



DERIVA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN RÍO DE MONTAÑA TROPICAL (BOYACÁ, COLOMBIA)

María Sofía Nossa-Ramos* , Edna María Sánchez , Lucía Cristina Lozano ,
María Isabel Castro-Rebolledo 

Escuela de Ciencias Básicas y Aplicadas. Programa de Biología. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Autor para correspondencia: mnoassa38@unisalle.edu.co

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 08 de noviembre de 2024

RESUMEN

La deriva es un fenómeno común en ecosistemas acuáticos. Las comunidades de macroinvertebrados la utilizan para la colonización de nuevos hábitats. El objetivo de este trabajo fue evaluar la deriva de los macroinvertebrados acuáticos durante un ciclo diario en tres diferentes regímenes de caudal bajos, medios y altos, en la zona media del río Tota, Boyacá. Se recolectó el material durante un ciclo diario con la utilización de nueve mallas de deriva (200 - 250 μm de poro) por muestreo. En los tres períodos sólo el oxígeno disuelto (mg/l), la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y los fosfatos ($\text{PO}_4^{+}\text{mg/l}$) presentaron diferencias significativas. Los órdenes derivantes más representativos en los diferentes periodos de muestreo fueron Diptera y Ephemeroptera durante el ciclo diurno; sin embargo, para épocas de aguas bajas Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera dominaron la deriva en el ciclo nocturno. Los patrones de dominancia en la deriva de los organismos que varía a lo largo del ciclo diario están influenciados por las condiciones hidrológicas y fisicoquímicas del río. En el ciclo nocturno de aguas bajas, la deriva fue dominada por insectos como Trichoptera que son sensibles a la luz y a la temperatura, así como Plecoptera, que, debido a su mayor tamaño, evita depredadores. Además, individuos de Ephemeroptera de menor medida mostraron un comportamiento aperiódico, sugiriendo la influencia de factores adicionales en su desplazamiento.

Palabras clave: Ecosistema tropical, Ciclo diario, Transporte, Estacionalidad climática, Densidad.

ABSTRACT

Aquatic macroinvertebrate drift in a tropical mountain river (Boyacá, Colombia). Drift is a common phenomenon in aquatic ecosystems. Macroinvertebrate

communities use it for the colonization of new habitats. The objective of this study was to evaluate the drift of aquatic macroinvertebrates during a daily cycle in three different flow regimes: low, medium, and high, in the middle zone of the Tota River, Boyacá. The material was daily collected, using nine drift nets (200 - 250 μm pore size) per sampling. In the three periods, only dissolved oxygen (mg/l), temperature ($^{\circ}\text{C}$), and phosphates ($\text{PO}_4^{+}\text{mg/l}$) showed significant differences. The most representative derived orders in the different sampling periods were Diptera and Ephemeroptera during the diurnal cycle; However, for times of low water Trichoptera, Plecoptera, and Ephemeroptera dominated the drift in the nocturnal cycle. The hydrological and physicochemical conditions of the river influence the drifting dominance patterns of organisms that vary throughout the daily cycle. In the low-water nocturnal cycle, the drift was dominated by insects such as Trichoptera that are sensitive to light and temperature, as well as Plecoptera, which, due to its larger size, in order to avoid predators. Furthermore, smaller Ephemeroptera individuals showed aperiodic behavior, suggesting the influence of additional factors in their movement.

Keywords: Tropical ecosystem, daily cycle, transport, climatic seasonality, density.

INTRODUCCIÓN

Los ríos son componentes clave del ciclo hidrológico y desempeñan un papel fundamental en el transporte de agua desde las áreas terrestres hacia los océanos, constituyendo menos del 0.1% del agua dulce en el planeta siendo la dinámica de los ríos caracterizada por una heterogeneidad espacial y temporal que influye profundamente en su estructura ecológica y funcional (Castro y Donato, 2008a). La estabilidad ecológica de los ríos puede ser entendida



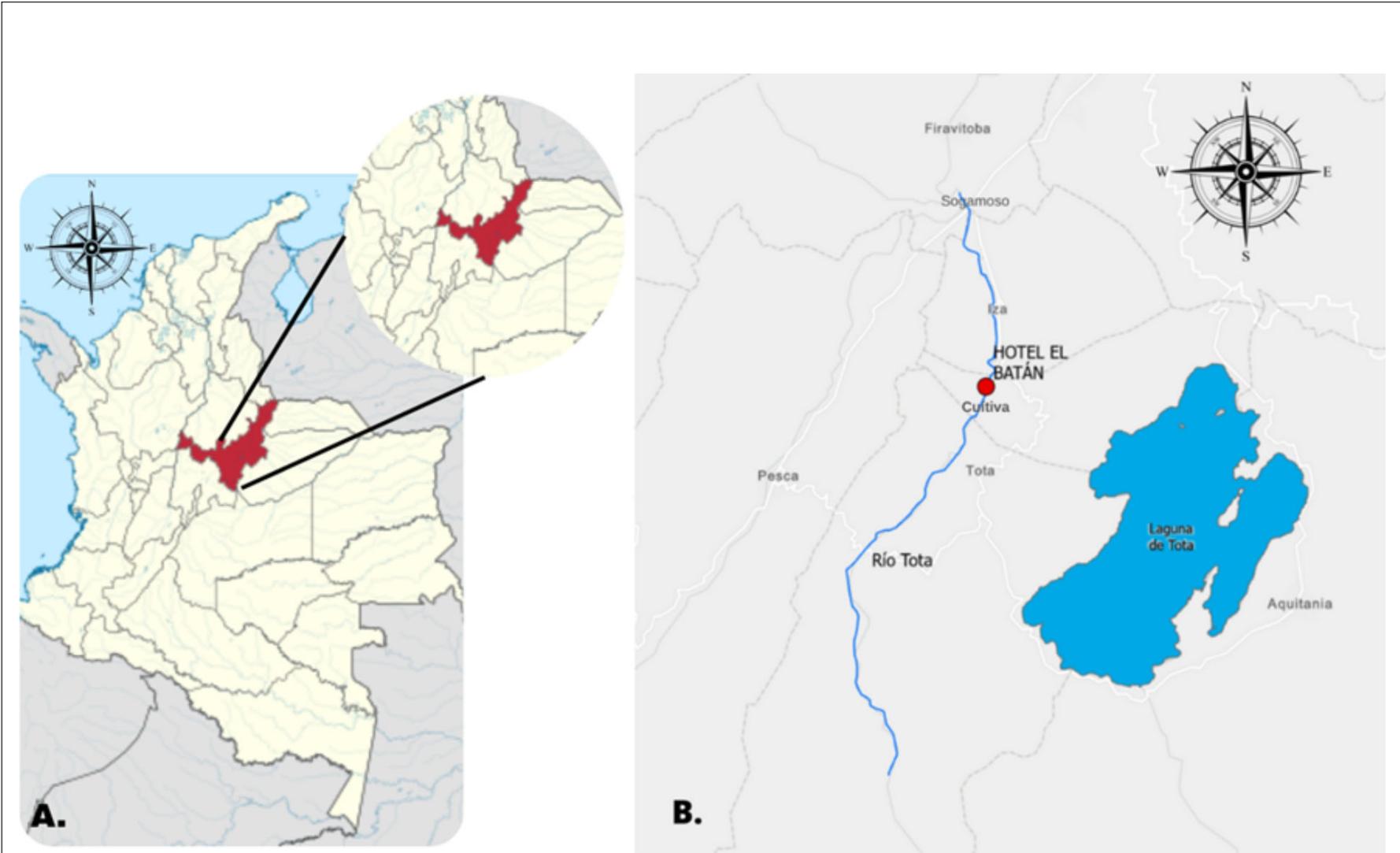
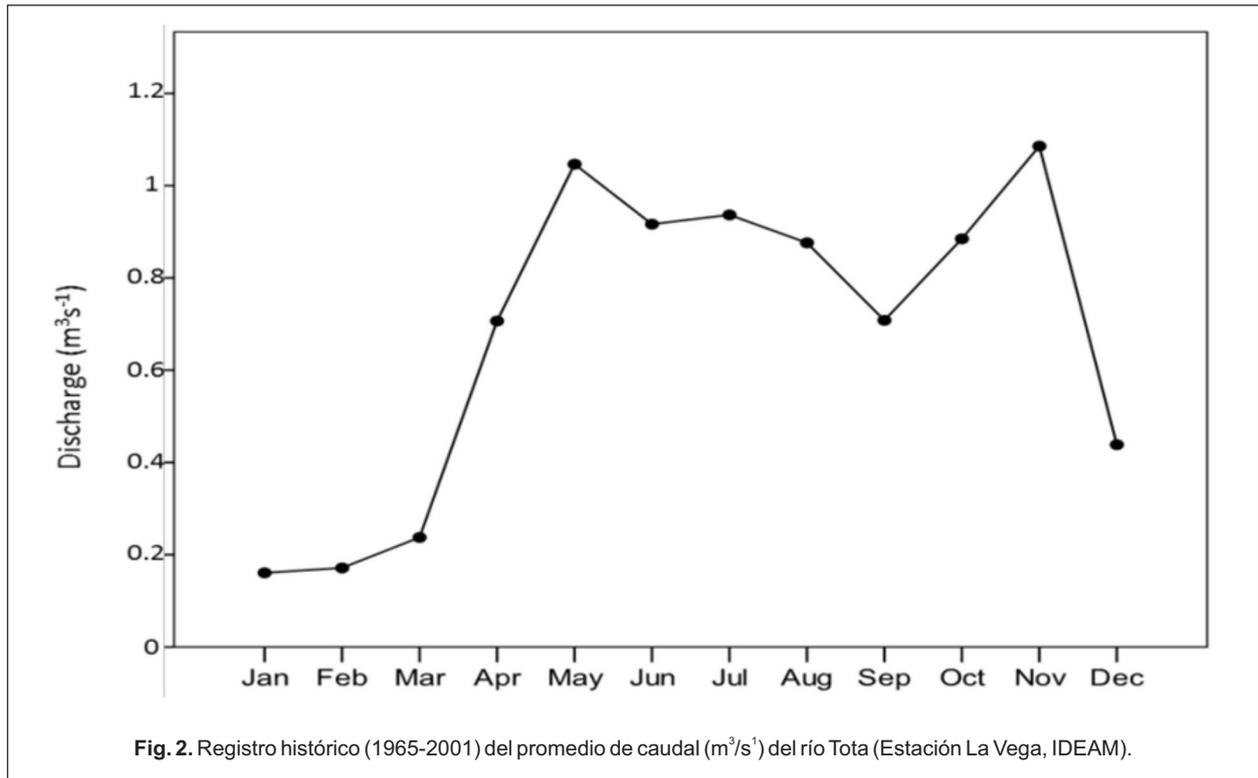


Fig. 1. Mapa de área de estudio, zona media. Cútiva, Boyacá. A) Mapa político de Colombia y del departamento de Boyacá. B) Mapa del punto de muestreo.



según Hurtado, García y Gutiérrez (2005), como una tendencia a mantener un equilibrio en la estructura y función de sus ecosistemas frente a las fluctuaciones ambientales y estacionales. Esta estabilidad es esencial para el equilibrio de los ecosistemas lóticos, ya que los cambios en el flujo de energía, las variaciones estacionales del caudal y otros factores ambientales afectan la biodiversidad y la salud de estos sistemas acuáticos (Hurtado et al., 2005); demostrando la vital importancia de estudiar los ecosistemas fluviales.

Un proceso clave en la dinámica de los ríos es la deriva de Macroinvertebrados Acuáticos (MA), que se define como el transporte de estos organismos a lo largo del curso del río (Tamaris, Rodríguez y Ospina, 2013). Este fenómeno es crucial para el ciclo de vida de los macroinvertebrados, ya que les permite escapar de condiciones desfavorables y colonizar nuevos hábitats (Mendoza, Montoya y Pérez, 2018). La deriva está influenciada por el aumento del flujo de agua, la presencia de depredadores y las modificaciones en las características físicas y químicas del agua (Callisto y Goulart, 2005; Rodríguez, 2006; Carrero, 2020). Los patrones de deriva también exhiben una variación temporal, con una mayor intensidad durante la noche en comparación con el día, lo cual se ha asociado a adaptaciones evolutivas para evitar a los depredadores y facilitar la reproducción (Naman, Rosenfeld y Richardson, 2016; Carrero, 2020).

El ensamblaje de los MA en los ríos está directamente relacionado con el proceso de deriva

(Carrero, 2020). La deriva modifica la composición de especies en diferentes tramos del río, influyendo en la dinámica de las poblaciones y en la estructura de las comunidades bentónicas (Hurtado et al., 2005). La capacidad natatoria de los macroinvertebrados, junto con sus estrategias de vida, determina cómo se desplazan en respuesta a las fluctuaciones del caudal y otros factores ambientales, afectando su distribución espacial y temporal en el ecosistema fluvial (Callisto y Goulart, 2005; Rodríguez, Ospina, Berrio, Cepeda, Castellanos y Valencia, 2006). Este trabajo tiene como objetivo responder a la pregunta ¿Cómo varía la deriva de los macroinvertebrados acuáticos en un río Altoandino? Esperamos que la deriva de macroinvertebrados acuáticos en arroyos tropicales de montaña varíe en función de los ciclos diurnos y nocturnos, (Castro, Hughes y Callisto, 2013), además de que los cambios estacionales en el caudal también influyan en esta dinámica (Cerna, Tamaris, Oliveros, Eslava, 2023).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área De Estudio

El río Tota, situado en el departamento de Boyacá en Colombia, tiene su origen en la cordillera oriental de los Andes Colombianos, específicamente en el páramo Las Alfombras, a una altitud de 2,834 metros sobre el nivel del mar (Castro, 2009). El área de estudio (5° 35' 13.0" N - 72° 59' 03.6" W) se encuentra en una

Tabla 1. Valores máximos y mínimos de parámetros fisicoquímicos e hidrológicos en los tres diferentes periodos hidrológicos (σ = Desviación Estándar).

PARÁMETRO	Aguas Bajas				Aguas Medias				Aguas Altas			
	Max	σ	Min	σ	Max	σ	Min	σ	Max	σ	Min	σ
OD* (mg/l)	6.54	0.05	4.94	0.07	7.44	0.02	6.64	0.01	6.87	0	6.00	0.03
Temperatura (°C)	20.93	0.29	16.13	0.23	12.03	0.15	16.77	0.21	19.93	0.25	13.27	0.06
Cond. ** (μ S/cm)	282.00	2.65	226.33	74.77	47.67	0.58	44.33	0.58	285.00	0	230.67	59.48
SST*** (mg/l)	185.67	60.05	132.33	3.79	23.67	0.77	22	0	142.00	0	118.67	2.08
pH	7.65	0.10	6.92	0.50	7.65	0.17	7.47	0.1	7.72	0	6.67	0
PO ₄	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0	0	0	0.50	0	0.17	0.14
NO ₂	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO ₃	33.33	14.43	10.00	0.00	20	8	10	0	25.00	0.00	15.00	8.66
NH ₄ ⁺	0.27	0.12	0.00	0.00	0.67	0.12	0.2	0	0.20	0.00	0.00	0.00
Caudal (m ³ /s)	0.04	0.03	0.02	0.01	0.72	0.25	0.47	0.09	4.34	0	0.06	0.02

*Oxígeno Disuelto

**Conductividad

***Sólidos Suspendidos Totales

zona media del río Tota, específicamente en la vereda La Vega, sector El Batán, en el municipio de Cúitiva (Fig. 1).

El río Tota tiene un régimen de lluvias bimodal, en donde los meses de abril-mayo y octubre-noviembre son los picos máximos, y un periodo seco entre diciembre y febrero, siendo en estos meses la precipitación promedio más baja (Castro y Donato, 2008b). El río, presenta un registro histórico del caudal en donde los valores máximos se dan entre mayo-junio, con un pico importante en octubre-noviembre y valores mínimos de diciembre-marzo (Fig. 2), siendo esta la información utilizada para hacer interpretaciones sobre el impacto del caudal en la deriva. El año de muestreo (2022-2023) fue un año atípico, debido a que la época de sequía se produjo en el mes de abril del 2022 y la época de lluvias se produjo en el mes de febrero del 2023.

Fase de Campo

El muestreo se realizó en un tramo de aproximadamente de 30 metros en la zona media del río, durante tres diferentes regímenes de caudal determinados según datos históricos de los siguientes parámetros (Abuhatab, 2011): la precipitación y caudal. El período con bajos niveles de precipitación y caudales se denominó "Aguas Bajas", mientras que los niveles medios se llamaron "Aguas Medias" y los niveles altos, "Aguas Altas". Se establecieron tres puntos de muestreo a lo largo del tramo con 10 m de diferencia en donde por cada punto, se instalaron tres redes de deriva, paralelas a lo ancho del punto. Este

proceso de recolecta de las muestras se realizó en un ciclo de 24 horas con un intervalo de cuatro horas, 18:30, 22:30, 2:30, 6:30, 10:30, 14:30, obteniendo seis colectas en cada periodo hidrológico, con un total de 54 muestras por el ciclo diario. Para el periodo de Aguas Altas solo se obtuvieron 14 muestras debido a la pérdida de réplicas producto de los altos caudales. Para recolectar cada muestra se usaron redes de deriva con un área de captura de 35 x 35 cm y un largo de 90 cm, hechas con malla de poro entre 200 - 250 μ m. En el sitio de recolecta se fijaron con varillas a 9 réplicas en cada periodo hidrológico. El material recolectado fue lavado en tamices de 200 a 500 μ m de poro y fue preservado en bolsas de calibre grueso Ziploc® con etanol al 96%. Al final del estudio, se tomaron un total de 122 muestras.

Parámetros Hidrológicos Y Fisicoquímicos

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos, al igual que Carrero (2020), se hizo uso de una sonda multiparamétrica HANNA (Eijkelkamp) registrando parámetros *in situ* como pH, Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (mg/L), Conductividad (μ S/cm) y porcentaje de saturación de oxígeno (%). Adicionalmente, se recogió una alícuota de agua para la medición de los nutrientes como nitrato (mg/L), fosfato (mg/L), amonio (mg/L) (Martinez y Donato, 2003), conservándolas congeladas hasta su medición en el laboratorio. Asimismo, en cada malla de recolecta se tomaron datos de la velocidad de la corriente que pasa por la boca de cada red mediante el uso de un flujómetro de sonda múltiple MiniAir20-By Schiltknecht así como el

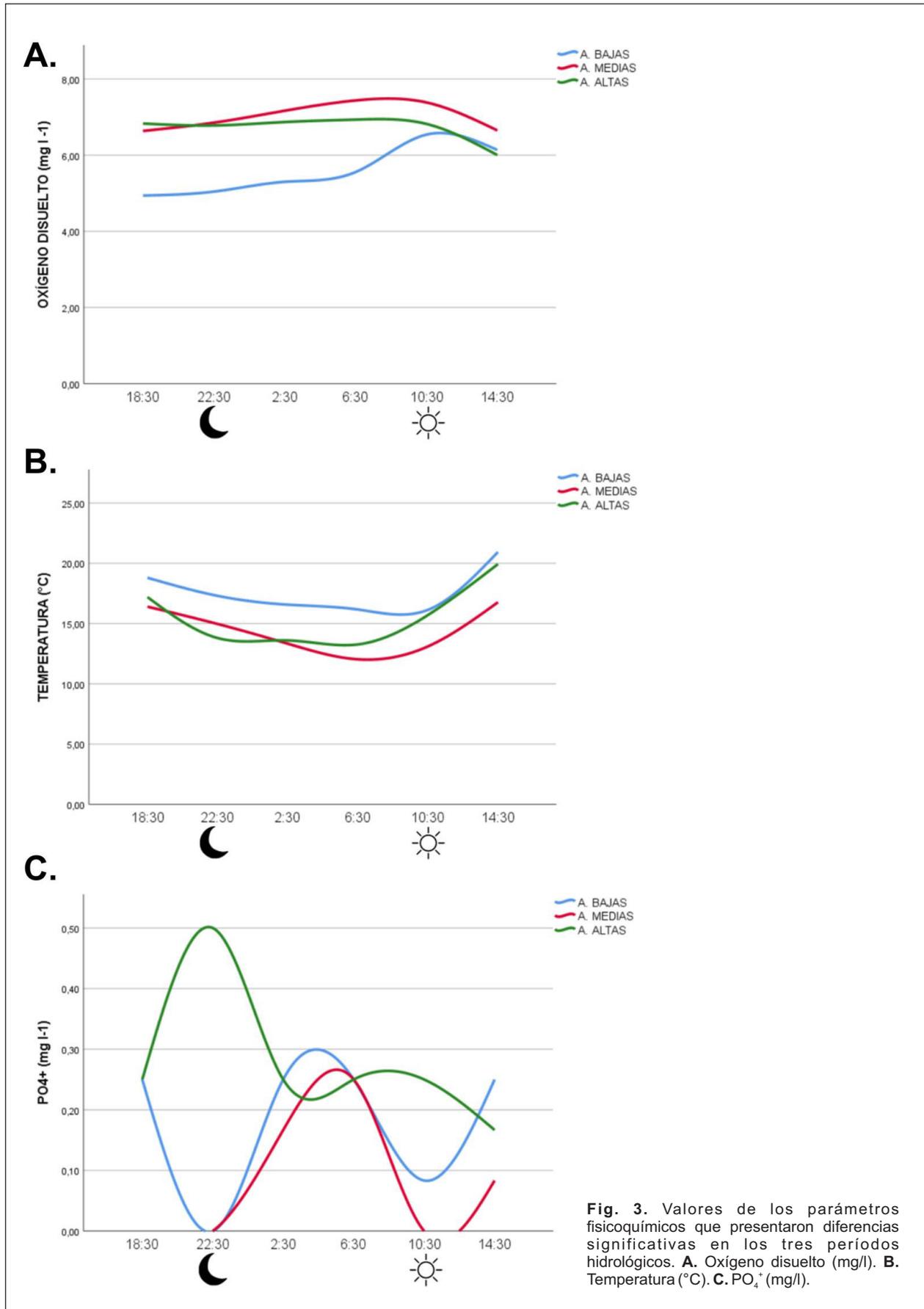


Tabla 2. Valores de parámetros fisicoquímicos e hidrológicos. * Valores con diferencias significativas ($p < 0.05$). ** Valores con diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tres periodos hidrológicos.

PARÁMETROS	Aguas Bajas		Aguas Medias		Aguas Altas	
	F	p	F	p	F	p
OD* (mg/l)	182.720	0.001**	233.800	0.001**	112.100	0.001**
Temperatura (°C)	74.133	0.001**	415.600	0.001**	480.360	0.001**
Conductividad (µS/cm)	1.012	0.452	7.786	0.002*	2.264	0.114
SST** (mg/l)	1.905	0.167	7.800	0.002*	125.200	0.001*
pH (mg/l)	3.600	0.032*	0.600	0.701	9.400	0.001*
PO ₄ ⁻ (mg/l)	10.600	0.001**	4.800	0.012**	7.720	0.002**
O ₂ (mg/l)	5.592	0.007*	0	0	0	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	6.435	0.004*	1.333	0.315	2.100	0.136
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1.000	0.458	3.200	0.046*	4.800	0.012*
Caudal (m ³ /s)	0.111	0.988	1.459	0.273	16.620	0.001*

*Oxígeno Disuelto

**Sólidos Suspendidos Totales

área sumergida de la misma (m²) para la medición del caudal (m/s) para el cálculo de individuos derivantes por m³/s.

Fase de Laboratorio

Identificación de macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados y materia orgánica se separaron bajo estereomicroscopio CARL ZEISS y se preservaron en alcohol al 70 %. Los organismos fueron identificados y clasificados hasta el menor nivel taxonómico posible por medio de las claves taxonómicas de Roldan (1996), Darrigran, Darrigran, Vilches, Legarralde, y Damborenea (2007), Domínguez, Molineri y Nieto (2009), McCafferty (1981), Socha (2020) y Andino, Espinosa, Guevara y Santander (2017). Se calculó la densidad de deriva de la población de macroinvertebrados de acuerdo con la ecuación modificada de Hauer y Lamberti (2006):

$$D = (Ab) / (T.V.A)$$

Donde D= densidad de deriva (ind/m), Ab= Abundancia de la población derivante (ind); T= Tiempo de exposición de la red (s); V= Velocidad de la corriente en la boca de la red de deriva (m/s); A= Área sumergida de la red (m²).

La densidad de deriva por cada periodo hidrológico se evaluó dadas las horas de recolecta en el ciclo diario. Para la densidad de los organismos en el ciclo día-noche, las horas 6:30, 10:30, 14:30 fueron tomadas para día y las horas 18:30, 22:30, 2:30 para noche.

Análisis de Datos

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico IBM SPSS Statistics 26 (Collazos, 2019).

Todos los parámetros fisicoquímicos, hidrológicos y variables biológicas cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para reportar diferencias significativas de las variables entre los intervalos de hora por cada periodo hidrológico se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor. Las diferencias significativas de las variables tomadas en el estudio se evaluaron con la prueba paramétrica Post-Hoc de Tukey con un nivel de significancia del 0.05.

RESULTADOS

Parámetros Fisicoquímicos e Hidrológicos

De los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos registrados en los tres periodos hidrológicos (Tabla 1), sólo el oxígeno disuelto (Fig. 3A), la temperatura (Fig. 3B) y los fosfatos (Fig. 3C) presentaron diferencias significativas (Tabla 2); mientras que, la conductividad, los sólidos suspendidos totales y los nutrientes se mantuvieron relativamente constantes a lo largo del muestreo

Variación de Macroinvertebrados Acuáticos (MIA) Abundancia Total de Macroinvertebrados Acuáticos

A lo largo del estudio se recolectaron en total 18,912 individuos, distribuidos en 37 taxones. El periodo con el menor número de individuos fue aguas altas (7.37%), seguido por aguas bajas (8.70 %) y aguas medias (83.92%), respectivamente. Los 5 órdenes más representativos fueron Diptera (49.70%), Ephemeroptera (27.55%), Trichoptera (9.17%), Coleoptera (5.09%) y Hemiptera (4.09%). En el

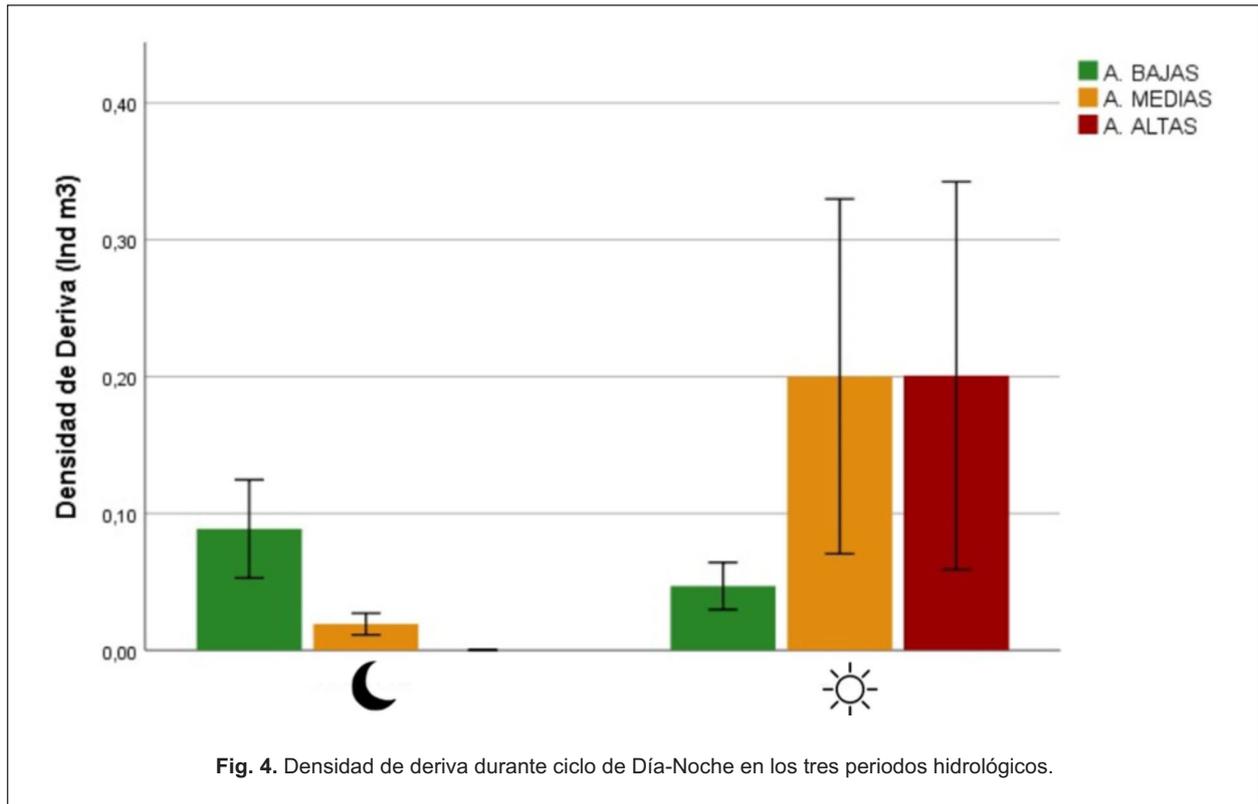


Fig. 4. Densidad de deriva durante ciclo de Día-Noche en los tres periodos hidrológicos.

periodo de aguas bajas, los organismos más abundantes fueron *Americabaetis* sp. (26.16%), *Orthoclaadiinae* sp. 2 (8.62%) y *Heterelmis* sp. (8.07%); mientras que en aguas medias dominaron *Simulium* sp. (30.79%), *Camelobaetidium* sp (10.39%) y *Orthoclaadiinae* sp.3 (8.31%); por último, en aguas altas, *Simulium* sp. (40.02%), *Nectopsyche* sp. (14.99%) y *Americabaetis* sp. (9.46%), representaron la mayor cantidad de individuos (Tabla 3).

Densidad de Deriva Ciclo Día - Noche

En los periodos de aguas bajas ($F=0.30$; $p < 0.03$) y medias ($F=7.54$; $p < 0.006$) se presentaron diferencias significativas a lo largo del ciclo diario (día-noche) (Figura 4). En el periodo hidrológico de las aguas bajas, reportamos el doble de deriva en las horas de la noche (10.85 ind/m^3) a diferencia de las horas del día donde se presentaron valores de 5.73 ind/m^3 . En contraste a las aguas bajas, derivan mayor cantidad de organismos en las horas del día (24.50 ind/m^3) que en las horas de la noche (2.33 ind/m^3). Cabe resaltar que en aguas altas solamente se registró el valor de los organismos derivantes (24.49 ind/m^3) en las horas del día, ya que las lluvias impidieron el muestreo en la noche.

Durante el período hidrológico de aguas bajas, a lo largo del ciclo diario *Americabaetis* sp. fue el grupo más derivante en la noche con densidades correspondientes al 29.76% del total de individuos registrados, mientras que para el día se obtuvo un

16.75%. Con respecto a aguas medias y altas, *Simulium* sp. destacó como el grupo dominante siendo en la noche de aguas medias un 28.75% de la representatividad de los organismos totales, así como en el día con 32.97%; para aguas altas, registró un valor dominante de 48.55% durante el día.

Intervalos de hora de deriva por cada periodo hidrológico

Durante el periodo hidrológico de aguas bajas, la familia Baetidae dominó la deriva de organismos, alcanzando una representatividad del 25.81% al inicio del ciclo nocturno (5.44 ind/m^3). Este patrón se mantuvo constante a lo largo de los diferentes intervalos del ciclo diario. En contraste, en los periodos de aguas medias y altas, la familia Simuliidae mostró sus máximos entre las 10:30 y las 14:30, con representatividades del 32.17% y 29.78%, respectivamente (Tabla 4). Es importante destacar que, en estos dos últimos periodos, aguas medias ($F=7.98$; $p < 0.001$) y aguas altas ($F=3.24$; $p < 0.007$), se presentan cambios significativos en la deriva durante el ciclo diario.

DISCUSIÓN

La dinámica de la deriva es un importante proceso a estudiar, cuando se quiere entender la ecología de los ríos de montaña andinos, ya que al estar estos

Tabla 3. Abundancia de los géneros dominantes en cada periodo hidrológico. (Ab=Abundancia)

	Taxones	Ab	X	$\bar{\sigma}$
Aguas Bajas	<i>Americabaetis</i> sp	431	71.83	34.44
	Orthocladiinae sp.2	142	23.67	30.46
	<i>Heterelmis</i> sp	133	22.17	11.99
	<i>Nectopsyche</i> sp	115	19.17	11.97
	<i>Simulium</i> sp	115	15.83	15.81
Aguas Medias	<i>Simulium</i> sp	4887	814.5	468.9
	<i>Camelobaetidius</i> sp	1650	275	377.5
	Orthocladiinae sp.	31320	220	54.14
	<i>Americabaetis</i> sp	1310	218.3	121.3
	Orthocladiinae sp.2	855	142.5	81.51
Aguas Altas	<i>Simulium</i> sp	558	93	155.3
	<i>Nectopsyche</i> sp	209	34.83	52.12
	<i>Americabaetis</i> sp	132	22	44.43
	<i>Heterelmis</i> sp	121	20.17	26.51
	Orthocladiinae sp.3	69	11.5	23.4

sistemas condicionados por la hidrología (Castro y Donato, 2015) se hace evidente la relación de los patrones estacionales y la estructura de las comunidades acuáticas. En este trabajo se pudo determinar que la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto y los fosfatos presentes en el agua están relacionados con la deriva de macroinvertebrados; es posible, que los procesos fotosintéticos en temporadas de baja precipitación aumenten debido al incremento de la radiación solar y las altas temperaturas, lo que incide en las comunidades de algas, y por lo tanto, en la presencia de los invertebrados en el río Tota (Castro y Donato, 2015). Las fuertes lluvias y el incremento del caudal provocaron que el registro de datos en el periodo de aguas altas fuera incompleto a lo largo del ciclo diario, mostrando valores del caudal durante el día; sin embargo, se observó que la mayor densidad de organismos derivantes ocurrió durante el periodo de aguas medias. Estos resultados sugieren que el caudal si está relacionado con el incremento de la deriva, ya que al aumentar estos valores se genera mayor cantidad de arrastre de los organismos presentes en el río, facilitando la colonización y dispersión hacia nuevos hábitats (Castro et al., 2013).

Los grupos dominantes en la deriva de macroinvertebrados del río Tota fueron Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, concordando con lo planteado por Castro y Donato, (2015), donde establecen que además de los órdenes ya mencionados, Coleoptera y Hemiptera son representativos en el sistema. Este patrón en la deriva de los principales órdenes de estos insectos está influenciado, principalmente, por factores fisicoquímicos e hidrológicos, así como por la

morfología de estos organismos que les permite desplazarse fácilmente, colonizar nuevos hábitats (Aguirre, Rodríguez y Ospina, 2012; Quesada, 2020), y adherirse a sustratos para optimizar su supervivencia y movilidad en condiciones de alto caudal (Elosegui y Sabater, 2009).

En cuanto al ciclo diurno en los diferentes periodos estacionales, los resultados mostraron que, tanto en el río Tota como en el río Peje (Nariño), los organismos tienden a derivar más durante el día. Esto es especialmente notable en los grupos de Diptera (*Simulium* sp. y las subfamilias Orthocladiinae sp.2, Orthocladiinae sp.3 y Chironomiinae) y Ephemeroptera (*Americabaetis* sp.) (Rodríguez et al., 2006). Este comportamiento coincide con lo señalado por Allan, Castillo y Capps (2021) y Quiñones, Ramírez y Díaz (1998), quienes afirman que la deriva diurna se relaciona con la baja presencia de depredadores, lo que a su vez genera una falta de periodicidad en el proceso (Flecker, 1992; Wilcox, Peckarsky, Taylor y Encalada, 2008). Este comportamiento se interpreta como una adaptación evolutiva frente a los depredadores activos durante el día, lo que sugiere que la deriva nocturna facilita la búsqueda de alimento y reduce el riesgo de predación (Collazos, 2019). En relación con el ciclo nocturno, principalmente en aguas bajas, la deriva estuvo dominada por insectos de los órdenes Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera; los primeros, al ser sensibles a la luz y a altas temperaturas, se desplazan principalmente en la noche (Brusven, 1970), mientras que los segundos, de mayor tamaño, lo hacen también en este ciclo para evitar a los depredadores (Katano, Isoe y Oishi, 2005). Por último, Ephemeroptera debido a su menor

Tabla 4. Densidad de deriva (Ind/m³) de las familias más representativas en los tres periodos hidrológicos en un ciclo diario.

PERIODO HIDROLÓGICO	Órdenes	18:30	22:30	2:30	6:30	10:30	14:30
Aguas Bajas	Ephemeroptera	0.713	0.589	0.394	0.198	0.390	0.273
	Coleoptera	0.608	0.408	0.343	0.280	0.111	0.474
	Trichoptera	0.359	0.225	0.180	0.134	0.111	0.127
	Hemiptera	0.164	0.032	0.026	0.020	0.262	0.136
	Diptera	0.344	0.107	0.097	0.086	0.095	0.328
Aguas Medias	Ephemeroptera	0.022	0.206	0.117	0.306	0.833	0.047
	Coleoptera	0.034	0.132	0.040	0.087	0.965	0.056
	Trichoptera	0.019	0.025	0.022	0.032	1.314	0.048
	Hemiptera	0.043	0.021	0.019	0.013	1.220	0.020
	Diptera	0.098	0.153	0.074	0.200	4.027	0.274
Aguas Altas	Ephemeroptera	0.000	0.000	0.000	0.007	0.409	1.393
	Coleoptera	0.000	0.000	0.000	0.035	0.887	1.471
	Trichoptera	0.000	0.000	0.000	0.007	0.737	0.536
	Hemiptera	0.000	0.000	0.000	0.000	0.214	0.245
	Diptera	0.000	0.000	0.000	0.004	1.770	1.730

tamaño presentan un patrón de deriva aperiódico, sugiriendo que factores adicionales influyen en su comportamiento (Rodríguez, Jurado y Rodríguez, 2022).

CONCLUSIONES

En el río Tota, se puede determinar que las variaciones fisicoquímicas e hidrológicas pueden influir en la deriva de los macroinvertebrados acuáticos, destacando como parámetros tales como el oxígeno disuelto, la temperatura y los fosfatos influyen en la deriva de organismos. Asimismo, el aumento del caudal incrementa directamente en la deriva de macroinvertebrados facilitando su dispersión y colonización hacia nuevos hábitats. Los grupos más representativos en la deriva son los que dominan la abundancia del río Tota; sin embargo, existen diferencias en estas dominancias de grupos en la deriva diurna y nocturna, ya que, con la luz del sol derivan Ephemeroptera y Diptera y en su ausencia derivan Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera. Además, este trabajo abre nuevas preguntas sobre el rol de la materia orgánica y los depredadores en la modulación de estos patrones, sugiriendo que futuras investigaciones deberían centrarse en estas variables para profundizar la comprensión de las comunidades acuáticas en sistemas fluviales tropicales. La interpretación de los patrones de deriva en sistemas acuáticos tropicales de montaña, específicamente del río Tota, Boyacá (Colombia) permite comprender la ecología de los sistemas fluviales tropicales andinos y el efecto que presenta las variaciones hidrológicas sobre la estructura y dinámica de las comunidades biológicas.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad de La Salle por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación; asimismo, al Hotel Termal El Batán por su colaboración y hospitalidad durante el periodo de campo. Finalmente, extendemos nuestro reconocimiento a los revisores del artículo por sus valiosos comentarios y sugerencias, los cuales contribuyeron significativamente a mejorar la calidad de este manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J., Rodríguez, J., & Ospina, R. (2012). Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, río Gaira, Santa Marta - Colombia. *Intropica*, 7(1), 9-19.
- Allan, J.D. (1995). *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. https://www.academia.edu/8760051/Stream_Ecology_Structure_and_Function_of_Running_Waters
- Allan, J.D., Castillo, M.M., & Capps, K.A. (2021). Trophic relationships. En J.D. Allan, M.M. Castillo y K.A. Capps (Ed.). *Stream ecology*. Third Edition (247-284). Gewerbestrasse, Cham, Suiza: Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61286-3_9
- Amaya, A.M. (2008). *Colonización de sustratos artificiales por macroinvertebrados: Influencia de las variables hidrológicas*. En J. Donato (Ed.). *Ecología de un río de montaña de los*

- Andes colombianos (Río Tota, Boyacá)* (pp. 167-180). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Ecologia_de_un_Rio_de_Montana_de_los_Andes_Colombianos/Rio_Tota_1_4_de_agosto_2008_.pdf
- Andino, P.R., Espinosa, E.A., Guevara, E., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos. Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación, y OCP Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/4-Cartilla_Identificacion_Macroinvertebrados_2017.pdf
- Brusven, M.A. (1970). Drift Periodicity and upstream dispersion of stream insects. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 67(1), 48-59. <https://journal.entsocbc.ca/index.php/journal/article/view/1747/1819>
- Callisto, M., & Goulart, M. (2005). Invertebrate drift along a longitudinal gradient in a Neotropical stream in Serra do Cipó National Park, Brazil. *Hydrobiologia*, 539, 47-56. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10750-004-3245-4.pdf?pdf=button>
- Carrero, J.C. (2020). *Estudio preliminar de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera de un río altoandino del municipio de Rondón, Boyacá* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. Repositorio Virtual Universidad de La Salle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1096&context=biologia>
- Carrillo, D., Carvajal, S., Coto, J.M., Salgado, V., Herrera, J., Rojas, D., & Benavidez, C. (2013). *Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005-2010*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). <http://hdl.handle.net/11056/7468>
- Castro, E. (2009). *Uso y manejo del agua de la cuenca del río Tota. Bogotá, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79879>
- Castro, M.I., y Donato, J.C. (2008a). Aspectos generales sobre la ecología de los ríos. En J.C. Donato (Ed.), *Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá)* (pp. 15-26). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77816>
- Castro, M.I., y Donato, J.C. (2008b). *El entorno natural del río Tota*. En J.C. Donato (Ed.), *Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá)* (pp. 73-79). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77816>
- Castro, M.I., y Donato, J.C. (2015). Emergence patterns in tropical insects: The role of water discharge frequency in an Andean stream. *Annales de Limnologie*, 51(2), 147-155. <https://www.limnology-journal.org/articles/limn/pdf/2015/02/limn140045.pdf>
- Castro, D.M., Hughes, R.M., y Callisto, M. (2013). Influence of peak flow changes on the macroinvertebrate drift downstream of a Brazilian hydroelectric dam. *Brazilian Journal of Biology*, 73, 775-782. <https://www.scielo.br/j/bjb/a/fdSM8xW7TQcBCYpM9qDNpFt/?lang=en>
- Cerna, D., Tamaris, C.E., Oliveros, J., y Eslava, P. (2023). Variabilidad de comunidades de macroinvertebrados acuáticos en charcas temporales del norte de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), 1-15. <https://www.redalyc.org/journal/449/44975700027/html/>
- Collazos, Z.L. (2019). *Patrón temporal de deriva de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada Salinas, municipio de Sotará - Cauca* [Tesis de grado de Maestría, Universidad del Cauca, Colombia]. Repositorio virtual Universidad del Cauca, Colombia. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/6632/Patr%C3%B3n%20temporal%20de%20deriva%20de%20la%20comunidad%20de%20macroinvertebrados%20acu%C3%A1ticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Collazos, Z.L., y Gutierrez, J. (2023). Deriva temporal de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Salinas, Sotará-Cauca (Colombia). *Revista Novedades Colombianas*, 14-26. <https://doi.org/10.47374/novcol.2023.v18.2376>
- Cruz, T.G. (2021). *Influencia de la precipitación sobre el oxígeno disuelto y temperatura, en la quebrada Misquiyaquillo; Moyobamba* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4109/1/ING.%20SANITARIA%20-%20Thal%C3%ADA%20Gisvel%20Cruz%20Carranza.pdf>
- Darrigran, A., Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T., y Damborenea, C. (2007). *Guía para el estudio de macroinvertebrados: Métodos de colecta y técnicas de fijación*. La Plata, Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. <http://hdl.handle.net/1834/19531>
- Díaz, C.A., Motta, A.J., y Aranguren, N. (2020). Estudio de la diversidad taxonómica y funcional de los macroinvertebrados en un río de montaña Andino. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 132-149. <https://doi.org/10.15517/RBT.V68IS2.44345>

- Domínguez, E., Molineri, C., y Nieto, C. (2009). Chapter 3: Ephemeroptera. En E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos*, (pp. 55-57). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonico_s_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia
- Donato, J.C. (2008). *Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (río Tota, Boyacá)*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Ecologia_de_un_Rio_de_Montana_de_los_Andes_Colombianos/Rio_Tota-1__4_de_agosto_2008_.pdf
- Donato, J.C., y Galvis, G. (2008). Tipología de ríos colombianos -Aspectos generales-. En J.C. Donato (Ed.), *Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá)* (pp. 27-54). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77816>
- Elosegui, A., y Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas de ecología fluvial*. Bilbao, España: Fundación BBVA.
- Flecker, A.S. (1992). Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: Evidence from Neotropical streams. *Ecology*, 73(2), 438-448. <https://doi.org/10.2307/1940751>
- Hauer, F.R., y Lamberti, G.A. (2006). *Methods in stream ecology*. Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Academic Press. <https://sdp2013.files.wordpress.com/2013/12/bahan-bacaan-dr-bu-maya-methods-in-stream-ecology.pdf>
- Hurtado, S., García, F., y Gutiérrez, P.J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(3), 271-286.
- Katano, I., Isobe, Y., y Oishi, T. (2005). Diel Periodicity in the Drift of the Fourth Instar *Micrasema quadriloba* (Trichoptera: Brachycentridae) Larvae in Relation to Body Size. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 38, 17-21. <https://koreascience.kr/article/JAKO200518317185978.pdf>
- Martínez, L.F., y Donato, J.C. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 25(2), 337-354. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39386>
- McCafferty, W.P. (1981). *Aquatic Entomology*. London, UK: Jones and Bartlett Publishers. https://books.google.com/books/about/Aquatic_Entomology.html?id=wiTq7x-fl_OC
- Mendoza, M.D., Montoya, J.V y Pérez, B.Y. (2018). Diel periodicity of aquatic macroinvertebrate drift in a coastal stream in northern Venezuela. *Neotropical Biodiversity*, 4, 45-54. <https://doi.org/10.1080/23766808.2018.1450056>
- Naman, S.M., Rosenfeld, J.S., y Richardson, J.S. (2016) Causes and consequences of invertebrate drift in running waters: from individuals to populations and trophic fluxes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(8), 1292-1305. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0363>
- Quesada, F. (2019). *Estimación de caudales ambientales utilizando macroinvertebrados acuáticos: una propuesta metodológica* [Tesis de grado de Maestría, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio]. Repositorio Virtual Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. <https://hdl.handle.net/10669/80386>
- Quiñones, M.L., Ramírez, J.J., y Díaz, A. (1998). Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de ritral del Río Medellín. *Actualidades Biológicas*, 20(69), 75-86. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329780>
- Rodríguez, C., Jurado, Y., y Rodríguez, V. (2022). Estructura numérica de los insectos acuáticos en la deriva y su relación con la comunidad bentónica, en un tramo del río Zaratí, provincia de Coclé, Panamá. *Tecnociencia*, 24(1), 45-62.
- Rodríguez, J., Ospina, R., Berrío, M., Cepeda, B., Castellanos, G., y Valencia, M. (2006). Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 47-53. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/39057>
- Roldan, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Universidad de Antioquia. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Sánchez, E.M., y Nossa, M.S. (2023). *Deriva de Macroinvertebrados Acuáticos y su relación con la materia orgánica en el río Tota (Boyacá, Colombia)*. [Tesis de grado de Pregrado, Universidad de La Salle, Colombia]. Repositorio Virtual Universidad de La Salle, Colombia. https://ciencia.lasalle.edu.co/context/biologia/article/1201/viewcontent/TG_20191009_2023.pdf
- Socha, A. (2020). *Los macroinvertebrados acuáticos del curso alto del río Bogotá (Cundinamarca-Colombia): Análisis y guía de campo ilustrada para su identificación* [Trabajo de grado de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Virtual Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá.

- <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2743>
- Tamaris, C., Rodríguez, J., y Ospina, R. (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la sierra nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia*, 35 (1), 149-163. <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n1/v35n1a11.pdf>
- Tilman, D. (2001). *Functional diversity*. In S.A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (109–120). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Academic Press. <https://doi.org/10.1006/rwbd.1999.0154>
- Vásquez, J.M., y Reinoso, G. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 351-358. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v38n2/v38n2a30.pdf>
- Wilcox, A.C., Peckarsky, B.L., Taylor, B.W., & Encalada, A.C. (2008). Hydraulic and geomorphic effects on mayfly drift in high-gradient streams at moderate discharges. *Ecohydrology*, 1(2), 176-186. <https://doi.org/10.1002/eco.16>

Editores de Sección:

Natalia Vargas López, Marina Tagliaferro,
Jeymmy Milena Walteros-Rodríguez