para Colombia y la cuenca del río Orinoco. *Dugesiana.* 22(1):37–38.

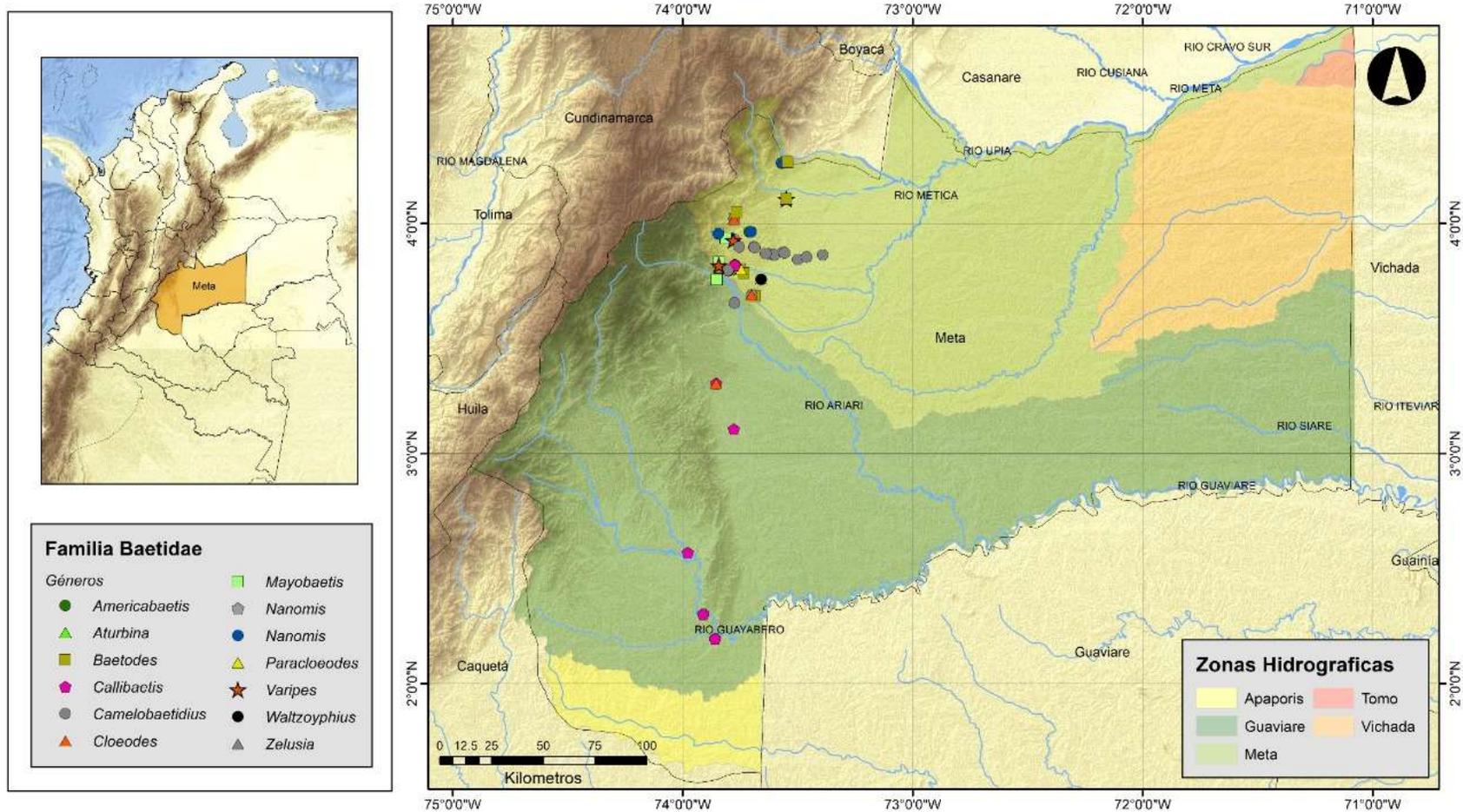


Figura 1. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Baetidae.

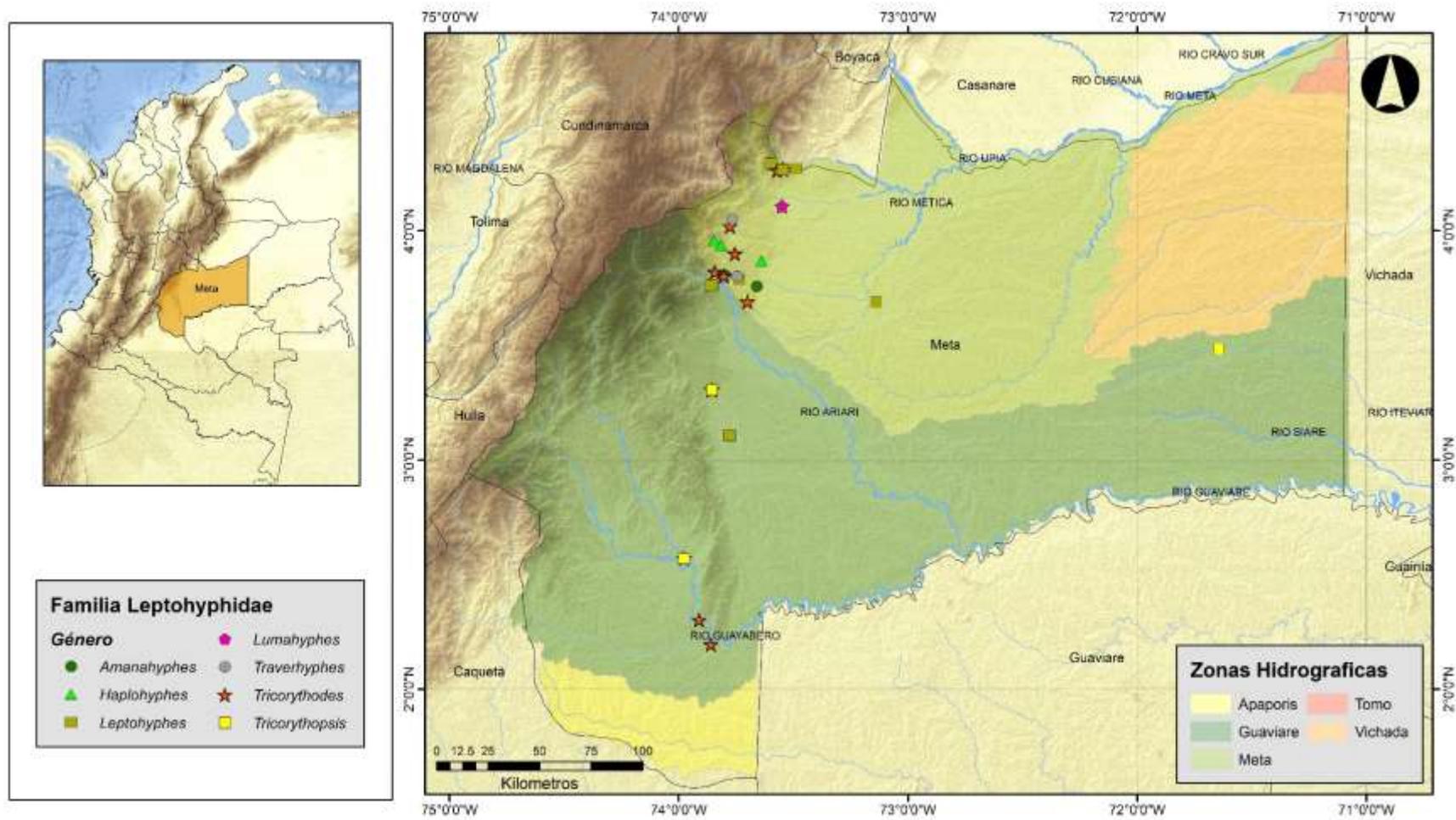


Figura 2. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Leptohiphidae.

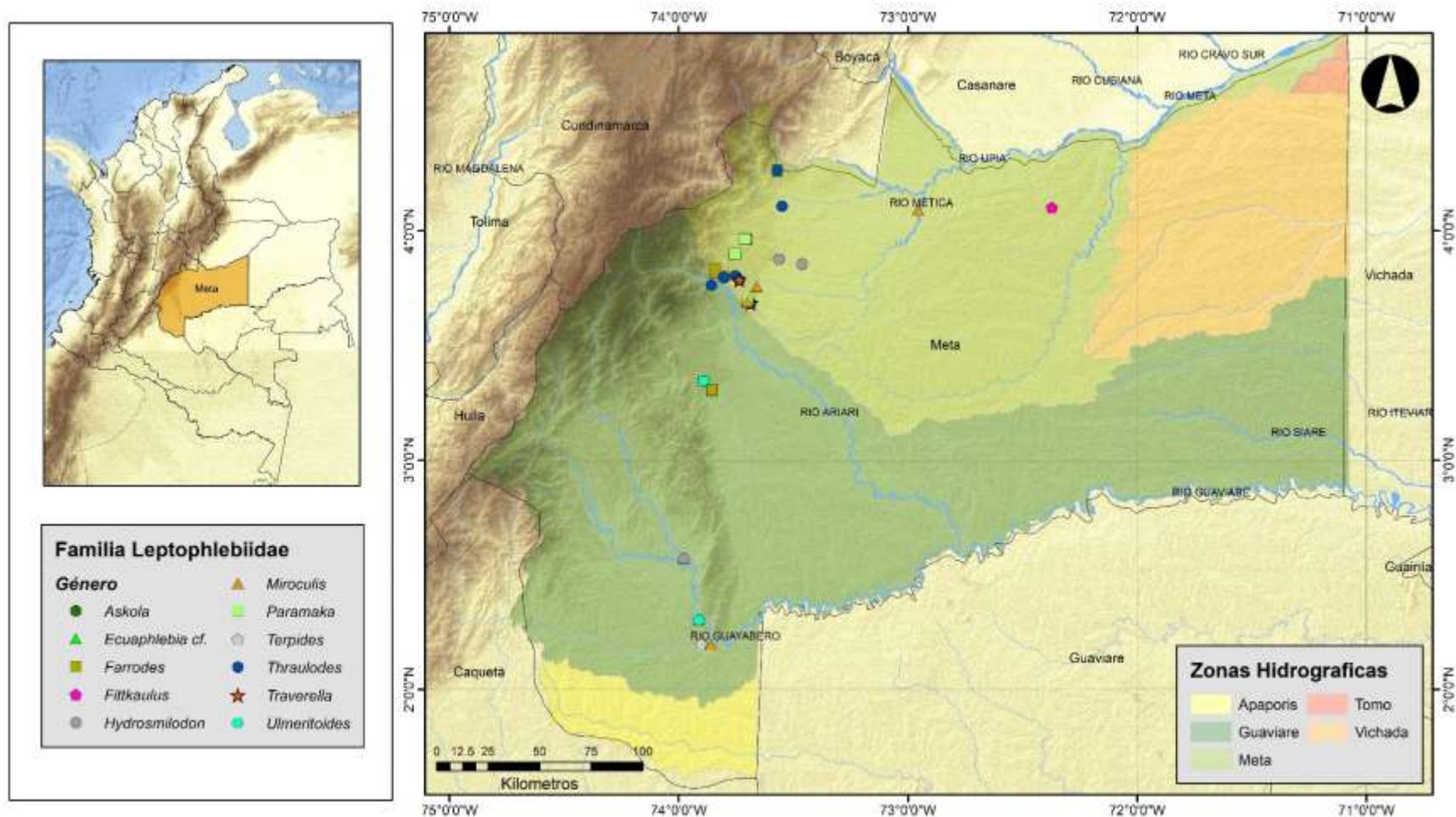


Figura 3. Mapa de ocurrencia de géneros de la familia Leptophlebiidae.

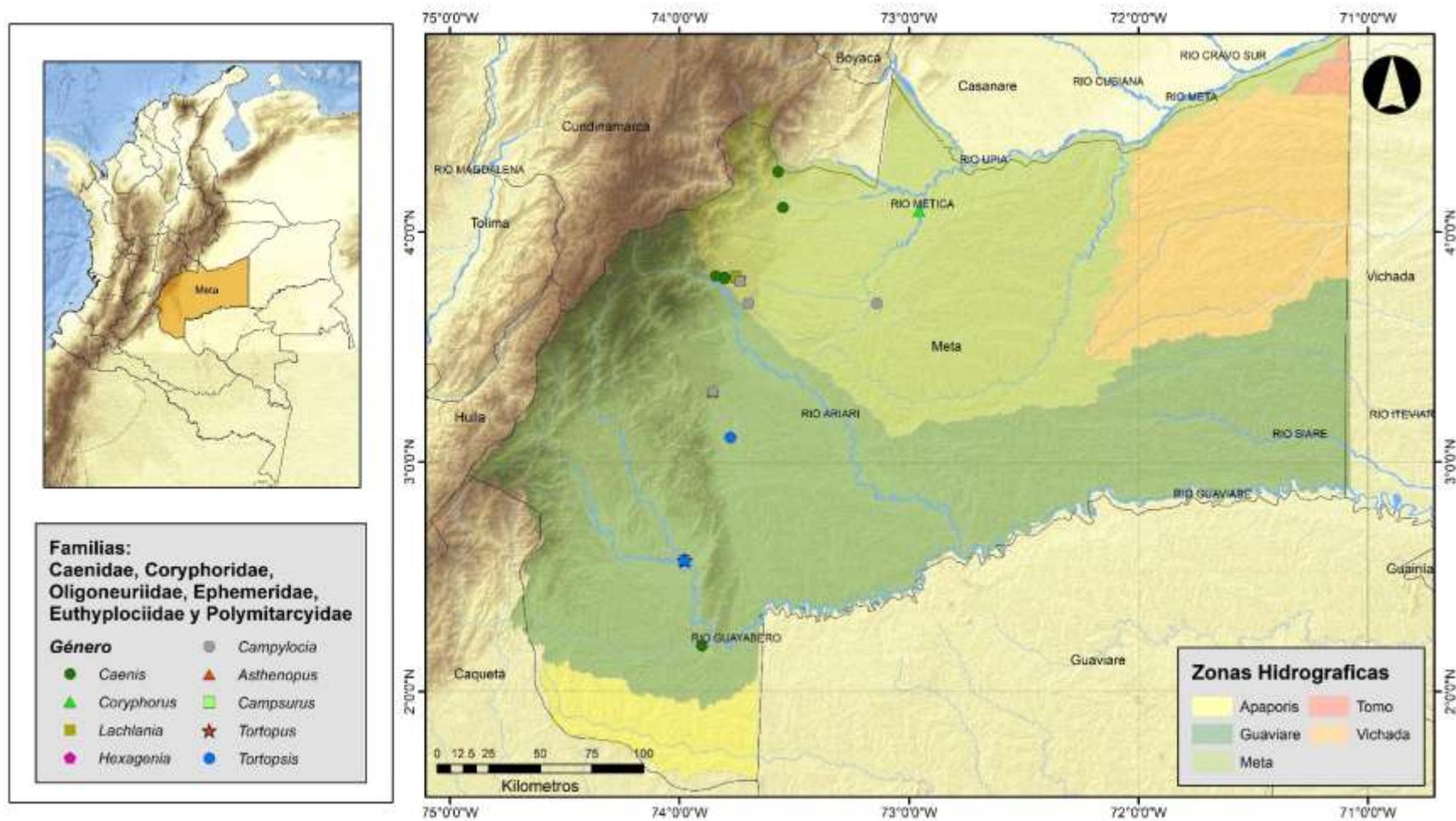


Figura 4. Mapa de ocurrencia de géneros de las familias Caenidae, Coryphoridae, Oligoneuridae, Ephemeridae, Euthyplociidae y Polymitarcyidae.

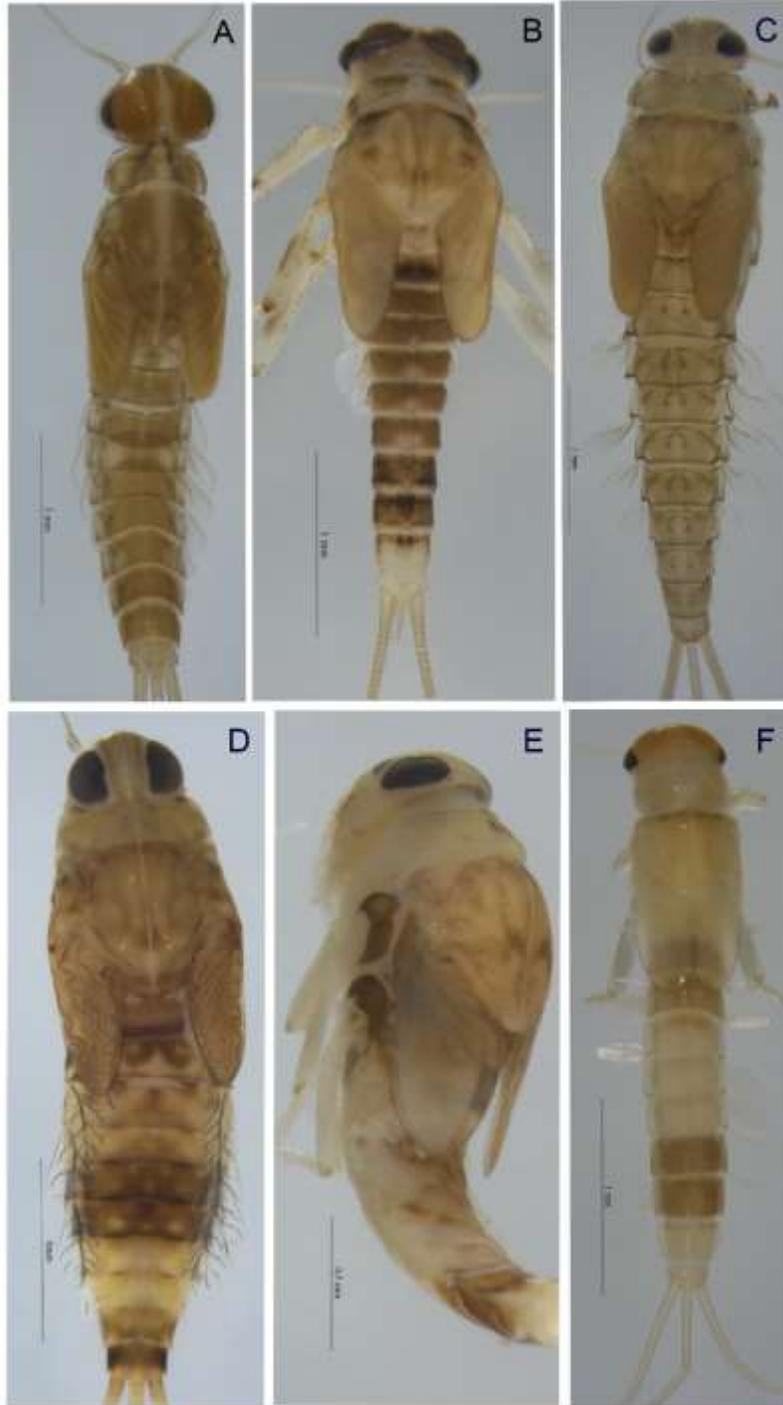


Figura 5. Hábitos de las ninfas de la familia Baetidae. A) *Americabaetis*; B) *Baetodes*; C) *Camelobaetidius*; D) *Cloeodes*; E) *Paracloeodes*; F) *Varipes*.



Figura 6. Hábitos de las ninfas de la familia Leptohiphidae. A) *Amanahyphes saguassu*; B) *Leptohiphes*; C) *Leptohiphes*; D) *Traverhyphes*; E) *Tricorythodes* sp. nov. 1; F) *Tricorythodes* sp. nov. 2; G) *Tricorythopsis* sp. nov. 1; H) *Caenis*.



Figura 7. Hábitos de las ninfas de la familia Leptophlebiidae. A) *Farrodes*; B) *Miroculis*; C) *Hydrosmilodon*; D) *Paramaka*; E) *Thraulodes*; F) *Ulmeritoides*.

ANEXO 1

Estaciones de colecta

ID ESTACIÓN	MUNICIPIO	ESTACIÓN DE MUESTREO (RÍOS Y CAÑOS)	GEOREFERENCIACIÓN	ALTURA (msnm)	FECHA DE COLECTA	COLECCIÓN DE DEPÓSITO
E1	Acacías	Caño Buenavista	03°57'50.22"N 73°42'09.40"W	460	02-xi-2013	MUSENUV
E2	Acacías	Río Guayuriba	04°02'58.90"N 73°45'54.60"W	528	03-i-2015	CEBUC
E3	Acacías	Río Sardinata	04°01'10.70"N 73°46'34.00"W	547	03-i-2015	CEBUC
E4	Cubarral	Caño Arenas Blancas	03°48'03.50"N 73°44'41.50"W	453	09-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E5	Cubarral	Caño Seco 1	03°47'41.00"N 73°48'03.60"W	521	09-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E6	Cubarral	Caño Venado	03°48'06.50"N 73°47'56.90"W	520	09-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E7	Cubarral	Caño Aguapanela	03°48'01.00"N 73°48'00.40"W	510	09-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E8	Cubarral	Caño Seco 2	03°48'22.10"N 73°47'53.50"W	508	06-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E9	Cubarral	Caño Soche	03°48'53.40"N 73°47'18.70"W	485	06-ii-2019 y 21-vii-2019	CEBUC
E10	Cubarral	Caño Arenas Blancas	03°47'47.50"N 73°51'02.10"W	625	29-ix-2013	MUSENUV
E11	Cubarral	Caño Carlos Julio	03°47'50.30"N 73°48'13.00"W	538	01-x-2013	MUSENUV
E12	Cubarral	Caño Carranza	03°57'49.60"N 73°42'37.70"W	470	03-x-2013	MUSENUV
E13	Cubarral	Caño Claro	03°49'59.30"N 73°50'31.80"W	580	05-x-2013	MUSENUV
E14	Cubarral	Caño La Cecilita	03°49'09.70"N 73°50'31.80"W	560	05-x-2013	MUSENUV
E15	Cubarral	Caño La Olorosa	03°48'10.10"N 73°48'09.10"W	510	06-x-2013	MUSENUV
E16	Cubarral	Caño La Pradera	03°49'13.50"N 73°46'22.50"W	490	01-x-2013	MUSENUV
E17	Cubarral	Caño Torres	03°48'29.70"N 73°50'28.90"W	550	04-x-2013	MUSENUV
E18	El Castillo	Río Ariari	03°39'18.40"N 73°46'29.30"W	409	04-i-2015	CEBUC
E19	El Dorado	Caño Cola de Pato	03°45'43.60"N 73°51'24.20"W	575	30-ix-2013	MUSENUV
E20	El Dorado	Caño Hondo	03°45'23.50"N 73°51'07.60"W	595	30-ix-2013	MUSENUV
E21	Guamal	Caño Bejuco	03°53'56.40"N 73°45'14.50"W	485	03-x-2013	MUSENUV
E22	Restrepo	Caño NN	04°15'46.10"N 73°34'11.70"W	500	10-x-2019	MUSENUV

E23	Restrepo	Rio Caney	04°15'59.80"N 73°32'41.40"W	455	03-i-2015	CEBUC
E24	San Juan de Arama	Finca La Esmeralda	03°18'19.50"N 73°51'14.20"W	394	16 y 17-v-2015	CEBUC
E25	San Martín	Caño Rubiano	03°45'27.10"N 73°39'32.10"W	370	03-ii-2019 y 19-vii-2019	CEBUC
E26	San Martín	Caño Lejía	03°47'41.00"N 73°48'03.70"W	407	03-ii-2019 y 19-vii-2019	CEBUC
E27	San Martín	Caño Corcovado	03°44'00.40"N 73°39'53.40"W	422	03-ii-2019 y 19-vii-2019	CEBUC
E28	San Martín	Caño Camoa	03°41'24.70"N 73°41'59.30"W	411	04-i-2015	CEBUC
E29	Villavicencio	Rio Ocoa	04°06'25.54"N 73°32'57.22"W	356	03-i-2015	CEBUC
E30	Vista Hermosa	Río Güejar	03°06'22.00"N 73°46'38.30"W	250	03-ii-2019	CEBUC

ANEXO 2

Registros nuevos e históricos de géneros y especies de Ephemeroptera para el departamento del Meta

FAMILIAS	GÉNEROS Y ESPECIES	MUNICIPIO	ALTURA (msnm)	REFERENCIAS
Baetidae	<i>Americabaetis</i>	Acacías, Cubarral, Restrepo y Villavicencio	353-521	Rojas et al. 2021.
	<i>Americabaetis alphus</i>	Villavicencio	241-419	Rojas et al. 2021.
	<i>Americabaetis robacki*</i>	Guamal	485	
	<i>Aturbina*</i>	Cubarral y San Martín	370-453	
	<i>Baetodes</i>	Acacías, Cubarral, Guamal, Restrepo, San Martín y Villavicencio	353-625	Zamora 2015.
	<i>Callibaetis</i>	Cubarral, La Macarena, San Juan de Arama y Vista Hermosa	223-520	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Camelobaetidius</i>	Acacias, Cubarral, El Castillo, La Macarena, Restrepo, San Martín y Villavicencio	226-538	Zamora 2015; Granados-Martínez et al. 2018; Rojas et al. 2020 (en prensa).
	<i>Camelobaetidius edmundsi</i>	Acacias, Guamal, Villavicencio	249-919	Salinas et al. 2017; Rojas et al. 2021.
	<i>Camelobaetidius metae</i>	Castilla la Nueva	419	Salinas et al. 2019.
	<i>Cloeodes</i>	Acacias, San Martín, San Juan de Arama y Villavicencio	356-520	Rojas et al. 2021.
	<i>Mayobaetis ellenae</i>	Acacias, Cubarral, El Dorado y Guamal	580-919	Salinas et al. 2017.
	<i>Nanomis</i>	Restrepo y Villavicencio	356-500	Rojas et al. 2021
	<i>Nanomis galera</i>	Acacías, Restrepo y Villavicencio	455-919	Salinas et al. 2017; Rojas et al. 2021.
	<i>Paracleodes*</i>	Acacias, Cubarral, Restrepo y San Martín	370-520	
<i>Varipes</i>	Cubarral y Villavicencio	356-560	Rojas et al. 2021.	

	<i>Varipes lasiobranchius</i>	Acacias	556	Salinas et al. 2017.
	<i>Waltzoyphius*</i>	San Martín	370-407	
	<i>Zelus</i>	Cubarral, San Martín y Villavicencio	356-485	Rojas et al. 2021.
Caenidae	<i>Caenis</i>	Cubarral , La Macarena, Restrepo, San Martín y Villavicencio	223-550	Rojas et al. 2021; Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Coryphorus aquilus</i>	Puerto Lopez y San Juan de Arama	180-395	Peters 1981.
Ephemeridae	<i>Hexagenia</i>	La Macarena	225	Granados-Martínez et al. 2018.
Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	Cubarral , La Macarena y San Martín	225-510	Zamora 2015; Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Campylocia araca</i>	San Juan de Arama	395	Marín-Eslava et al. 2021.
Leptohiphidae	<i>Amanahyphes saguassu*</i>	Cubarral y San Martín	370-508	
	<i>Haplohyphes</i>	El Dorado	575	
	<i>Haplohyphes baritu</i>	Acacias y Castilla La Nueva	419-919	Salinas et al. 2017.
	<i>Leptohiphys</i>	Cubarral, El Dorado, Restrepo, San Martín y Vista Hermosa	221-595	Zamora 2015.
	<i>Leptohiphys albipennis</i>	El Dorado	575-595	Molineri et al. 2020 (enviado a publicación).
	<i>Leptohiphys hirsutus</i>	El Dorado	575	Molineri et al. 2020 (enviado a publicación).
	<i>Leptohiphys liniti</i>	Cumaral, Granada y Restrepo	455-540	Molineri et al. 2020 (enviado a publicación).
	<i>Leptohiphys maculatus</i>	El Dorado y San Juan de Arama	395-575	Molineri et al. 2020 (enviado a publicación).
	<i>Leptohiphys nigripennis</i>	Restrepo	540	Molineri et al. 2020 (enviado a publicación).
	<i>Lumahyphes</i>	Villavicencio	356	Rojas et al. 2021.
	<i>Lumahyphes yagua*</i>	San Juan de Arama	397	
	<i>Traverhyphes*</i>	Acacias, Cubarral y Restrepo	453-521	
	<i>Tricorythodes</i>	Acacias, Cubarral, Guamal , La Macarena, Restrepo, San Martín y Villavicencio	223-560	Rojas et al. 2021; Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Tricorythodes</i> sp nov 1	Restrepo	454	Revisado colección CEBUC.
	<i>Tricorythodes</i> sp nov 2	Restrepo y San Martín	411-454	Revisado colección CEBUC.
<i>Tricorythodes</i> sp nov 3	San Juan de Arama**	395	Revisado colección CEBUC.	

	<i>Tricorythopsis</i>	La Macarena	225-520	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Tricorythopsis</i> sp nov 1	Cubarral y San Martín	370-422	Revisado colección CEBUC.
	<i>Tricorythopsis</i> sp nov 2	Cubarral y San Martín	370-422	Revisado colección CEBUC.
	<i>Tricorythopsis rondoniensis</i>	Mapiripan y San Juan de Arama	200 - 486	Zúñiga y Torres-Zambrano, 2015; Dias et al. 2016.
Leptophlebiidae	<i>Askola*</i>	Cubarral y San Martín	407-470	
	<i>Ecuaphlebia*</i>	Cubarral	580	
	<i>Farrodes</i>	Acacias, Cubarral, Guamal, Restrepo, San Martín y San Juan de Arama	370-580	Marulanda et al. 2020.
	<i>Farrodes tepui</i>	San Martín	412	Marulanda et al. 2020.
	<i>Fittkaulus amazonicus</i>	Acacias	436	Salinas et al. 2018.
	<i>Hydrosmylodon</i>	Acacias y La Macarena	225- 460	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Hydrosmylodon primanus</i>	Acacias	277-341	Salinas et al. 2017.
	<i>Miroculis</i>	Cubarral, La Macarena y San Martín	223-510	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Miroculis (Atroari) colombiensis</i>	Puerto López	178	Savage y Peters 1983.
	<i>Paramaka</i>	Cubarral, Guamal, San Juan de Arama y San Martín	412-508	Marulanda et al. 2020.
	<i>Terpides</i>	La Macarena	270	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Thraulodes</i>	Cubarral, El Dorado, Guamal, Restrepo, San Martín y Villavicencio	370-575	Zamora 2015; Rojas et al. 2020 (en prensa).
	<i>Traverella</i>	Cubarral y San Martín	398-475	Zamora 2015.
	<i>Ulmeritoides</i>	Cubarral, La Macarena, San Martín y San Juan de Arama	229-510	Granados-Martínez et al. 2018.
<i>Ulmeritoides flavopedes</i>	San Juan de Arama	433	Marulanda et al. 2020.	
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	Cubarral y Guamal	475	Zamora 2015.
Polymitarciidae	<i>Asthenopus</i>	La Macarena	225	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Campsurus</i>	La Macarena	225	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Tortopsis</i>	La Macarena	225	Granados-Martínez et al. 2018.
	<i>Tortopsis limoncocha*</i>	Vista Hermosa	249	
	<i>Tortopus</i>	La Macarena	225	Granados-Martínez et al. 2018.

* *Nuevos registros para el Meta.*

En negrilla se presentan los municipios para los cuales se amplía el rango de distribución en el Meta

CAPÍTULO IV

Primer registro de *Campylocia araca* Gonçalves & Salles (Ephemeroptera: Euthyplociidae) para

Colombia

Aceptado

Primer registro de *Campylocia araca* Gonçalves & Salles (Ephemeroptera: Euthyplociidae) para Colombia

(First record of *Campylocia araca* Gonçalves & Salles (Ephemeroptera: Euthyplociidae) from Colombia)

Laura Jimena Marín-Eslava¹, María Del Carmen Zúñiga², Lucimar Gomes-Dias³

Resumen: En este trabajo se amplía la distribución geográfica de la especie *Campylocia araca* Gonçalves & Salles mediante el primer registro para Colombia. La especie fue determinada con base a dos imagos machos y una hembra, procedentes del departamento del Meta. En la descripción original, la especie solo había sido documentada para la Amazonía brasilera y este nuevo registro permite extender su distribución para la cuenca del río Orinoco, además de confirmar la atípica morfología de los genitales masculinos.

Palabras claves: Efímera; nuevo reporte; Meta; Suramérica.

Abstract: In this work the geographical distribution of *Campylocia araca* Gonçalves & Salles is expanded, with the first record from Colombia. The species was determined based on two males and one female imagines from Meta department. In the original description, this species had been registered only for Brazilian Amazon and this new record broadens the species distribution range to the Orinoco river basin and casts light on male genitalia morphology.

Key words: Mayfly; new report; Meta; South America.

1Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. E-mail: laura.marin.eslava@gmail.com

2 Grupo de Investigaciones Entomológicas, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. E mail: maczuniga@gmail.com

3Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Grupo de Investigación BIONAT. E-mail: lucimar.dias@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

El género *Campylocia* (Euthyplociidae) fue descrito por Needham & Murphy en 1924. Presenta una historia taxonómica compleja, con varias especies sinonimizadas (Gonçalves *et al.* 2017). El género presenta distribución neotropical y, actualmente, incluye seis especies válidas, la mayoría de ellas registradas en la región amazónica brasilera: *C. anceps* (Eaton, 1883), con la mayor distribución entre las especies conocidas (Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Perú, Surinam, Venezuela y Centro América) (Domínguez *et al.* 2020); *C. araca* Gonçalves & Salles, 2017, recientemente descrita para la amazonía brasilera con base en un solo espécimen macho (Holotipo), para el cual se realizaron análisis moleculares para confirmar que correspondía a un diferente linaje (Gonçalves *et al.* 2017); *C. burmeisteri* (Hagen, 1888) reportada para Argentina y Brasil, *C. demoulini* Gonçalves & Salles, 2017 registrada para Ecuador, Surinam y Brasil (Gonçalves *et al.* 2017); *C. orosi* Gonçalves & Peters, 2017 en Gonçalves *et al.* 2017 (Costa Rica y Panamá) y *C. roraimense* Gama-Neto & Araujo-Bastos, 2017 (Brasil-Amazonas). Información sobre la biología de los imagos y ninfas de las especies registradas es escasa; entre ellas, está documentada la presencia de ninfas de *C. burmeisteri* parcialmente enterradas en sustratos de tipo arcilloso y en cuerpos de agua de corriente moderada a fuerte y cercanas al metro de profundidad media (Pereira & Da-Silva, 1990).

En Colombia el género ha sido reportado en Antioquia, Cauca, Chocó, Meta, Santander, Sierra Nevada de Santa Marta, Valle del Cauca y región amazónica colombiana (Zúñiga *et al.* 2004; Dias *et al.* 2009b; Gutiérrez & Reinoso-Flórez, 2010; Granados-Martínez *et al.* 2018; Chaux-Rojas *et al.* 2020, entre otros), pero a nivel específico solo está documentada *C. anceps*, que es la especie tipo y una de las más antiguas en la familia Euthyplociidae y entre los Ephemeroptera de Colombia (Domínguez *et al.* 2006, 2020; Dias *et al.* 2009b).

Campylocia araca fue descrita por Gonçalves *et al.* 2017 a partir de imagos (macho y hembra), pero las ninfas son desconocidas. Los caracteres taxonómicos que distinguen la especie son los siguientes. En el macho: 1) Alas anteriores generalmente con una vena ICu. 2) Patrón de color abdominal con dos pares de manchas con forma de gota; una en la región media-apical de la terga I-IX y otra en la región medial de la terga II-IX. 3) Placa estilígera semirredonda. 4) Penes angostos,

con el mismo ancho desde la base hasta las proyecciones laterales, fuertemente curvadas hacia afuera. Proyecciones laterales con la línea media esclerotizada (Gonçalves *et al.* 2017).

Con el fin de ampliar el conocimiento de *Campylocia* en Colombia, en este trabajo se registra por primera vez para el país la especie *C. araca*, la cual fue determinada con base en imagos macho y hembra recolectados en el departamento del Meta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se determinaron especímenes del grupo depositados en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas – CEBUC (RNC: 188). Los especímenes de *Campylocia* revisados en este estudio fueron colectados en el municipio de San Juan de Arama (Meta, Colombia) (Figura 1), con trampa de luz blanca ubicada entre las 18:00 y las 21:00 horas en la zona de ribera de una corriente hídrica de bajo orden.

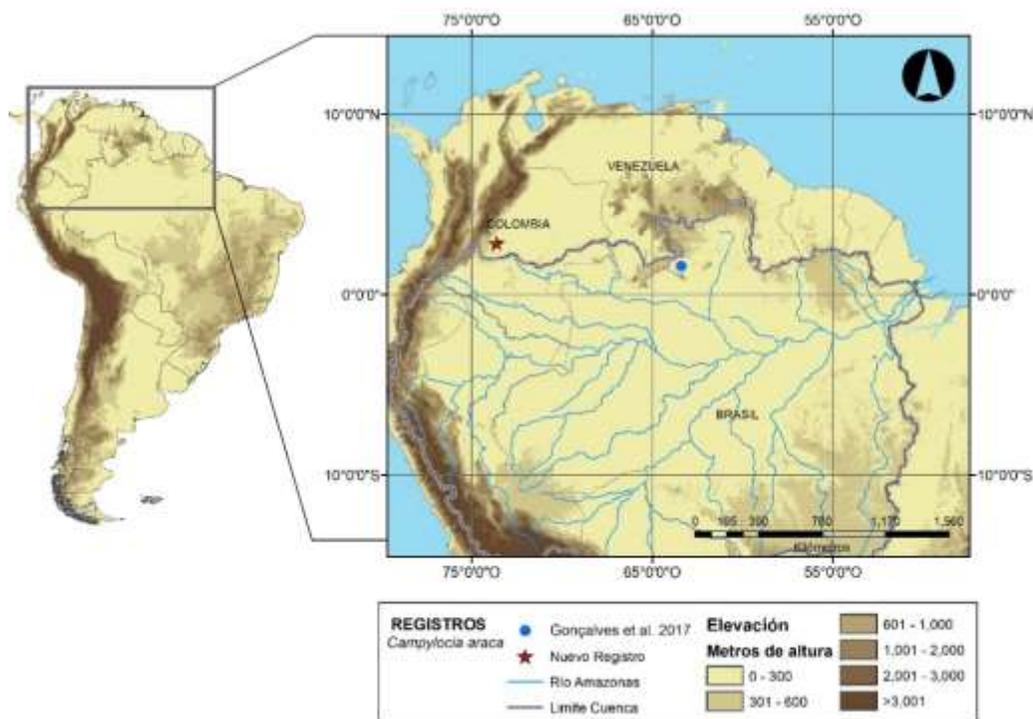


Figura 1. Mapa de ocurrencia de *C. araca* para América del Sur.

La determinación de los especímenes se realizó con un estereoscopio binocular marca Leica MC205 y se emplearon las claves taxonómicas, descripciones originales de Domínguez *et al.* (2006); Gonçalves *et al.* (2017); Salles *et al.* (2018) así como disecciones y montajes de estructuras taxonómicas de interés.

Las fotografías fueron tomadas con cámara MC-170HD marca Leica, acoplada al estéreo mencionado. El mapa de distribución fue realizado con software ESRI® ArcMap 10.0.

RESULTADOS

Se revisaron un total de tres imagos del género *Campylocia* (Figura 2A) procedentes del departamento del Meta. Con base en la peculiar genitalia (Figura 2B) de los especímenes examinados y el patrón de coloración abdominal, fue posible determinar la especie *C. araca* Gonçalves & Salles. Este es el primer registro de la especie para Colombia, ampliando el rango de distribución para el norte de América del Sur (Figura 1).



Figura 2. Imago macho de la especie *Campylocia araca*. A) Hábito lateral. B) Genitalia en vista ventral.

El cuerpo de agua donde se capturaron los imagos, es una corriente de bajo orden, denominada en la región como “caño Bijagual”. El ancho osciló aproximadamente entre 5 y 8 metros, con

profundidades medias menores a un metro. Presenta en general buen estado de conservación y está protegido en su corredor de ribera con vegetación secundaria, sus aguas son frías, claras, con predominio de zonas de remanso y pocos rápidos, con lecho de tipo limoso, con algunas rocas y presencia de paquetes de hojarasca, troncos sumergidos y detritus de origen vegetal.

Material examinado

2 imagos machos y 1 imago hembra, Colombia, Meta, San Juan de Arama, Finca La Esmeralda, Caño Bijagual, 03°18'19.50"N, 73°51'14.20"W, 394 msnm, 16-17/V/2015, Dias y Curso de Entomología-2015, Universidad de Caldas cols (CEBUC).

DISCUSIÓN

La especie *C. araca* fue descrita por Gonçalves y Salles (2017), a partir de un solo imago macho debido a la morfología atípica de sus estructuras genitales, la cual se caracteriza por poseer penes angostos fuertemente curvados hacia afuera (Gonçalves *et al.* 2017). Adicionalmente, en la descripción original, los autores también tuvieron en cuenta herramientas moleculares para confirmar la nueva especie. El hallazgo documentado en este trabajo corresponde a una segunda colecta de especímenes de *C. araca* y permite confirmar que las estructuras genitales del imago son realmente peculiares dentro del género *Campylocia*, lo cual no obedece a una deformación por deshidratación del espécimen, tal como se sugiere en la descripción original (Gonçalves *et al.* 2017).

C. araca solo se conocía para la localidad tipo, ubicada en un Igarapé de la Serra do Aracá en el estado de la Amazonas-Brazil (Gonçalves *et al.* 2017). El registro de la especie para la Orinoquía colombiana, podría darse debido a que los ecosistemas acuáticos del departamento del Meta poseen continuidad hacia la amazonia, mediante la unión de las cuencas del Orinoco y el río Casiquiare, el cual es considerado un corredor biogeográfico entre estas regiones (Willis *et al.* 2010).

La localidad en donde se encontró la especie en Colombia corresponde a una zona con gran influencia de la Serranía de La Macarena, caracterizada por su gran riqueza hídrica e importancia

biogeográfica. En esta serranía se confluyen diferentes regiones naturales como la Andina, Orinoquense y Amazónica, dando origen a una variedad de climas determinados por los gradientes altitudinales y latitudinales, condición que favorece la biodiversidad (Gaston, 2000; Vilorio, 2009; Moreno *et al.* 2017). La región de San Juan de Arama es considerada la puerta de entrada a la Serranía, siendo ésta la más occidental de los Tepuyes del sistema montañoso perteneciente al Escudo Guyanés, ubicado al este de la cordillera de los Andes, cuya formación geológica es la más antigua del planeta, presente en Venezuela, Guyana, Surinam y Brasil (IGAC, 1999). El afluente en donde los especímenes de *C. araca* fueron capturados corresponde a la cuenca del río Güejar, el cual drena a través del río Guayabero en la macrocuenca del río Orinoco, después de atravesar la extensa sabana de los Llanos Orientales que comparten Colombia y Venezuela.

Este nuevo registro permite ampliar el conocimiento sobre el orden Ephemeroptera tanto en Colombia como en la región neotropical, también aporta información relevante para futuras investigaciones relacionadas con biogeografía en la región y destaca la importancia de continuar con los estudios de macroinvertebrados acuáticos en regiones poco muestreadas en el país. En este contexto, se destaca que la Orinoquía es una de las regiones menos estudiadas en Colombia, en cuanto a la taxonomía y ecología de insectos acuáticos, en donde las actividades de colecta y evaluación de la biodiversidad estuvieron muy restringidas por el conflicto armado durante los últimos 50 años.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Caldas y la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas por la infraestructura física y el acceso al material para llevar a cabo el presente trabajo y a la Doctora Inés Gonçalves (Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil) por corroborar la determinación de la especie. A la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas por la financiación del proyecto Insectos Acuáticos Transamazónicos. Al

Dr. Benjamin Doncel por permitir la realización del trabajo de campo del curso de Entomología (Programa de Biología, UCaldas) en su finca La Esmeralda en San Juan de Arama.

LITERATURA CITADA

Chaux-Rojas, J. P., Pimentel-Parra, G. A., García-Peña, A. L., Pareja-Neira, J. E. (2020). Comunicación Corta Primer registro del género *Campylocia* Needham y Murphy, 1924 (Insecta: Ephemeroptera: Euthyplociidae) para el departamento del Caquetá, Colombia. Boletín Científico - Centro de Museos. **24** (1): 242–245.

Dias, L. G., Zúñiga, M. C., Bacca, T. (2009). Estado actual del conocimiento del Orden Ephemeroptera en Colombia. Memorias XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Simposio sobre Invertebrados. Medellín, Colombia.

Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D., and Nieto, C. (2006). Ephemeroptera of South America, Aquatic Biodiversity of Latin America. In: Adis, J., Arias, J. R., Rueda-Delgado, G., and K. M., Wantzen, (Eds.) Aquatic Biodiversity of Latin America. Volume 2, Pensoft, Sofia-Moscow.

Domínguez, E., Molineri, C., Nieto, C., Zúñiga, M. C. (2020). Lista de especies de Ephemeroptera Sudamericanos. Disponible en <http://ibn-conicet.gob.ar/>., accedida enero 2021.

Eaton, A.E. (1883). A Revisional Monograph of Recent Ephemeridae or Mayflies. Transactions of the Linnean Society of London. 2nd Series: Zoology. **3** (1): 1–77.

Gama-Neto, J. L. & Araujo-Bastos, P.M. (2017). A new species of *Campylocia* Needham & Murphy, 1924 (Ephemeroptera, Euthyplociidae) from Northern Brazil. Zootaxa. **4244** (2): 296–300.

Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. Nature. **405** (12): 220–227.

Gonçalves, I. C., Takiya, D. M., Salles, F. F., Peters, J. G., Nessimian, J. L. (2017). Integrative taxonomic revision of *Campylocia* (mayflies: Ephemeroptera, Euthyplociidae). *Systematics and Biodiversity*. **15** (6): 564–581.

Granados-Martínez, C., Lasso, C. A., Núñez-Avellaneda, M., Morales-Betancourt, M. A. (2018). Macroinvertebrados acuáticos de los ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda, Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. En: C.A. Lasso, M.A. Morales-Betancourt, I.D. Escobar-Martínez. (Eds.) Biodiversidad de la Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda (pp. 97–119). Bogotá, DC, Colombia: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Gutiérrez, C. & Reinoso-Florez, G. (2010). Géneros de ninfas del orden Ephemeroptera (Insecta) del departamento del Tolima, Colombia: listado preliminar. *Biota Colombiana*. **11** (1–2): 23–32.

Hagen, H. (1888). Unsere gegenwärtige Kenntniss der Ephemeriden. *Stettiner Entomologische Zeitung*, **1890** (1888): 11-13.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1999. Paisajes Fisiográficos de Orinoquía Amazonia (ORAM) Colombia. Análisis Geográficos Nos 27-28. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Moreno, F., Caro, C. I., Pinilla, G. A., Osorio, D. P. (2017). Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. *Acta Biologica Colombiana*. **22** (3): 274–306.

Needham, J. G. & Murphy, H. E. (1924). Neotropical Mayflies. *Lloyd Library Bull.* **24** (4): 1–79.

Pereira, S. M. & Da Silva, R. E. (1990). Nova especie de *Campylocia* Needham & Murphy, 1924 com notas biologicas (Ephemeroptera, Euthyplociidae). Boletim Do Museu Nacional Rio de Janeiro Zoologia. 336: 1–12.

Salles, F. F., Domínguez, E., Molineri, C., Boldrini, R., Nieto, C., Dias, L. G. (2018). Order Ephemeroptera. In: N. Hamada, J. Thorp, C. Rogers. (Eds.) Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Volume 3, Academic Press.

Viloria, J. (2009). Geografía económica de la Orinoquia. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No 113.

Willis, S. C., Nune, M., Montaña, C. G., Farias, I. P., Ortí, G., Lovejoy, N.R. (2010). The Casiquiare river acts as a corridor between the Amazonas and Orinoco river basins: Biogeographic analysis of the genus *Cichla*. *Molecular Ecology*, **19** (5): 1014–1030.

Zúñiga, M. C., Molineri, C., Domínguez, E. (2004). El Orden Ephemeroptera en Colombia. En: F. Fernández, M.G. Andrade-C, G.D. Amat-G. (Eds.) *Insectos de Colombia*, Volumen. 3. Universidad Nacional de Colombia.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que la vegetación ribereña ejerce un efecto positivo sobre la biodiversidad de las comunidades acuáticas, además de ser relevante para el amortiguamiento del impacto generado por la ganadería. La eliminación total o parcial de la vegetación ribereña provoca alteraciones tanto en la composición de los insectos acuáticos como en las condiciones fisicoquímicas del agua.

Este trabajo permitió actualizar el listado de Ephemeroptera del Meta, con un total de 39 géneros y 29 especies, lo que posiciona al departamento como el más diverso en Ephemeroptera de Colombia, con más de 60% de los géneros documentados en todo el país. También se realiza un nuevo registro *Campylocia araca* para Colombia y se reporta siete géneros y cuatro especies por primera vez para el departamento.

Este estudio resalta la importancia del mantenimiento y conservación de la vegetación ribereña de los afluentes, además de destacar la necesidad de realizar estudios taxonómicos que amplíen el conocimiento sobre los insectos acuáticos en la Orinoquía colombiana.