

## Composición y diversidad del orden Ephemeroptera (Arthropoda: Insecta) del Río Anaime (Cajamarca-Tolima).

### Composition and diversity of the order Ephemeroptera (Arthropoda: Insecta) of the Anaime River (Cajamarca-Tolima).

Jhonatan Alexander Ospina-Rodríguez<sup>1\*</sup>, Ingri Tatiana Cárdenas-Espitia<sup>1</sup>, Gladys Reinoso-Florez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Zoología (GIZ), Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima.

ORCID: Jhonatan Alexander Ospina Rodríguez <https://orcid.org/0009-0005-4883-7306>

ORCID: Ingri Tatiana Cardenas Espitia <https://orcid.org/0000-0002-8107-2174>

ORCID: Gladys Reinoso Florez <https://orcid.org/0000-0003-2002-1645>

Recibido: Agosto 25 de 2024

Aceptado: Noviembre 10 de 2024

\*Correspondencia del autor: Jhonatan Alexander Ospina-Rodríguez

E-mail: [jaospinar@ut.edu.co](mailto:jaospinar@ut.edu.co)

<https://doi.org/10.47499/revistaacbv1i36.312>

#### Resumen

El orden Ephemeroptera es un grupo diverso en el Neotrópico, muy importante a nivel ecológico y como bioindicador, además, presenta amplia distribución en el departamento del Tolima. En esta investigación, se realizaron 2 muestreos durante periodos climáticos contrastantes en tres estaciones de muestreo en la parte alta, media y baja de la microcuenca río Anaime. Se colectó el material biológico aplicando metodologías cuantitativas y cualitativas. Los organismos se determinaron hasta el nivel de género, se estimó abundancia, diversidad alfa y beta a escala temporal y espacial utilizando el software RStudio. En total se colectaron 1145 organismos, distribuidos en 3 familias, Baetidae presentó la mayor abundancia, contrario a Leptophlebiidae. Se encontraron 8 géneros, siendo *Baetodes* el más abundante, mientras que *Mayobaetis* y *Prebaetodes* los menos abundantes. En los sustratos hojarasca y mixto se presentó la mayor abundancia relativa de organismos, contrario a la arena y grava. El orden Ephemeroptera estuvo representado por el 43% de las familias y 19% de los géneros reportados para el Tolima. La mayor diversidad se registró en la parte alta y media de la microcuenca durante el periodo de bajas lluvias, mientras que la mayor abundancia se presentó en la parte baja de la microcuenca durante el periodo de altas lluvias. La composición y diversidad de los efemerópteros en la microcuenca del río Anaime pudo estar influenciada principalmente por los periodos climáticos, la altitud y los sustratos disponibles.

**Palabras clave:** Ephemeroptera, Macroinvertebrados acuáticos, Neotrópico, Periodos climáticos.

## Abstract

The Ephemeroptera order is a diverse group in the Neotropics, very important at an ecological level and as a bio-indicator with a broad distribution in the department of Tolima. In this research, two samplings were carried out in contrasting climatic periods at three sampling stations in the upper, middle and lower parts of the Anaime river micro-basin. Biological material was collected using quantitative and qualitative methodologies. Organisms were determined up to the genus level, abundance, alpha and beta diversity were estimated at a temporal and spatial scale using the RStudio software. A total of 1145 organisms were collected, distributed in 3 families, Baetidae was the most abundant family, in contrast to Leptophlebiidae, which was the least abundant. Eight genera were identified, with *Baetodes* being the most abundant, while *Mayobaetis* and *Prebaetodes* were the least abundant. The highest relative abundance of organisms was found in leaf litter and mixed substrates, as opposed to sand and gravel. The order Ephemeroptera was represented by 43% of the families and 19% of the genera reported for Tolima. The highest diversity was observed in the upper and middle part of the micro-basin during the period of low rainfall, while the greatest abundance occurred in the lower part of the micro-basin during the period of high rainfall. The composition and diversity of the Ephemeropterans in the Anaime river micro-basin could have been influenced mainly by the climatic periods, altitude, and available substrates.

**Keywords:** Ephemeroptera, Aquatic macroinvertebrates, Neotropics, Climatic periods.

## Introducción

El orden Ephemeroptera es un taxón de insectos relativamente primitivos de la infraclase Palaeoptera, caracterizados por no plegar sus alas sobre el abdomen [1]. Presentan metamorfosis simple con ninfas netamente acuáticas que habitan en ecosistemas lóticos de la mayoría de los continentes; su mayor abundancia y diversidad se presenta en arroyos y ríos de fondos rocosos del Neotrópico [2, 3]. Las ninfas se encuentran principalmente adheridas a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida; un menor número de especies se encuentran enterradas en fondos lodosos o arenosos. Los adultos son terrestres y permanecen cerca al hábitat acuático de donde emergieron [4, 5].

En este contexto, la teoría del continuum del río, propuesta por Vannote y colaboradores [6], resalta la importancia de las dinámicas de los arroyos de cabecera, que están fuertemente influenciadas por la acción de las comunidades de macroinvertebrados de los grupos funcionales trituradores, colectores y raspadores que se encargan de transformar e incorporar la materia y energía al medio acuático proveniente del material alóctono aportado por la vegetación ribereña. Dentro de estas comunidades, los efemerópteros destacan dado que en su mayoría son raspadores y recolectores principalmente detritívoros y herbívoros [7]. Esto, además de su variada tolerancia a distintas perturbaciones del hábitat, ha posicionado al orden como una herramienta de biomo-

nitoreo [8, 9], además de ser un taxón importante para la investigación de los sistemas fluviales de alta montaña desde el campo de la limnología.

Por otra parte, es importante mencionar que los ambientes de desarrollo de esta biota están siendo afectados de una manera acelerada, aspectos como la deforestación, agricultura, ganadería, urbanización, minería y represas son las principales fuentes de perturbación ecológica de origen antrópico en los sistemas fluviales en la región neotropical [10, 11, 12], donde la permanencia de taxones de macroinvertebrados como Ephemeroptera dependen del grado de tolerancia o capacidad de respuesta. Este panorama es evidente en la microcuenca del río Anaime, en el municipio de Cajamarca (Tolima) pues ha sufrido diferentes tipos de intervención principalmente de origen antrópico, dentro de los cuales se resalta la actividad agrícola, ganadería y explotaciones mineras de material de arrastre de mediana intensidad. Por otra parte, es un área de especial interés por los servicios ecosistémicos que aporta principalmente servicios de mantenimiento, abastecimiento y culturales [13, 14].

Considerando la importancia del orden Ephemeroptera en las dinámicas acuáticas, se resalta también su gran diversidad en Colombia, donde se reportan 9 familias, 53 géneros y 70 especies aproximadamente [15, 16]. En el departamento del Tolima, se han reportado 7 familias

y 41 géneros [15], un alto porcentaje de la diversidad de este orden en el país; mientras que para la microcuenca del río Anaime se reportan la presencia de tres familias y al menos 12 géneros [15, 17]. Sin embargo, en los últimos años, no se han reportado nuevas investigaciones en esta zona. Dada la importancia de esta microcuenca, así como la capacidad de respuesta de grupos como Ephemeroptera a diferentes condiciones, se evidencia la importancia de evaluar la diversidad de este grupo en tres tramos de la microcuenca del río Anaime durante periodos climáticos contrastantes.

### Metodología

**Área de estudio:** El municipio de Cajamarca (Tolima), se encuentra inmerso en la parte alta de la subzona hidrográfica del río Coello, ocupando el 28.3% de la cuenca hidrográfica [14]. La subzona hidrográfica del río Anaime, nace de varios humedales en el páramo de Anaime-Chili, con un área de escurrimiento de 27300.67 Has, correspondiente al 53% del territorio municipal [14]. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge [18] y los datos de CORTOLIMA *et al.* [19], el área del río Anaime corresponde a Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) y Bosque húmedo-Montano (bh-M).

La microcuenca se caracteriza por presentar un relieve fuertemente quebrado con pendientes de 50-70% susceptibles a la erosión, con presencia de actividad agrícola en explotaciones familiares de pancoger, así como

zonas de ganadería [14]. En algunos tramos del río, se desarrollan actividades de minería de material de arrastre de manera artesanal, adicionalmente se reportan varios centros poblados rurales y uno urbano, ubicados en las inmediaciones del río, esto genera varias zonas de vertimientos de aguas residuales [14, 17].

Se seleccionaron tres puntos, distribuidos en la parte alta, media y baja del cauce principal del río Anaime, separadas en promedio por 8,8 km. El criterio de selección de los puntos se estableció teniendo en cuenta que el río Anaime presenta diferentes tipos de intervención a lo largo del cauce, desde la parte alta hasta su desembocadura. Las estaciones se denominaron E1C ubicada en una altitud de 2166 m.s.n.m., E2A a 1933 m.s.n.m. y E3P a 1700 m.s.n.m. (Tabla 1). En las inmediaciones de E1C predomina el cultivo de aguacate Hass y la ganadería. En E2A hay menor área para agricultura y ganadería y mayor variedad de cultivo, también, hay un área amplia de bosques riparios, procesos erosivos moderados y mayor presencia de viviendas rurales. En comparación con las estaciones mencionadas, en E3P hay menor cantidad de áreas agropecuarias y mayor cobertura riparia, sin embargo, se encuentra en las inmediaciones de la meseta donde se ubica la zona urbana de Cajamarca, por lo que hay fuertes pendientes, procesos erosivos leves y mayor cantidad de vertimientos de aguas residuales e incorporación de residuos sólidos al cuerpo de agua; además, aguas arriba de la estación se desarrolla minería de material de arrastre de manera artesanal.

**Tabla 1.** Ubicación estaciones de muestreo en el Río Anaime (Cajamarca-Tolima).

Estación	Código	Ubicación	Coordenadas	Altitud (msnm)	Actividades antrópicas
Cucuana	E1C	Vereda La Cucuana	4°20'57" N 75°30'43" W	2166	Agricultura y ganadería
Águila	E2A	Vereda El Águila	4°23'13" N 75°28'46" W	1933	Agricultura y ganadería
Puente	E3P	Entre Vereda la Alsacia y zona urbana de Cajamarca	4°26'26" N 75°25'25" W	1770	Agricultura, urbanización y minería de material de arrastre aguas arriba.

**Fuente:** Autores.

**Colecta de material biológico:** Se tuvo en cuenta datos históricos de precipitaciones de los últimos 20 años de dos estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) ubicadas en la microcuenca del Río Anaime en el municipio de Cajamarca para seleccionar dos muestreos en periodos climáticos contrastantes durante el segundo semestre del año 2022, año influenciado por el fenómeno de la niña. El primer muestreo (M1) se realizó du-

rante el mes de agosto (bajas lluvias - 47,4 mm durante el mes) y el segundo (M2) en noviembre (altas lluvias - 86,2 mm durante el mes).

Para la colecta de material biológico se modificó la metodología propuesta por González *et al.* [20] en donde se aplicaron métodos de colecta cuantitativos: Red surber (área de 0,9m<sup>2</sup> y poro de malla de 150 micras) en tres microhábitats o sustratos: arena, grava y hojarasca,

complementados con métodos cualitativos en un sustrato mixto (arena, grava y hojarasca juntos) utilizando red pantalla en contracorriente para atrapar organismos provenientes de la remoción de sustrato y muestreo manual. La intensidad del muestreo estuvo entre 45 minutos a 1 hora por estación. Todos los ejemplares fueron fijados con formol al 10%, y posteriormente trasladados al laboratorio del Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima, en donde se lavaron, separaron y preservaron los organismos en alcohol al 96%. Los organismos fueron colectados bajo el Permiso Marco de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial, otorgado mediante la Resolución 02191 del 27 de noviembre de 2018 a la Universidad del Tolima, modificada por la Resolución 00472 del 27 de marzo de 2019. Finalmente, los organismos fueron depositados en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT).

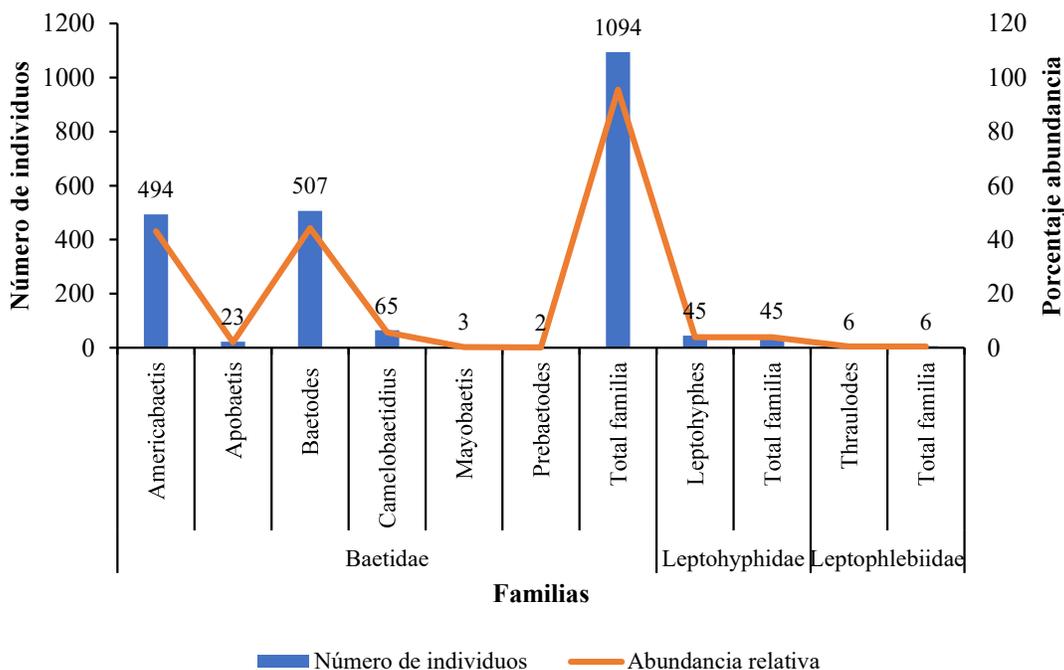
**Determinación taxonómica:** La determinación taxonómica se realizó a nivel de género, por medio del uso de diversas claves taxonómicas y descripciones realizadas por autores como Domínguez *et al.* [21], Gutiérrez y Días [8], Flowers y De la Rosa [2] y Salles *et al.* [22].

**Análisis de datos:** Siguiendo la metodología planteada

por Vargas-Ramos [23], se estimó la abundancia relativa por familias y géneros a nivel espacial (entre estaciones) y a nivel temporal (entre muestreos) integrando los datos de los métodos de muestreo cualitativos y cuantitativos. Se realizó la prueba de Kruskal Wallis con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias. Se estimó la diversidad alfa de géneros, calculando los números de Hill utilizando el paquete iNEXT para rarefacción y extrapolación de diversidad de especies (R/E) basado en el tamaño de muestra [24]. La diversidad beta se estimó por medio del índice de similitud de Jaccard teniendo en cuenta las estaciones y los periodos climáticos. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Rstudio [25].

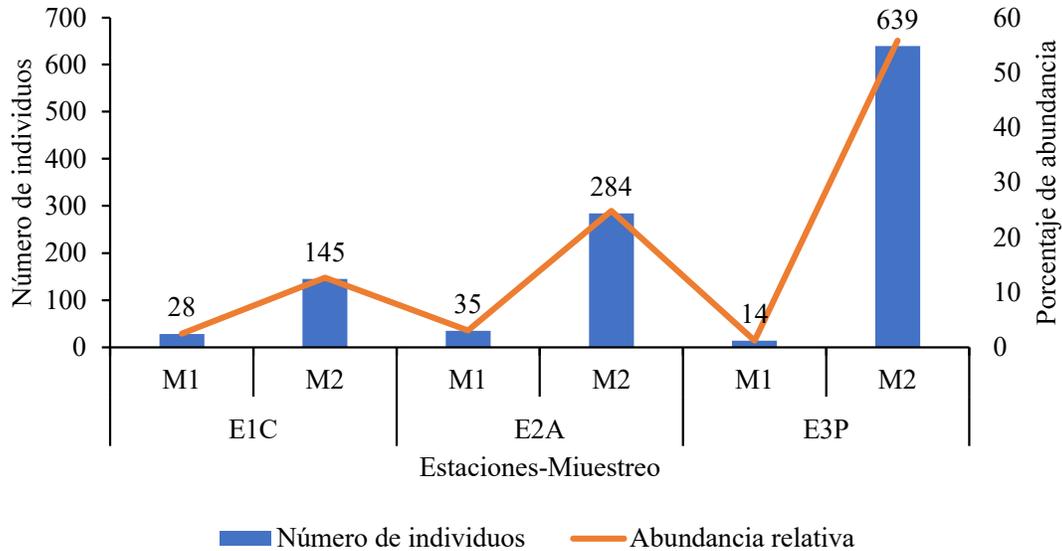
## Resultados

**Composición taxonómica:** Se colectaron un total de 1145 organismos, distribuidos en 3 familias y 8 géneros. La familia más abundante fue Baetidae con más del 95% de la abundancia relativa y la mayor riqueza de géneros. La familia Leptohyphidae obtuvo el 3,93% de la abundancia relativa, mientras que Leptophlebiidae el 0,52%. Los géneros más abundantes fueron *Baetodes* (44,28%) y *Americabaetis* (43,14%), en contraste con *Prebaetodes* (0,17%) y *Mayobaetis* (0,26), los cuales presentaron la abundancia relativa más baja (Figura 1).



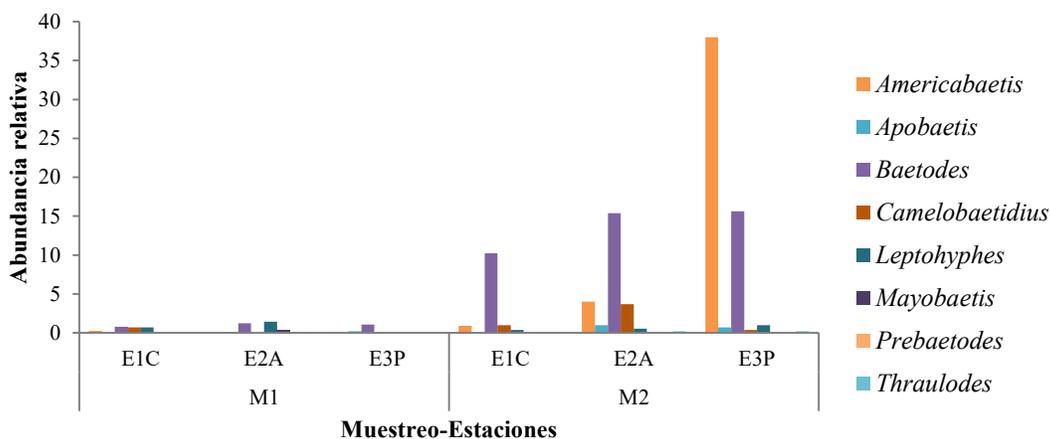
**Figura 1.** Composición taxonómica del orden Ephemeroptera en el río Anaime durante los meses de agosto (M1) y noviembre (M2) de 2022. **Fuente:** Autores.

A nivel temporal, el mayor número de individuos se presentó durante M2 (1068) correspondiente al 93% de la abundancia relativa. A nivel espacial la estación E3P presentó la mayor abundancia relativa de organismos (57%). Durante M1, la estación E2A presentó la mayor abundancia relativa (3,06%); mientras que durante M2 la estación E3P se presentó la mayor abundancia relativa (55,81%) (Figura 2). Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de la prueba de Kruskal Wallis no se observaron diferencias estadísticamente significativas a nivel espacial ( $p=0,87$ ) ni temporal ( $p=0,4$ ).



**Figura 2.** Abundancia relativa a nivel espacial y temporal de Ephemeroptera en el río Anaime durante agosto y noviembre de 2022. **Fuente:** Autores.

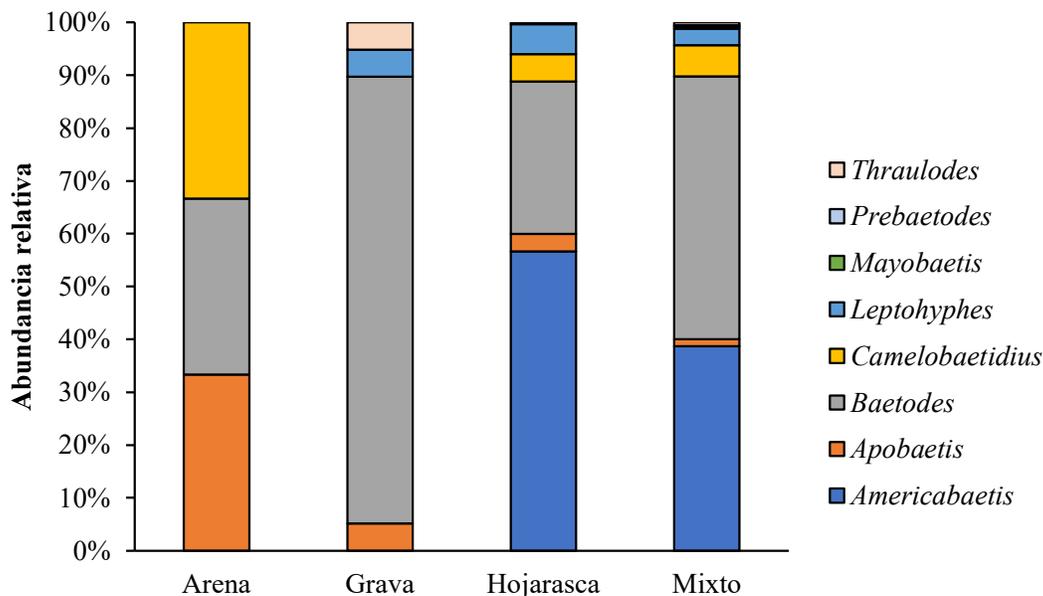
El género *Baetodes* fue el más abundante (44,28%), durante M1 tuvo la mayor abundancia en la estación E2A (1,22%) y durante M2 en E3P (15,53%). El segundo género más abundante fue *Americabaetis* (43,14%), durante M1 solo se registró E1C con una baja abundancia (0,26%), durante M2 presentó mayor abundancia en E3P (37,99%). Por el contrario, los géneros con la abundancia relativa más baja fueron *Mayobaetis* (0,26%) que solo se encontró durante M1 en E2A y *Prebaetodes* (0,17%) que se encontró sólo durante M2 en E1C y E2A (Figura 3).



**Figura 3.** Abundancia relativa por géneros de Ephemeroptera en el Río Anaime durante agosto y noviembre de 2022. **Fuente:** Autores.

Con respecto a la abundancia de organismos en los distintos sustratos evaluados, se encontró que el sustrato mixto presentó la abundancia más alta (69%), seguido de la hojarasca (29%) y grava (1,75%), en el sustrato arena se presentó la abundancia más baja (0,26%). Sólo los géneros *Apobaetis* y *Baetodes* se encontraron en todos los sustratos evaluados. El género *Baetodes* presentó los valores de abundancia más altos en el sustrato mixto (34,32%)

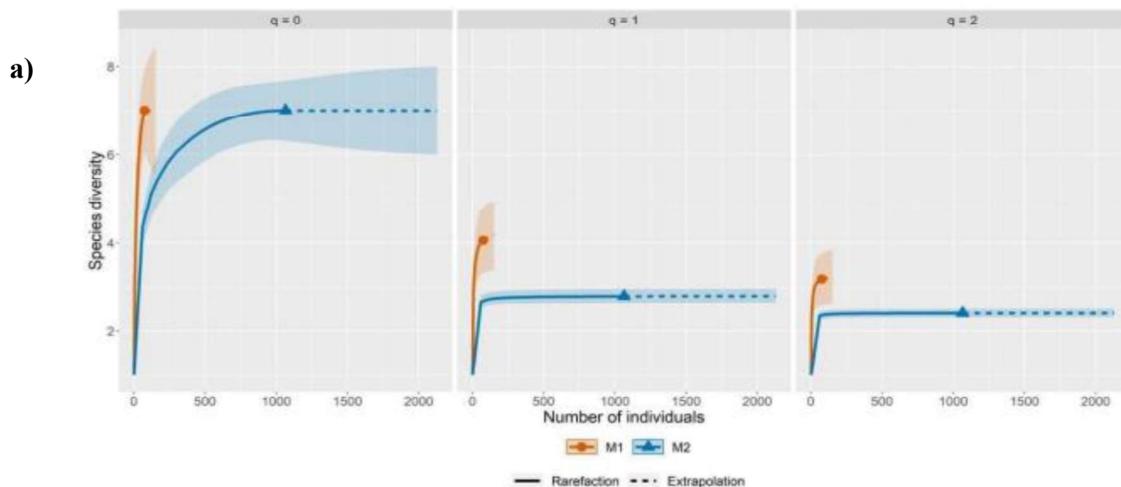
y *Apobaetis* en hojarasca (0,96%). El género *Americabaetis* registró la abundancia más alta en el sustrato mixto (26,72%) y no se encontró en los sustratos roca y arena. *Prebaetodes* y *Mayobaetis* se presentaron solamente en sustrato mixto, con baja abundancia (Figura 4).



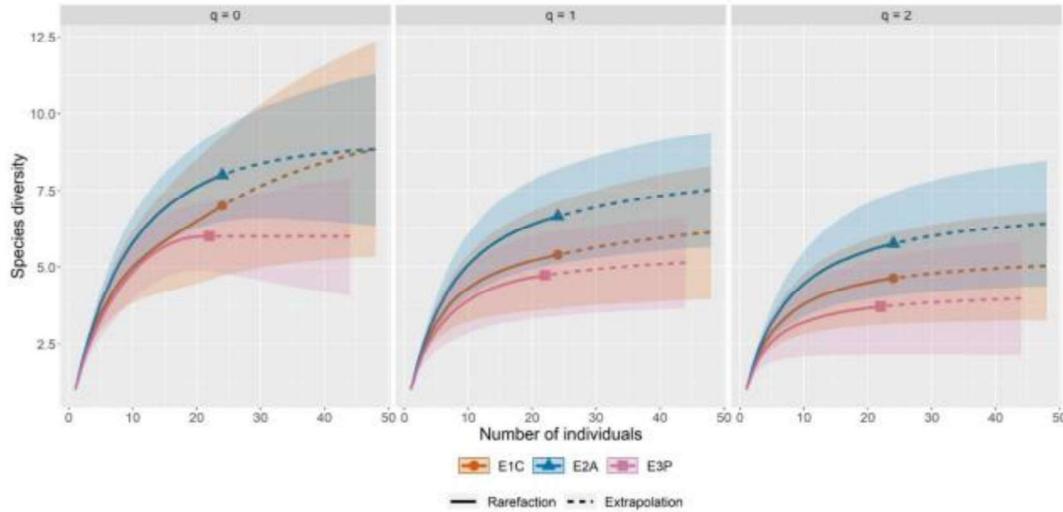
**Figura 4.** Abundancia relativa de los géneros del orden Ephemeroptera reportados por sustrato en el río Anaime durante agosto (M1) y noviembre (M2) de 2022. **Fuente.** Autores.

**Diversidad Alfa:** A nivel temporal, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la diversidad de orden 0 (riqueza), durante M1 la abundancia de organismos fue baja, mientras que durante M2 fue más alta (Figura 5a). En cuanto a la diversidad de orden 1 (inverso de Shannon) y orden 2 (Dominancia de Simpson) si se presentaron diferencias estadísticamente significativas, M1 presentó mayor número de géneros efectivos comunes (4) y dominantes (3).

A nivel espacial, no hubo diferencias estadísticamente significativas en el número efectivo de géneros para los tres estimadores ( $q=0$ ,  $q=1$  y  $q=2$ ) entre las 3 estaciones de muestreo. En el caso  $q=0$ , la estación E2A obtuvo mayor número de géneros, E3P el menor y E1C se podría aumentar con un mayor esfuerzo de muestreo. Frente a  $q=1$  y  $q=2$ , E2A presentó 6 géneros efectivos comunes y dominantes respectivamente, siendo la estación con los valores de diversidad más altos para estos estimadores, mientras que E3P la menor (Figura 5b).

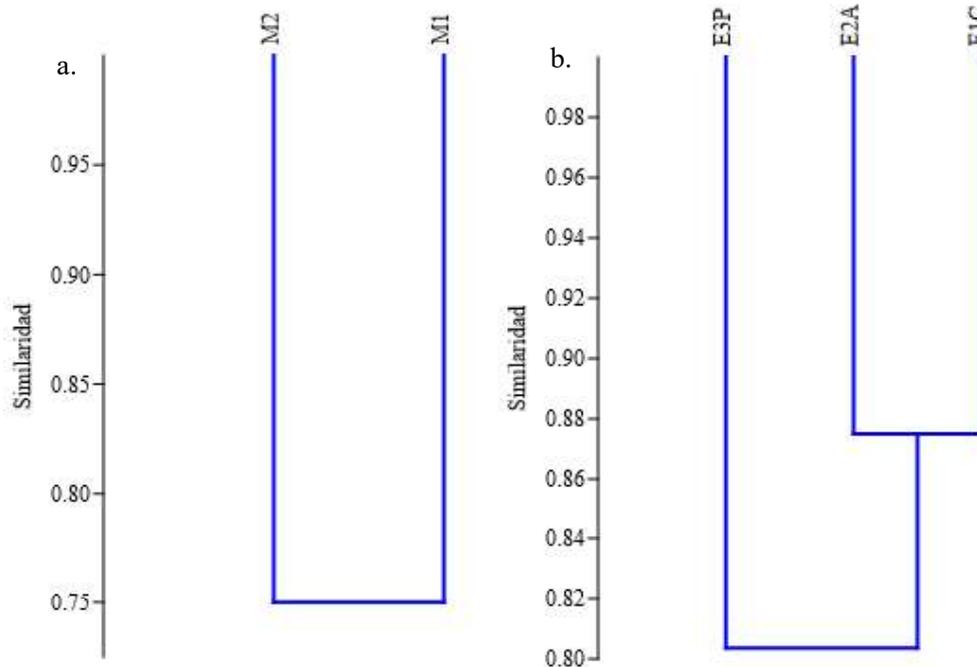


b)



**Figura 5.** Diversidad alfa en términos de números de Hill. a) por periodo de muestreo (temporal), b) por estaciones de muestreo (espacial). **Fuente:** Autores.

**Diversidad Beta:** Los resultados del índice de similitud de Jaccard a nivel temporal, mostraron una similitud del 75% aproximadamente entre los dos periodos de muestreo. A nivel espacial, las estaciones E1C y E2A evidenciaron una similitud del 87% aproximadamente, mientras que la estación E3P con el grupo de E1C y E2A obtuvo una similitud del 81% aproximadamente (Figura 6).



**Figura 6.** Índice de Jaccard a. Temporal (M1: Muestreo 1; M2: Muestreo 2), b. Espacial (E1C: Cucuana; E2A: Águila; E3P: Puente). **Fuente:** Autores.

## Discusión

**Composición taxonómica:** Se presentaron tres de las siete familias más representativas de efemerópteros reportadas para el departamento del Tolima [15] esto corresponde al 43% de las familias, mientras que para Colombia se encontró el 33% de las familias [15]. La mayor abundancia de la familia Baetidae se asocia a las adaptaciones que presentan, las cuales le permiten ocupar distintos microhábitats que incluyen rocas, hojarasca o troncos; cuerpos de agua lóticos y lénticos, además de hábitats con diferentes condiciones de calidad del agua [15, 26], esta familia se distribuye de manera casi uniforme en las distintas bio-regiones del mundo, particularmente para el trópico representa alrededor del 20% al 25% de la fauna de efemerópteros [27]. En la microcuenca del río Anaime se reportó la mayor abundancia de esta familia en comparación con las demás microcuencas que componen el río Coello debido probablemente a la gran disponibilidad de algas y detritus presentes en algunos tramos del río [17].

Dentro del estudio se encontraron ocho de los 41 géneros del orden Ephemeroptera reportados para el departamento del Tolima [15], es decir, el 19% y el 4,24% de los géneros reportados en Colombia. El género *Baetodes* fue el más abundante, dado que es uno de los géneros de Ephemeroptera más comunes y diversos en el Neotrópico [28, 29] resultados similares a los reportados en otros trabajos [26, 30, 31]. El género *Americabaetis* también fue abundante, este es uno de los géneros más comunes de la familia Baetidae, se encuentra asociado a todo tipo de sustratos y es muy flexible en cuanto a requerimientos fisicoquímicos y calidad de agua [15, 32]; además, presenta una amplia distribución y alta frecuencia de aparición en el departamento del Tolima [15].

Los géneros *Camelobaetidius*, *Leptohyphes* y *Thraulodes* presentaron baja abundancia dentro de las estaciones evaluadas en la microcuenca del río Anaime, sin embargo, tienen una gran frecuencia de aparición en la mayoría de las cuencas del Tolima [15, 26, 30, 31, 33]. El género *Prebaetodes*, se reporta con una baja abundancia en otras cuencas del departamento [31], lo que concuerda con lo registrado en este estudio.

A nivel temporal, la mayor abundancia se presentó durante el periodo de altas lluvias (M2), contrario a lo reportado en otras cuencas del departamento [23, 26]. Bispo *et al.* [34] menciona que las precipitaciones generan un aumento en la velocidad del flujo de agua en los ambientes lóticos de regiones montañosas, el cual

es uno de los principales factores determinantes en la abundancia de organismos bentónicos; además, plantea que la densidad de organismos aumenta cuando se reduce el caudal debido posiblemente a la poca disponibilidad de hábitat; cuando se presentan precipitaciones, la densidad disminuye, dado que la cantidad de área disponible aumenta y con ello probablemente los hábitats. Sin embargo, la disponibilidad de determinados sustratos depende en gran medida de la capacidad de retención del río y no estrictamente a las precipitaciones [35]. Por ejemplo, la disponibilidad del sustrato hojarasca, el cual es importante para los efemerópteros debido a que es usado como fuente de alimento dado que este orden se define como recolectores, principalmente detritívoros y herbívoros [7], durante M1 fue escasa en dos de las estaciones (E1C, E3P) y nula en otra (E2A), mientras que durante M2 la hojarasca estuvo más disponible en las estaciones de muestreo, debido a la acumulación de materia vegetal de distintos tamaños que probablemente por precipitaciones previas entraron al cuerpo de agua, donde se acumularon y mantuvieron a pesar de la corriente.

Por otra parte, durante el periodo de altas lluvias, los macroinvertebrados buscan refugio de la corriente y de los depredadores, asegurando también los recursos alimenticios, generando sustratos con gran densidad de organismos que al ser muestreados influyen en la abundancia [36]. También es posible que el aumento de la abundancia en el cauce principal del río Anaime y en especial en la estación de la parte baja de la microcuenca, esté relacionado con la deriva y el arrastre de la biota desde los tributarios [36], además, en algunos casos, el aumento de flujo de agua por las lluvias podría contribuir positivamente a la densidad de organismos por la dilución de contaminantes [34]. En ese sentido, la variación temporal de las abundancias de insectos acuáticos estaría determinada por la estacionalidad climática (precipitaciones), además de su interacción con las características de las corrientes (caudal, cobertura vegetal, pendiente y estabilidad del sustrato) [34].

A nivel espacial, Salvarrey *et al.* [32] destacaron que los cambios de las comunidades de macroinvertebrados de aguas arriba a aguas abajo están relacionados por variables ambientales como la altitud, debido a su influencia en la temperatura del agua, así como la velocidad de la corriente y granulometría. La familia Baetidae fue la más abundante en todas las estaciones de muestreo, dado que es una de las familias con más amplia distribución altitudinal [15]; en la estación E3P, ubicada a 1770

m.s.n.m. se obtuvo la abundancia más alta, coincidiendo con lo reportado por CORTOLIMA *et al.* [17]. La mayoría de los géneros de Baetidae son principalmente recolectores [37], por lo que la mayor abundancia en la parte baja de la cuenca se podría relacionar con la presencia de numerosos tributarios que aportan nutrientes, además de agua de buena calidad al cauce principal, lo cual favorece el asentamiento y colonización de la biota en zonas que generalmente sufren cierto grado de perturbación [26].

En el caso de las familias Leptophlebiidae y Leptohyphidae presentaron la menor abundancia en las estaciones E1C y E3P, lo cual se podría relacionar con una mayor corriente en estas zonas y poca disponibilidad de sustratos; mientras que la estación E2A al parecer presentó condiciones más favorables para estas familias. En otros estudios la familia Leptophlebiidae se distribuyó de manera más abundante en la parte alta de las cuencas evaluadas [3].

En cuanto a géneros, Vásquez-Ramos y Reinoso [30] también reportaron el aumento de la abundancia de *Baetodes* a lo largo de un gradiente altitudinal en otra cuenca del departamento del Tolima. La alta abundancia de este género puede estar relacionada con el hecho de que las ninfas habitan en arroyos y ríos de montaña con aguas rápidas y bien oxigenadas [21], como es el caso de la microcuenca del río Anaime. Por otra parte, *Thraulodes* y *Leptohyphes* se presentaron en las tres estaciones de muestreo dado que son los géneros mejor distribuidos altitudinalmente en el Tolima [15]. Estos son géneros recolectores [37] cuya presencia podría relacionarse con la dinámica de incorporación de materia al cuerpo de agua, además de la acción de los grupos funcionales como los trituradores y raspadores.

A nivel de microhábitat, el sustrato mixto, compuesto por hojarasca, grava y arena, fue el que concentró la mayoría de los organismos, este tipo de sustratos heterogéneos permiten una mayor diversidad de comunidades bentónicas al proporcionar refugio y recursos alimenticios variados, mientras que sustratos homogéneos implican una mayor exposición y esfuerzo constante ante factores físicos como por ejemplo la velocidad de la corriente [12]. El género *Americabaetis* fue el más abundante en la hojarasca, dado que este sustrato ofrece recursos alimenticios y de refugio con alta heterogeneidad [30], sumado a la buena capacidad del género para ocupar distintos fondos y aprovechar diversas fuentes alimenticias [15].

El género *Baetodes* tiene la capacidad para colonizar distintos sustratos, este estuvo presente en todos los evaluados, siendo la hojarasca, donde se reportó el mayor número de individuos, adicionalmente, este género fue el más abundante en el sustrato grava, dado que presenta adaptaciones morfológicas como presencia de tubérculos abdominales y reducción del filamento terminal, lo que le profiere resistencia a la presión hidráulica, lo que les otorgaría la capacidad de habitar en las rocas, dado que este es un sustrato que proporciona recursos alimenticios para la mayoría de las ninfas de hábitos raspadoras o recolectoras de detritus [38, 26, 31]. Por otra parte, los sustratos arenosos albergan menos especies y en bajas abundancias, mientras que los sustratos pedregosos suelen ser más ricos en especies, por ejemplo, el género *Camelobaetidius* del grupo funcional recolectores [37] tiene cierta preferencia por el sustrato roca [26]. Sin embargo, los sustratos dominados por la hojarasca albergan una fauna más diversa y abundante [3].

**Diversidad:** En el caso de la diversidad alfa, durante M1 se presentaron más géneros efectivos ( $q=1$ ), comunes ( $q=2$ ) y dominantes ( $q=3$ ), lo cual se podría asociar a que durante los periodos de bajas lluvias, las condiciones del ecosistema acuático son más estables [12], mientras que durante los periodos de altas lluvias se alteran las condiciones del ecosistema acuático, lo que generaría perturbaciones a las que las especies más generalistas pueden sobrevivir e incluso aprovechar, lo cual se evidencia en su mayor abundancia. No obstante, las especies más sensibles y con requerimientos ambientales estrictos se ven más afectadas [31].

Entre las estaciones de muestreo, los valores más altos de diversidad se presentaron en la estación E2A ubicada en la parte media de la microcuenca y los menores en la parte baja en E3P. En la parte alta y media de las cuencas es probable encontrar mayor diversidad por factores como buena cobertura vegetal y menos perturbaciones antrópicas [39], además, Bispo *et al.* [34] demostraron que la altitud puede influir en la diversidad de ciertos grupos de macroinvertebrados incluyendo los efemerópteros. La mayor diversidad en E2A se puede relacionar con la presencia de los géneros *Mayobaetis* y *Prebaetodes*, estos se encuentran generalmente a mayor altitud, en Cajamarca se han reportado en la cuenca del río Bermellón en elevaciones de entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. [40]. La baja diversidad en E3P se puede relacionar con la intensidad de los usos del suelo aguas arriba, pues las respuestas típicas de los ensamblajes de

macroinvertebrados acuáticos ante las perturbaciones incluyen aumento en la abundancia de organismos tolerantes (por ejemplo, *Americabaetis* y *Baetodes*) y la disminución de la riqueza de especies menos tolerantes (por ejemplo, *Mayobaetis* y *Prebaetodes*) [41].

En cuanto a la diversidad Beta, se obtuvo una alta similitud entre los dos muestreos (75%), dado que la mayoría de los géneros se reportaron durante ambos periodos, sin embargo, el género *Mayobaetis* solo se encontró durante M1 y *Prebaetodes* sólo durante M2. A nivel espacial se obtuvieron valores altos de similitud entre las estaciones E1C y E2A (87%), en comparación con E3P (81%), lo cual se podría deber a que el género *Prebaetodes* se encontró solamente en E1C y E2A y *Mayobaetis* solamente en la estación E2A por lo que E3P comparte menos géneros con las otras estaciones. A pesar de la diferencia, las estaciones tienen una composición significativamente similar, dado que presentaron valores mayores a 0.7, esto teniendo en cuenta que el intervalo de valores para el índice de similitud de Jaccard varía de 0 cuando no hay especies compartidas, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies [40]. La similitud resultante entre estaciones podría asociarse a que como se ha mencionado, la mayoría de los géneros son recolectores y en las microcuencas de montaña de ordenes inferiores los grupos funcionales predominantes son los trituradores, raspadores y recolectores [6] por lo que, al analizar desde una escala espacial más amplia, en la microcuenca del río Anaime no se esperaría una diferencia abrupta de la biota desde el punto de vista de los grupos funcionales.

### Conclusiones

La familia Baetidae fue la más abundante, representada principalmente por los géneros *Baetodes* y *Americabaetis* que a su vez fueron los más abundantes. La familia Leptophlebiidae y los géneros *Mayobaetis* y *Prebaetodes* fueron los taxones menos abundantes. Se encontró que la fauna de este orden estuvo bien representada con el 43% de las familias y el 19% de los géneros reportados en el departamento del Tolima.

Los resultados obtenidos mostraron una relación inver-

sa entre la abundancia de organismos y la riqueza de géneros del orden Ephemeroptera durante los periodos evaluados, esto sugiere que las condiciones ambientales asociadas a las variaciones en los niveles de precipitación podrían influir en la dinámica de las comunidades acuáticas, afectando tanto la riqueza como la abundancia de especies.

La diversidad fue mayor en las estaciones ubicadas a mayor altitud, mientras que la abundancia de organismos se concentró en las estaciones de la parte baja de la microcuenca, a una menor altitud. Esto sugiere que la altitud influye en la estructura de las comunidades acuáticas, favoreciendo una mayor diversidad en zonas más altas y una mayor abundancia en áreas de menor altitud.

Los sustratos heterogéneos como la hojarasca y el sustrato mixto contuvieron la mayor abundancia de organismos, mientras que sustratos homogéneos como la roca y arena presentaron baja abundancia. Sugiriendo que la mayor diversidad de los sustratos favorece el asentamiento y la supervivencia de una mayor cantidad de organismos, en órdenes como Ephemeroptera, proporcionando una mayor variedad de microhábitats y recursos en comparación con los sustratos más uniformes.

Se reportaron organismos tolerantes a perturbaciones moderadas del hábitat como *Americabaetis* y organismos sensibles como *Mayobaetis* y *Prebaetodes* lo cual podría indicar buenas condiciones de calidad del agua a lo largo de la microcuenca.

La diversidad y composición del orden Ephemeroptera en la microcuenca del río Anaime pudo estar influenciada por factores como periodos climáticos, la altitud y los sustratos disponibles.

### Agradecimientos

A la Universidad del Tolima, la Facultad de Ciencias, el Programa de Biología y el Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ-UT). Al Colectivo Cosajuca y Karlijn Van den Broeck. Finalmente, a nuestras familias y personas cercanas que acompañaron en este proceso.

## Referencias

1. Thomas, J; Trueman, J; Rambaut, A; Welch, J. (2013). Relaxed phylogenetics and the Palaeoptera problem: resolving deep ancestral splits in the insect phylogeny. *Syst. Biol.* 62 (2): 285-297.
2. Flowers, R.W, & De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Rev. Biol. Trop.*, 58(4), 63-93. Retrieved October 05, 2021, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003477442010000800004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442010000800004&lng=en&tlng=es).
3. Meza-Paredes, E. M. (2019). El orden Ephemeroptera en la cuenca El Ronquillo Cajamarca. Trabajo de grado de Ingeniería Agronómica. Universidad de Cajamarca.
4. Roldán-Pérez, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. In Universidad de Antioquia.
5. García-Yara, Y. A. (2016). Los Ephemeroptera de la Colección de Insectos Acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional: Una sistematización de los factores ecológicos y composición taxonómica. Trabajo de grado para Licenciatura en Biología. Universidad Pedagógica Nacional
6. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept'. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130–137.
7. Fernández, R (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico del agua. *Pag. Inf. Ambient.*, (39): 24-29.
8. Gutiérrez, Y., & Días, L. G. (2015). Ephemeroptera (Insecta) de caldas - Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Pap. Avulsos Zool.*, 55(2), 13–46. <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.02>
9. Shimano, Y., Juen, L., Salles, F. F., Nogueira, D. S., & Cabette, H. S. R. (2013). Environmental and spatial processes determining Ephemeroptera (Insecta) structures in tropical streams. *In Ann Limnol Int J Lim* (Vol. 49, No. 1, pp. 31-41). EDP Sciences.
10. Tomanova, S., Goitia, E., & Helešić, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556(1), 251– 264. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5>
11. Guerrero Chuez, N. M., Díaz Ponce, M. A., Urdanigo Zambrano, J. P., Tayhing Cajas, C. C., Guerrero Chuez, R. V., & Yopez Rosado, Á. J. (2017). Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador. *Rev. Cub. Cienc. Biol.*, 5(2)
12. Parreira de Castro, D. M., Dolédec, S., & Callisto, M. (2018). Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. *Ecol. Indic.*, 84, 573–582. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.030>
13. Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F. C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M. D., Clerici, N., Fernandes, M. R., Franco, J. C., Pettit, N., Portela, A. P., Tammeorg, O., Tammeorg, P., Rodríguez-González, P. M., & Dufour, S. (2020). Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*, 70(6), 501– 514. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041>
14. Alcaldía Municipal de Cajamarca. (2022). Documento fase de diagnóstico – revisión y ajuste E.O.T. Cajamarca – Tolima. <https://eotcajamarca.com/publicaciones>
15. Gutiérrez, C., & Reinoso-Flores, G. (2010). Géneros de ninfas del orden Ephemeroptera (Insecta) del departamento del Tolima, Colombia: listado preliminar. *Biota Colomb.*, 11(1 y 2), 23–32.
16. Roza, M. P., & Salinas, L. G. (2016). Inventario del orden Ephemeroptera (Insecta) en la quebrada Coquitall, Serranía de Tripogadí, Departamento del Chocó, Colombia. *Entomotropica*, 31(1), 1–13.
17. CORTOLIMA, CORPOICA, SENA, Universidad del Tolima. (2006). Plan de ordenación y manejo de la cuenca mayor hidrográfica del Río Coello., CORPOICA, CORTOLIMA, SENA, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
18. Holdridge, L.R. (1967) Life Zone Ecology. Tropical Science.
19. CORTOLIMA, Universidad de Ibagué (2019). Proyecto Piloto ajuste al Plan de Ordenación y Manejo de La cuenca hidrográfica del Río Coello. In Universidad de Ibagué.
20. González, S. M., Ramírez, Y. P., Meza, A. M., & Dias, L. G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 16(2), 135- 148.

21. Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M.D. & C. Nieto. (2006). Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.): *Aquatic Biodiversity in Latin America* (ABLA). Vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 p
22. Salles, F. F., Domínguez, E., Molineri, C., Boldrini, R., Nieto, C., & Dias, L. G. (2018). Order Ephemeroptera. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, 61–117. doi:10.1016/b978-0-12-804223-6.00003-2
23. Vargas-Ramos, D. C. (2017). Efemerópteros de la Quebrada Yavi (Natagaima-Tolima): aspectos taxonómicos y ecológicos. (Trabajo de grado para título en Biología). Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima
24. Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods Ecol. Evol.*, 7(12), 1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
25. RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
26. Forero-Céspedes, A. M., & Reinoso-Flórez, G. (2013). Estudio De La Familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) En Una Cuenca Con Influencia De La Urbanización Y Agricultura: Río Alvarado-Tolima. *Rev. Asoc. Col. Cienc. (Col.)*, 25, 12–21.
27. Barber-James, H. M., Gattolliat, J. L., Sartori, M., & Hubbard, M. D. (2008). Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. In *Hydrobiologia* (Vol. 595, Issue 1, pp. 339–350). <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9028-y>
28. Salles, F. F., & Polegatto, C. M. (2008). Two New Species Of Baetodes Needham & Murphy (Ephemeroptera: Baetidae) From Brazil. *Zootaxa*, 1851(43), 43–50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.183420>
29. De-Souza, M. R., Salles, F. F., & Nessimiana, J. L. (2011). Three new species of baetodes needham and murphy (Ephemeroptera: Baetidae) from Espírito Santo State, Brazil. *Aquat. Insects*, 33(2), 93–104. <https://doi.org/10.1080/01650424.2011.576118>
30. Vásquez-Ramos, J. M., & Reinoso Flores, G. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Rev. Colomb. Entomol.*, 38(2), 351–358.
31. Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. *Hidrobiológica*, 26(3), 459–474. <https://www.researchgate.net/publication/317604733>
32. Salvarrey, A. V., Kotzian, C. B., Spies, M. R., & Braun, B. (2014). The influence of natural and anthropic environmental variables on the structure and spatial distribution along longitudinal gradient of macroinvertebrate communities in southern Brazilian streams. *Journal of Insect Science*, 14(1), 13.
33. Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2014). Nuevos registros de Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) para Colombia y el departamento del Tolima. *Rev. Asoc. Colomb. Cienc. Biol.*, 26, 59–67. <https://www.researchgate.net/publication/306314140>
34. Bispo, P. D. C., Oliveira, L. G., Bini, L. M., & Sousa, K. G. D. (2006). Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian J. Biol.*, 66(2B), 611-622.
35. Buss, D. F., Baptista, D. F., Silveira, M. P., Nessimian, J. L., Luís, & Dorvillé, F. M. (2002). Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiologia* (Vol. 481).
36. Callisto, M., Moreno, P., & Barbosa, F. A. R. (2001). Habitat Diversity And Benthic Functional Trophic Groups At Serra Do Cipó, Southeast Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, 61(2), 259–266.
37. Villada-Bedoya, S., Amparo, L., Moreno, T., & Gomes Dias, L. (2017). Palynological analysis of Dennstaedtiaceae and its systematic and evolutionary implications View Project Structure & composition of Aquatic Macroinvertebrates in tributaries of Tayrona National Park (Colombia) View project. *Caldasia*, 39(2), 370–387. <https://doi.org/10.1544>
38. Buss, D. F., & Salles, F. F. (2007). Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. *Environ. Monit. Assess.*, 130, 365–372. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9403-6>

39. Monteiro Do Amaral, P. H., da Silveira, L. S., Vescovi Rosa, B. F. J., de Oliveira, V. C., da Gama Alves, R., & Worthen, W. (2015). Influence of habitat and land use on 131 the assemblages of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera in Neotropical Streams. *Journal of Insect Science*, 15(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev042>
40. Álvarez Mejía L M, Betancourth A M, Gutiérrez Hoyos N E, Meza Salazar A M, Llano Arias C A, Villareal Grisales A, Gómez Zuluaga G A, Bernal Flórez K A, Álvarez Rodas L, Duque Orozco J M, Grande López V H, Ramos Arias Y, González L A, Cortes Molina J G, Triana Moreno L A, Londoño Gutiérrez N, Iglesias G E, Castañeda Arredondo S P, Villada Bedoya S, Fernández Betancur C A, Vanegas Guerrero J, Obado Chacon J C, Moreno López D, Peñuela M, Rueda Arcila A L, Vallejo Espinosa L F. (2021). Monitoreo Ambiental del Proyecto La Colosa. Versión 2.2. Universidad de Caldas. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15472/lavgys> accessed via GBIF.org on 2023-09-06. <https://gbif.org/occurrence/1944896513>
41. Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. <http://entomologia.rediris.es/sea>