

## Ecología trófica y reproductiva del bagresito endémico *Trichomycterus nigromaculatus* (Siluriformes: Trichomycteridae) en el río Gaira, Colombia

## Trophic and reproductive ecology catfish endemic of *Trichomycterus nigromaculatus* (Siluriformes: Trichomycteridae) in Gaira River, Colombia

Eduardo J. Ibarra-Trujillo<sup>1</sup>  y Carlos A. García-Alzate<sup>1, 2</sup> 

1. Programa de Biología, Colecciones Científicas, Museo de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

2. Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible, Popayán, Colombia

### Resumen

El río Gaira, en Minca, SNSM, sufre una transformación acelerada de sus paisajes naturales, fomentada por actividades como el turismo y la agricultura. Esto es preocupante considerando que allí habita una diversidad de especies endémicas como el pez *Trichomycterus nigromaculatus*. El objetivo del trabajo fue analizar aspectos de la dieta y la reproducción de *T. nigromaculatus*. Para ello, se realizaron siete muestreos abarcando los periodos hidroclimáticos del área de estudio. Los peces fueron capturados empleando una red de arrastre y una atarraya, y las variables fisicoquímicas se midieron *in situ*. Durante el estudio se analizó el contenido estomacal de 245 ejemplares de *T. nigromaculatus* a través de métodos numéricos, volumen y frecuencia de ocurrencia. Se calcularon factores como el índice de importancia alimentaria, el coeficiente de vacuidad, la amplitud del nicho trófico, el factor de condición y la sección reproductiva. Con las gónadas se determinaron la proporción de sexos, el índice gonadosomático, la fecundidad, las tallas mínima y media de madurez sexual y el diámetro de los ovocitos. El río Gaira, considerado mesotrófico con tendencia a la eutrofización, presentó un aumento en variables como pH y conductividad eléctrica del agua. Con respecto a la dieta de *T. nigromaculatus*, el coeficiente de vacuidad de los ejemplares fue de 13,88 %, y se observó un comportamiento omnívoro con principal consumo de larvas *Simulium* sp. e insectos. El factor de condición indicó que la especie estuvo bien alimentada. Se identificó una proporción sexual 1:1,5, con 73 machos y 50 hembras. Los machos alcanzaron la talla media de madurez sexual a los 90,46 mm (longitud estándar [LE]), y las hembras, a los 63,0 mm LE. La relación gonadosomática indicó tres eventos reproductivos, en los que la fecundidad fue menor en bajas lluvias, con 194 ovocitos, y mayor en altas lluvias, con 369. El diámetro del ovocito fue de 0,07 mm en promedio.

**Palabras clave:** diversidad; ecología; peces tropicales de agua dulce; teleosteos

### Abstract

The Gaira River, in Minca, SNSM, undergoes an accelerated transformation of its natural landscapes, promoted by activities such as tourism and agriculture; This is worrisome considering that there is a diversity of endemic species such as the fish *Trichomycterus nigromaculatus*. The objective of the work was to study aspects of the diet and reproduction of *T. nigromaculatus*; for this, seven samplings were carried out covering the hydroclimatic periods of the study area; the fish were collected with a trawl net and cast net, the physicochemical variables were measured *in situ*. During the study, the stomach contents of 245 specimens of *T. nigromaculatus* were analyzed using numerical methods, volume, and frequency of appearance; Factors such as the food importance index, the void coefficient, the amplitude of the trophic niche, the condition factor, the reproductive section with the gonads, the sex ratio, the gonadosomatic index, fecundity, minimum sizes mean sexual maturity and diameter of the oocyte. The Gaira River is considered mesotrophic with a tendency to eutrophication, variables such as pH and electrical conductivity of the water showed an increase. Regarding the diet of *T. nigromaculatus*, the void coefficient of the specimens was 13.88 %, presenting an omnivorous behavior with the main consumption of *Simulium* sp. and insects; the condition factor indicated that the species was well-fed. A sexual relationship of 1:1.5 was identified with 73 males and 50 females; males reached a mean size at sexual maturity at 90.46 mm SL and females at 63.0 mm SL. The gonadosomatic relationship indicated three reproductive events, in which fecundity was lower with 194 oocytes in low and 369 in high precipitation; the oocyte diameter was 0.07 mm on average.

**Key words:** diversity; ecology; freshwater tropical fish, teleost

#### \*Autor de correspondencia:

[carlosgarciaa@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:carlosgarciaa@mail.uniatlantico.edu.co)

**Editor:** Jairo Altamar

**Recibido:** 23 junio de 2023

**Aceptado:** 26 de junio de 2023

**Publicación en línea:** 27 junio de 2023

**Citar como:** Ibarra-Trujillo, E. J. y García-Alzate, C. A. (2023).

Ecología trófica y reproductiva del bagresito endémico

*Trichomycterus nigromaculatus* (Siluriformes: Trichomycteridae)

en el río Gaira, Colombia. Intropica, (18), 86 – 99.

<https://doi.org/10.21676/23897864.4670>

### Introducción



En el río Gaira, se desarrollan actividades turísticas permanentes que proveen de sustento económico a la población ribereña del corregimiento de Minca (Duran-Izquierdo y Olivero-Verbel, 2021; Ibarra-Trujillo y García-Alzate, 2017). La ictiofauna de las partes media y alta de este río está compuesta por cuatro especies: *Hemibrycon sierraensis*, *Poecilia gillii*, *Sicydium* sp. y una del género *Trichomycterus*, el cual cuenta con 42 especies distribuidas en el piedemonte transandino y en los sistemas fluviales montañosos de Colombia (DoNascimento *et al.*, 2020). Concretamente, *Trichomycterus nigromaculatus* se encuentra en la cuenca de los sistemas Caribe-bajo Magdalena (Castellanos-Morales y Galvis 2012; García-Alzate *et al.*, 2020). Se trata de un pez de hábitos nocturnos que vive por lo general asociado a pequeños charcos con gran cantidad de hojarasca, bajo la cual permanece oculto. Ahora bien, no se encuentran precedentes que den cuenta sobre la dieta y el ciclo reproductivo de estos organismos ya que los estudios ecológicos en poblaciones de alta montaña neotropical siguen siendo reducidos (Román-Valencia 1998; Villa-Navarro *et al.*, 2015).

De hecho, el conocimiento de aspectos tróficos y reproductivos de las especies ícticas es de importancia para entender su biología básica. Particularmente, la dieta resulta fundamental si se quiere determinar el papel trófico de las especies dentro de la comunidad y entender cómo se distribuye el alimento en el ecosistema, información vital para la elaboración de acciones de conservación y manejo (Da Costa *et al.*, 2021; Villa-Navarro *et al.*, 2015).

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) comprende el sistema montañoso con mayor elevación en zonas costeras a nivel mundial (5.775 msnm). Se considera una de las fuentes hídricas y uno de los centros de diversidad y endemismo más importantes de Colombia. Además, en 1986 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

(Unesco) la declaró Reserva del Hombre y la Biosfera. Los patrones climatológicos de esta formación son particulares debido a su distancia geográfica de la cordillera de los Andes (Prosierra, 1998). Sin embargo, sufre una rápida transformación de sus paisajes naturales y, por ende, una pérdida irreparable de su biodiversidad, fomentada en mayor medida por actividades antropogénicas como el turismo acelerado y la agricultura (Duran-Izquierdo y Olivero-Verbel, 2021). Estas circunstancias ameritan generar información necesaria y útil para la estructuración y articulación de planes o estrategias que promuevan la conservación de las especies de la SNSM y su hábitat. Teniendo en cuenta lo anterior, y que se dispone de poca información sobre la ecología de *T. nigromaculatus*, una especie endémica para Colombia (Castellanos-Morales y Galvis, 2012), se estudiaron aspectos de su ecología trófica y reproductiva con el objetivo de obtener información necesaria que permita promover la conservación de esta especie y de sus hábitats.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El trabajo se realizó en el río Gaira, a la altura del corregimiento de Minca, en el municipio de Santa Marta, ubicado al norte del departamento del Magdalena, en las estribaciones de la SNSM, Caribe, Colombia (11°8'32" N-74°7'7" W) a 670 msnm. El corregimiento registra una temperatura anual promedio de 24,5 °C y un modelo de distribución de la precipitación con un periodo de lluvias altas desde abril hasta noviembre y otro de bajas entre diciembre y marzo. El promedio de precipitación mensual de la región entre 2004 y 2014 fue de 207,1 mm, con octubre como el periodo más lluvioso, con 470,3 mm de media, y febrero como el más seco, con 0,3 mm (figura 1).

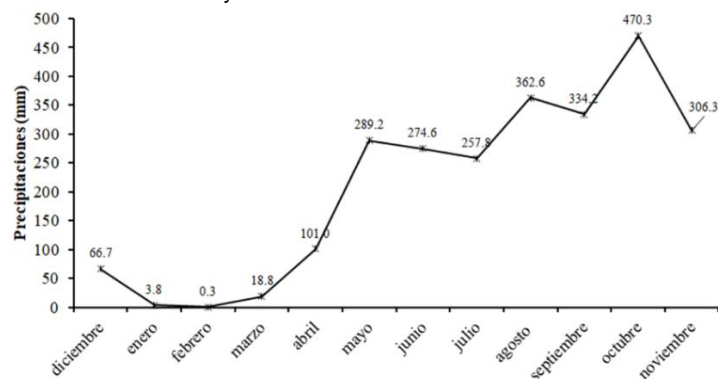


Figura 1. Precipitación promedio mensual en estación Minca, SNSM, Caribe, Colombia. Años 2004 a 2014. Datos de estación pluviométrica Minca del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

### Fase de campo

Se realizaron siete muestreos entre marzo de 2016 y febrero de 2018, incluyendo los periodos de bajas lluvias (abril de 2017, junio de 2017, agosto de 2017 y octubre de 2017) y los de altas lluvias (marzo de 2016, diciembre de 2017 y febrero de 2018) para la zona. Las capturas de los ejemplares se llevaron a cabo entre las 18:00 h y las 24:00 h, utilizando una red de arrastre de 4 m de largo y 1,5 m de altura, con un tamaño de ojo de malla de 0,5 cm, y una atarraya de 2 m de diámetro con un ojo de malla de 0,5 cm. Se hicieron barridos a favor y en contra de la corriente, y de ribera a ribera, con el fin de incluir todos los biotopos del río (Ibarra-Trujillo y García-Alzate, 2017; Morales y García-Alzate, 2016).

Inmediatamente tras la captura, los ejemplares recoletados se depositaron en neveras de poliestireno con hielo para evitar la digestión del contenido estomacal y para su posterior traslado al laboratorio en la Universidad del Atlántico, Barranquilla. En cada individuo se registró el peso total (g) con una balanza analítica Adventurer Pro AV 264, de hasta cuatro cifras de precisión (0,0001 g). También se determinaron la longitud total y la estándar (mm) con un calibrador digital hasta centésimas de milímetro. Los peces fueron disectados con un corte uroventral para extraer estómagos, intestinos y gónadas. Cada una de estas estructuras se pesó (g) en una balanza analítica y se midió (mm) con un calibrador digital, y luego fueron fijadas en alcohol al 70 % y depositadas en frascos plásticos debidamente rotulados con la información del ejemplar: número de etiqueta y de ejemplar, fecha y lugar de recolección, sexo y estructura fijada (Morales y García-Alzate, 2016).

Los ejemplares fueron etiquetados asimismo con un número, fecha, lugar y el nombre del recolector. Posteriormente, se fijaron en formol al 10 % y se conservaron en alcohol al 70 % para depositarlos en la colección de peces del Museo de Colecciones Biológicas de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, región Caribe, Colombia (UARC-IC).

El total de ejemplares se distribuyeron en tallas según su longitud estándar (LE), al utilizar las ecuaciones:

$$A=N/R, R=\sqrt{n} \text{ y } N=\text{Máx}-\text{Mín.}$$

donde:

A=amplitud de los intervalos.

R=número de intervalos.

n=número de observaciones.

Máx=valor máximo.

Mín=valor mínimo.

Además, en cada muestreo se evaluaron variables fisicoquímicas in situ como: caudal (m<sup>3</sup>/s), pH (con un potenciómetro LAB-KITS ELE-711), temperaturas del aire y superficial del agua (°C) (con una estación meteorológica portátil PROOF modelo ADC-Pro), oxígeno disuelto (mg/L) (con un equipo multiparamétrico Hanna Instruments®), y conductividad (μs/cm) y salinidad (mg/L) (con un conductímetro Weilheim Cond 3110).

### Fase de laboratorio

Para evaluar la dieta, el contenido del estómago y de la primera porción del intestino se depositó en cajas Petri y se examinó en un microscopio Leica DM500. Estas muestras se clasificaron por grupos taxonómicos o categoría trófica, de acuerdo a su origen y con ayuda de claves (Domínguez y Fernández, 2009; Roldán, 1988; Streble y Krauter, 1987).

El contenido estomacal se analizó con el método numérico (%N)  $N=(ni/Np)*100$ , donde ni es el número total de representantes de la presa i; Np es el número total de presas consumidas; el método volumétrico (%V), al colocar una hoja de papel milimétrica de 10 x 10 cuadros, en el fondo de una caja Petri, el contenido fue depositado en la caja donde fue extendido y separados por ítems alimenticios, el número total de cuadros ocupados por los distintos ítems del mismo estómago representa el 100 % de la dieta de ese individuo; y el método de frecuencia de ocurrencia (%FO):  $FO\% = Ei/Et*100$ , donde Ei es el número de estómagos con la presa i; Et es el número total de estómagos examinados (Hyslop, 1980).

Para estimar las presas de mayor aporte en la dieta de la especie objeto de estudio, se aplicó el Índice de Importancia Alimentaria (I.A) por medio de la ecuación:  $IA = (\%V \times \%FO)/100$ , donde se relaciona el porcentaje del volumen (%V) con la frecuencia (%FO) de cada ítem alimenticio (Kawakami y Vazzoler, 1980; Lauzanne, 1975).

Con el fin de comprobar la distribución de los datos, se realizó una prueba de bondad de ajustes (Shapiro-Wilk) a los valores de número, volumen y frecuencia de ocurrencia de los ítems alimenticios. Seguidamente, se empleó el modelo Kruskal-Wallis (K-W) para observar la significancia estadística de las diferencias de la dieta consumida entre periodos climáticos, sexo, tallas y las variables fisicoquímicas de cada uno de los muestreos. Además, se ejecutó la prueba de igualdad de medias entre las variables fisicoquímicas y los periodos climáticos por medio del programa Past 3.0, en Windows.

Se calculó la amplitud del nicho trófico a partir del Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') (1949), por medio de la

ecuación:  $H' = (-\sum p_i \ln p_i)$  donde,  $p_i$  es el número de individuos del  $i$ ésimo componente trófico por el total de organismo de la muestra. La proporción de la diversidad observada se comparó con la máxima diversidad esperada por medio del índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) (Krebs, 1998)  $J' = H'/H_{max}$ ; donde,  $H_{max}$  es el logaritmo natural del número de componentes tróficos por muestra, cuyos valores tiene un rango de cero (0) a uno (1), cuando son menores a 0,6 la especie se considera especialista, cercanos a 1 ó mayores de 0,6 su espectro es generalista.

También se analizó el coeficiente de vacuidad ( $V_a$ ) (Hyslop, 1980), que permite conocer el periodo de alimentación de la especie a partir de la ecuación  $V_a = (n/N) \times 100$ , donde  $n$  es el número de estómagos vacíos y  $N$  es el número de estómagos examinados. Asimismo, se evaluó el factor de condición  $K$  (Vazzoler, 1996) para conocer el grado de robustez y desarrollo del pez, que presupone un incremento alométrico del peso como función del tamaño del individuo al aplicar la ecuación  $K = W_t / LE^b$ , donde  $W_t$  es el peso total del ejemplar (g),  $LE$  representa la longitud estándar (mm) y  $b$  corresponde al coeficiente angular de la regresión entre  $W_t$  y  $LE$ .

De igual forma, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) con los valores de frecuencia de ocurrencia para cada ítem alimenticio con respecto a la estructura de talla, con el fin de estimar el porcentaje de variación de la dieta y determinar qué presas se agrupan con las estructuras de tallas. A su vez, se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) con el índice de importancia alimentaria por cada ítem alimenticio por monitoreo y las variables fisicoquímicas registradas durante cada fase, para establecer la relación o influencia de estas sobre la dieta de la especie.

Para estimar los aspectos reproductivos, se halló la proporción de sexos (Wenner, 1972) a partir de la ecuación  $\%machos = 100 \times (N_m / N_t)$ , donde  $N_m$  es el número de machos y  $N_t$  indica el número total de individuos, y luego se aplicó la prueba chi-cuadrado para identificar diferencias entre sexos. La talla media de madurez sexual se determinó mediante el método estadístico gráfico, cuando más del 50 % de la

población entró en el periodo reproductivo (Sokal y Rohlf, 1995). También se consideró la relación gonadosomática (RGS) (Vazzoler, 1996), que asocia el avance de la maduración ovocitaria con el peso del cuerpo y refleja el grado de desarrollo de la gónada. Esta variable se calculó a través de la ecuación  $RGS = W_o / W_e \times 100$ , donde  $W_o$  es el peso de la gónada y  $W_e$  es el peso del cuerpo ( $W_t - W_o$ ;  $W_t$  = peso total). Otro dato analizado fue la fecundidad (Ricker, 1968), identificada por el método de las submuestras secas, que consta de un secado en horno digital Memmert a 40 °C durante 25 minutos para el posterior conteo directo con la balanza analítica Adventurer Pro AV 264, de hasta cuatro décimas de precisión (0,0001 g).

Por último, se aplicó la ecuación:  $F_a = \sum n^o / N^o$ , donde  $n^o$  = número de ovocitos por hembra,  $N^o$  = número total de hembras; con el fin de obtener el valor promedio de ovocitos en cada uno de los muestreos. El diámetro de los ovocitos se determinó con ayuda de papel milimetrado mediante la alineación de todos los ovocitos secos, posibles en 10 mm y el número total se dividió en 10, este procedimiento se repite tres veces para obtener un promedio por cada gónada, según el método de sub muestras secas (Ricker, 1968), e incluye desviación estándar (D.E).

## Resultados

### Hábitat

El Gaira es un río meándrico irregular que se encuentra representado en su recorrido por un sustrato rocoso y un alto número de cascadas. En la investigación, presentó un caudal promedio de 1,4 m<sup>3</sup>/s en bajas lluvias y 3,5 m<sup>3</sup>/s en altas lluvias. Las temperaturas ambiente y superficial del agua fueron, en promedio, de 23,9 °C y 22,1 °C durante las bajas lluvias y de 23,2 °C y 20,8 °C en altas lluvias, respectivamente. El oxígeno disuelto en general fue alto: 5,9 mg/L durante las bajas lluvias, con una disminución a 5,6 mg/L para la época de altas lluvias, mientras que la conductividad fue baja: de 77,7 µs/cm para las bajas lluvias y 56,6 µs/cm en altas lluvias. Finalmente, el pH tuvo tendencia a la basicidad, con 7,8 en bajas lluvias y una reducción a un valor neutro de 6,9 en altas lluvias (tabla 1).

Tabla 1. Datos fisicoquímicos en el río Gaira, SNSM, vertiente Caribe, Colombia.

Variable	Bajas Lluvias				Altas Lluvias			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
<b>Color</b>	<b>Cristalino</b>				<b>Marrón</b>			
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,8	2,3	1,4	0,92	1,7	5,2	3,5	1,42
Temperatura ambiente (°C)	20,4	25,8	23,9	2,10	20,1	24,7	23,2	1,62
Temperatura superficial del agua (°C)	19,3	25,9	22,1	2,37	19,4	22,4	20,8	1,06
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,25	7,77	5,9	1,38	3,57	6,8	5,6	1,24
pH	7,2	8,9	7,8	0,66	5,67	7,7	6,9	0,77
Conductividad (µS/cm)	37,4	101,0	77,7	22,79	29,5	76,4	56,6	13,88

No se observaron diferencias significativas en las variables fisicoquímicas entre los muestreos ( $p=0,982$ ) y periodos de precipitación ( $p=0,295$ ). En general, el sistema se comportó como un ambiente mesotrófico con tendencia a la eutrofización.

**Morfología del tracto digestivo**

*T. nigromaculatus* tiene un sistema digestivo bien definido, con una boca en posición subterminal y un par de barbicelos en el ángulo de esta, generalmente con dos o más series de dientes caniniformes. El estómago sacular se ubica en la parte dorsal anterior de la cavidad abdominal, y la especie tiene un intestino corto con una longitud promedio de 27,6 mm (4,6-95,6 mm).

**Dieta**

Al examinar a 245 individuos y sus estómagos, se determinaron 29 ítems alimenticios. En general, *T. nigromaculatus* se reveló en

la investigación como una especie omnívora con tendencia a consumir una alta diversidad de larvas de insectos ( $H'=0,70$ ) (tabla 2). El coeficiente de vacuidad ( $V_a$ ) de 13,88 % equivale a 34 estómagos vacíos: 18 en altas lluvias y 16 en baja precipitación.

La dieta estuvo constituida además por una menor proporción de insectos adultos (95,01 %N, 88,54 %V, 90,23 %F y 97,23 %IA), pertenecientes a restos de estos organismos (72,78 %IA), seguidos por especies del orden Diptera, principalmente Chironomidae morfo1 (9,06 %IA), al igual que *Simulium* sp. (8,94 %IA). Como alimento circunstancial o de menor importancia estuvieron el componente vegetal, constituido por material no identificado (hojas y fibras) (2,51 % IA), y los insectos alóctonos (Hymenoptera), representados por las familias Formicidae (0,020 %IA) y Vespidae (0,014 %IA).

Tabla 2. Dieta de *T. nigromaculatus* en el río Gaira, SNSM, vertiente Caribe, Colombia. %N: porcentaje numérico, %V: porcentaje de volumen, %FO: porcentaje de frecuencia observada, IA: índice de importancia alimentaria, L: larva, A: adulto, C: casa, P: pupa.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Ítem	%N	%V	%F	% IA	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> sp. (L)	1,7	2,11	2,7	0,4	
			Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i> sp. (L)	0,49	0,25	0,62	0,01
		Chironomidae		Chironomidae morfo1, (L)	28,35	11,44	11,23	9,06	
		Chironomidae		Chironomidae morfo2, (L)	8,39	3,96	4,57	1,28	
		Chironomidae		Chironomidae (P)	3,28	2,07	4,57	0,67	
		Psychodidae		<i>Maruina</i> sp. (L)	1,46	0,83	1,04	0,06	
		Psychodidae		<i>Clognia</i> sp. (L)	1,58	1,39	2,29	0,22	
		Simuliidae		<i>Simulium</i> sp. (L)	36,01	9,1	13,93	8,95	
		Simuliidae		<i>Simulium</i> sp. (P)	0,97	0,52	1,66	0,06	
				Restos Diptera	0,12	2,45	2,7	0,47	
		Ephemeroptera		Baetidae	<i>Baetodes</i> sp. (L)	5,6	3,96	4,78	1,34
					Restos Ephemeroptera	0	0,19	0,42	0,01
		Hemiptera		Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> sp. (A)	0,85	0,48	0,62	0,02
		Hymenoptera		Formicidae	Formicidae	0,49	0,35	0,83	0,02
				Vespidae	Vespidae	0,36	0,33	0,62	0,01
		Lepidoptera		Pyralidae	Pyralidae (Crambinae) (L)	0,24	0,41	0,42	0,01
		Megaloptera		Corydalidae	Corydalidae (L)	0,12	2,59	0,21	0,04
		Odonata			Restos Odonata	0,24	0,87	0,62	0,04
		Trichoptera		Helicopsychidae	Helicopsychidae (C)	2,55	3,38	1,66	0,4
			<i>Smicridea</i> sp.(L)		0,12	0,08	0,21	0	
			Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp. (L)	2,07	1,49	1,87	0,2	
				Restos Trichoptera	0	5,08	3,33	1,19	
				Restos insectos	0	35,2	29,31	72,78	
Mollusca	Gastropoda	Architaenioglossa	Ampullariidae	<i>Pomacea</i> sp.	0,12	0,04	0,21	0	
		Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymanea</i> sp.	0,12	0,04	0,21	0	
				Restos Gastropoda	0	1,28	0,42	0,04	
Plantae				Restos vegetales	0	6,86	5,2	2,52	
Plantae				Semilla	0,24	0,97	0,21	0,01	
Plantae				Fruto	0	0,85	0,21	0,01	
				Sustrato (roca)	4,5	0,83	2,7	0,16	
				Sedimento	0	0,6	0,62	0,03	

Tanto en altas como en bajas lluvias los restos de insectos fueron el ítem de mayor aporte en la dieta, con 62,98 %IA y 78,51 %IA, respectivamente. Sin embargo, en bajas lluvias dominaron las larvas de *Simulium* sp. (10,20 %IA), seguidas de restos vegetales (7,18 %IA), mientras que en altas lluvias hubo un mayor consumo de larvas de Chironomidae morfo1 (16,45 %IA), así como de *Simulium* sp. (7,39 %IA). Se observaron diferencias significativas de la dieta entre los periodos de lluvias en volumen (K-W V: 4,25, p=0,038) y frecuencia de ocurrencia (K-W F: 4,75, p=0,029).

Variación de la dieta entre tallas

Se estimaron ocho intervalos de tallas (I a VIII), con una escala de 29,22-122,14 mm de LE y una amplitud de 11,6 mm entre ellas. La talla II fue la más abundante (40,83-52,43 mm LE), con 74 individuos (30,20 %). Siguen las tallas III (52,44-64,04 mm LE), con 56 ejemplares (22,86 %) y I (29,22-40,82 mm LE), con 49 individuos (20,00 %). Finalmente, las tallas VII (98,88-110,48 mm LE) y VIII (110,49-122,14 mm LE) fueron las menos abundantes, con seis ejemplares (2,45 %) y dos (0,82 %), respectivamente (figura 2).

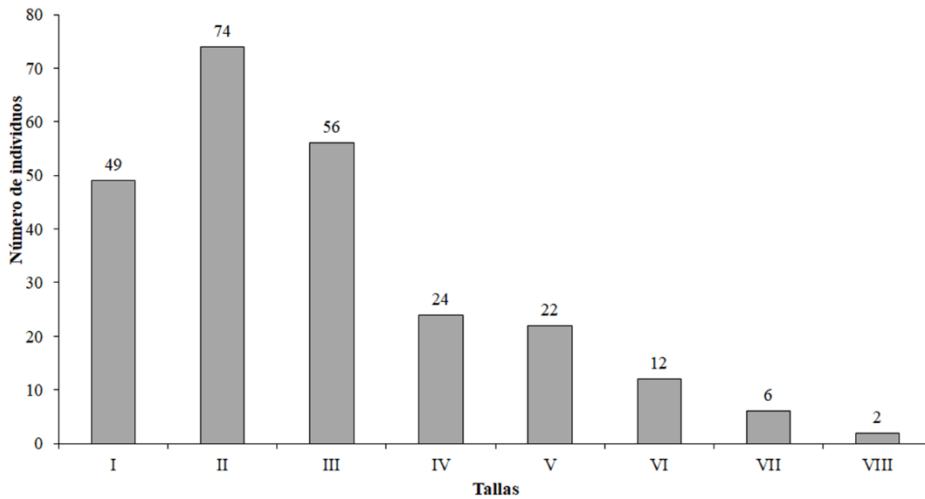


Figura 2. Frecuencia de tallas de *T. nigromaculatus*, en el río Gaira, SNSM, Caribe, Colombia.

Entre la dieta y las estructuras de tallas se encontraron diferencias significativas en número (K-W,  $p=1,06 \times 10^{-5}$ ), volumen (K-W,  $p=6,68 \times 10^{-8}$ ) y frecuencia de ocurrencia (K-W,  $p=3,41 \times 10^{-9}$ ) de los ítems consumidos. El ACP entre la dieta y la estructura de tallas indicó que los dos primeros ejes del componente explicaron el 71,09 % de la variación; específicamente, el CP1 explicó el 58,03 %, y el CP2, el 13,05 % de la variación total.

Los ejemplares entre 29,22 mm y 64,04 mm (tallas I, II y III) se encuentran muy cercanos entre sí por el consumo de restos de

insectos y larvas de Chironomidae morfo1 como los de mayor aporte en la dieta. La talla IV, por su parte, registró también restos de insectos como el ítem de mayor consumo, aunque en menor cantidad que las tallas I, II y III. Para las tallas V y VI, con una baja proporción, dominaron los restos de insectos, seguidos de Trichoptera con Helicopsychidae y restos de Trichoptera respectivamente. En las tallas VII y VIII se evidenciaron los menores consumos de larvas de insectos, lo cual está asociado con que son las que presentaron la menor abundancia durante el estudio (figura 3 y tabla 3).

Tabla 3. Valores propios de los componentes principales para la dieta de *Trichomycterus nigromaculatus* en el río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca Caribe, Colombia.

PC	Autovalores	% varianza
1	174,01	58,03
2	39,14	13,05

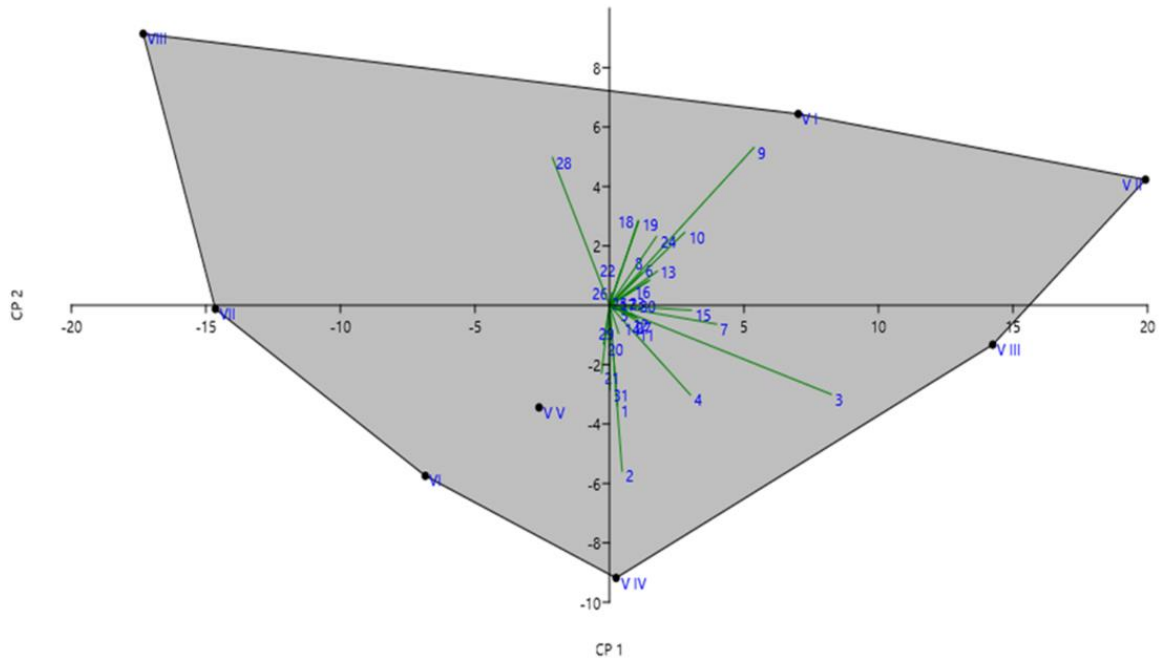


Figura 3. ACP para la dieta por tallas de *T. nigromaculatus* en el río Gaira, SNSM, Caribe, Colombia. Componente 1 en el eje Y; componente 2 en el eje X.

El factor de condición K osciló entre 1,47 y 4,64 e indicó que la especie se encuentra bien alimentada y con un alto grado de robustez. En ese sentido, se observó que las hembras (K=3,28) estaban mejor alimentadas con respecto a los machos (K=2,25). Asimismo, en hembras el valor más bajo (K=2,27, DE=0,9) se

presentó en bajas lluvias (marzo), mientras que el más alto (K=4,64, DE=1,4) se obtuvo en altas lluvias (abril). En machos, de igual forma, el registro más bajo fue en bajas lluvias (febrero) (K=1,47, DE=0,3), y el más alto (K=3,17, DE=1,7), en altas lluvias (octubre) (figura 4).

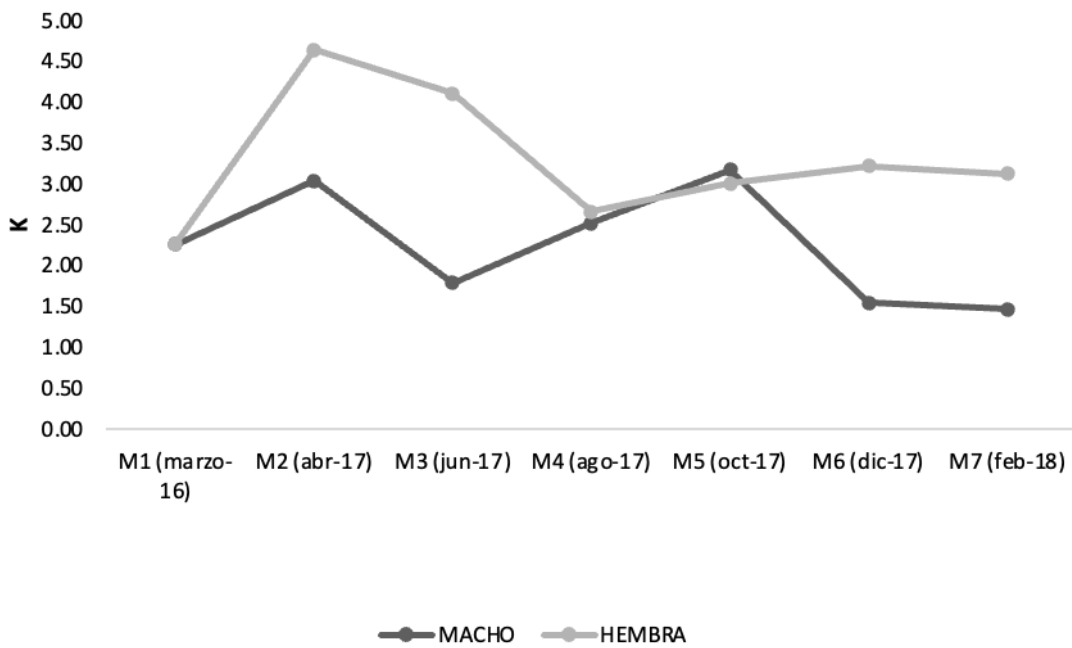


Figura 4. Factor de condición (K) para machos y hembras de *T. nigromaculatus*, en el río Gaira, SNSM, Caribe, Colombia.

Por otra parte, el ACC entre la dieta y variables fisicoquímicas in situ indicó que los dos primeros ejes del componente explicaron el 71,62 % de la variación. Así, el CP1 explicó el 49,84 %, y el CP2, el 21,78 % de la variación total (figura 5 y tabla 4). También se evidenció que el primer eje presentó el valor propio más alto (0,22;  $p=0,47$ ), lo que indica una leve variación del sistema (figura 5). De esta manera, el primer eje y el segundo se asociaron positivamente con el pH y la temperatura ambiente en M5 (agosto de 2017) y el registro de larvas de insectos de las

familias Chironomidae, Baetidae y restos de Trichoptera. Además, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica estuvieron asociados negativamente en el eje 1 y positivamente en el eje 2 con el hallazgo de insectos y restos vegetales en M3 (junio de 2017), M6 (diciembre de 2017) y M7 (febrero de 2018). Por último, se observa que el registro ocasional de algunos ítems (sustrato, sedimentos, semilla, Formicidae, Pomacea sp., *Lymanea* sp., fruto) no estuvo relacionado con las variables fisicoquímicas in situ (figura 5).

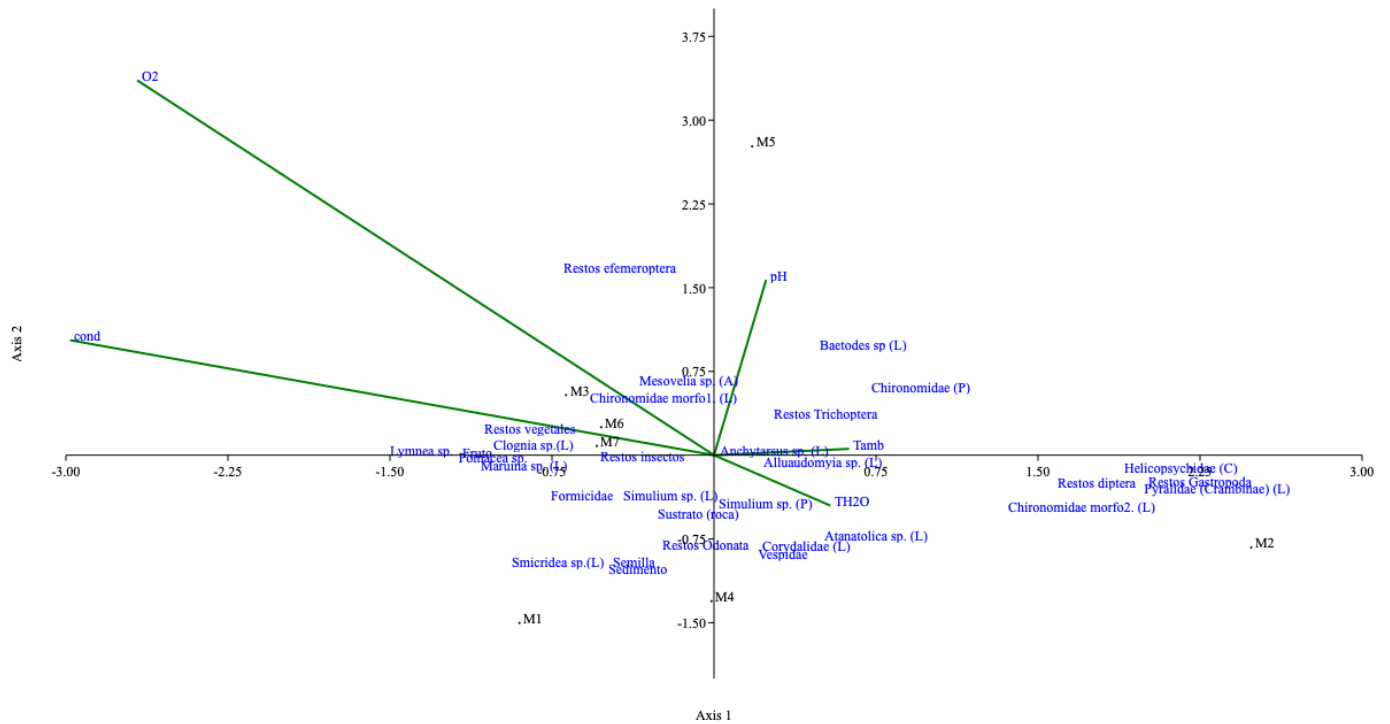


Figura 5. ACC para la dieta de *T. nigromaculatus* y variables in situ en el río Gaira, SNSM, Caribe, Colombia. Componente 1 en el eje Y; componente 2 en el eje X.

Tabla 4. Valores propios de los componentes principales para la dieta de *T. nigromaculatus* y variables fisicoquímicas en el río Gaira, SNSM, cuenca Caribe, Colombia.

PC	Autovalores	% varianza
1	0,22187	49,84
2	0,096951	21,78
3	0,08159	18,33
4	0,044769	10,06
5	8,80E-09	1,98E-06



### Aspectos reproductivos

De los 245 ejemplares recolectados, 122 fueron indeterminados sexualmente, mientras que a 123 se les logró determinar el sexo: 73 machos (59,3 %) y 50 hembras (40,7 %). De esta forma, se observó relación 1:1,5 hembra-macho, sin diferencias significativas ( $\chi^2=11,51$ ,  $p=0,07$ ).

Las hembras dominaron únicamente en febrero de 2018, con 11

individuos (8,9 %), lo que coincide con el periodo de bajas lluvias, mientras que los machos registraron la mayor abundancia en el resto de los muestreos, con la proporción más alta en bajas lluvias, durante marzo de 2016 y diciembre de 2017, con 25 (20,3 %) y 13 ejemplares (10,6 %) respectivamente. La talla media de maduración sexual en hembras fue de 63,0 mm de LE, mientras que en machos fue de 90,46 mm de LE (figura 6).

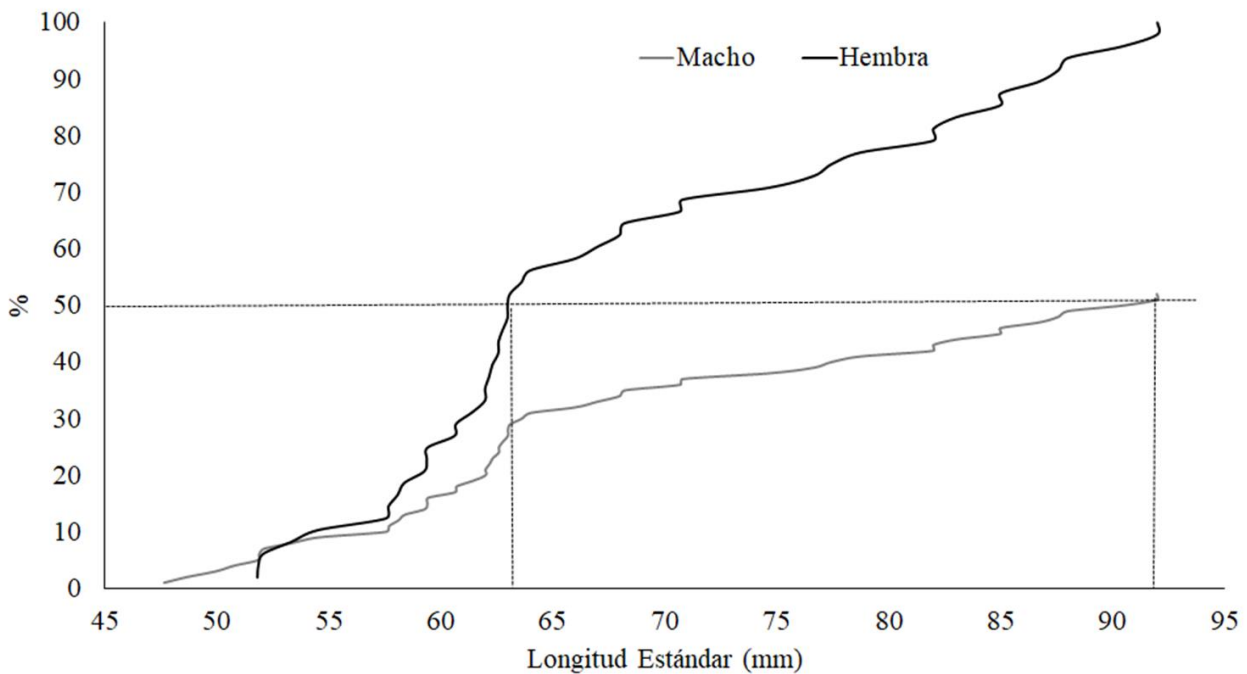


Figura 6. Talla de madurez sexual para machos y hembras de *T. nigromaculatus* en el río Gaira, SNSM, Caribe, Colombia.

La relación gonadosomática (RGS) en machos se mantuvo baja durante toda la fase de monitoreo y con poca variación. Su valor más bajo fue en bajas lluvias, con  $4,48 \times 10^{-5}$ , y el más alto, en junio de 2017, periodo de lluvias altas, con  $9,63 \times 10^{-5}$ . En hembras los valores de RGS más altos se registraron en altas lluvias, con 0,00059 y 0,00049 en octubre y agosto de 2017 respectivamente. Entretanto, los registros bajos de RGS para hembras corresponden en bajas lluvias al M1 (marzo de 2016): 0,00013 y al M7 (febrero de 2018): 0,00018, y en altas lluvias al M3 (junio de 2017): 0,00014, los cuales a su vez constituyen los tres momentos en los cuales la población llevó a cabo su desove

(figura 7).

No se observó relación directa entre la RGS y el factor de condición ( $r=-0,10$ ;  $p=0,782$ ). La fecundidad fue baja, pues se contabilizaron 194 ovocitos en promedio (44-549;  $DE=153$ ) en bajas lluvias y 369 (82-1515;  $DE=458$ ) por hembra durante altas lluvias. Asimismo, se presentó una correlación baja y positiva entre la LE y el peso de gónada ( $Y=0,005x-0,2057$ ;  $r=0,19$ ). Los ovocitos tuvieron en general un diámetro de 0,07 mm (0,06-0,09 mm;  $DE=0,01$ ) para las bajas lluvias y de 0,07 mm (0,05-0,10 mm;  $DE=0,01$ ) en altas lluvias.

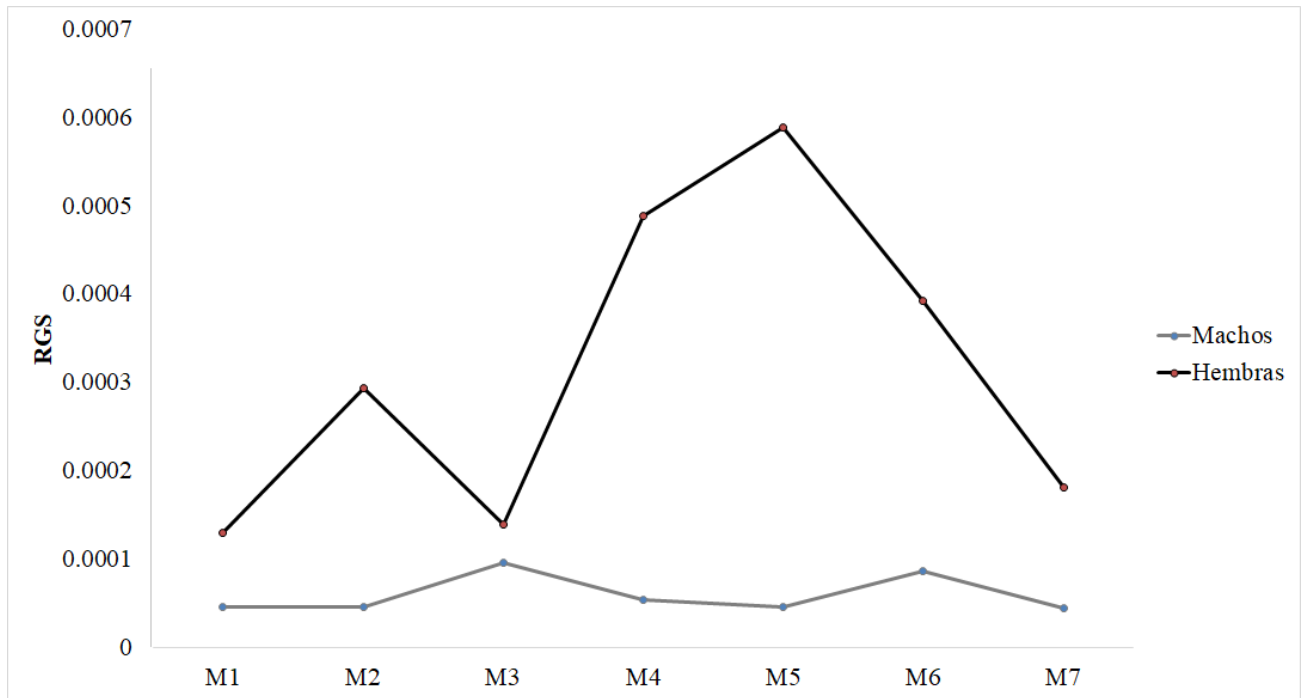


Figura 7. Relación Gonadosomática (RGS) para machos y hembras de *T. nigromaculatus* en el río Gaira, SNSM.

## Discusión

Los valores de oxígeno, pH y conductividad registrados son similares a los reportados por Ibarra-Trujillo y García-Alzate en 2017, donde se mantiene la tendencia de aumento de estas variables en época de bajas lluvias y disminución en el periodo de altas lluvias; además, en ambos periodos los valores registrados corresponden a lo esperado en ríos de alta montaña (Roldán y Ramírez, 2008). Los ríos costeros del caribe colombiano enfrentan un alto número de problemática como agricultura mecanizada, ganadería extensiva, invasiones de cauce, extracción de material de arrastre y el turismo (Villa-Navarro *et al.*, 2015); lo cual fue evidenciado durante el presente estudio además de vertimientos de aguas residuales al río sin tratamiento previo, lo que puede generar un deterioro en las condiciones fisicoquímicas del agua.

*Trichomycterus nigromaculatus* tiene un sistema digestivo característico de especies carnívoras o insectívoras, que realizan acción enzimática en el estómago y posteriormente absorben nutrientes en el intestino corto (Pineda Santis *et al.*, 2012). Durante la investigación, se comportó como una especie omnívora con tendencia a insectívora generalista que consume principalmente estadios larvales de insectos, hábito que coincide con el de sus congéneres.

Por ejemplo, *Trichomycterus bogotense*, en dos arroyos de alta

montaña (Colombia), presentó un amplio espectro trófico compuesto de pequeños invertebrados asociados o fijos a sustratos fangosos y vegetación perifítica de macrófitas, con altos aportes de larvas de dípteros, chironomidos, tipulidos y simulidos, al igual que larvas de Trichoptera (Lozada y Forero, 1999). Asimismo, en Boyacá (Colombia), *T. bogotense* se destaca como especie omnívora con tendencia carnívora que consume principalmente larvas de insectos (González Acosta y Rosado Puccini, 2010).

De igual forma, Chará *et al.* (2006) demostraron que *Trichomycterus* spp. es un insectívoro que consume, sobre todo, larvas de Chironomidae, Trichoptera, Ephemeroptera y Oligochaeta. Por su parte, se han registrados hábitos similares para *Trichomycterus areolatus* en el río Itata (Chile) y sus canales de riego (Habit *et al.*, 2005), *Trichomycterus corduvensis* en la cuenca del río Quinto (Argentina) (Manoni *et al.*, 2009), *T. itacarambiensis* en la cueva de Olhos d'Água en Brasil (Trajano, 1997) y *Trichomycterus caliense* en el río Quindío (Colombia). Todos estos resultados coinciden con el presente estudio en cuanto a la preferencia por larvas de insectos, aunque difieren en la cantidad o importancia en que las consumen, lo cual se asocia a las diferencias físicas de cada área de estudio.

Los insectos observados en los tractos digestivos de *T. nigromaculatus* constituyen formas bentónicas comúnmente asociadas a sustratos del fondo de los ríos, lo que le confiere a la especie un hábito alimentario bentófago (González Acosta y

Rosado Puccini, 2010). Las larvas de insectos ya han sido registradas en la dieta de varias especies de *Trichomycterus*, y su alta proporción no resulta sorprendente puesto que estos peces cuentan con barbicelos sensoriales bien desarrollados que les permiten explorar pequeños espacios (microhábitats) donde se encuentran alojados dichos organismos. Además, estas larvas suelen ser muy comunes en ambientes dulceacuícolas ya que pueden tolerar una amplia variedad de factores ambientales (Poff y Allan, 1995).

*Trichomycterus nigromaculatus* mostró un alto consumo de larvas de la familia Chironomidae, tal como se ha observado para *T. punctulatus* en el río Pisco (Perú) (Vera-Arabe *et al.*, 2013), *T. areolatus* y *T. chiltoni* en el río Biobío (Chile) (Scott *et al.*, 2007) y *T. corduensis* en el río Quinto (Argentina) (Manoni, 2009). En contraste, en el río Quindío, Román-Valencia (2001) informa para *T. caliense* una dieta basada en larvas de coleópteros, dípteros y Trichoptera. Este consumo obedece a un mecanismo de defensa de los macroinvertebrados acuáticos frente a sus depredadores, los cuales en el día salen poco y en la noche se incrementan notoriamente o viceversa (Flecker, 1992). Dicho comportamiento se ajusta al de los peces analizados por Román-Valencia (2001), que prefieren la noche para realizar sus actividades tróficas, y coincide con los analizados en el presente estudio.

Por otra parte, Habit *et al.* (2005) registran, además de insectos, lumbricúlidos, gastrópodos y crustáceos en *T. areolatus*, mientras que Ferriz (1998) y Manoni *et al.* (2009) observaron algas filamentosas (Cladophoraceae) en los intestinos de *T. corduensis*. Asimismo, Barreto *et al.* (2013) informan sobre contenidos importantes de fragmentos de plantas en los estómagos de *Trichomycterus crassicaudatus* y *T. stawiarski* en el río Jordão. También se ha señalado el detritus como un alimento importante para *Trichomycterus* sp. en Rondineli *et al.* (2009) y para *T. crassicaudatus* y *T. stawiarski* en Barreto *et al.* (2013). No obstante, para *T. nigromaculatus* no se evidenció este componente en la dieta.

Las tallas pequeñas de *T. nigromaculatus* optan por un mayor consumo de restos de insectos y larvas de Chironomidae, mientras que las más grandes prefieren presas de mayor movilidad como las ninfas de tricópteros, lo que concuerda con lo registrado por Barreto *et al.* (2013) para *T. crassicaudatus* y *T. stawiarski* y por Habit *et al.* (2005) para *T. areolatus*. Scott *et al.* (2009) también observaron diferencias entre la dieta y la estructura de tallas de *T. chiltoni*, aunque no realizaron un análisis detallado sobre esta variación.

En bajas lluvias, el espectro trófico de *T. nigromaculatus* fue más

amplio ya que, además de restos de insectos, incluyó larvas de insectos e ítems como *Simulium* sp., Chironomidae y material vegetal. Esto coincide con lo hallado por Scott *et al.* (2007) para *T. areolatus* y *T. chiltoni*, que en temporada seca registraron una mayor variedad de ítems de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera. Vera-Arabe *et al.* (2013) observaron el mismo patrón en *T. punctulatus*, la cual cuenta con un mayor número de presas con ocurrencias e importancias más altas durante dicho periodo.

Dentro de los ítems alimenticios registrados, las larvas de insectos presentaron influencia de las variables fisicoquímicas. Esta relación ya ha sido evidenciada en otros trabajos que indican que la temperatura del agua repercute en la diversidad, la disposición y la distribución de las especies de macroinvertebrados acuáticos (Valdovinos *et al.*, 2010).

*T. nigromaculatus* presentó además mejores condiciones, fundamentadas en valores más altos del factor K, en el periodo de aguas altas, lo que coincide con uno de sus picos reproductivos (M3). Según Rondineli *et al.* (2009), la inversión en reproducción explica el mayor peso de las especies de *Trichomycterus* al presentar ovocitos grandes ricos en yema, que en las etapas finales de maduración pueden ocupar toda la cavidad visceral, contribuyendo de esta manera a un incremento en su peso.

La proporción de sexos de *T. nigromaculatus* se acercó a 1:1,5 hembra-macho, lo que difiere con la proporción 1:1 informada para *T. caliense* (Román-Valencia, 2001). Por su parte, Manriquez *et al.* (1988) obtuvieron resultados similares para *T. areolatus*, y Trajano (1997) también encontró una mayor proporción de machos *T. itacarambiensis* en la cueva Olhos d'Água de Brasil, aunque no entra en detalles sobre su hallazgo. Cabe mencionar que, en general, en poblaciones naturales de peces se espera una proporción de 1:1, pero un muestreo reducido o mal planteado puede conducir a conclusiones alejadas de la realidad (Granado-Lorencio, 2002). Igualmente, a menudo se cita a la temperatura como causa principal de sesgo en esta variable. En todo caso, hay que tener en cuenta que la relación de sexos puede variar en las distintas etapas del desarrollo, así como por estructuras de tallas, por lo cual es uno de los parámetros poblacionales más sometidos a controversia en cuanto a su interpretación absoluta (Granado-Lorencio, 2002).

*T. nigromaculatus* cuenta con un periodo reproductivo que va de junio a diciembre con dos eventos de desove: uno en aguas altas y otro en aguas bajas. La maduración gonadal inicia en

agosto, y el pico reproductivo tiene lugar en octubre, ambos en temporada de aguas altas. Este hallazgo coincide con lo registrado por Rondineli *et al.* (2009) y Casatti (2003) para *Trichomycterus* sp. y por Román-Valencia (2001) para *T. caliense* en el río La Vieja, alto Cauca, cuyo desove se da en temporada de lluvias. Sin embargo, Marraro *et al.* (2005) y Chiang *et al.* (2012) observaron que *T. corduense* y *T. areolatus* desovan en temporada seca.

La talla media de madurez sexual reflejó una diferencia de 27,4 mm de LE entre machos y hembras y se encontró cercana a la que informan Manriquez *et al.* (1988) para *T. areolatus* y Román-Valencia (2001) para *T. caliense*. Además, *T. nigromaculatus* presenta ovocitos pequeños (0,07 mm) y una fecundidad baja, con valores similares a los registrados por Román-Valencia (2001) en *T. caliense* y muy inferiores a los que Manriquez *et al.* (1988) indican para *T. areolatus* y *T. caliense*. Siguiendo a Winemiller (1989), *T. nigromaculatus* se adapta a una estrategia oportunista r-estacional al ser un pez pequeño que alcanza la madurez a tallas tempranas y cuyo periodo reproductivo se sincroniza con las lluvias, con un evento principal de desove en junio y otro secundario en febrero.

### Conclusiones

El bagresito endémico *T. nigromaculatus* se comportó como una especie generalista que se alimenta principalmente de un amplio espectro de larvas de insectos, se reproduce en sincronía con las lluvias y presenta estrategia oportunista r-estacional con baja fecundidad y ovocitos pequeños. El río Gaira, en su parte media, reflejó un estado mesotrófico con tendencia a la eutrofización debido a diferentes factores que afectan la salud e integridad del sistema como agricultura mecanizada, ganadería extensiva, invasiones de cauce, extracción de material de arrastre, vertimientos de aguas residuales y turismo. Este estudio permite conocer aspectos tróficos y reproductivos de *T. nigromaculatus*, proporcionando información de referencia útil para crear estrategias de conservación de la especie y de su hábitat y para detener las principales perturbaciones que enfrenta.

### Agradecimientos

A la Universidad del Atlántico, Vicerrectoría de Investigaciones, Extensión y Proyección Social, por el financiamiento. A la comunidad del corregimiento de Minca en la SNSM por el apoyo brindado durante la fase de campo. A los integrantes del semillero de Ictiología Continental del grupo de investigación Estudios en Sistemática y Conservación de la Universidad del Atlántico y al IDEAM.

### Conflicto de intereses

Los autores declararon no tener ningún conflicto de intereses.

### Contribución de los autores

Eduardo J. Ibarra-Trujillo y Carlos A. García-Alzate: conceptualización, escritura y edición, desarrollo del diseño metodológico, adquisición de la financiación, toma de datos, análisis de datos

Carlos A. García-Alzate: supervisión.

### Referencias

- Barreto, A. P., Armiliato, F. C., Ribeiro, V. M., y Abilhoa, V. (2013). On the diet of two endemic and rare species of *Trichomycterus* (Ostariophysi: Trichomycteridae) in the Jordão River, Iguaçú River basin, southern Brazil. *Estudos de Biologia*, 35(84), 17-23. <https://doi.org/10.7213/estud.biol.7848>.
- Bennemann, S. T., Orsi, M. L., y Shibatta, O. A. (1996). Atividade alimentar de espécies de peixe do rio Tibagi, relacionada com o desenvolvimento de gordura e das gônadas. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(2), 501-512. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000200018>.
- Casatti, L. (2003). Biology of a catfish, *Trichomycterus* sp. (Pisces, Siluriformes), in a pristine stream in the Morro do Diabo State Park, Southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38(2), 105-110. <https://doi.org/10.1076/snfe.38.2.105.15928>.
- Castellanos-Morales, C. A. y Galvis, F. (2012). Las especies del género *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) en Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. *Museo de Historia Natural*, 16(1), 194-206.
- Chará, J.D., Baird, D. J., Telfer, T.C. y Rubio, EA (2006). Ecología alimentaria y preferencias de hábitat del género *Trichomycterus* del bagre en arroyos de bajo orden de los Andes colombianos. *Revista de biología de peces*, 68 (4), 1026-1040.
- Chiang, G., Munkittrick, K. R., McMaster, M. E., Tucça, F., Saavedra, M. F., Ancalaf, A. y Barra, R. (2012). Cambios estacionales en el desarrollo de oocitos, crecimiento y distribución de talla poblacional de *Percilia gillissi* y *Trichomycterus areolatus* en la cuenca del río Itata, Chile. *Gayana* (Concepción), 76(2), 131-141.

<https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000300006>.

Da Costa, J. H. A., Barrella, W. y Souza, U. P. (2021). Dieta de *Tryconamericus microcephalus* (Characiformes, Characidae) em riachos da bacia do rio Cubatão (São Paulo, Brasil). *Research, Society and Development*, 10(5), e56310515376. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15376>.

Domínguez, E., y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

DoNascimento, C., F. A. Villa Navarro, J. G. Albornoz Garzón y E. E. Herrera Collazos. (2020). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v. 2.12. *Asociación Colombiana de Ictiólogos*. Dataset/Checklist.

Duran-Izquierdo, M., y Olivero-Verbel, J. (2021). Vulnerability assessment of Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: World's most irreplaceable nature reserve. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01592. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01592>.

Ferriz, R. A. (1998). Diet of *Trichomycterus corduense* Weyenbergh, 1879 (Teleostei: Trichomycteridae) in two mountain rivers of San Luis, Argentina. *Biological Limnology*, 21(2): 161-167.

Flecker, A. (1992). Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: evidence from Neotropical Streams. *Ecology* 73(2), 438-448

García-Alzate, C., DoNascimento, C., Villa-Navarro, F.A., García-Melo, J. E. y Herrera-R, G. (2020). Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. En: Jiménez-Segura, L. y C. A. Lasso (Eds.). XIX. *Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible*. Pp: 85-113. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Granado-Lorencio, C., 2002. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla.

González Acosta, J. A. y Rosado Puccini, R. (2010). Estado del conocimiento sobre peces nativos del altiplano cundiboyacense: revisión. *Revista Ciencia Animal*, 1(3), 41-52.

Habit, E., Victoriano, P. y Campos, H. (2005). Ecología trófica y aspectos reproductivos de *Trichomycterus areolatus* (Pisces, Trichomycteridae) en ambientes lóticos artificiales. *Revista de*

*Biología Tropical*, 53(1-2), 195-210.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411-429. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>.

Ibarra-Trujillo, E. J. y García-Alzate, C. A. (2017). Ecología trófica y reproductiva de *Hemibrycon sierraensis* (Characiformes: Characidae), pez endémico del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1033-1045. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29439>.

Kawakami, E. y Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 29, 205-207. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241980000200043>.

Krebs, C. J. (1998). *Ecological Methodology* (2nd ed). Menlo Park California: Addison-Welsey Educational Publisher, Inc.

Lauzanne, L. (1975). Regime alimentaire d'Hydrocyon forskalii dans le lac Tchad et ses tributaires. *Hydrobiologia*, 9, 105-121.

Lozada, M. M. y Forero, J. E. (1999). Ecología trófica de *Trichomycterus bogotense*, eigenmann (1912), en la vereda la Concepcion, municipio de Guasca, Departamento de Cundinamarca. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, S539-S539.

Manoni, R., Garelis, P., Tripole, E. y Vallania, E. (2009). Diet and feeding preferences of *Trichomycterus corduensis* Weyenbergh, 1877 (Siluriformes, Trichomycteridae) in two rivers of the Quinto River basin (San Luis, Argentina). *Biological Limnology*, 21, 161-167.

Manriquez, A., Huaquín, L., Arellano, M., y Arratia, G. (1988). Aspectos reproductivos de *Trichomycterus areolatus* Valenciennes, 1846 (Pisces: Teleostei: Siluriformes) en río Angostura, Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 23(2), 89-102. <https://doi.org/10.1080/01650528809360749>.

Marraro, F., de los Angeles Bistoni, M. y Carranza, M. (2005). Spawning season, ovarian development and fecundity of female *Trichomycterus corduense* (Osteichthyes, Siluriformes). *Hydrobiologia*, 534(1), 223-230. <https://doi.org/10.1007/s10750-004-1635-2>.

Morales, J., y García-Alzate, C. A. (2016). Estructura trófica de los peces en arroyos del Corral de San Luis, cuenca del Bajo Magdalena, Caribe, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 715-732. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18781>.

- Pineda Santis, H. R., Zuluaga Sepulveda, C. A. y Vertel Betancur, D. A. (2012). Evaluación de la morfometría y del hábito alimenticio en tilapia roja *Oreochromis* sp. y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* var. *chitralada* bajo diferentes condiciones de manejo en dos granjas piscícolas del occidente antioqueño. *Revista politécnica*, 8(14): 97-104.
- Poff, N. L., y Allan, J. D. (1995). Functional organization of stream fish assemblages about hydrological variability. *Ecology*, 76(2), 606-627. <https://doi.org/10.2307/1941217>.
- Prosierra, F. (1998). Evaluación Ecológica Rápida de la Sierra Nevada de Santa Marta. Definición de Áreas Críticas para la Conservación de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, UAESPNN The Nature Conservancy-USAID-Embajada de Japón, Santa Marta.
- Ricker, W. E. (1968). *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Oxford: Blackwell Scientific.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá: Impreades Presencia S.A. Colombia.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Colombia. Editorial de la Universidad de Antioquia. Segunda Edición.
- Román-Valencia, C. (1998). Alimentación y reproducción de *Creagrutus brevipinnis* (Pisces: Characidae) en alto Cauca, Colombia. *Revista de biología tropical*, 46(3), 783-789. <https://doi.org/10.15517/rbt.v46i3.20454>.
- Román-Valencia, C. (2001). Ecología trófica y reproductiva de *Trichomycterus caliense* y *Astroblepus cyclopus* (Pisces: Siluriformes) en el río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 49(2), 657-666.
- Rondineli, G. R., Carmassi, A. L. y Braga, F. M. D. S. (2009). Population biology of *Trichomycterus* sp. (Siluriformes, Trichomycteridae) in Passa Cinco stream, Corumbataí river sub-basin, São Paulo state, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 925-934. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000400022>.
- Scott, S., Pardo, R., y Vila, I. (2007). Trophic niche overlap between two Chilean endemic species of *Trichomycterus* (Teleostei: Siluriformes). *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(4), 431-437. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2007000400004>.
- Shannon, C. E. y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Champaign: University of Illinois Press.
- Sokal, R. R., y F. J. Rohlf. (1995). *Biometry*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Streble, H. y Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce*. La vida en una gota de agua. Barcelona: Omega.
- Trajano, E. (1997). Food and reproduction of *Trichomycterus itacarambiensis*, cave catfish from south-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, 51(1), 53-63. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb02513.x>.
- Valdovinos, C., Kiessling, A., Mardones, M., Moya, C., Oyanedel, A., Salvo, J. y Parra, Ó. (2010). Distribución de macroinvertebrados (Plecoptera y Aeglidae) en ecosistemas fluviales de la Patagonia chilena: Muestran señales biológicas de la evolución geomorfológica postglacial. *Revista chilena de historia natural*, 83(2), 267-287. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2010000200008>.
- Vazzoler, A. E. (1996). *Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. São Paulo: EDUEM.
- Vera-Arabe, A., Oyague Passuni, E., Castañeda Córdova, L. y Quinteros Carlos, Z. (2013). Hábitos alimentarios del bagre "life" *Trichomycterus punctulatus* (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, Siluriformes) en el río Pisco, Peru. *Ecología aplicada*, 12(2), 121-131.
- Villa-Navarro, F., Sánchez-Duarte, P., Acero, A. y Lasso, C. A. (2015). Composición y estructura de la ictiofauna de ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano. Lasso, C.A, Blanco-Libreros J. F. Sánchez-Duarte y P.(Editores), 315-337.
- Wenner, A. M. (1972). Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. *American Naturalist*, 106, 321-350. <https://doi.org/10.1086/282774>.
- Winemiller, K. O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81, 225-241. <https://doi.org/10.1007/BF00379810>.