



**ESTRUCTURA ECOLÓGICA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
ASOCIADOS A UNA QUEBRADA DE BOSQUE SECO TROPICAL,
AFLUENTE DEL RÍO BACHE (HUILA, COLOMBIA)**

Oscar J. Prieto-Rodado^{1,2*} , Nédirker Stiven González-Castillo^{2,3} ,
Jose Luis Benavides-López⁴ , Alexander García García² 

¹Grupo de Biotecnología y Medio Ambiente, Universidad INCCA de Colombia.

²Grupo de Investigación en Artrópodos “Kumanguí”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

³Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática LAZOE, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

⁴Departamento de Ciencias Biológicas (DCB), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Autor para correspondencia: priet.scar@gmail.com; ojprietor@udistrital.edu.co

Fecha de recepción: 28 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 25 de noviembre de 2024

RESUMEN

El bosque seco tropical presenta una dinámica ambiental compleja que impacta considerablemente la estructura de las comunidades biológicas. En los ecosistemas acuáticos, estas dinámicas pueden influir sobre los macroinvertebrados, organismos clave en el ciclo de nutrientes y bioindicadores de la calidad ecológica del agua. Nuestra investigación se enfocó en evaluar los cambios en la composición y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada El Neme (Huila, Colombia), teniendo en cuenta las variaciones climáticas y la calidad fisicoquímica del agua. La fase de campo incluyó la recolección de muestras hidrobiológicas y el registro de datos hidrológicos y fisicoquímicos en cinco estaciones de muestreo a lo largo de la quebrada durante ocho meses consecutivos. Los datos fueron analizados con estadística descriptiva, índices de diversidad y análisis de ordenación. Demostramos que las temporadas climáticas oficiales fueron poco influyentes sobre la composición de macroinvertebrados, sin embargo, la fluctuación mensual de la precipitación, si tuvo efecto sobre la riqueza y abundancia de la comunidad. Los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata y Trichoptera no fueron afectados por las perturbaciones ambientales y estuvieron presentes de manera continua durante todos los meses de muestreo. Finalmente, estos órdenes se relacionaron en mayor medida con los sólidos disueltos totales, la conductividad y la temperatura del agua.

Palabras clave: Bosque seco tropical, Calidad de agua, Macroinvertebrados, Quebradas.

ABSTRACT

Ecological structure of the community of aquatic macroinvertebrates associated with a tropical dry forest stream, affluent of the Bache river (Huila, Colombia). The tropical dry forest have a complex environmental dynamic that considerably impacts the structure of biological communities. In aquatic ecosystems, these dynamics can influence macroinvertebrates, key organisms in nutrient cycling and bioindicators of the ecological quality of water. Our research focused on evaluating the changes in the composition and diversity of aquatic macroinvertebrates in the El Neme stream (Huila, Colombia), considering the climatic disparity and the physicochemical quality of the water. We collected hydrobiological samples, recorded of hydrological and physicochemical data at five sampling stations along the stream for eight consecutive months. Data was analyzed using descriptive statistics, diversity indices and ordination analysis. Our results showed that the official weather seasons had little influence on the composition of macroinvertebrates, however, the monthly fluctuation of precipitation did influence the richness and abundance of the community. The orders Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata and Trichoptera were not affected by environmental disturbances and were present continuously during all sampling months. Finally, these orders were more closely related to total dissolved solids, conductivity and water temperature.

Keywords: Macroinvertebrates, streams, tropical dry forest, water quality.



INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical (BST) es un ecosistema altamente amenazado a nivel global (Janzen, 1988). Se encuentra a una altitud inferior a los 1200 m s. n. m. y se caracteriza por una marcada estacionalidad con temporadas secas que pueden durar entre cuatro y siete meses (Cuellar, Nossa y Vallejo, 2022). En Colombia, existen seis regiones de BST, entre las cuales el valle del río Magdalena es la segunda más extensa, abarcando el 21% del área total (Pizano et al., 2015). No obstante, esta región ha experimentado una de las mayores fragmentaciones, especialmente en el departamento del Huila, donde la extracción de recursos y el impacto de la ganadería han sido los principales responsables de la degradación del ecosistema (Vargas, 2015).

La desaparición del BST ha sido un proceso gradual, lo que ha resaltado la necesidad de implementar estrategias de conservación y restauración de este ecosistema (Pizano y García, 2014). La mayoría de las estrategias de conservación se han enfocado en los sistemas terrestres del BST, dejando a los ecosistemas acuáticos asociados relativamente poco estudiados. Esta falta de atención ha llevado a la carencia de prácticas de conservación específicas para los sistemas acuáticos (Kohlmann, Vásquez, Arroyo, y Springer, 2021).

Para mejorar el conocimiento sobre los ecosistemas acuáticos en el BST, los macroinvertebrados acuáticos (MIA) pueden ser organismos modelo de estudio ya que (1) su estructura refleja el estado biológico y ecológico de los cuerpos de agua, lo que los convierte en indicadores valiosos de la salud del ecosistema (Segnini, 2003) y (2) la diversidad y abundancia de estos organismos está fuertemente influenciada por la composición fisicoquímica del agua, la cual depende de la geología y la hidrología de la cuenca, así como de las actividades antrópicas y el uso del suelo (Roldán y Ramírez, 2022).

La quebrada El Neme, está ubicada en la ecoreserva La Tribuna, una zona en proceso de recuperación ambiental al norte del municipio de Neiva, en el departamento del Huila (Ecopetrol, 2020). Particularmente, esta ecoreserva hace parte de un relicto de BST y colinda con un área de extracción de petróleo (crudo) lo que la hace interesante en términos de investigación y conservación por sus potenciales impactos en el ecosistema (Montoya, 2021). Por otra parte, las investigaciones realizadas en la reserva se han centrado en comunidades terrestres, dejando de lado la biota acuática (Salazar, Castrillón, Valenzuela, y Amórtegui, 2015; Rosero y Dueñas, 2019).

En la presente investigación analizamos la comunidad de MIA en la quebrada El Neme, considerando el nivel de precipitación mensual y la composición fisicoquímica del agua en cada evento de muestreo. El objetivo principal fue identificar la composición y diversidad de los MIA a lo largo de ocho

meses, y conocer su estructura ecológica mediante análisis de ordenación relacionándolos con variables hidrológicas y fisicoquímicas del cuerpo de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

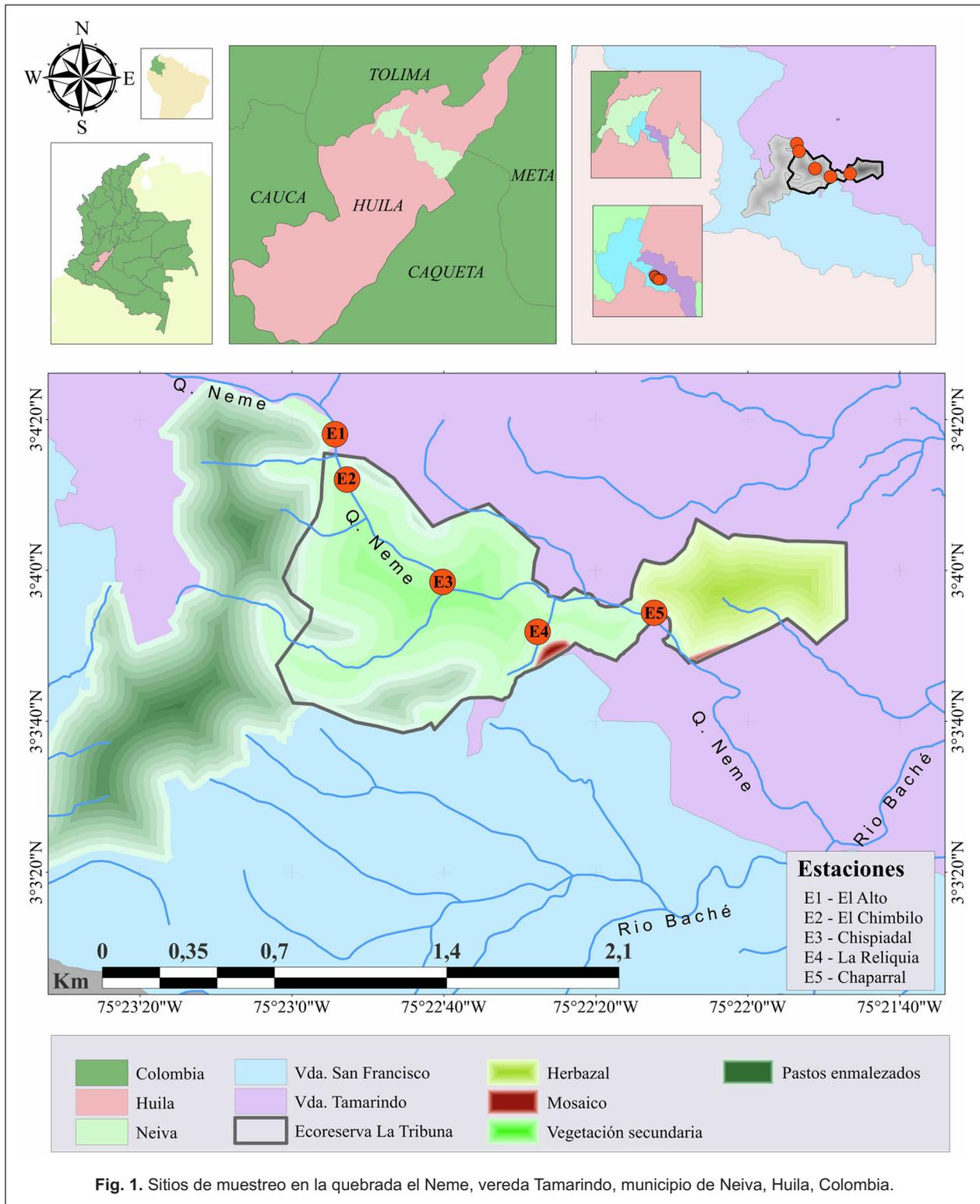
Área de estudio: La microcuenca de la quebrada el Neme se ubica en la región norte del municipio de Neiva en el departamento del Huila (Colombia) y pertenece a la zona hidrográfica del río Baché dentro de la macrocuenca del río Magdalena (CAM, 2009). Este sistema lótico tiene una superficie cercana a 692 ha. Se origina en la ladera oriental del filo Cerro Chiquito, al noreste de la vereda San Francisco, a una altura de 925 m s. n. m. Sus aguas desembocan en el margen izquierdo del río Baché, en territorio de la vereda Tamarindo, a una altitud aproximada de 450 m s. n. m. (Gutiérrez, 2017) (Fig. 1).

El clima en la cuenca es propio del BST, tiene una marcada estacionalidad con temporadas secas que pueden extenderse hasta siete meses (Janzen, 1988). Las precipitaciones a lo largo del año oscilan entre 250 y 2000 mm con un promedio de 1346 mm, siendo más intensa hacia finales del año. La temperatura diaria ambiental varía entre 22 y 35 °C con un promedio de 27 °C (IDEAM, 2018). En términos generales, la quebrada de estudio es un ecosistema perenne con variación de cauce según la temporalidad (Ecopetrol, 2020). Sus aguas son normalmente transparentes, aunque pueden tornarse turbias en temporadas de lluvia. Su clasificación trófica está entre aguas oligotróficas y mesotróficas (Salazar et al., 2015).

A lo largo de la quebrada se identificó que los sustratos dominantes son la grava, arena, guijarros y cantos (Elosegi y Sabater, 2009), también que las rocas grandes están cubiertas en su mayoría por briofitas y biofilm, y que la hojarasca que hace parte del cauce se acumula en las zonas de remanso cercanas a la vegetación riparia. Nuestras estaciones de muestreo se situaron en un rango de altitud entre los 436 y 655 m s. n. m. y se caracterizaron por diferencias en el paisaje descritas en la Tabla 1.

Diseño experimental: Los eventos de muestreo se realizaron mensualmente entre noviembre de 2021 y junio de 2022. Las estaciones de muestreo en la quebrada se organizaron espacialmente con una distancia de 50 metros de transecto, separadas entre sí por un trayecto no menor a 100 metros de distancia, considerando la facilidad de acceso a cada sitio.

En cada estación se recolectaron los MIA haciendo uso de una red tipo Surber de 30x30 cm con malla de 150 micras (Rice, Baird y Eaton, 2017). De acuerdo con las características del cuerpo de agua y siguiendo los procedimientos propuestos por Ramírez (2006) y Rueda (2002), se realizaron dos repeticiones en los sustratos hojarasca, roca y sedimentos finos (arena, grava y guijarros), con la finalidad de cubrir los



microhábitats disponibles para esta comunidad.

Durante cada evento de muestreo se realizó el registro *in situ* de las variables fisicoquímicas conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales (SDT) y temperatura del agua mediante una

sonda multiparámetro marca Hanna modelo HI98194. Así mismo, se registró el ancho, la profundidad y la velocidad del agua para calcular el caudal siguiendo la fórmula estándar (Hynes, 1972); estas medidas se obtuvieron *in situ* mediante un decámetro para las dos

Tabla 1. Anotaciones relevantes de las estaciones de muestreo.

Estación	Descripción del punto
E1	Ubicado a una altitud de 655 m s. n. m., es la estación con mayor altitud. Se compone de grandes rocas y una densidad alta de vegetación ribereña. La profundidad media del agua fue de 0.21 m y una desviación estándar de 0.036 m.
E2	Con una altitud de 620 m s. n. m., posee una estructura similar a la primera estación, hay grandes rocas y abundante vegetación ribereña. La profundidad del agua tuvo una media de 0.19 m y una desviación de 0.059 m.
E3	Situada a 544 m s. n. m., presenta afloramientos de petróleo, sustancia que cubre parcialmente el espejo de agua, especialmente en época de sequía (Ecopetrol, 2020). Este punto se encuentra cerca de una cascada, y debido a la geología del lugar, la vegetación ribereña está más distante del margen del agua. La profundidad del agua es mayor con relación a los puntos anteriores, la media de esta medida fue 0.26 m con una desviación estándar de 0.053 m.
E4	Esta estación con una altitud de 515 m s. n. m., posee el cauce más estrecho entre los demás puntos. La densa vegetación secundaria, que incluye guaduas, arbustos y herbáceas, aporta una considerable cantidad de materia orgánica alóctona. A diferencia de las estaciones anteriores, en este punto no se encontraron guijarros ni rocas grandes. El sustrato predominante eran gravas y se observó abundante presencia de raíces. La profundidad media del agua fue de 0.25 m con una desviación de 0.095 m.
E5	Con una altitud de 436 m s. n. m., el cauce posee grandes rocas y en temporada de lluvia aumenta notablemente el caudal. Este punto se ubica aguas abajo de un tramo canalizado bajo un puente vehicular. La profundidad del agua en promedio fue de 0.21 m con una desv. estándar de 0.06 m. En los márgenes de la quebrada se observaron árboles de talla alta con lianas colgantes.

primeras y un objeto flotante + cronometro para la tercera medida.

Para los datos de precipitación se utilizaron registros mensuales de las cuatro estaciones pluviométricas más cercanas (Julia L.A, Cod. 21135050; San Luis, Cod. 21130040; Aeropuerto Benito Salas, Cod. 21115020 y Neiva, Cod. 21110460), con el fin de identificar las temporadas de mayor y menor precipitación (IDEAM, 2023); es importante anotar que estas estaciones se encuentran en un radio de 14.2 ± 3.3 km de distancia de los puntos de muestreo, las dos primeras ubicadas al noroeste de la ecoserva y las dos restantes al sureste.

Métodos de laboratorio: Los organismos fueron cuantificados utilizando un estereoscopio marca ZEISS modelo Stemi 508 y se determinaron al nivel taxonómico más bajo posible empleando las siguientes claves taxonómicas: Ardila y Contreras (2018), Aristizábal (2017), Domínguez, Molineri, Pescador, Hubbard y Nieto (2006), Domínguez y Fernández (2009), González, Zuñiga y Manzo (2020), Gutiérrez y Dias (2015), Hamada, Thorp y Rogers (2018), Holzenthal y Calor (2017), Laython (2017), Mariom y Mollah (2016), Palma (2017), Park, Jacobsen y Survey (2008), Passos, Nessimian y Ferreira (2017), Roldán (1996), Segura, Valente y Fonseca (2011), Sundermann, Lohse, Beck y Haase (2017) y Zuñiga, Stark, Váscenez, Bersosa y Vimos (2006).

El material biológico fue subdividido y depositado en dos colecciones biológicas: (1) En la colección entomológica y de invertebrados del instituto Alexander von Humboldt bajo los números de catálogo IAvH-E-249357 hasta 249513, IAvH-E-253023 hasta

253109 y IAvH-I-13001 hasta 13006 y 2) En la colección de Artrópodos y otros invertebrados CAUD-216 de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas bajo los códigos MAC 500 hasta 744.

Análisis de datos: Los siguientes procedimientos se realizaron con los paquetes del software de acceso libre R versión 4.2.2: nortest (Thode, 2002), stats (Chambers, Freeny y Heiberger, 1992), hillR (Chao et al., 2014) y vegan (Oksanen et al., 2015):

Para analizar los datos hidrológicos y fisicoquímicos, primero se realizó una prueba de normalidad para verificar la distribución de los datos. Posteriormente, se aplicó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) con el objetivo de identificar diferencias significativas entre estos parámetros (variables dependientes) y los meses y estaciones de muestreo. Cabe resaltar que los meses con precipitaciones mayores a 900 mm y menores a 800 mm se consideraron como de “alta” y “baja” precipitación, respectivamente (IDEAM, 2023).

Para conocer la diversidad de MIA en la quebrada, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, equidad de Pielou y los índices de dominancia de la serie de números de Hill, q_0 , q_1 y q_2 (Moreno, 2001; Moreno, Barragán, Pineda y Pavon, 2011; Jost y González, 2012; Moreno et al., 2018).

Finalmente, para evaluar la composición y estructura de los MIA entre los diferentes meses y estaciones de muestreo, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS) basado en el coeficiente de Bray-Curtis (Legendre y Legendre, 2012), complementado con un análisis de similitud no paramétrico (ANOSIM)

(Somerfield, Clarke y Gorley, 2021). Además, para explicar la distribución de los MIA en función de las relaciones entre los taxones y las variables ambientales, se empleó un análisis de redundancia (RDA) a nivel de familia (Shepard, 1962; ter Braak, 1986), considerando la naturaleza lineal de los datos evaluada mediante un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA), de acuerdo con la regla de Lepš y Šmilauer (2003). Por último, con el objetivo de identificar posibles taxones indicadores, se calculó el Índice de Valor Indicador (IndVal) para determinar las familias significativamente asociadas a cada estación (Dufrene y Legendre, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hidrología y análisis fisicoquímicos

Durante los ocho meses de investigación, se observaron variaciones significativas en los parámetros hidrológicos y fisicoquímicos (Fig. 2), principalmente la precipitación fluctuó significativamente entre 565 y 2017 mm durante los meses de estudio, reportándose los valores más altos en noviembre ($F = 3.917$, $p = <0.001$); en este mismo mes se registraron valores elevados de caudal (Fig. 2A; $F = 2.851$, $p = 0.016$) y temperatura del agua (Fig. 2B; $F = 5.73$, $p = <0.001$), particularmente en la estación cinco, lo que evidencia que, a menor altitud, tanto el caudal como la temperatura tienden a ser mayores. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Roldán y Ramírez (2022), quienes señalan que este comportamiento es característico de regiones con altitudes entre 0 y 1000 m s. n. m.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos restantes, su variabilidad estuvo influenciada por la precipitación y las estaciones de muestreo, el coeficiente de determinación R^2 explicó el 88% de la variabilidad en la conductividad (Fig. 2F; $F = 24.21$, $p = <0.001$), el 80% para los SDT (Fig. 2E; $F = 12.79$, $p = <0.001$) y el 53% para el pH (Fig. 2D; $F = 3.463$, $p = <0.001$); finalmente la variabilidad del oxígeno disuelto fue mejor explicada por la precipitación y los meses de muestreo (Fig. 2C; $R^2 = 44\%$, $F = 3.323$, $p = <0.001$). Los estadísticos descriptivos de estos parámetros se observan en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos muestran fluctuaciones fisicoquímicas que inciden sobre la composición, diversidad y estructura de la comunidad de MIA, medidas que igualmente variaron con las temporadas climáticas, especialmente con la precipitación y el caudal (Benjumea, Suárez y Villalobos, 2018).

Composición de la comunidad de MIA

Se colectó un total de 4289 individuos distribuidos en 80 taxones, de los cuales 62 se identificaron hasta el nivel taxonómico de género, tres a tribu, 12 a familia, dos a orden y uno a filo (Tabla 3). El orden con mayor

número de géneros fue Ephemeroptera (13 taxa), seguido de Coleoptera (11 taxa) y Trichoptera (11 taxa). Las familias con mayor cantidad de géneros fueron Baetidae (6), seguida de Elmidae (6) y Leptoxyphidae (5). Los géneros que presentaron mayor abundancia fueron *Rhagovelia*, *Tricorythodes* y *Farrodes* que se encontraron en todas las estaciones de muestreo, y predominaron en meses con mayor precipitación (ver material suplementario).

Los resultados de riqueza por mes evidencian mayor cantidad de órdenes en noviembre, diciembre y marzo, lo que se ajusta a meses con más precipitación. En noviembre se registraron 14 órdenes con predominio de Ephemeroptera compuesto por 11 géneros, seguido de Coleoptera con ocho; los géneros más abundantes de los órdenes mencionados fueron *Tricorythodes* y *Anchytarsus*, que representaron el 51.4 y 61.2% de la abundancia relativa en cada taxón. Por otra parte, la menor riqueza se registró en junio con nueve órdenes y 41 géneros (Fig. 3A).

Los resultados de abundancia por mes (Fig. 3B) mostraron un patrón similar, mayor número de individuos en meses con mayor precipitación. En marzo, se registró una abundancia relativa del 21.3%, con predominio de Hemípteros (6.8%) y Efemerópteros (3.9%). Así mismo, en noviembre, la abundancia fue del 18.3%, destacándose por Dípteros (5.4%) y Efemerópteros (4.3%). Mientras que la menor abundancia de macroinvertebrados se observó en abril (8.6%), y en junio (8.2%), correspondientes a periodos de menor precipitación.

Estos resultados concuerdan con Longo, Zamora, Guisande y Ramírez (2010) quienes explican que la variación climática en términos de temporadas de lluvia y sequía es una de las variables que influye, sobre el nivel del cauce y así mismo sobre la composición de MIA. En los resultados se observa una potencial asociación de la comunidad de MIA al régimen climático de la zona, ya que en los meses con menor precipitación se redujo la riqueza y la abundancia de estas comunidades. Estas observaciones están relacionadas con otras investigaciones del BST como Vásquez, Guevara y Reinoso (2013) quienes registraron menores valores de diversidad (H') y mayor dominancia de Simpson en periodos de baja precipitación.

En cuanto a la riqueza de MIA por estación de muestreo (Fig. 3C), la riqueza fue mayor en la E5 con 61 taxa, seguida de la E4 con 57 taxa, mientras que la menor riqueza se registró en la estación E3 con 43 taxones, seguida de la estación E1 con 51. Por otro lado, las estaciones con mayor abundancia de MIA fueron la E1 (24.6%) y la E4 (22.7%) (Fig. 3D), mientras que la estación E3 obtuvo la menor abundancia (13.7%) a lo largo del muestreo.

Creemos que estos resultados están relacionados con las condiciones ecológicas de cada uno de los puntos de muestreo, por ejemplo, puntos con mayor disponibilidad de sustratos y mayor densidad de

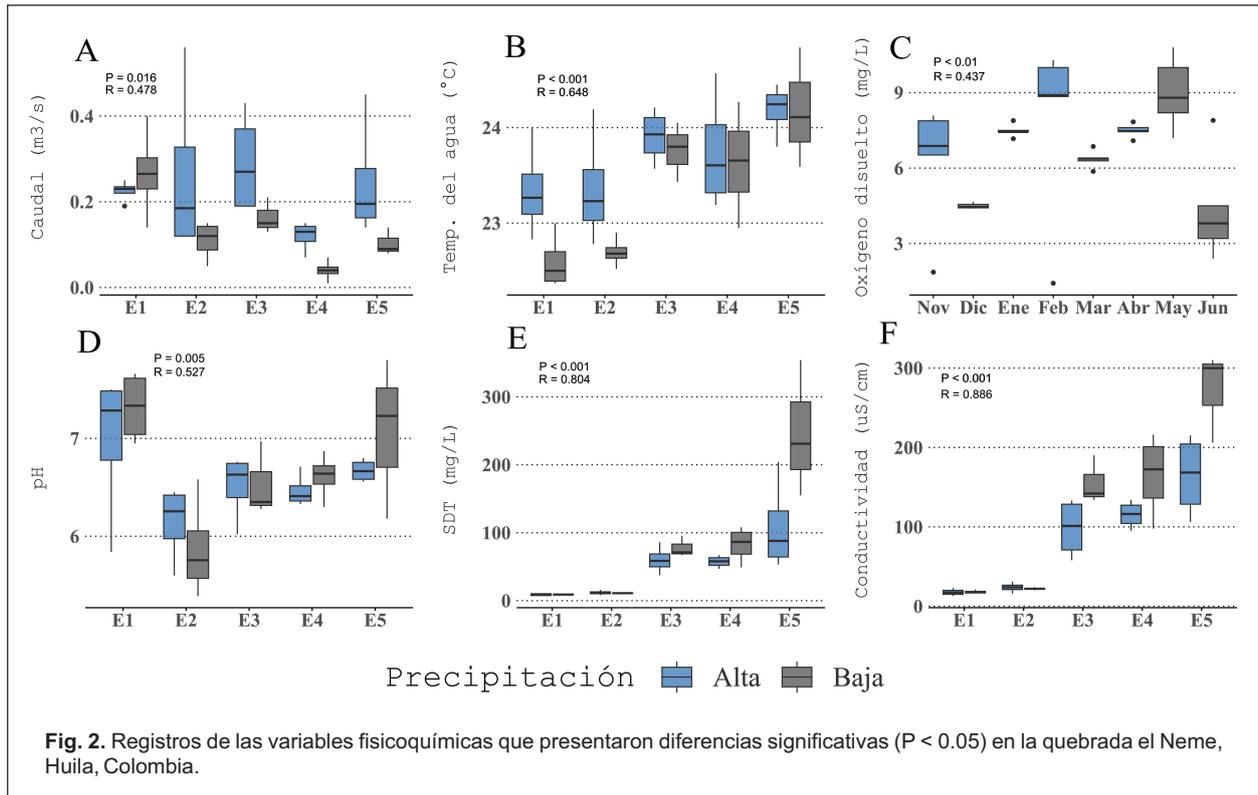


Tabla 2. Estadísticos descriptivos mensuales de los parámetros hidrológicos y fisicoquímicos.

		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Caudal (m3/s)	Media	0.30	0.08	0.19	0.28	0.17	0.18	0.12	0.13
	Desv. est.	0.14	0.06	0.13	0.18	0.07	0.05	0.09	0.09
Conductividad (uS/cm)	Media	65.45	78.33	152.2	86.40	104.4	79.40	115.2	105.8
	Desv. est.	44.19	101.9	126.5	58.97	75.83	82.94	116.3	82.87
Ox. disuelto (mg/L)	Media	6.25	4.50	7.49	7.89	6.36	7.49	9.00	4.36
	Desv. est.	2.54	0.14	0.26	3.68	0.35	0.27	1.43	2.12
pH	Media	6.32	6.53	7.16	6.66	6.78	6.45	6.32	6.60
	Desv. est.	0.36	1.03	0.51	0.28	0.42	0.73	0.62	0.54S
DT (mg/L)	Media	32.64	39.33	76.10	43.00	76.80	44.80	98.40	78.60
	Desv. est.	22.24	50.82	63.44	29.31	78.08	41.43	145.4	90.54
Temperatura del agua (°C)	Media	24.23	23.25	23.49	23.45	23.81	23.34	23.23	23.23
	Desv. est.	0.21	0.53	0.90	0.33	0.47	0.63	0.55	0.99

vegetación ribereña favorecieron la variabilidad de taxones y el establecimiento de diferentes poblaciones. Esto es sustentado por Motta y Vimos (2020) quienes mencionan que estas condiciones proporcionan a la comunidad mayor cantidad de recursos y microhábitats para establecerse. Así mismo, la calidad del hábitat ribereño puede aportar recursos y generar un entorno favorable para algunas

comunidades como las de insectos patinadores (Aristizábal, 2017; Jaramillo, Polanía y Mancera, 2022).

Diversidad de MIA en la Quebrada El Neme

En términos de diversidad por meses, los índices de Shannon y Pielou (Fig. 4B) fueron mayores en diciembre con $H' = 3.51$ lo que representa el 88.9% de



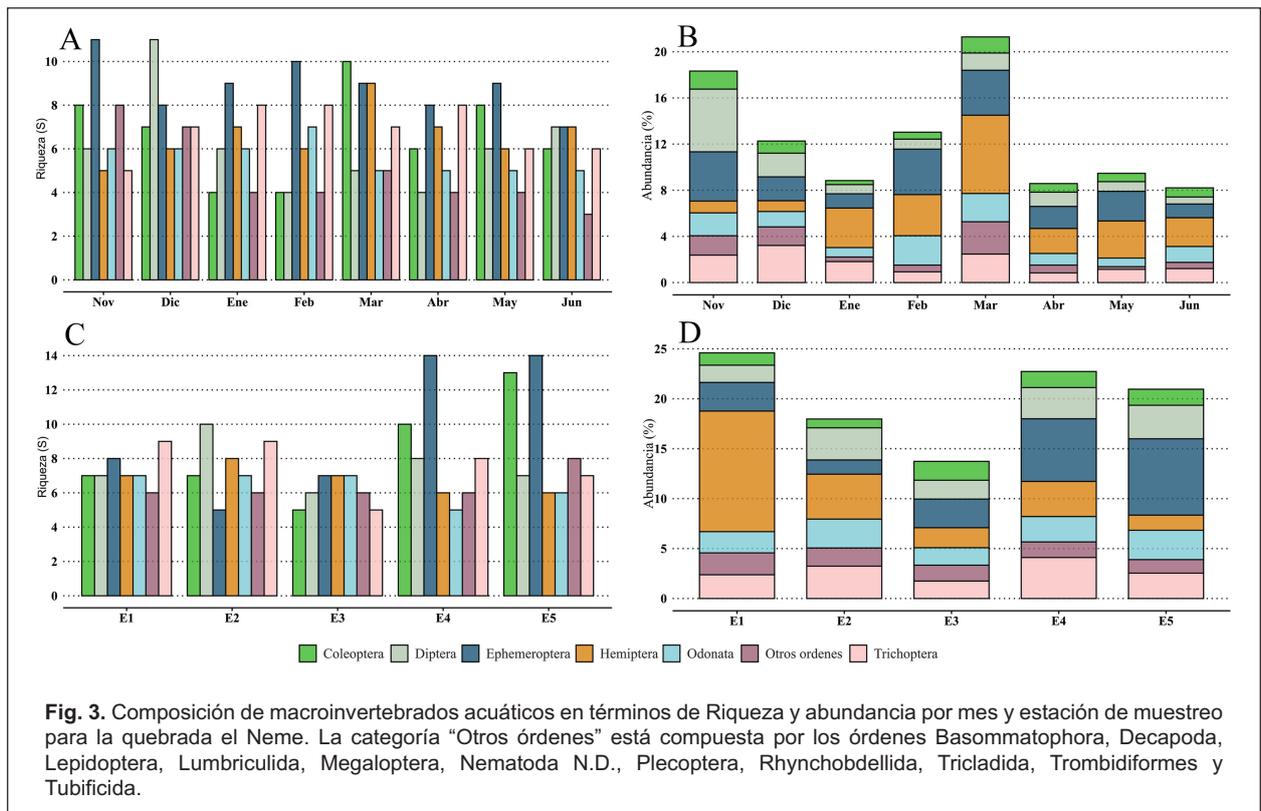
Tabla 3. Macroinvertebrados acuáticos de la quebrada el Neme, zona hidrográfica del río Baché en la macrocuenca del río Magdalena.

BASOMMATOPHORA	<i>Telmatometra</i> Bergroth, 1908
Familia Planorbidae (Plan)	<i>Trepobates</i> Uhler, 1883
Planorbidae N.D.	Familia Mesoveliidae (Meso)
COLEOPTERA	<i>Mesovelía</i> Mulsant & Rey, 1852
Familia N.D. Coleoptera	Familia Naucoridae (Nauc)
Coleoptera N.D.	<i>Ambrysus</i> Stål, 1861
Familia Dytiscidae (Dyti)	<i>Limnocoris</i> Stål, 1860
<i>Liodessus</i> Guignot, 1939	<i>Pelocoris</i> Stål, 1876
<i>Megadytes</i> Sharp, 1882	Familia Nepidae (Nepi)
Familia Elmidae (Elmi)	<i>Ranatra</i> Fabricius, 1790
<i>Cylloepus</i> Erichson, 1847	Familia Veliidae (Veli)
<i>Heterelmis</i> Sharp, 1882	<i>Rhagovelia</i> Mayr, 1865 (complejo <i>angustipes</i>)
<i>Hexacylloepus</i> Hinton, 1940	<i>Rhagovelia</i> Mayr, 1865 (grupo <i>armata</i>)
<i>Macrelmis</i> Motschulsky, 1859	LEPIDOPTERA
<i>Neelmis</i> Musgrave, 1935	Familia Crambidae (Cram)
Familia Gyrinidae (Gyri)	cf. Crambidae N.D.
<i>Gyretes</i> Brullé, 1834	LUMBRICULIDA
Familia Hydrophilidae (Hyphi)	Familia Lumbriculidae (Lumb)
Hydrophilidae N.D.	Lumbriculidae N.D.
Familia Noteridae (Note)	MEGALOPTERA
<i>Suphis</i> Aubé, 1836	Familia Corydalidae (Cory)
Familia Psephenidae (Psep)	<i>Corydalus</i> Latreille, 1802
<i>Psephenops</i> Grouvelle, 1898	NEMATODA
Familia Ptilodactylidae (Ptil)	Familia N.D. Nematoda
<i>Anchytarsus</i> Guérin-Méneville, 1843	Nematoda N.D.
Familia Scirtidae (Scir)	ODONATA
Scirtidae N.D.	Familia Calopterygidae (Calo)
DECAPODA	<i>Hetaerina</i> Hagen, 1853
Familia Pseudothelphusidae (Pseu)	Familia Coenagrionidae (Coen)
Pseudothelphusidae N.D.	<i>Argia</i> Rambur, 1842
DIPTERA	Familia Gomphidae (Gomp)
Familia Ceratopogonidae (Cera)	<i>Epigomphus</i> Hagen, 1854
<i>Probezzia</i> Kieffer, 1906	<i>Phyllogomphoides</i> Belle, 1970
Familia Chironomidae (Chir)	Familia Libellulidae (Libe)
Tribu Chironomini	<i>Brechmorhoga</i> Kirby, 1894
Tribu Pentaneurini	<i>Dythemis</i> Hagen, 1861
Tribu Tanytarsini	<i>Libellula</i> Linnaeus, 1758
Familia Culicidae (Culi)	PLECOPTERA
<i>Culex</i> Linnaeus, 1758	Familia Perlidae (Perl)
Familia N.D. Diptera	<i>Anacroneuria</i> Klapálek, 1909
Diptera N.D.	RHYNCHOBDELLIDA
Familia Empididae (Empi)	Familia Glossiphoniidae (Glos)
<i>Hemerodromia</i> Meigen, 1822	<i>Helobdella</i> Blanchard, 1896
Familia Simuliidae (Simu)	TRICHOPTERA
<i>Gigantodax</i> Enderlein, 1925	Familia Calamoceratidae (Cala)
<i>Simulium</i> Latreille, 1802	<i>Phylloicus</i> Mueller, 1880
Familia Tabanidae (Taba)	Familia Ecnomidae (Ecno)
Tabanidae N.D.	<i>Austrotinodes</i> Schmid, 1955
Familia Tipulidae (Tipu)	Familia Helicopsychidae (Heli)
<i>Hexatoma</i> Latreille, 1809	<i>Helicopsyche</i> von Siebold, 1856
EPHEMEROPTERA	Familia Hydrobiosidae (Hydro)
Familia Baetidae (Baet)	<i>Atopsyche</i> Banks, 1905
<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	Familia Hydropsychidae (Hysch)
Baetidae N.D.	<i>Leptonema</i> Guérin-Méneville, 1843

Tabla 3. Continuación.

<p><i>Baetodes</i> Needham & Murphy, 1924 <i>Callibaetis</i> Eaton, 1881 <i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966 <i>Cloeodes</i> Traver, 1938 Familia Caenidae (Caen) <i>Caenis</i> Stephens, 1835 Familia Leptohyphidae (Lehy) <i>Cabecar</i> Baumgardner, 2006 <i>Leptohyphes</i> Eaton, 1882 Leptohyphidae N.D. <i>Traverhyphes</i> Molineri, 2001 <i>Tricorythodes</i> Ulmer, 1920 Familia Leptophlebiidae (Leph) <i>Farodes</i> Peters, 1971 <i>Terpides</i> Demoulin, 1966 <i>Thraulodes</i> Ulmer, 1920 Leptophlebiidae N.D. HEMIPTERA Familia Gerridae (Gerr) <i>Brachymetra</i> Mayr, 1865</p>	<p><i>Macronema</i> Pictet, 1836 <i>Smicridea</i> McLachlan, 1871 Familia Hydroptilidae (Hypt) <i>Neotrichia</i> Morton, 1905 Familia Leptoceridae (Lepc) <i>Atanotica</i> Mosely, 1936 Familia Philopotamidae (Phil) <i>Chimarra</i> Stephens, 1829 Familia Polycentropodidae (Poly) <i>Polycentropus</i> Curtis, 1835 TRICLADIDA Familia Dugesiidae (Duge) <i>Dugesia</i> Girard, 1850 TROMBIDIFORMES Familia Hydrachnidae (Hydra) Hydrachnidae N.D. TUBIFICIDA Familia Naididae (Naid) Naididae N.D.</p>
--	---

* N.D: No determinado a nivel de género.

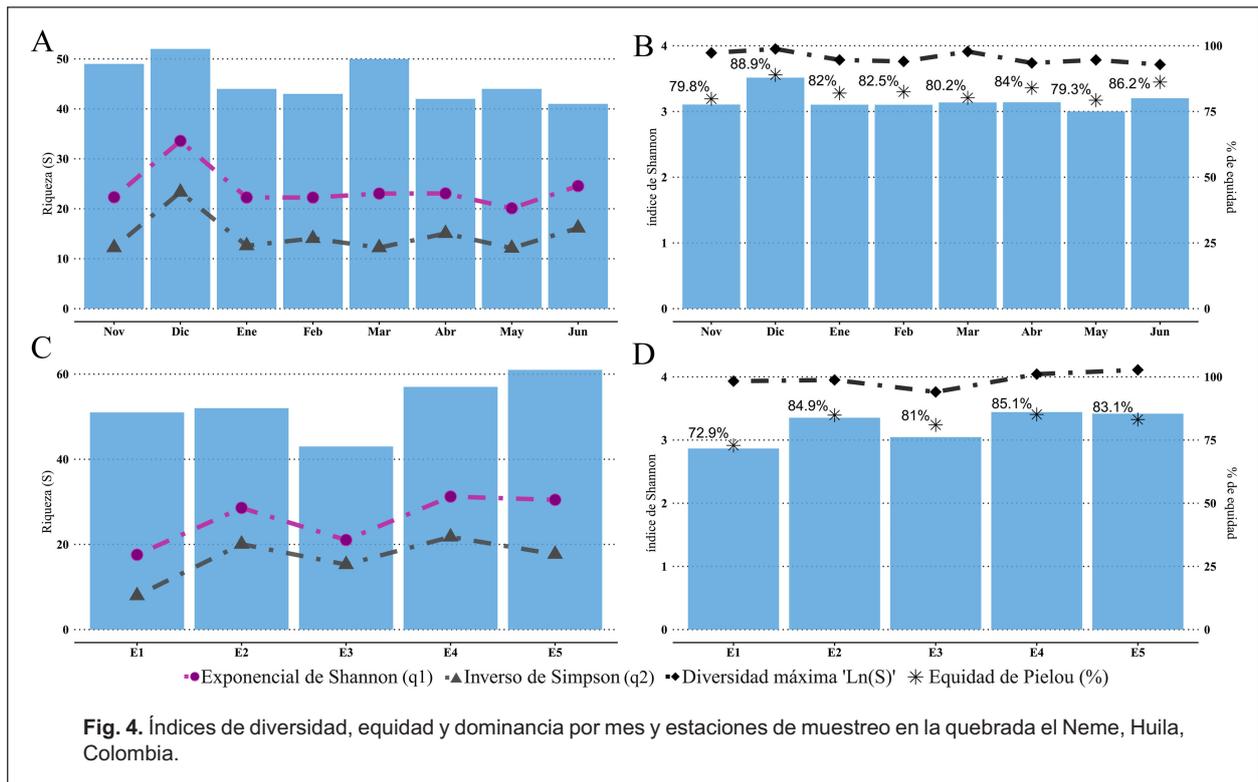


la diversidad máxima, seguido de junio con $H' = 3.2$ (86.2%) y abril con $H' = 3.14$ (84%). Estos resultados demuestran mayor diversidad en meses de baja

precipitación, pero provenientes de un mes de alta precipitación.

Durante los meses mencionados, ordenes como





Ephemeroptera y Hemiptera fueron abundantes. Suhaila, Che y Al-Shami (2012) mencionan que arroyos con áreas boscosas ribereñas tienen mejor regulación de la temperatura ambiental en relación a los arroyos sin bosque ribereño, lo cual favorece los ciclos de vida de insectos como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera especialmente en temporadas de sequía. Mientras tanto, el orden Hemiptera podría sacar provecho de zonas boscosas por la reducción de la entrada de luz, pues algunos tienen comportamientos fotofóbicos (Aristizábal, 2017). Sin embargo, es preciso mencionar que los Hemipteros acuáticos requieren mayor investigación, pues aún no es clara la influencia de la variabilidad climática sobre estos insectos (Moreno, Molina, Barbosa y Moreira, 2018; Padilla Gil, 2020).

En cuanto a la diversidad por estación de muestreo (Fig. 4D), se observaron valores superiores del índice de Shannon en la estación cuatro ($H' = 3.4$) y cinco ($H' = 3.4$), y aunque la equidad de Pielou fue mayor también en la estación cuatro (85.1%), no fue el caso para la estación cinco (83.1%). Los índices de dominancia de la serie de Hill q1 y q2 a nivel de meses de muestreo (Fig. 4A), muestran valores mayores en el mes de diciembre con 33 y 23 especies efectivas lo que indica que el 64.6% del número de especies registradas en este mes de muestreo presentaron abundancias relevantes en la equidad de la muestra.

En lo que respecta a los índices de dominancia por

estación de muestreo (Fig. 4C), la exponencial de Shannon fue mayor en las estaciones cuatro y cinco con 31 y 30 especies efectivas de las 57 y 61 especies registradas en cada estación, esto refleja un alto valor ecológico para el 90.9 y 88.7% de las morfoespecies registradas en ambas estaciones (Jost y González, 2012). Por otro lado, mediante el índice q2, se observa menos especies dominantes en la estación cinco relacionado con la cantidad de taxones registrados en este punto, esto indica mejor distribución taxonómica y mayor diversidad.

Algunos géneros abundantes como *Smicridea*, *Phylloicus*, *Farrodes*, *Rhagovelia* y *Anacroneuria* se ha registrado en trabajos como los realizados por Aristizábal (2017), Guzmán y Tamáris (2014) y Vásquez et al. (2013) quienes mencionan que son grupos tolerantes a cambios bruscos en el medio acuático y que consiguen fácilmente su alimento, especialmente en orillas donde predomina la materia orgánica, los detritos y las presas fáciles para depredadores como *Rhagovelia* y *Anacroneuria*. Lo anterior es un ejemplo clásico de que los grupos tolerantes a las perturbaciones del medio acuático se vuelven más dominantes (Jiménez, Barnuevo, Timbe y Astudillo, 2021).

Un grupo con abundancia relevante fue la tribu Chironomini que habitualmente se encuentra en ecosistemas que transportan cargas altas de sólidos disueltos y conductividad, pues está asociado con la disponibilidad de alimento particulado que se encuentra en suspensión, adicionalmente, el tipo de

sustrato con grava y arena registrado en esta estación y el amplio rango de tolerancia de este grupo a cambios en el ecosistema son aspectos clave que explican su alta abundancia (Paggi, 2003; Rojas y Reinoso, 2018).

Los resultados descritos respaldan otras investigaciones sobre la composición y diversidad de MIA asociadas a regiones influenciadas por una marcada fluctuación hidrológica (Boyero 2003; Schriever et al., 2015). Los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata y Trichoptera fueron persistentes en los meses de muestreo lo que permite considerarlos como grupos resistentes a perturbaciones ambientales, coincidiendo con los resultados obtenidos por Longo et al. (2010), estos grupos poseen un amplio rango de tolerancia a cambios del hábitat y facilidad para colonizar nuevos cuerpos de agua (Arab, Lek, Lounaci y Park, 2004).

Estructura, interacciones y distribución de los MIA en la Quebrada El Neme

La variación del espacio ambiental de la quebrada se explica significativamente al considerar la categorización por estaciones de muestreo, identificando dos grupos: el primero conformado por las estaciones E1 y E2, caracterizadas por niveles altos de oxigenación, y el segundo por las estaciones E3, E4 y E5, asociadas a una mayor conductividad, sólidos disueltos totales y temperatura (Fig. 5). Estas variables fisicoquímicas suelen correlacionarse positivamente con la salinidad, la turbidez del agua y la presencia de materia orgánica en descomposición (Roldan y Ramírez, 2022).

Inicialmente, se observa la asociación de las familias Veliidae, Perlidae y Naucoridae al primer grupo (Fig. 6); Zúñiga (2010) menciona la sensibilidad de los plecopteros y su buen potencial como bioindicadores de calidad del agua, ocupando ecosistemas con aguas de clase I (óptima calidad ambiental) y clase II (buena calidad, con contaminación orgánica incipiente pero buenos niveles de saturación de oxígeno), además, Roldán-Pérez (2003), Oscoz (2009) y Pinilla-A (2000) asocian a estas tres familias con quebradas de corrientes someras caracterizadas por presentar remansos con sustratos pedregosos, con algo de materia orgánica que les proporciona refugio y fuente de alimentación, características atribuibles a dichas estaciones.

Por otro lado, las familias Ptilodactylidae, Baetidae, Caenidae y Leptohiphidae presentaron una mayor probabilidad de ser colectadas en las estaciones del segundo grupo (Tabla 4). En particular, los Baetidae, conocidos por colonizar una amplia diversidad de ambientes y por su tolerancia a la contaminación orgánica (Dominguez y Fernández, 2009; Oscoz, 2009), fueron más abundantes en las estaciones E4 y E5. Los cinco géneros reportados en estas estaciones

indican una alta heterogeneidad del hábitat en los diferentes tramos de la quebrada. Esta heterogeneidad, a su vez, podría explicar la presencia de la familia Ptilodactylidae en la estación E3, a pesar de sus condiciones desfavorables, ya que este taxón tiende a colonizar ecosistemas con buena calidad de agua, que presentan material vegetal en descomposición, como troncos sumergidos, que les proporcionan refugio y alimento (Roldan Pérez, 2003; Zúñiga & Cardona, 2009). Además, Ptilodactylidae fue más abundante en épocas de alta precipitación, lo cual sugiere que su presencia podría estar favorecida por el aumento del caudal, que remueve constantemente el material que aflora en este tramo de la quebrada.

Es importante destacar la asociación de las familias Leptohiphidae y Caenidae con el incremento de la conductividad, los sólidos disueltos totales (SDT) y la temperatura, variables mencionadas anteriormente que caracterizan a las estaciones E3, E4 y E5 (Fig. 2 y Tabla 4). Roldan y Ramírez (2022) y Domínguez et al. (2006), mencionan que estas comunidades presentan adaptaciones, como branquias operculares y estructuras bucales de filtración, que les permiten tolerar los altos contenidos de material orgánico particulado que se deposita en los fondos y aprovecharlos como fuente de alimento (Dodds, 2002). A pesar de que los géneros *Traverhyphes* y *Tricorytodes* presentaron proporciones similares en las tres estaciones, fueron *Cabecary* *Leptohiphes* los que tuvieron mayor asociación, especialmente con la estación E5 y así mismo se observó con *Caenis* dada su alta abundancia. Granados et al. (2017) asocian a *Cabecar* con un pH alcalino y conductividades que alcanzan los 687 $\mu\text{s}/\text{cm}$, parámetros que fueron considerablemente más altos en esta estación (Fig. 2).

Otra asociación fue observada entre la familia Simuliidae y las estaciones E2 y E4 durante el mes de diciembre (Tabla 4 y Fig. 6), un período de transición entre temporadas de alta y baja precipitación. La presencia de esta familia en estas estaciones podría estar favorecida por la disponibilidad de ambientes con sustratos duros, como grava, y corrientes altas, los cuales pueden ser colonizados gracias a sus estructuras de adhesión (Oscoz, 2009).

Por último, es preciso resaltar que, aunque las abundancias de los MIA fluctuaron entre las temporadas climáticas de alta y baja precipitación, la proporción entre los taxones no mostró diferencias significativas (Fig. 5), lo que indica que los efectos de su distribución están más relacionados con presiones locales del ambiente como se evidenció en estos análisis.

Consideraciones finales

Las variaciones mensuales en la composición de la comunidad de MIA en la quebrada tuvieron estrecha relación con los niveles de precipitación mensual. Se

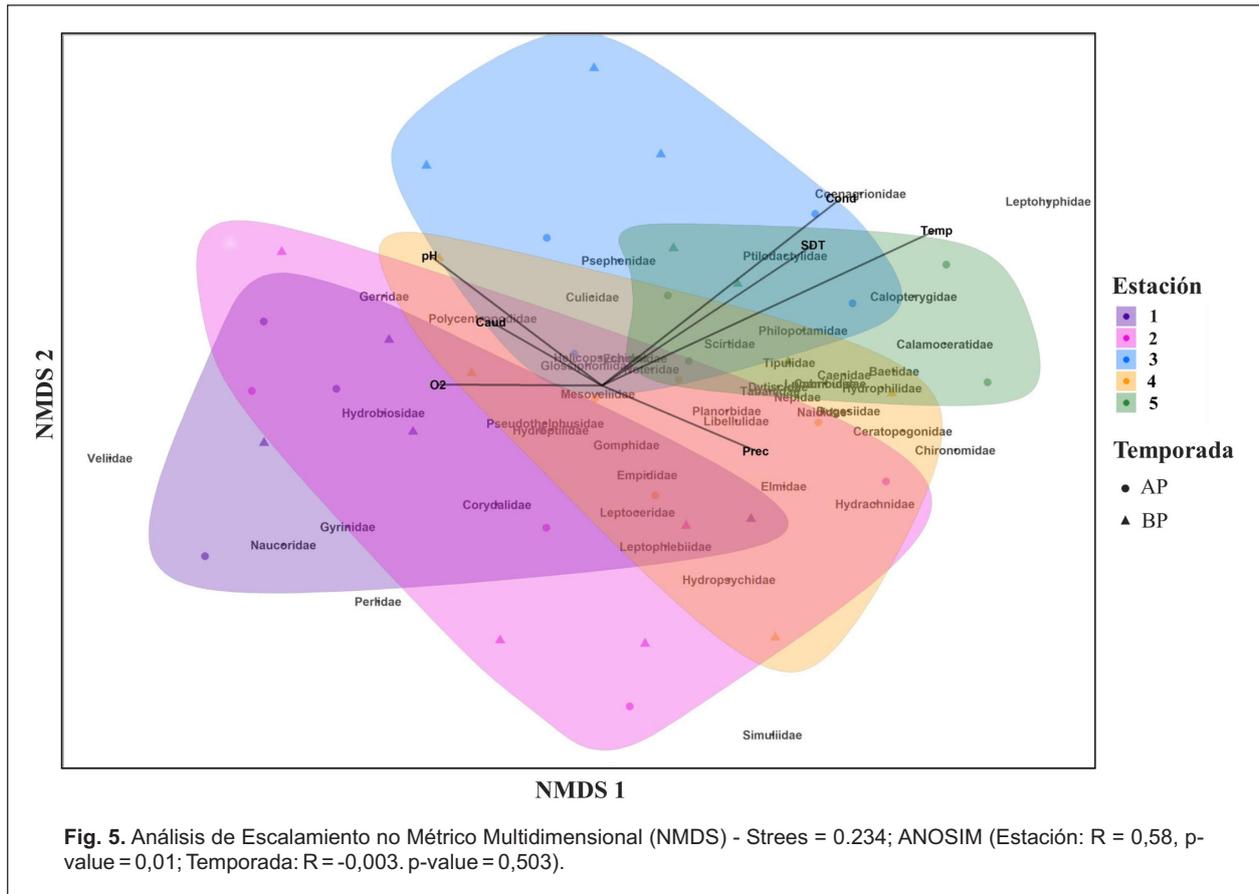


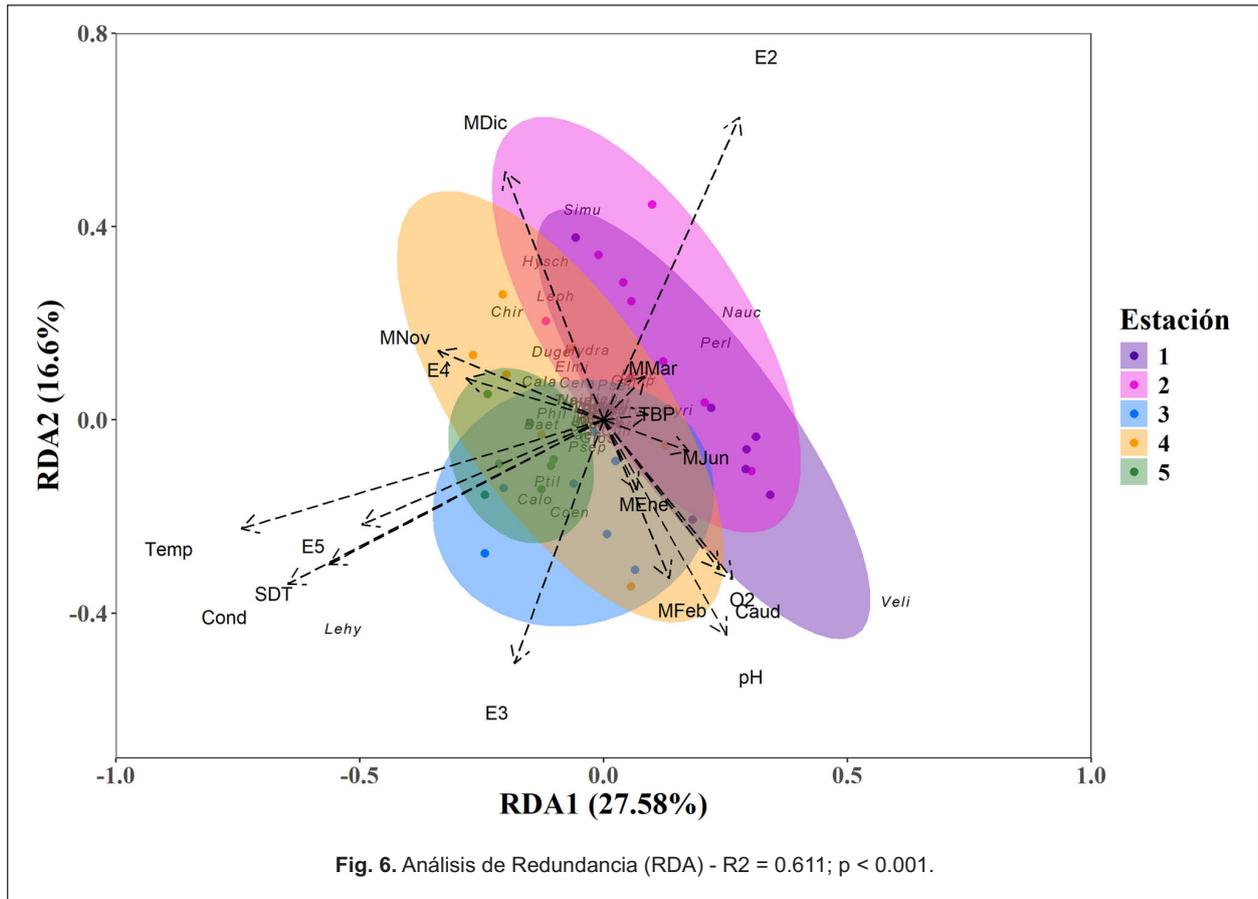
Tabla 4. Familias asociadas a estaciones de muestreo (grupos) según el índice de valor indicador (IndVal) aplicado a 47 familias de MIA de la Quebrada El Neme

Grupo	Familias	tat (0-1)	p-value
E1	Veliidae	0.577	0.001
E1	Perlidae	0.518	0.016
E3	Ptilodactylidae	0.579	< 0.001
E5	Caenidae	0.481	0.031
E1+E2	Naucoridae	0.673	< 0.001
E2+E4	Simuliidae	0.529	0.013
E4+E5	Baetidae	0.470	0.037
E3+E4+E5	Leptohiphidae	0.576	0.003

registró mayor riqueza y abundancia durante los meses más lluviosos; mientras que la diversidad alcanzó su punto más alto en meses de transición climática. A nivel de estaciones, las estaciones E4 y E5 destacaron por su mayor abundancia, riqueza y diversidad, mientras que la estación E3 estuvo menos representada.

Una observación en campo, no documentada, es que los MIA colectados en la estación E3 durante meses con menor precipitación presentaban rastros de crudo en sus cuerpos. Por lo que se sugiere que futuros esfuerzos de investigación en la zona consideren medir el impacto de esta sustancia sobre la comunidad de MIA.





Los índices de diversidad y dominancia tuvieron mayor variabilidad entre estaciones de muestreo en comparación con meses de muestreo. En las estaciones E2, E4 y E5 se observó una mejor relación entre la riqueza, el número de especies efectivas (q_1) y la dominancia de especies (q_2), lo que sugiere una mejor distribución ecológica de los MIA en estos puntos. Además, el alto porcentaje de equidad registrado en estas estaciones respalda estos resultados.

Los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata y Trichoptera persistentes en todos los meses de muestreo fueron tolerantes a perturbaciones naturales como la fluctuación climática y la variabilidad fisicoquímica; valores de conductividad, entre 110 y 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y sólidos disueltos totales, entre 53 y 354 mg/L , no tuvieron efectos considerablemente negativos en esta comunidad.

Finalmente, las variables fisicoquímicas características de las estaciones de muestreo aportaron mejores indicios sobre la variación de la estructura y distribución de los MIA en la quebrada. Se reconocieron dos grupos, el primero, compuesto por las estaciones que se encuentran aguas arriba (E1 y E2) y el segundo aguas abajo (E3, E4 y E5), siendo la estación cinco la de mayor disimilitud en ese grupo,

datos biológicos y ambientales soportaron este patrón de distribución.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que participaron en el desarrollo de esta investigación. A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y al Instituto Alexander von Humboldt por proporcionar las herramientas y recursos necesarios. A Yurany Medina, Camilo Dussan, María Yuri Cabrera, Nancy Morea, Alexander Maestre, Jamir Diaz, Kelly Dussan y Alain Dussan, por su valiosa contribución en la etapa de campo. A María Claudia Gonzáles y Maily González, por su apoyo y asesoría durante las distintas fases de la investigación. Finalmente, al comité editorial de la red latinoamericana Macrolatinos por sus sugerencias en la redacción y estructura del manuscrito.

REFERENCIAS

Arab, A., Lek, S., Lounaci, A., & Park, Y.S. (2004). Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Annales de Limnologie*, 40(4),

- 317–327. <https://doi.org/10.1051/limn/2004029>
- Ardila-Camacho, A., & Contreras-Ramos, A. (2018). The Megaloptera (Insecta: Neuropterida) of Colombia. *Aquatic Insects*, 39(2–3), 297–353. <https://doi.org/10.1080/01650424.2018.1500001>
- Aristizábal-García. (2017). *Hemipteros acuáticos y semiacuáticos del neotrópico*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Benjumea-Hoyos, C.A., Suárez-Segura, M.A., y Villabona-González, S.L. (2018). Temporary and spatial variation of nutrients and total suspended solids in the basin of a high mountain tropical river. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(165), 353–363. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.777>
- Boyero, L. (2003). Multiscale patterns of spatial variation in stream macroinvertebrate communities. *Ecological Research*, 18(4), 365–379. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2003.00562.x>
- Cam, C.A.R.D.A.M. (2009). Resolución licencia permisos río bache.
- Chambers, J.M., Freeny, A., y Heiberger, R.M. (1992). *Analysis of variance; designed experiments*. Chapter 5 of Statistical Models in S eds J.M. Chambers and T.J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K., y Ellison, A.M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Colwell, R., Chao, A., Gotelli, N., Lin, S.Y., Mao, C.X., Chazdon, R., y Longino, J. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1), 3–21. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- Colwell, R., Xuan Mao, C., y Chang, J. (2004). Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. *Ecology*, 85(10), 2717–2727.
- Cuellar-Cardozo, J.A., Nossa-Silva, D., & Vallejo, M.I. (2022). Diversity and Floristic Structure in Riparian Areas of a Tropical Dry-Forest Remnant. *Colombia Forestal*, 25(2), 70–84. <https://doi.org/10.14483/2256201X.19029>
- Dodds, W. (2002). *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications (First)*. Elsevier.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M.D., y Nieto, C. (2006). *Aquatic Biodiversity in Latin America*. Ephemeroptera of South America.
- Dominguez, E., y Fernández, H.R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656.
- Dufrêne, M., y Legendre, P. (1997). Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345–366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAIST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAIST]2.0.CO;2)
- Ecopetrol. (2020). La Tribuna. Obtenido de Ecopetrol: ecoserva La Tribuna - 100% voluntaria. Derechos Reservados: <https://nuevoportal.ecopetrol.com.co/latribuna/>
- Ellison, A.M. (2010). Partitioning diversity. *Ecology*, 91(7), 1962–1963. <https://doi.org/10.1890/09-1692.1>
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial: Vol. XXXIII. Fundación BBVA.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M. y Manzo, V. (2020). The Elmidae family (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) in Colombia: Taxonomic richness and distribution. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 522–553. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1062>
- Granados, C., Cárdenas-López, T., Barros-Nuñez, E., & Gomes-Dias, L. (2017). Primer registro del género Cabecar Baumgardner & Ávila (EPHEMEROPTERA: LEPTOHYPHIDAE) para el parque nacional natural Tayrona, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 21(1), 174–178.
- Gutiérrez Quintero, S. (2017). Biodiversidad de familias de Macroinvertebrados acuáticos en 8 ambientes lóticos del norte del Huila.
- Gutiérrez, Y., y Dias, L.G. (2015). Ephemeroptera (Insecta) de caldas - Colombia, claves taxonómicas para los generos y notas sobre su distribución. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 55(2), 13–46. <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.02>
- Guzmán-Soto, C.J., y Tamarís-Turizo, C.E. (2014). Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 169. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15786>
- Hamada, N., Thorp, J.H., y Christopher R.D. (2018). Keys to Neotropical Hexapoda: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates - Volume III.
- Holzenthal, R.W., y Calor, A.R. (2017). Catalog of the Neotropical Trichoptera (Caddisflies). *ZooKeys*, 2017(654), 1–566. <https://doi.org/10.3897/zookeys.654.9516>
- Hsieh, T.C., Ma, K.H., y Chao, A. (2016). iNEXT: an R

- package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Hynes, H.B.N. (1972). *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press., Ontario.
- IDEAM (2018). *Características Climatológicas De Ciudades Principales Y Municipios Turísticos*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Características+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Turísticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc%0Ahttp://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turísticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee91>
- IDEAM (2023). Gobierno de Colombia. Obtenido de Datos abiertos: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Catalogo-Estaciones-IDEAM/n6vw-vkfe>
- Janzen, D. (1988). Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. *Biodiversity*, 130–137.
- Jaramillo-Rodríguez, V., Polania, J., & Mancera-Rodríguez, N.J. (2022). Macroinvertebrados acuáticos en una quebrada andina con alteraciones antrópicas en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1), 1–6. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2023>
- Jiménez, R., Barnuevo, E., Timbe, B., y Astudillo, P.X. (2021). El uso de gremios tróficos en macroinvertebrados acuáticos como herramienta de monitoreo en los Altos Andes del Sur de Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 310–317. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1953891>
- Jost, L., y González-Oreja, J.A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: Más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56(January 2012), 3–14.
- Kohlmann, B., Vásquez, D., Arroyo, A., & Springer, M. (2021). Taxonomic and Functional Diversity of Aquatic Macroinvertebrate Assemblages and Water Quality in Rivers of the Dry Tropics of Costa Rica. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.660260>
- Laython, M. (2017). Los Coleópteros Acuáticos (Coleoptera: Insecta) en Colombia, Distribución y Taxonomía. In Universidad Nacional de Colombia.
- Legendre, P., y Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology* (Tercera, Vol. 24). Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/numerical-ecology/legendre/978-0-444-53868-0>
- Lepš, J., & Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139627061>
- Longo, M., Zamora, H., Guisande, C., y Ramírez, J. (2010). Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnetica*, 29(2), 195–210.
- Mariom, N.L., y Mollah, F.A. (2016). Identification of genera of tubificid worms in Bangladesh through morphological study. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 2(1), 27–32. <https://doi.org/10.3329/ajmbr.v2i1.27565>
- Meneses Campo, Y., Castro Rebolledo, M.I., y Jaramillo Londoño, A.M. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Montoya, M. (2021). Determinación del nivel de transformación que requiere *Passiflora foetida* para contribuir a las transiciones socioecológicas en la ecorreserva La Tribuna (Huila) Manuela Montoya Castrillón Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Bioquímica."
- Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA (Vol. 1, Issues 1576–9526). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709>
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E., y Pavón, N.P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261.
- Moreno, C.E., Calderón-Patrón, J.M., Martín-Regalado, N., Martínez-Falcón, A.P., Ortega-Martínez, I.J., Ríos-Díaz, C.L., y Rosas, F. (2018). Measuring species diversity in the tropics: a review of methodological approaches and framework for future studies. *Biotropica*, 50(6), 929–941. <https://doi.org/10.1111/btp.12607>
- Moreno-R., C., Molina-J., W., Barbosa, J.F., & Moreira, F.F.F. (2018). Aquatic and semiaquatic bugs (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from Toluviejo Municipality, Sucre Department, Caribbean region of Colombia. *Check List*, 14(6), 985–1002. <https://doi.org/10.15560/14.6.985>
- Motta-Díaz, Á.J., y Vimos-Lojano, D.J. (2020). Influencia de la variación temporal de los parámetros hidráulicos en la estructura y la función de la comunidad de macroinvertebrados en un río andino. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 606–621. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1023>
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P.,

- Minchin, P., O'Hara, B., ... Wagner, H. (2015). Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.2-1, 2, 1–2.
- Oscóz, J. (2009). Guía de Campo: Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro (p. 128). Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Padilla Gil, D.N. (2020). Aquatic and semiaquatic heteropterans associated with dry forest in Patía, southwestern Colombia. *Biota Colombiana*, 21(2), 15–20. <https://doi.org/10.21068/C2020.V21N02A01>
- Paggi, A. (2003). Los Quironómidos (Diptera) y su empleo como bioindicadores. *Biología Acuática*, No (Vol. 21).
- Palma, A. (2017). Guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos de Chile (Issue August). <https://www.researchgate.net/publication/318970118>
- Park, N., Jacobsen, B.R.E., y Survey, U.S.G. (2008). A Key to the Pupal Exuviae of the Midges (Diptera: Chironomidae) of Everglades Scientific Investigations Report 2008-5082. In Transport.
- Passos, M.I.S., Nessimian, J.L., y Ferreira Junior, N. (2007). Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1), 42–53. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262007000100008>
- Pinilla-A, G. A. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Pizano, C. y García H. (2014). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. ISBN: 978-958-8343-97-6
- Pizano, C., González, R., López, R., Jurado, R., Cuadros, H., Castaño-Naranjo, ... y García, H. (2015). El bosque seco tropical: Distribución y estado de conservación. <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap2/202/#seccion1>
- Ramírez-González, A. (2006). Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana
- Rice E.W., Baird R.B., y Eaton A.D. (2017). Benthic Macroinvertebrates. In Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
- Rojas, M., Forero, A., y Reinoso, G. (2018). Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical , Natagaima, Tolima – Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, August, 16–29. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/download/151/145/593#:~:text=Los macroinvertebrados acuáticos se constituyen,los posiciona como una biota>
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. In Universidad de Antioquia. <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>
- Roldán-Pérez, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia Uso del método BMWP/Col.
- Roldán-Pérez, G., y Ramírez, J.J. (2022). Fundamentos de limnología neotropical (Issue 3ra edición).
- Rosero, J., & Dueñas, H. (2019). Flora de la Ecoreserva La Tribuna, Relicto de Bosque seco Tropical. Huila, Colombia. In Editorial Universidad Surcolombiana (1ra edición). <https://www.researchgate.net/publication/349180659>
- Rueda-Delgado, G. (2002). Manual de Métodos en Limnología. Asociación Colombiana de Limnología. Pen Clips Publicidad y Diseño Ltda. Santa fé de Bogotá
- Salazar Céspedes, S.A., Castrillón Andrade, G., Valenzuela-Rojas, J.C., & Amórtegui Cedeño, E.F. (2015). Diversidad de odonatos (Insecta: Odonata) en el centro de investigación y educación ambiental “La Tribuna”, vereda Tamarindo (Neiva - Huila). *Entomología Mexicana*, 2, 619–627.
- Schriever, T.A., Bogan, M.T., Boersma, K.S., Cañedo-Argüelles, M., Jaeger, K.L., Olden, J.D., & Lytle, D.A. (2015). Hydrology shapes taxonomic and functional structure of desert stream invertebrate communities. *Freshwater Science*, 34(2), 399–409. <https://doi.org/10.1086/680518>
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16, 45–63
- Segura, M.O., Valente-Neto, F., y Fonseca-Gessner, A.A. (2011). Elmidae (coleoptera, byrrhoidea) larvae in the state of são paulo, brazil: Identification key, new records and distribution. *ZooKeys*, 151, 53–74. <https://doi.org/10.3897/zookeys.151.1879>
- Shepard, R.N. (1962). The analysis of proximities: Multidimensional scaling with an unknown distance function. Part I. *Psychometrika*, 27(2), 125–140. <https://doi.org/10.1007/BF02289630>
- Somerfield, P.J., Clarke, K.R., y Gorley, R.N. (2021). Analysis of similarities (ANOSIM) for 2-way layouts using a generalised ANOSIM statistic, with comparative notes on Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). *Austral Ecology*, 46(6), 911–926. <https://doi.org/10.1111/aec.13059>

- Suhaila, A.H., Che Salmah, M.R., & Al-Shami, S.A. (2012). Temporal distribution of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) adults at a tropical forest stream: Response to seasonal variations. *Environmentalist*, 32(1), 28–34. <https://doi.org/10.1007/s10669-011-9362-5>
- Sundermann, A., Lohse, S., Beck, L.A., y Haase, P. (2007). Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. *Annales de Limnologie*, 43(1), 61–74. <https://doi.org/10.1051/limn/2007028>
- ter Braak, C.J.F. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*, 67(5), 1167–1179. <https://doi.org/10.2307/1938672>
- Thode H.C. (2002); Testing for Normality, Marcel Dekker, New York
- Vargas, W.G. (2015). Una breve descripción de la vegetación, con especial énfasis en las pioneras intermedias de los bosques secos de La Jagua, en la cuenca alta del río Magdalena en el Huila. *Colombia Forestal*, 18(1), 47–70. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.f or.2015.1.a03>
- Vásquez-Ramos, J., Guevara-Cardona, G., y Reinoso-Flórez, G. (2013). Impactos de la urbanización y agricultura en cuencas con bosque seco tropical: influencia sobre la composición y estructura de larvas de tricópteros. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 25, 61–70.
- Zúñiga, M., Stark, B., Vásconez, J., Bersosa, F., y Vimos, L. (2006). Colombian and Ecuadorian Anacroneuria (Plecoptera: Perlidae): Seven new species, records and life stages. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41(1), 45–57. <https://doi.org/10.1080/01650520500309859>
- Zúñiga, M., y Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. Caudal ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos (1st ed., pp. 167–198). Universidad del Valle. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1rfsq72>
- Zúñiga, M. (2010). Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en Anacroneuria (Perlidae). Universidad de La Amazonia: *Momentos de Ciencia*, 7(2), 101–112. <https://www.semanticscholar.org/paper/Diversidad%2C-distribuci3n-y-ecolog3a-del-orden-en-en-Zu3niga/82fb4e4bcd1526bce9d5d96ea5a7455e9fd7615d>

Editores de Sección:

Natalia Vargas López, Pablo Fierro,
Jeymy Milena Walteros-Rodríguez