

## Tricópteros de la cuenca del Río Combeima (Tolima, Colombia) y su relación con impactos antropogénicos

### Caddisflies of the Combeima River (Tolima, Colombia) and their relationship to anthropogenic pollution

María Alejandra Cuellar Berrío<sup>1\*</sup>, Gladys Reinoso Flórez<sup>1</sup>, Giovany Guevara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena Parte Alta, Ibagué, Colombia.

María Alejandra Cuellar Berrío - <https://orcid.org/0009-0009-1697-9093>

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

Giovany Guevara - <https://orcid.org/0000-0002-2373-1805>

Recibido: Octubre 20 de 2024

Aceptado: Diciembre 10 de 2024

\*Correspondencia del autor: María Alejandra Cuellar Berrío

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

<https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i36.311>

#### Resumen

**Introducción:** Las larvas de tricópteros tienen gran potencial bioindicador por su amplia distribución y respuesta a diversas condiciones fisicoquímicas y biológicas. Diversos estudios en Colombia se han orientado a determinar los posibles impactos antropogénicos sobre la ecología, taxonomía y biología de este grupo de insectos acuáticos. **Objetivo:** Evaluar la composición de larvas de tricópteros y la presencia de microplásticos (MPs) en la cuenca del Río Combeima (Ibagué, Colombia). **Materiales y métodos:** Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo, dos en la Quebrada Las Perlas y dos en el Río Combeima, aguas arriba y aguas abajo de los caseríos de Juntas y Villa Restrepo, respectivamente, durante tres periodos climáticos contrastantes (época de lluvias, transición a sequía, y transición a lluvias). **Resultados:** Se identificaron 536 larvas pertenecientes a nueve familias, con el siguiente orden en las tres de mayor abundancia: Hydropsychidae (47,95%), Hydrobiosidae (19,40%) y Helicopsychidae (16,42%). En cuanto a la distribución espacial, el muestreo con mayor abundancia fue el tres (M3, 336 larvas), seguido de M2 (127) y M1 (73). El registro de MPs mostró 420 fragmentos, con dominancia en la Quebrada Las Perlas (157), y principalmente en forma de fibras de color azul. **Conclusión:** Se resalta una reducción de la abundancia de larvas de tricópteros de acuerdo con lo registrado en estudios previos en la cuenca, que puede estar asociada con los cambios de uso del suelo y diferencias en los esfuerzos de muestreo durante el ciclo hidrológico. Asimismo, se reportan por primera vez para la cuenca, resultados de macro- y microplásticos.

**Palabras clave:** Bioindicador, Contaminantes Emergentes, Plásticos, Trichoptera.

## Abstract

**Introduction:** Caddisfly larvae have great bioindicator potential due to their wide distribution and response to various physicochemical and biological conditions. Several studies in Colombia have been aimed at determining the possible anthropogenic impacts on the ecology, taxonomy, and biology of this group of aquatic insects. **Objective:** To evaluate the composition of caddisfly larvae and the presence of microplastics (MPs) in the Combeima River basin (Ibagué, Colombia). **Materials and methods:** Four sampling points were selected, two in Quebrada Las Perlas and two in the Combeima River, upstream and downstream of the hamlets of Juntas and Villa Restrepo, respectively, during three contrasting periods (rainy season, transition to drought, and transition to rain). **Results:** 536 larvae belonging to nine families were identified, with the following order of the three most abundant: Hydropsychidae (47.95%), Hydrobiosidae (19.40%), and Helicopsychidae (16.42%). Regarding spatial distribution, the sampling 3 (S3) showed the highest abundance (336 larvae), followed by S2 (127) and S1 (73). The MPs record showed 420 fragments, with dominance in Quebrada Las Perlas (157), and mainly in the form of blue fibers. **Conclusion:** A reduction in the abundance of caddisfly larvae is highlighted in accordance with that was recorded in previous studies in the basin, which may be associated with changes in land use and differences in sampling efforts during the hydrological cycle. Likewise, results of macro- and microplastics are reported for the first time for the basin.

**Keywords:** Bioindicator, Emerging Pollutants, Plastics, Trichoptera.

## Introducción

Dentro de los macroinvertebrados acuáticos, los insectos del Orden Trichoptera son importantes debido a que, mediante su presencia dentro de los sistemas dulceacuícolas, se pueden evaluar las condiciones ambientales. Los tricópteros en estado larval tienen gran potencial como bioindicadores, gracias a su amplia distribución y su capacidad de adaptación a diversas condiciones físicas, químicas, y biológicas (1). Las presiones dentro de estos ecosistemas producen la disminución de las poblaciones, asociadas con perturbaciones naturales y antropogénicas como el cambio climático, regulación del flujo, uso del suelo o la contaminación química (2,3,4).

El efecto antropogénico sobre los sistemas acuáticos está generando grandes transformaciones que afectan directamente los servicios ecosistémicos que estos brindan (5). Estas presiones sobre los recursos hidrobiológicos motivan la necesidad urgente de realizar estudios enfocados a conocer esta biota y sus ambientes de desarrollo. Entre los productos antropogénicos se reconocen muchos contaminantes emergentes, donde los plásticos representan un gran componente (6). Los plásticos, son probablemente los residuos sólidos más abundantes en

los sistemas acuáticos del mundo (7). En condiciones ambientales, los elementos de plástico más grandes se degradan relativamente lento, y se convierten en los llamados microplásticos (MPs), fragmentos que suelen tener menos de 5 mm de diámetro/longitud (8). En Sudamérica, se reconocen muy pocas investigaciones sobre los fragmentos más pequeños de plástico en sistemas dulceacuícolas. Por lo tanto, se debe centrar la atención en el origen de estos plásticos dentro de las (micro)cuenca, especialmente en el caso colombiano debido a su volumen e importancia ecológica mundial (9). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición de larvas de tricópteros en áreas contrastantes (Quebrada Las Perlas, zona de menor impacto; y el Río Combeima, Villa Restrepo, mayor impacto) y la presencia de microplásticos (MPs). Desde nuestro conocimiento, se trata del primer estudio que se desarrolla con este enfoque en el departamento del Tolima.

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** La cuenca del Río Combeima se encuentra inmersa en la cuenca mayor del Río Coello, se localiza en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima, en las inmediaciones de la vertiente oriental

de la cordillera Central de Colombia (10). La quebrada Las Perlas (4°34'01"N, 75°19'09"O, 1000 – 3000 m s.n.m.), constituye un afluente importante del Río Combeima; representa la parte alta de la cuenca, y se ha caracterizado por tener menor impacto antrópico evidente. La segunda área de muestreo incluyó el cauce principal del Río Combeima (4°31'09"N, 75°18'31"O, 1000 – 1800 m s.n.m.), antes y después de su paso por los corregimientos de Juntas y de Villa Restrepo, cuyos alrededores se asocian con una alta afluencia turística, principalmente durante los fines de semana y días festivos. Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo, dos en la desembocadura de la Quebrada Las Perlas en el Río Combeima, denominadas aguas arriba (AAP) y aguas abajo quebrada Las Perlas (ABP), estas estaciones ubicadas antes y después de la zona periurbana del corregimiento de Juntas. Las otras dos estaciones están ubicadas antes y después del corregimiento de Villa Restrepo en el cauce principal del río; denominadas aguas arriba (AAV) y aguas abajo Villa Restrepo (ABV). Se realizó un primer muestreo en septiembre 2022 (M1, época de lluvias), el segundo (M2) en junio 2023 (transición a sequía) y, el tercero en septiembre 2023 (M3, transición a lluvias).

Para la recolecta de las larvas, en cada estación de muestreo se empleó red de pantalla (500 µm de poro), red Surber (0,09 m<sup>2</sup>; poro de malla de 150 µm) y tamices (500 – 150 µm) en tres sustratos (sedimento, roca, y hojarasca). Se realizó un muestreo sistemático sobre la margen izquierda y derecha de cada punto, en tres transectos, distanciados 33,33 m cada uno (≈ 100 m longitud). El material recolectado fue depositado en bolsas tipo ziploc para el caso del primer muestro, luego se replanteó debido a que podía existir contaminación cruzada de microplásticos (MPs), por lo que se utilizaron frascos de vidrio. Las muestras se preservaron con formol al 10% y se trasladaron al Laboratorio de Zoología de la Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia), para su limpieza y determinación hasta el mínimo nivel taxonómico posible (= familia).

Adicionalmente, para la evaluación de MPs que fluyen libremente (por deriva), se utilizó una red de fitoplanc-

ton (30 cm x 70 cm, poro de 23 µm), en cada punto de muestreo por un tiempo máximo de 15 minutos, para reducir el efecto de la saturación. La red se ubicó en el centro del cauce principal y se fijó a los bordes con una cuerda. Por cada estación se recolectó una muestra de 1L, se depositó en frascos de vidrio y procesó en el Laboratorio de Zoología de la Universidad del Tolima para determinar la presencia de MPs. Asimismo, en cada estación se recolectaron de forma manual los macroplásticos (bolsas y otros residuos) presentes o acumulados en las orillas del punto de muestreo, teniendo en cuenta las márgenes izquierda y derecha (100 m de longitud, en ambos casos), en cada evento de muestreo. Posterior a la colecta, se clasificaron y pesaron de acuerdo con su forma, color, y tipo, siguiendo la metodología propuesta por Hidalgo-Ruz *et al.* (11).

**Parámetros fisicoquímicos.** Se registraron datos *in situ* como pH, potencial de oxidorreducción (ORP), %OD, OD (ppm), temperatura del agua y del ambiente, altitud, caudal inicial y final, y la velocidad (distancia recorrida en cm/s) con un flujómetro para cada una de las estaciones de muestreo. Los datos de pH, ORP, %OD, DO, STD (sólidos totales disueltos) y temperatura del agua no fueron registrados durante el muestreo 1, debido a una falla de lectura en el multiparámetro. En M2 no se logró tomar datos de la estación ABV debido a factores antropogénicos (labores de dragado y perfilación del cauce por retroexcavadora).

#### **Análisis de la información**

**Abundancia Relativa (AR%).** Se calculó el porcentaje de abundancia relativa para las familias encontrados durante los tres muestreos y las cuatro estaciones, con el fin de determinar la variación temporal y espacial del ensamblaje de larvas de tricópteros. Los registros de MPs se organizaron por totales (agrupación de los métodos utilizados), tanto espacial como temporalmente.

#### **Resultados**

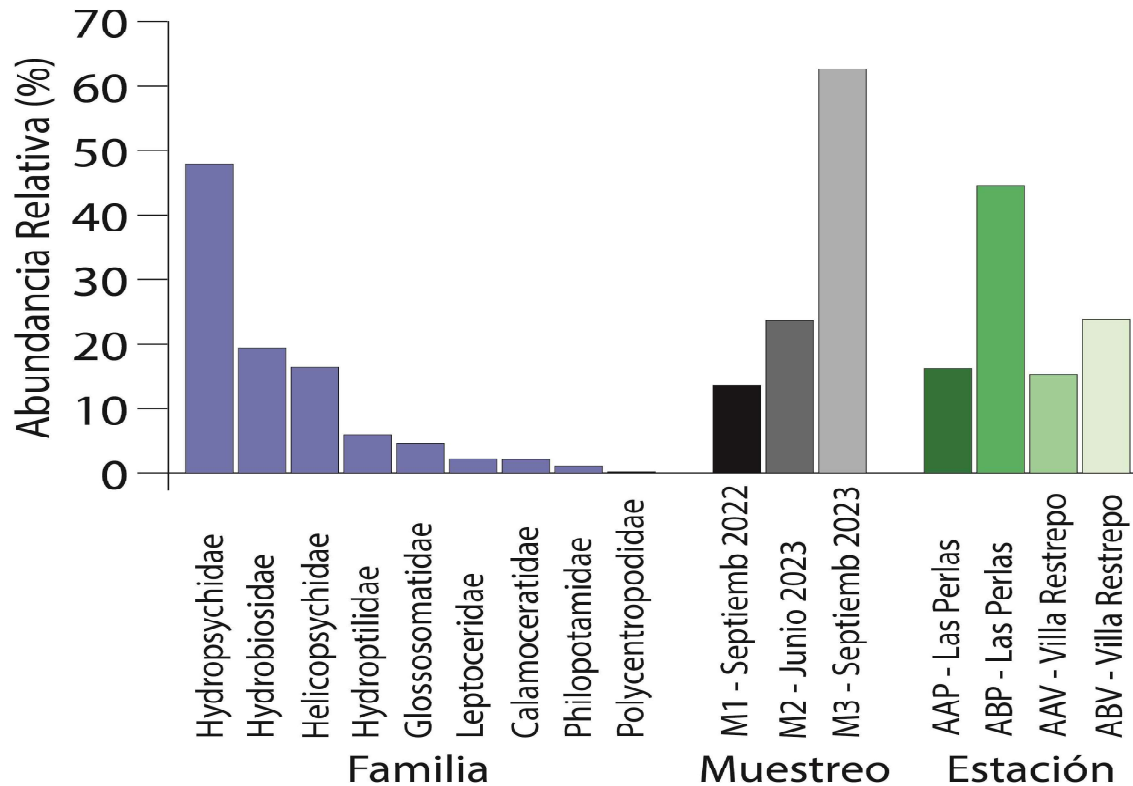
**Distribución temporal y espacial.** Se registraron 536 larvas pertenecientes a nueve familias (Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Helicopsychidae, Hydroptilidae, Glossosomatidae, Leptoceridae, Calamoceratidae, Philopotamidae y Polycentropodidae) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Abundancia relativa de los tricópteros registrados en la Quebrada Las Perlas y Río Combeima (Villa Restrepo), durante tres muestreos (M1 – M3).

Taxón/Muestreo		M1 (septiembre 2022)				M2 (junio 2023)				M3 (septiembre 2023)				TOTAL	AR% F
Suborden	Familia	AAP	ABP	AAV	ABV	AAP	ABP	AAV	ABV	AAP	ABP	AAV	ABV		
Annulipalpia	Hydropsychidae	10	6	0	0	4	36	7	0	18	24	42	110	257	47,95
	Philopotamidae	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	6	1,12
	Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,19
Integripalpia	Hydrobiosidae	12	1	2	0	10	37	1	0	1	29	7	4	104	19,40
	Helicopsychidae	0	1	0	0	4	14	0	0	2	53	9	5	88	16,42
	Glossosomatidae	11	1	1	0	0	2	0	0	0	5	2	3	25	4,66
	Leptoceridae	4	2	0	1	0	0	0	0	2	2	0	1	12	2,24
	Calamoceratidae	1	1	1	0	1	5	0	0	0	0	2	0	11	2,05
Spicpalpia	Hydroptilidae	4	5	4	2	0	4	0	0	1	9	2	1	32	5,97
Total		42	18	9	4	21	98	8	0	24	123	65	124	536	100

AAP (aguas arriba Quebrada Las Perlas), ABP (aguas abajo Quebrada Las Perlas), AAV (aguas arriba Villa Restrepo) y ABV (aguas abajo Villa Restrepo). AR% F (Abundancia relativa por Familia). **Fuente:** Autores (2024).

Las tres familias más abundantes fueron Hydropsychidae (47,95%), Hydrobiosidae (19,40%) e Helicopsychidae (16,42%). Mientras las tres menos abundantes correspondieron a Calamoceratidae (2,05%), Philopotamidae (1,12%) y Polycentropodidae (0,19%). A nivel temporal, el muestreo con la mayor abundancia relativa fue M3 (62,68%), seguido de M2 (23,69%), y M1 (13,61). El muestreo 3 (M3), presentó 336 organismos distribuidos en las nueve familias registradas, la mayor abundancia relativa fue de Hydropsychidae (257 individuos), Helicopsychidae (104) e Hydrobiosidae (88), mientras que Calamoceratidae (2), Philopotamidae y Polycentropodidae (1), registraron las menores abundancias (ver Tabla 1). A nivel espacial, la estación con mayor abundancia relativa de larvas de tricópteros durante el periodo de estudio fue ABP (aguas abajo Q. Las Perlas; 44,58%), seguido de ABV (aguas abajo Villa Restrepo; 23,88%), AAP (aguas arriba Q. Las Perlas; 16,23%) y, AAV (aguas arriba Villa Restrepo; 15,29%). Las abundancias relativas por familia, periodo y estación de muestreo se observan en la Figura 1.



**Figura 1.** Abundancia relativa acumulada de larvas del Orden Trichoptera, registrada a nivel de familia, periodo y estación de muestreo en la Quebrada Las Perlas y Río Combeima (Villa Restrepo). AAP (aguas arriba Q. Las Perlas), ABP (aguas abajo Q. Las Perlas), AAV (aguas arriba Villa Restrepo), ABP (aguas abajo Villa Restrepo). **Fuente:** Autores (2024).

**Abundancia de macroplásticos (MaP) y microplásticos (MPs).** Dentro de los macroplásticos (MaP) recolectados, los más representativos fueron vasos, restos de poliestireno expandido, envolturas de comidas, bolsas de salsas, otros tipos de bolsas y envases Tetra Pack®. La estación donde más se recolectó fue AAP\_M1 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Peso de los macroplásticos registrados espacial y temporalmente en la cuenca del Río Combeima (Tolima, Colombia).

Estación	Peso (g)	PT Muestreo (g)
AAP_M1	1021,53	
ABP_M1	848,51	2914,43
AAV_M1	56,76	
ABV_M1	987,63	
AAP_M2	86,6	
ABP_M2	69,3	360,85
AAV_M2	204,95	
ABV_M2	*	
AAP_M3	174,6	
ABP_M3	745,8	1156,57
AAV_M3	144,6	
ABV_M3	91,57	

PT (peso total). **Fuente:** Autores (2024).

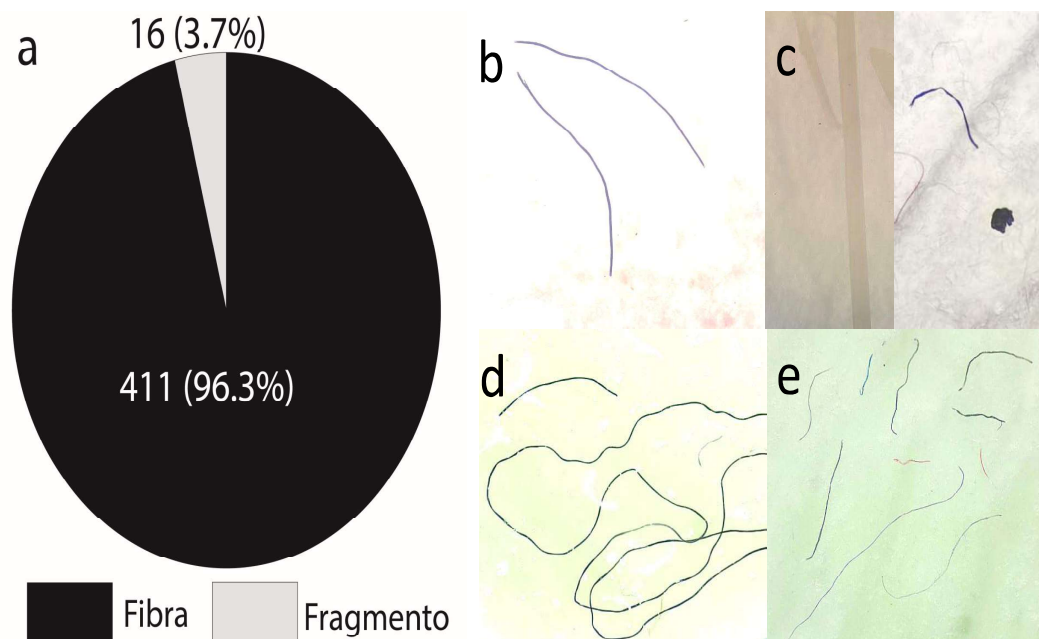
**Microplásticos (MPs).** En total se registraron 420 MPs. La mayor abundancia se presentó en M1 con 281, seguido de M2 con 83, y M3 con 56. La estación con mayor cantidad de MPs fue aguas arriba Q. Las Perlas (AAP) con 157, seguida de aguas abajo Q. Las Perlas (ABP) con 113, aguas arriba Villa Restrepo con 82, y finalmente aguas abajo Villa Restrepo con 68 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Abundancia total (espacio-temporal) de microplásticos presentes en la cuenca del Río Combeima (Tolima, Colombia).

Estación	Muestreo			Total
	M1	M2	M3	
AAP	118	32	7	157
ABP	56	37	20	113
AAV	61	14	7	82
ABV	46	0	22	68
<b>Total</b>	<b>281</b>	<b>83</b>	<b>56</b>	<b>420</b>

M1 (Muestreo 1), M2 (muestreo 2), M3 (muestreo 3); AAP (aguas arriba Q. Las Perlas), ABP (aguas abajo Q. Las Perlas), AAV (aguas arriba Villa Restrepo), ABV (aguas abajo Villa Restrepo). **Fuente:** Autores (2024).

En relación con la morfología de los MPs, en todas las muestras analizadas se registraron fibras y fragmentos, con una dominancia de las primeras (Figura 2a). En cuanto a la caracterización por color, los MPs presentaron siete colores dentro de las formas encontradas (Figura 2b – 2e). Los colores más abundantes fueron azules (62%), negro (20%) y rojo (12%), los menos abundantes, amarillo y verde (2%); por último, transparente y blanco con 1%.



**Figura 2.** a) Formas de microplásticos (MPs) registradas en la cuenca del Río Combeima, b) Fibra, c) Fragmento, d) Nudo de fibras, e) Colores más abundantes. La dimensión de las cuadrículas internas es de 3 x 3 mm. **Fuente:** Autores (2024).

**Variables fisicoquímicas.** Durante los muestreos se tuvieron en cuenta 12 variables (Tabla 4): pH, potencial de oxidorreducción (ORP), %OD, OD (ppm), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos STD (ppm), temperatura del agua y del ambiente, altitud, caudal inicial y final, y la velocidad (distancia recorrida en  $\text{cm}/\text{s}$ ). Se observó que para los dos muestreos (M2 y M3), los puntos localizados aguas abajo de la primera estación (AAP), el pH es mucho más neutro. La variable ORP registró para M2 el valor más alto en la estación ABP con 230,8 seguido de AAP con 204,5; el más bajo fue AAV con 107,9. Para M3 la estación con mayor capacidad fue AAV 253,5, seguido de ABP con 238,8 y la de menor valor fue la estación AAV con 229,9. El porcentaje de oxígeno disuelto para M2 fue mayor para la estación AAP mientras que para el M3 fue mayor en la estación ABP. Con respecto al caudal, la estación que presentó los valores más altos para el M1 y M3 fue ABV y para el M2 correspondió a AAP. Aquellos con menor caudal para M1 y M2 fue ABP, mientras en M3 correspondió a AAP.

**Tabla 4.** Variables fisicoquímicas registradas en los muestreos realizados en cuatro estaciones del Río Combeima (Tolima, Colombia). (\*) Sin dato.

Estación	Ph	ORP	%OD	OD (ppm)	Conduct. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	STD (ppm)	T °C Agua	T °C ambiente	Altitud (m s.n.m.)	Caudal inicial	Caudal final	Distancia (cm/s)
AAP_M1	*	*	*	*	*	*	*	17	1,937	177,36	179,12	79,01
ABP_M1	*	*	*	*	*	*	*	21	1,831	179,12	180,43	58,76
AAV_M1	*	*	*	*	*	*	*	23,8	1,664	180,43	183,97	158,64
ABV_M1	*	*	*	*	*	*	*	17	1,597	184,90	190,80	264,21
AAP_M2	8,28	204,5	80,2	6,63	432	216	14,05	16	1,937	92,06	94,61	114,12
ABP_M2	8,31	230,8	75,2	6,14	431	216	15,06	22	1,831	96,97	98,72	78,42
AAV_M2	7,99	107,9	79,9	6,29	340	170	17,58	28	1,664	98,73	100,65	85,81
ABV_M2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AAP_M3	8,41	231,7	111,8	9,05	410	205	15,06	16	1,937	145,67	146,57	40,13
ABP_M3	8,42	238,8	112,2	9,03	411	205	15,58	19	1,831	147,97	148,90	41,43
AAV_M3	8,37	253,5	107,3	8,56	370	185	17,08	22	1,664	148,90	152,04	140,68
ABV_M3	7,98	229,9	111,2	3,56	347	173	18,05	26	1,597	152,04	156,79	212,70

AAP (aguas arriba Q. Las Perlas), ABP (aguas abajo Q. Las Perlas), AAV (aguas arriba Villa Restrepo), ABV (aguas abajo Villa Restrepo). M1 (Muestreo 1), M2 (muestreo 2), M3 (muestreo 3). **Fuente:** Autores (2024).

## Discusión

### Distribución temporal y espacial de los tricópteros.

Es importante resaltar la alta diversificación de este grupo, que está ampliamente distribuido en los ecosistemas dulceacuícolas, donde su presencia suele estar asociada con sustratos específicos y condiciones ecológicas particulares (12). Para Colombia se reportan 211 especies distribuidas en 15 familias y 45 géneros (13-15); no obstante, se espera que el número incremente a 60 géneros (Guevara *et al.* en revisión). Además, 14 familias y 35 géneros están reportados para el departamento del Tolima (16). En este estudio se registraron nueve familias.

Los resultados a nivel de familia coinciden con estudios previos en el departamento del Tolima y en Colombia. Se observó la mayor abundancia de larvas de las familias Hydropsychidae, Hydrobiosidae e Helicopsychidae. De igual manera, se reafirma la dominancia de la familia Hydropsychidae según lo reportado por López-Delgado *et al.* (17), quienes recopilaban los datos de la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, y encontraron que la familia más abundante en las diferentes cuencas del departamento. Esta familia se caracteriza por su versatilidad y capacidad para colonizar diferentes sustratos como rocas, arena, grava, sedimento y hojarasca (18-22).

Hydrobiosidae fue la segunda familia más abundante; no obstante, en estudios en el departamento del Tolima esta familia caracteriza por ser de los taxones menos representativos de insectos acuáticos (10, 18, 21-24). Se ha determinado que tiene necesidades muy específicas de hábitat como bajas temperaturas, bajos valores de sólidos disueltos, altos niveles de oxigenación, pH ligeramente básico, característicos de zonas de alta montaña (25). Sus larvas son estrictamente carnívoras, alimentándose de otros organismos acuáticos que capturan con ayuda de la quela, además se arrastran por el sustrato y ocasionalmente secretan líneas de seda que les permiten regresar al sustrato en el caso que sean arrastrados por las corrientes de agua (26). Gran parte de los organismos fueron recolectados en la Quebrada Las Perlas, que se caracteriza por ser un ecosistema con una gran variedad de recursos alimentarios y sustratos que permiten la supervivencia de los organismos (10).

La familia Helicopsychidae fue la tercera más abundante, presentan una amplia distribución en el neotrópico (27). Se encuentran en ríos y quebradas con diferentes corrientes y temperaturas (28). Las tres familias menos

abundantes, Calamoceratidae, Philopotamidae y Polycentropodidae, coinciden con reportes recientes para la cuenca. Por ejemplo, Duarte *et al.* (10), encontraron que en la Quebrada Las Perlas, una de las familias menos abundantes fue Philopotamidae, aparentemente prefieren quebradas pequeñas muy limpias, tipo nacientes; además, se caracteriza por ser poco común (12). Por otro lado, la composición y la dinámica de Polycentropodidae se ha visto modificada, de acuerdo con los reportes previos para la cuenca del Río Combeima (10, 29); esto se puede deber a efectos antropogénicos crecientes sobre la quebrada en sus zonas media y baja, donde se puede evidenciar la erosión en las orillas y disminución del cauce.

Con respecto a la distribución de tricópteros durante los tres muestreos, se observó la mayor cantidad de organismos en M3, septiembre 2023 (época de lluvias), seguido de M2 en junio 2023 (transición a sequía), y M1 septiembre 2022 (transición a lluvias). Durante la época de lluvias, la composición de los tricópteros se puede modificar considerablemente por la variación del caudal, producto del régimen pluviométrico, entre otros factores (30). Además, la naturaleza del sustrato junto con los patrones de caudal y la influencia directa de otras variables físicas y químicas, resultan en una distribución heterogénea de micro y mesohábitats, los cuales son colonizados por una comunidad particular de macroinvertebrados (31). Con respecto al muestreo M2, realizado en época de transición a sequía, se registró una abundancia relativamente baja, por lo que pudo ocurrir una coincidencia de las etapas tempranas de recolonización de las larvas (29). En época de sequía, las condiciones más estables del caudal favorecen la presencia de mayor número de microhábitats, que pueden ser colonizados por los macroinvertebrados (32).

### Abundancia de macroplásticos (MaP) y microplásticos (MPs).

Se observó la presencia de macroplásticos entre los muestreos realizados. La ONU en su informe "Plásticos de Un Solo Uso" describe que la mayoría de estos no se biodegradan, sino que se fotodegradan, lo que indica que se descomponen muy lentamente en pequeños fragmentos, conocidos como microplásticos (33). En Colombia, los aportes al conocimiento de la contaminación por microplásticos se han centrado en los ecosistemas marinos, costeros y estuarinos, como playas y lagunas costeras; unos pocos se han centrado en sistemas acuáticos continentales (34). Con base en lo anterior, se destaca el primer reporte oficial de este tipo de contaminantes en ecosistemas dulceacuícolas para el

departamento del Tolima. La estación con mayor cantidad de macrolásticos registrados correspondió a ABP, este lugar se encuentra al lado del corregimiento de Juntas, por donde transitan residentes y turistas. Según los datos analizados, los macrolásticos y los MPs fueron mayores en M1, esto puede deberse a que la transición a la temporada de lluvias puede llevar un aumento, debido a una combinación de factores, que incluyen la escorrentía de aguas superficiales, una mayor actividad humana y la degradación acelerada de plásticos (por rozamiento) existentes en el medio ambiente (34). De esta forma, por su tamaño y ubicuidad, los MPs se encuentran muy extendidos en la columna de agua; por lo tanto, están disponibles para ser consumidos incidental/accidentalmente por una amplia gama de organismos, especialmente por aquellos de niveles tróficos inferiores como invertebrados o peces pequeños (35). Se requiere ampliar los estudios para conocer el impacto en la fisiología, ecología trófica y reproducción de los tricópteros en el Río Combeima, tal y como se ha demostrado en otras cuencas del mundo (36, 37).

**Variables fisicoquímicas.** Las variables ambientales se vieron influenciadas por los cambios bimodales en la época de transición a lluvias, así como por la saturación de iones y procesos de escorrentía y erosión (38). Estas variables responden a los cambios en la precipitación en el sector, por las características topográficas del terreno, las variaciones en el caudal y la influencia de material alóctono ante los procesos erosivos que convergen en el lecho de la quebrada (29), como se ha descrito en otros sistemas acuáticos similares en los Andes colombianos (38, 39). Se observa que los rangos del OD coinciden con lo reportado por Escobar & Bohórquez (40), quienes mencionan que disminuye en la medida que el río se interna o pasa por el área urbana del municipio; la carga orgánica de los vertimientos genera un cambio en la concentración de oxígeno disuelto del cuerpo receptor debido a la actividad bacteriana de la biota nativa en el Río Combeima, así mismo se generará un conocimiento relevante para futuros estudios y para el diseño de planes y programas de manejo de estos ambientes dulceacuícolas y de su biota (41).

En general, se observó el papel que desempeñan las larvas de tricópteros en los ecosistemas dulceacuícolas, su adaptabilidad les permite colonizar variedad de nichos ecológicos, lo cual nos puede indicar la salud y la calidad de los ecosistemas muestreados (quebrada Las Perlas y Río Combeima). Por otra parte, los cambios en las variables ambientales y los efectos antropogénicos pueden influir en la composición y abundancia de los tricópteros, ya que, se alteran los hábitats acuáticos y afectan directamente la distribución de los organismos. La presencia de contaminantes en los ecosistemas estudiados (macrolásticos y microplásticos), tuvieron mayor abundancia durante la transición a la temporada de lluvias; estos contaminantes traen consigo efectos negativos en los tricópteros y demás organismos acuáticos. Nuestros resultados marcan un precedente para generar un mayor interés en la conservación y el monitoreo continuo de los sistemas dulceacuícolas, para reconocer su dinámica frente a contaminantes antropogénicos emergentes.

#### **Agradecimientos**

Al Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) y Vicerrectoría de Investigación-Creación, Innovación, Extensión y Proyección Social de la Universidad del Tolima, por su respaldo en el presente estudio, como parte del Proyecto “Caracterización preliminar de los plásticos y su influencia potencial sobre macroinvertebrados y peces en la parte alta y media del Río Combeima (Tolima, Colombia), código interno: 610121”. A los Evaluadores y al Comité Editorial de la Revista por sus aportes para mejorar la presentación final del manuscrito.

#### **Conflicto de intereses y financiación.**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con el presente estudio. Todos han contribuido con el proceso de revisión, análisis, escritura, y edición final del documento. La investigación fue financiada parcialmente por la Vicerrectoría de Investigación, Creación, Innovación, Extensión y Proyección Social (Proyecto 610121). Además, se contó con el apoyo del Grupo de Investigación en Zoología (GIZ), quienes contribuyeron significativamente al desarrollo del proyecto.



## Referencias

1. Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.). (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt.
2. Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>
3. Dudgeon, D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Curr. Biol.*, 29(19), R960–R967. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.002>
4. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., et al. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biol. Rev.*, 94(3), 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
5. Pizarro, H. N., & Izaguirre, I. (2017). El cambio climático en interacción con otros factores de cambio antropogénicos en el agua dulce. Universidad de Buenos Aires. Secretaría de Ciencia y Técnica, p. 29–37. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/163506>
6. Gwenzi, W. (2022). Chapter 22-Ten (10) key research questions on emerging contaminants and novel entities, and their health risks. In W. Gwenzi (Ed.), *Emerg. Contam. Terr.-Aquat.-Atmos. Contin.*, (pp. 383–394). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90051-5.00013-4>
7. Law, K., & Thompson, R. C. (2016). Microplastics in the seas—concern is rising about widespread contamination of the marine environment by microplastics. *Science*, 345, 61–93. <https://doi.org/10.1126/science.1254065>
8. Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., & Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environ. Sci. Eur.*, 26(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>
9. Costa, M. F., & Barletta, M. (2015). Microplastics in coastal and marine environments of the western tropical and sub-tropical Atlantic Ocean. *Environ. Sci. Process. Impacts.*, 17(11), 1868–1879. <https://doi.org/10.1039/C5EM00158G>
10. Duarte Ramos, E. J., & Reinoso Flórez, G. (2020). Composición y estructura de larvas del orden Trichoptera (Arthropoda: Insecta) en la quebrada Las Perlas, Ibagué-Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 44(171), 471–481. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.964>
11. Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R. C Thompson y M. Thiel. 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.*, 46(6): 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
12. Springer, M. (2010). Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.*, 58, 151–198. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a07v58s4.pdf>
13. Muñoz-Quesada, F. (2004). El Orden Trichoptera (Insecta) en Colombia, II: inmaduros y adultos, consideraciones generales. En: F. Fernández, M. Andrade-C. & G. Amat (eds), *Insectos Colombia*, Vol. III (pp. 319–334). Univ. Nac. Colombia - Inst. Humboldt, Bogotá, D.C.
14. Spies, M. R., Froehlich, C. G., & Kotzian, C. B. (2006). Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, 96(4), 389–398. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212006000400001>
15. Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656 pp.
16. Calderón Franco, L. E., & Correa Canchón, K. L. (2020). Las larvas del género *Atopsyche* (Hydrobiosidae: Trichoptera) en la colección de insectos acuáticos (CIA) de la Universidad Pedagógica Nacional: aspectos taxonómicos y su relación con factores ecológicos.
17. López-Delgado, E. O., Vásquez-Ramos, J. M., & Reinoso-Flórez, G. (2015). Listado taxonómico y distribución de los tricópteros inmaduros del departamento del Tolima. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 39(150), 42–49. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.108>
18. Guevara, G. (2004). Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello, departamento del Tolima. Trabajo de grado (Maestría). Univ. Tolima, Fac. Cienc., Dep. Biol., Ibagué.

19. Muñoz-Quesada, F. (2004). El Orden Trichoptera (Insecta) en Colombia, II: inmaduros y adultos, consideraciones generales. En: F. Fernández, M. Andrade-C. & G. Amat (eds.), *Insectos de Colombia*. Vol. III. Universidad Nacional de Colombia - Instituto Humboldt. Bogotá, D.C. Págs. 319–349.
20. López, E., Reinoso, G., Guevara, G., & Villa, F. (2006). Estructura, distribución y relaciones con el Índice de Calidad de Aguas de la tricopterofauna en la cuenca del río Prado (Tolima, Colombia). Resúmenes del VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Ríos y Humedales Neotropicales. *Asoc. Colomb. Limnol.*, Ibagué, 18.
21. López, E. (2007). Análisis faunístico de las larvas del orden Trichoptera en la cuenca del río Prado y la subcuenca de Amoyá (Tolima-Colombia). Trabajo de grado (Biólogo). Univ. Tolima, Fac. Cienc. Bás., Dep. Biol., Ibagué, 176.
22. Vásquez-Ramos, J. M., Ramírez-Díaz, F., Reinoso-Flórez, G., & Guevara-Cardona, G. (2010). Distribución espacial y temporal de los tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia). *Caldasia*, 32(1), 129–148. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v32n1/v32n1a8.pdf>
23. Duarte Ramos, E. J. (2014). Análisis faunístico de las larvas de insectos del orden Trichoptera en la cuenca del río Alvarado, Departamento del Tolima.
24. Vásquez-Ramos, J. M., Guevara-Cardona, G., & Reinoso-Flórez, G. (2014). Factores ambientales asociados con la preferencia de hábitat de larvas de tricópteros en cuencas con bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Rev. Biol. Trop.*, 62, 21–40. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62s2/a02v62s2.pdf>
25. Jaimes-Contreras, A. M., & Granados-Martínez, C. (2016). Tricópteros asociados a siete afluentes de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia *Rev. Mex. Biodivers.*, 87(2), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.11.002>
26. Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L., & Kjer, K. M. (2007). Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), caddisflies.
27. Wiggins, G. B. (1996). *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. Univ. Toronto Press.
28. Rincón, M. E. (1999). Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los tricópteros en la Cordillera Oriental (Colombia). *Insectos de Colombia*, 2, 267–284.
29. Guevara, G., Reinoso, G., & Villa-Navarro, F. (2005). Estudio del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del Río Coello, Departamento del Tolima. *Rev. Asoc. Col. Cienc.*, 17, 59–70.
30. Vásquez J., Ramírez, F. (2008). Aspectos bioecológicos del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Totare, departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biólogo). Univ. Tolima, Fac. Cienc. Bás., Dep. Biol., Ibagué.
31. Pardo, I., & Armitage, P. D. (1997). Species assemblages as descriptors of mesohabitats. *Hydrobiologia*, 344(1), 111–128. <https://doi.org/10.1023/A:1002958412237>
32. Mosquera, Z., Bejarano, D., & Asprilla, S. (2006). Estudio del orden Trichoptera (Insecta) en dos ecosistemas lóticos del municipio de Quibdó, Chocó-Colombia. *Libro Asoc. Colomb. Limnol.*, 1, 85–91.
33. Sánchez Durán, J. F. (2020). Impacto del plástico de un solo uso y alternativas para su sustitución en el municipio de Urao.
34. Miranda-Peña, L., Urquijo, M., Arana, V. A., García-Alzate, R., García-Alzate, C. A., & Trilleras, J. (2023). Microplastics occurrence in fish from Tocagua Lake, Low Basin Magdalena River, Colombia. *Diversity*, 15(7), 821. <https://doi.org/10.3390/d15070821>
35. Ríos, M. F., Márquez, F., Gatti, M., Galván, D. E., Bravo, G., Bigatti, G., & Brogger, M. I. (2020). Microplásticos: macroproblemas.
36. Windsor, F. M., Tilley, R. M., Tyler, C. R., & Ormerod, S. J. (2019). Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates. *Sci. Total Environ.*, 646, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.271>
37. O'Connor, J. D., Lally, H. T., Koelmans, A. A., Mahon, A. M., O'Connor, I., Nash, R., O'Sullivan, J. J., Bruen, M., Heerey, L., & Murphy, S. (2022). Modelling the transfer and accumulation of microplastics in a riverine freshwater food web. *Environ. Adv.*, 8, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.enadv.2022.100192>
38. Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundam. Limnol. Neotrop.* (2ª ed.) Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. p. 442.

39. Ospina-Arias, O., García-Cobas, G., Gordillo-Rivera, J., Tovar-Hernández, K. (2016). Evaluación de la turbiedad y la conductividad ocurrida en temporada seca y de lluvia en el río Combeima (Ibagué, Colombia). *Ing. Solidaria*, 12 (19): 19–36.
40. Escobar, A. F. S., Ubaque, C. A. G., & Bohórquez, M. L. V. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura*, 16, 185–193.
41. Rojas-Céspedes, M. G., Guevara, G., & Reinoso-Flórez, G. (2023). Chironomidae y su relación con variables fisicoquímicas en tres quebradas del río Combeima (Tolima, Colombia). *Rev. Asoc. Col. Cienc.*, 1(35), 32–45. <https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i35.283>