

Boletín Geológico, 51(2), 2024

<https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.51.2.2024.739>



This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Manuscrito recibido: junio 7, 2024

Revisión recibida: Noviembre 9, 2024

Aceptado: Noviembre 11, 2024

# Hábitos alimenticios de tres especies de bagres cavernícolas del género *Trichomycterus* (Siluriformes; Trichomycteridae) en las cuencas del Caribe y Magdalena, Colombia

Feeding habits of three species of cave catfishes of the genus *Trichomycterus* (Siluriformes; Trichomycteridae) in the Caribbean and Magdalena basins, Colombia

Oscar Barbosa-Trujillo<sup>1,5</sup>✉, Henry Gallo-Martínez<sup>1,2</sup>✉, Carlos A. Lasso<sup>2,4</sup>✉, Alex A. González-Vargas<sup>3</sup>✉, Gonzalo Valdivieso-Bohórquez<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Universidad El Bosque, Programa de Biología, Laboratorio de Ictiología y Embriología, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Asociación Espeleológica Colombiana (Espeleocol), Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación Ecología y Biodiversidad (EBET), Semillero de Investigación Bioespeleología Neotropical, Facultad de Ciencias, Riohacha, Colombia

<sup>4</sup>Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia

<sup>5</sup>Universidad El Bosque, Programa de Biología, Grupo de Investigación en Biología (GRIB), Bogotá, Colombia

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar la dieta de tres especies de bagres cavernícolas (*Trichomycterus latistriatus*, *Trichomycterus rosablanca* y *Trichomycterus spectrum*) en las cuencas del Caribe (Sierra Nevada de Santa Marta) y Magdalena (Andes), Colombia, mediante métodos clásicos para el análisis de contenidos estomacales: porcentaje volumétrico, frecuencia de aparición (%FA), índice de importancia alimentaria (IA) e índice estandarizado de Levin. Para determinar la estrategia de alimentación se utilizó el método gráfico de Costello, modificado por Amundsen et al. (1996). Se analizaron en total 44 estómagos, 22 correspondientes a *T. latistriatus*, trece a *T. rosablanca*, y nueve a *T. spectrum*. Las primeras dos especies procedían de tres cuevas con comunicación epigea, en el municipio de Curití, Santander (Andes) y la última de dos cuevas hipogeas *sensu stricto* de la Serranía de Bañaderos (Sierra Nevada de Santa Marta). Los resultados indican que *T. latistriatus* presenta el espectro trófico más amplio y aunque la mayoría de los ítems fueron secundarios según su %FA, Chironomidae, Ostracoda, Trichoptera y Copepoda son los que aportan mayoritariamente la dieta de esta especie. Los grupos de Coleoptera, Chironomidae y Trichoptera fueron las presas principales en *T. rosablanca*. En *T. spectrum* ningún ítem fue representativo a nivel poblacional. Además, se resalta el consumo de carroña y la baja depredación de Diptera en esta última especie. Lo anterior sugiere que las tres especies son entomófagas-opportunistas y generalistas.

Palabras clave: dieta, peces cavernícolas, flujo de energía, cuevas, peces ciegos, ecología trófica.

## ABSTRACT

The objective of this study was to compare the diet of three species of cave catfish (*Trichomycterus latistriatus*, *Trichomycterus rosablanca* and *Trichomycterus spectrum*) in the Caribbean (Sierra Nevada de Santa Marta) and Magdalena (Andes) basins Colombia, using classical methods for the analysis of stochastic contents: volumetric percentage, frequency of occurrence (%FA), food importance index (IA) and Levin's standardized index. The Costello's graphical method, modified by Amundsen et al. (1996), was used to determine the feeding strategy. A total of 44 stomachs were analyzed, 22 corresponding to *T. latistriatus*, 13 to *T. rosablanca*, and 9 to *T. spectrum*; the first two species came from three caves with epigeal communication, in the municipality of Curití, Santander (Andes) and the last one from two hypogean caves *sensu stricto* in the Serranía de Bañaderos (Sierra Nevada de Santa Marta). The results indicate that *T. latistriatus* presents the widest trophic spectrum and although most of the items were secondary according to their %FA, Chironomidae, Ostracoda, Trichoptera and Copepoda, are those that contribute the most to the diet of this species. The Coleoptera, Chironomidae and Trichoptera groups were the main prey items in *T. rosablanca*. In *T. spectrum* no item was representative at the population level, in addition, the consumption of carrion and the low predation of Diptera in the latter species are highlighted. This suggests that all three species are entomophagous-opportunistic and generalist.

Keywords: diet, cave fish, energy flow, caves, cave fish, blind fish, trophic

Citación: Barbosa-Trujillo, O., Gallo-Martínez, H., Lasso, C.A., González-Vargas, A.A., Valdivieso-Bohórquez, G. (2024). Hábitos alimenticios de tres especies de bagres cavernícolas del género *Trichomycterus* (Siluriformes; Trichomycteridae) en las cuencas del Caribe y Magdalena, Colombia. Boletín Geológico, 51(2), Número Especial de Espeleología. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.51.2.2024.739>

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre los hábitats subterráneos están las cuevas, las cuales generalmente muestran actividad biológica, siempre y cuando, exista agua o aire en el interior de esta. El agua de los ríos de estas cuevas proviene de la infiltración a través del epikarst o de cuerpos de aguas epigeos que ingresan a estas, en el primer caso tienden a ser más estables, mientras que en el segundo su caudal en el interior de la cueva presenta una mayor variabilidad temporal (Wilkens et al., 2000). Adicionalmente, existen ríos totalmente subterráneos o hipogeos asilados en muchas ocasiones del mundo exterior.

Estos hábitats acuáticos subterráneos, debido a la ausencia de luz, son pobres en energía ya que no presentan producción primaria significativa, lo que los convierte en sistemas frágiles y vulnerables ante las alteraciones antrópicas en sistemas superficiales (Longo et al., 2019). La razón de esto es que todas sus redes tróficas dependen de materia orgánica superficial, ya sea porque esta ingresa por medio de corrientes o por el movimiento de animales dentro y fuera de la cueva, a partir de los cuales, los organismos troglobios pueden aprovechar los huevos, larvas y materia fecal que dejen en el interior del sistema subterráneo. Por este motivo, muchos organismos subterráneos que, si bien son carnívoros por predilección, tienden a ser saprófagos por necesidad (Pipa et al., 2013).



Fig. 1. A) *Trichomycterus latistriatus*, B) *Trichomycterus rosablanca*, C) *Trichomycterus spectrum*. Fotos: Oscar Barbosa-Trujillo.

La familia de bagres Trichomycteridae es uno de los grupos de peces neotropicales con distribución más amplia (de Pinna y Wosiacki, 2003). El género *Trichomycterus* es el más diverso dentro de la familia (Castellanos-Morales y Galvis, 2012), contando con 280 especies (Fricke et al., 2024), las cuales abarcan múltiples hábitats desde Costa Rica hasta la Patagonia (Mesa et al., 2018).

En la región andina se observa un alto nivel de endemismo. En Colombia específicamente se han identificado 54 especies (DoNascimento et al., 2024), de las cuales siete son troglobias y

una (*T. latistriatus*) es troglófila (Muñoz-Saba y Lasso, 2020). Esta alta diversidad, se debe a la trifurcación de la cordillera de los Andes (Chara et al., 2006), siendo la cuenca transandina de los ríos Magdalena y Cauca, la que cuenta con más representantes de este grupo (DoNascimento et al., 2014).

Además, son uno de los grupos más exitosos en la colonización de hábitats subterráneos (Castellanos-Morales, 2008), sin embargo, debido a la fragilidad de estos ecosistemas, a sus distribuciones restringidas y a actividades antrópicas como minería, deforestación, desarrollo urbano, agricultura-ganadería y contaminación del medio acuático, alrededor de estos sistemas subterráneos (Lasso et al., 2018), la mayoría de especies presentes en Colombia se encuentran en categoría Vulnerable según la IUCN, y *Trichomycterus santanderensis* en peligro crítico.

La mayoría de las especies de *Trichomycterus* son carnívoro-entomófagas, siendo organismos bentónicos como Ephemeroptera, Chironomidae, Plecoptera y Culicidae, los que componen principalmente su dieta (Chara et al., 2006). Sin embargo, algunas especies como *Trichomycterus punctulatus*, aunque tiende a consumir también macroinvertebrados, es oportunista-generalista y no tiene una alta selección en sus presas (Vera et al., 2013)., *Trichomycterus corduvensis* en Argentina, es otra especie entomófaga-generalista, siendo Chironomidae, Simuliidae y Ephemeroptera sus ítems de mayor importancia (Manoni et al., 2009).

Por otro lado, la ecología trófica es el aspecto biológico con mayor desconocimiento de los peces de cavernas a nivel global (Niemiller et al., 2019). Específicamente en Colombia no se han estudiado y la información existente se enfoca en taxonomía y distribución, excepto en *T. rosablanca*, el cual en la cueva Las Sardinas, municipio el Peñón (Santander), se determinó que es carnívora generalista, siendo los coleópteros y arácnidos sus principales presas (Longo et al., 2019). Debido a esto, el objetivo de este estudio fue comparar la dieta de tres especies (*Trichomycterus latistriatus*, *Trichomycterus rosablanca* y *Trichomycterus spectrum*) (Fig. 1) en cuencas diferentes mediante métodos clásicos para el análisis de contenidos estomacales.

El área de estudio (Fig. 2) fueron la cueva Las Sardinas (San-28-0451) (*T. rosablanca*), cueva Cristal (San-55-0682) y cueva La Vaca (San-25-0366) en el Municipio de Curití (Andes) (*T. latistriatus*) y la cueva Luis Pablo Ojeda (Guaj-06-0548) en el Municipio de Hato Nuevo y El Vainito (Guaj-01-0550) en el Municipio de Barrancas, Serranía de Bañaderos, Sierra Nevada de Santa Marta-SNSM, La Guajira (*Trichomycterus spectrum*) (Tabla 1). Las tres primeras cuevas tienen ríos (arroyos) subterráneos de tipo epigeo y en la última el río es hipogeo.

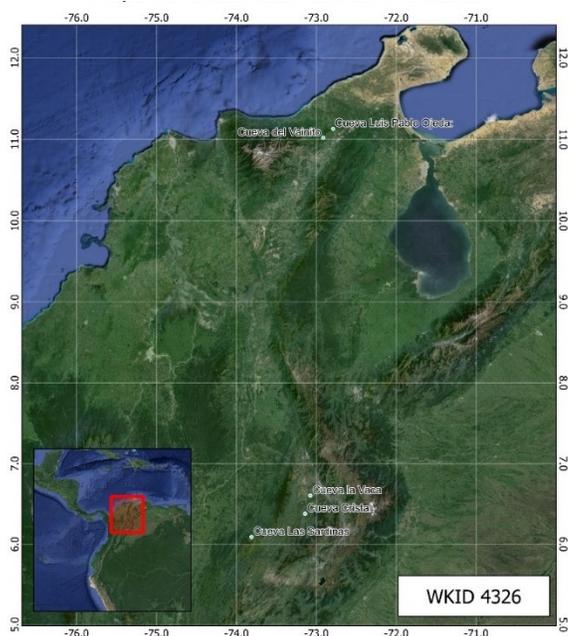


Fig. 2. Área de estudio y localización de las cinco cuevas estudiadas en Santander y Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia

## 2. MARCO GEOLÓGICO

Las cuevas Las Sardinias (San-28-0451), C. Cristal (San-55-0682) y C. La Vaca (San-25-0366) se formaron en la Formación Rosablanca que se compone de una base de calizas dolomíticas y evaporíticas, con intercalaciones menores de rocas terrígenas. Incluye una variedad de rocas como ooesparitas y bioesparitas, que indican diferentes niveles de energía en el medio de depósito. La formación, con un espesor entre 200 y 318 metros evidencia ambientes de albufera, cara de playa y costa afuera somera, indicando una transgresión marina. La parte superior presenta condiciones tranquilas y agitadas, con intervalos de areniscas limpias y rudstones bioesparíticos. En términos de edad, la Formación

Rosablanca se ubica en el intervalo Hauteriviano Medio y Tardío (Mendoza, Murillo & Orjuela, 2009).

La Cueva Cristal (San-55-0682) se localiza en La Formación Tablazo, con un espesor de 150m, constituida por capas masivas de caliza extremadamente fosilíferas y margas. Las calizas son predominantes en la parte superior y las margas en la inferior. Espesores variados se han reportado: 277m al norte de Bucaramanga, 330m en Barichara y entre 239m y 354m en los alrededores de Simacota, Guadalupe y Suaita. (Moreno y Sarmiento 2002)

Las cuevas de Luis Pablo Ojeda (Guaj-06-0548) y la C. El Vainito (Guaj-01-0550) en la Serranía de Bañaderos se localizan en El Grupo Cogollo, definido originalmente como Aptiano-Cenomaniano, consta de dos unidades informales. El Cogollo Inferior está compuesto por lutitas limosas delgadas, calcáreas y fosilíferas, que emiten un ligero olor a petróleo, intercaladas con calizas limosas de color negro a café oscuro y estratificación plana, variando en espesor de 12 cm a 30 cm. Estas calizas presentan finas laminaciones de limolitas y son altamente fosilíferas. La Unidad informal Cogollo Superior (Formación Maraca) se compone de calizas masivas de color gris a gris azulado, con textura microcristalina a cristalina muy gruesa, fosilíferas, intercaladas con lutita calcárea (Vargas et al., 2012).

## 3. MÉTODO

### 3.1 Trabajo de laboratorio

Los peces fueron recolectados durante expediciones lideradas por el Instituto Alexander von Humboldt (Las Sardinias, Cristal y La Vaca) en los Andes, y en la Pablo Ojeda y El Vainito (SNSM), con el apoyo de la Universidad de La Guajira. En las instalaciones del laboratorio del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y del Laboratorio de Ictiología y Embriología de la Universidad El Bosque se realizaron las revisiones del contenido estomacal de los peces.

Tabla1. Localidades, códigos, coordenadas y altura sobre el nivel del mar de cada una de las cuevas estudiadas.

Municipio	Cueva	CEN_ID	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
El Peñón	Cueva Las Sardinias	San-28-0451	6,089245	-73,811337	2621
Ocamonte	Cueva Cristal	San-55-0682	6,37925	-73,140528	1510
Curití	Cueva La Vaca	San-25-0366	6,602917	-73,073917	1461
Hato Nuevo	Cueva Luis Pablo Ojeda	Guaj-06-0548	11,131	-72,78975	1006
Barrancas	Cueva del Vainito	Guaj-01-0550	11,021111	-72,912517	930

En cada organismo se realizó una incisión desde el istmo hasta el ano para extraer todos los órganos, posteriormente se separó el estómago y se le realizó una incisión vista bajo el esteoscopio para extraer todo su contenido y calcular el porcentaje de llenado estomacal. En una caja de Petri se extendió todo el contenido para categorizarlo e identificarlo hasta el nivel taxonómico permitido por el grado de digestión, por medio de guías como Merritt et al. (1996) y Roldan (1998), fundamentalmente.

### 3.2 Análisis de datos

A partir del método propuesto por Goulding et al. (1988) se determinó el porcentaje volumétrico de cada ítem alimenticio en relación con el llenado estomacal, de acuerdo con la ecuación:

$$Vai = (\%Ei \times \%vai) \times 10^4$$

Donde  $Vai$  es el volumen absoluto del ítem alimenticio “a” en el ejemplar “i”,  $\%Ei$  es el porcentaje de llenado estomacal del ejemplar “i” y  $\%vai$  es el porcentaje volumétrico del recurso o ítem alimenticio “a” en el ejemplar “i”.

Se calculó el volumen absoluto de cada ítem alimenticio siguiendo la fórmula

$$\%VAa = \left( \frac{\sum Va}{Vt} \right) \times 100$$

Donde  $\%VAa$  es el porcentaje del volumen absoluto del ítem “a”,  $\sum Va$  es la sumatoria de las contribuciones parciales del ítem “a” de cada ejemplar y  $Vt$  es la sumatoria total de los volúmenes absolutos de todos los ítems alimenticios en todos los individuos (Lasso, 2004). Los valores de  $\%VAa$  que alcancen o sobrepasen un 25% se consideran como los de mayor importancia (Goulding et al., 1988).

De acuerdo con Hyslop, (1980) se calculó el porcentaje de frecuencia de aparición ( $\%FA$ ) por medio de la ecuación:

$$\%FA = \frac{Nia \times 100}{Nit}$$

Donde  $Nia$  es el número de estómagos de la especie “i” donde se encontró el ítem “a” y  $Nit$  es el número total de estómagos. Se consideraron preferenciales aquellos ítems que superaron el 40%, secundarios los que se encontraron entre el 10% al 40% y accidentales los menores al 10% (Longart et al., 2011).

Se calculó la importancia alimentaria por medio del índice alimentario (IA) modificado por Lauzanne, (1975) siguiendo la ecuación:

$$IA = \frac{\%FA \times \%Va}{100}$$

Donde  $\%FA$  es el porcentaje de frecuencia de aparición y  $\%Va$  es el porcentaje del volumen absoluto de cada ítem alimenticio. Se consideraron dominantes los ítems que superaron el 50%, esenciales los que se encontraron entre el 25 al 50%, de

importancia significativa aquellos entre el 10 al 25% y accidentales los menores al 10% (Lauzanne, 1975; Raymundo-Huizar y Saucedo Lozano, 2008).

La amplitud de nicho se calculó por medio del índice de Levin estandarizado (BA), de acuerdo con la ecuación:

$$BA = \frac{B - 1}{n - 1}$$

Donde  $B$  es el índice de Levin dado por la ecuación:  $B = \frac{1}{\sum p_j^2}$ , donde  $\sum p_j^2$  son las proporciones de los componentes de la dieta y  $n$  es el número de posibles presas.

Se analizó también la estrategia de alimentación utilizando el gráfico propuesto por Amundsen et al., (1996), utilizando los datos de frecuencia de aparición en decimales en el eje X y el porcentaje de abundancia específica ( $Pi$ ) en el eje Y, este último se calculó de acuerdo con la ecuación:

$$Pi = \left( \frac{\sum Si}{St} \right) \times 100$$

Donde  $\sum Si$  es el volumen del contenido del estómago compuesto por la presa “i” y  $St$  es el contenido estomacal total de los predadores con la presa “i” en su estómago.

## 4. RESULTADOS

Se analizaron en total 44 estómagos, 20 correspondientes a *Trichomycterus latistriatus*, de los cuales dos no presentaron contenido estomacal, 11 de *Trichomycterus rosablanca*, igualmente con dos estómagos vacíos y nueve de *Trichomycterus spectrum*.

Se identificaron 26 ítems alimenticios en la dieta de las tres especies (Tabla 2), 21 corresponden a invertebrados acuáticos, dos a material vegetal (semillas y plantas), dos a zooplancton (Cladocera y Copepoda), y un vertebrado (mamífero); también se encontró detritus. Sin embargo, este se encontraba compuesto en su mayoría por partículas de arena, por lo que no se tuvo en cuenta como presa, aunque se cuantificó y se tuvo en cuenta en los análisis excepto en el cálculo del índice de Levin con el fin de mostrar la alta representatividad de este.

*Trichomycterus latistriatus* presentó la dieta más amplia, solo el detritus tuvo una mayor importancia según su volumen, mientras que Chironomidae, Ostracoda y nuevamente el detritus fueron los de mayor frecuencia de consumo. Ceratopogonidae, Cladocera, Coleoptera, Copepoda, Ephemeroptera, Chilopoda, Odonata, semillas, Tanydodinae, Trichoptera y Diptera no identificados fueron ítems secundarios. En ese sentido, el índice de importancia alimentaria (IA) indica que esta especie, no tiene ninguna presa dominante y el resto son presas secundarias, teniendo a Chironomidae, Copepoda y Trichoptera con los valores más altos (Tabla 2).

*Trichomycterus rosablanca* presenta un espectro trófico más estrecho, aunque más homogéneo, según su volumen. Coleoptera fue el ítem de mayor importancia, correlacionado con su alta frecuencia de aparición, junto con Ceratopogonidae, Chironomidae, Trichoptera e insectos no identificados. El resto de los ítems fueron secundarios. Partiendo del índice de importancia alimentaria (IA), esta especie no tiene presas dominantes ni esenciales, la mayoría son secundarias, excepto Coleoptera que tienen una importancia significativa (Tabla 2).

*Trichomycterus spectrum*, tiene una dieta similar a la de *T. rosablanca*, sin embargo, se diferencia por la poca representatividad de dípteros en su dieta y por el consumo de carroña (restos de murciélagos). Todos los ítems fueron secundarios como lo indica su frecuencia de aparición y el índice de importancia alimentaria, el cual sugiere además que los insectos no identificados y el detritus tienen una importancia significativa, este último, debido a su alto volumen también representa una mayor importancia (Tabla 2), sin embargo, este fue consumido accidentalmente al depredar organismos bentónicos.

**Tabla 2.** Contenido estomacal de *T. spectrum*, *T. rosablanca* y *T. latistriatus*, porcentaje del Volumen Absoluto del ítem “a”, (%VAa), porcentaje de la Frecuencia de Aparición (%FA), e Importancia alimentaria (IA)

Ítem alimenticio	Código	<i>Trichomycterus spectrum</i>			<i>Trichomycterus rosablanca</i>			<i>Trichomycterus latistriatus</i>		
		n=10	n=9	n=18	%FA	%VAa	IA	%FA	%VAa	IA
Ceratopogonidae	CER	-	-	-	44,44	3,93	1,75	21,05	1,42	0,30
Chironomidae	CHI	-	-	-	55,56	8,66	4,81	57,89	11,35	6,57
Cladocera	CLA	-	-	-	-	-	-	26,32	2,98	0,79
Coleoptera	COL	10,00	0,17	0,02	77,78	27,68	21,53	15,79	2,76	0,44
Copepoda	COP	20,00	0,60	0,12	-	-	-	31,58	6,60	2,09
Curculionidae	CUR	-	-	-	-	-	-	5,26	1,00	0,05
Detritus	DET	50,00	33,62	16,81	33,33	8,39	2,80	57,89	33,50	19,39
Diptera	DIP	10,00	4,31	0,43	22,22	16,07	3,57	10,53	1,34	0,14
Dolichopodidae	DOL	10,00	0,34	0,03	22,22	4,29	0,95	5,26	0,50	0,03
Ephemeroptera	EPH	-	-	-	-	-	-	10,53	2,51	0,26
Insectos no identificados	INS	50,00	23,03	11,52	55,56	10,98	6,10	5,26	0,42	0,02
Isopoda	ISO	20,00	7,59	1,52	-	-	-	5,26	1,34	0,07
Isoptera	ISP	-	-	-	22,22	2,86	0,63	-	-	-
Mamífero	MAM	30,00	18,97	5,69	-	-	-	-	-	-
Odonata	ODO	-	-	-	-	-	-	10,53	4,01	0,42
Oligochaeta	OLI	10,00	10,34	1,03	-	-	-	-	-	-
Ostracoda	OST	20,00	0,67	0,13	-	-	-	42,11	2,90	1,22
Plantas no identificadas	PLA	-	-	-	-	-	-	5,26	0,07	0,00
Plecoptera	PLE	-	-	-	-	-	-	5,26	0,08	0,00
Psychodidae	PSY	-	-	-	-	-	-	5,26	1,17	0,06
Chilopoda	QUI	-	-	-	-	-	-	10,53	3,51	0,37
Semillas	SEM	-	-	-	-	-	-	21,05	1,03	0,22
Simulidae	SIM	-	-	-	-	-	-	5,26	0,17	0,01
Stratiomyidae	STR	-	-	-	-	-	-	5,26	0,84	0,04
Tanypodinae	TAN	-	-	-	-	-	-	10,53	0,84	0,09
Tipulidae	TIP	-	-	-	-	-	-	5,26	11,70	0,62
Trichoptera	TRI	10,00	0,34	0,03	44,44	17,14	7,62	36,84	7,96	2,93

*Trichomycterus latistriatus* mostró una amplitud de nicho generalista según el índice estandarizado de Levin (BA) con un valor de 0,83. Su estrategia de alimentación indica lo mismo (Fig. 3A), la mayoría de sus presas se agrupan en la esquina inferior izquierda, por lo que tienen una baja contribución a su dieta y son raramente consumidas, posiblemente por su baja abundancia en el medio. Stratyomidae e Isopoda por ejemplo fueron presas consumidas ocasionalmente, mientras que Chironomidae, Ostracoda, Trichoptera y Copepoda fueron los ítems que aportan mayoritariamente en la dieta de esta especie. La alta importancia del detritus (arena) se puede deber al consumo accidental al momento de la caza e ingestión de las presas que allí habitan.

*Trichomycterus rosablanca* también es una especie generalista (BA = 0,64), su estrategia de alimentación (Fig.3B) indica que Coleoptera es su principal presa, seguida de Chironomidae e insectos no identificados. Por otro lado, Dolichopodidae y Plecoptera son las presas que menos contribuyen a su dieta, aunque no son raras.

En el caso de *T. spectrum*, al igual que sus dos congéneres analizados en este estudio, es una especie generalista (BA = 0.77). La estrategia de alimentación (Fig. 3C) indica que todas sus presas son raras, excepto los insectos no identificados, sin embargo, estos pueden pertenecer a varios grupos. Las presas más recurrentes fueron Ostracoda, Stratyomidae e Isopoda, lo que quiere decir que posiblemente esta especie es oportunista. El alto aporte del detritus se puede deber al consumo accidental al momento de la caza como en el caso de *T. latistriatus*.

### 5. DISCUSIÓN

Los peces del género *Trichomycterus* tienden al consumo de larvas de insectos acuáticos como se ha reportado en *T. corduvense*, cuya dieta se compone de Chironomidae, ninfas de Ephemeroptera y larvas de Trichoptera (Manoni et al., 2009); *T. stawiarski*, *T. crassicaudatus* consumen larvas bentónicas de insectos acuáticos, siendo las larvas de Diptera las más representativas (Barreto et al., 2013), *T. punctulatus* es generalista y oportunista, su dieta está compuesta por larvas bentónicas de macroinvertebrados acuáticos (Vera Arabe et al., 2013). En *T. latistriatus*, *T. rosablanca* y *T. spectrum* la mayoría de las presas son larvas de insectos acuáticos

*Trichomycterus latistriatus* fue la especie que presentó un espectro trófico más amplio, ya que son organismos troglófilos (Muñoz-Saba y Lasso, 2020) y que se encuentran en cuerpos de agua de origen epigeo, por lo que la disponibilidad de recursos es mayor debido al arrastre que genera el agua del exterior (Wilkens et al., 2000). Eso se evidencia en su dieta, al encontrar restos de plantas y semillas. En esta especie se resalta que además de consumir larvas bentónicas, el zooplancton, ya que también tiene una relativa importancia.

La captura de sus presas la realiza mediante la búsqueda activa en el sustrato, como lo evidencia la alta presencia de arena (Casatti et al., 2003). Esta especie también explora la columna de agua como lo plantea Longo et al. (2019), quienes indican que los bagres de cavernas incluyen tácticas de forrajeo en esta zona pelágica, en búsqueda de alimento, mientras que los epigeos tienen hábitos principalmente bentónicos.

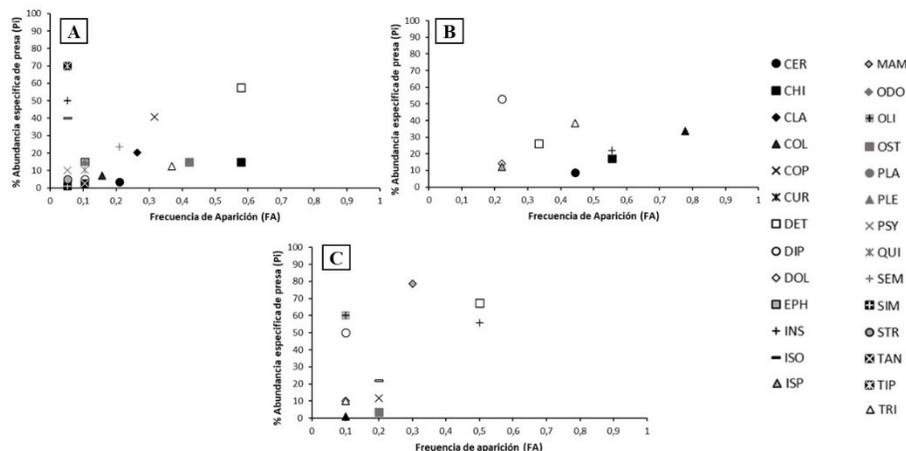


Fig. 3. Estrategia de alimentación (amplitud de nicho), dominancia y aporte de las presas a la dieta de: A) *Trichomycterus latistriatus*. B) *Trichomycterus rosablanca*. C) *Trichomycterus spectrum*.

En el caso de *T. rosablanca*, presentó la menor cantidad de presas las cuales además tenían una abundancia y frecuencia de aparición similares, siendo Coleoptera y Chironomidae los ítems que presentan un mayor aporte a la dieta de esta especie. Longo et al. (2019), determinaron que en la cueva Las Sardinias *T. rosablanca* es carnívora-generalista, depredadora de insectos de fondo y arácnidos de la superficie, siendo Coleoptera y Arachnida, sus principales presas, aunque también se observó in situ que consume regurgitaciones de murciélagos (vámpeiros) *Desmodus rotundus* (Lasso y Fernández-Auderset obs. pers).

Por otro lado, los hábitats dulceacuícolas de la región Caribe han sido poco documentados, aunque se conoce que los cuerpos de agua como los que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta presentan un poca productividad primaria y secundaria (Blanco-Cervantes y Blanco-Cervantes, 2020). *Trichomycterus spectrum* se encontró en dos cuevas ubicadas en esta región, en cuerpos de agua que además son de origen hipogeo, lo que disminuye aún más la disponibilidad de recursos (Wilkins et al., 2000).

Esto explica que el oportunismo en esta especie sea mucho más marcado, consumiendo inclusive carroña (restos de murciélago) siendo así un comportamiento adaptativo importante que ha ayudado a estas especies a vivir en estos ecosistemas con escasez de alimento, se destaca también la baja importancia de larvas de Diptera, contrario a lo que sucede en la dieta natural de la mayoría de *Trichomycterus* donde este ítem es de gran relevancia (Barreto et al., 2013).

Los peces cavernícolas, como la mayoría de los organismos subterráneos obligados, debido a las características que presentan estos hábitats como la ausencia total de luz, poseen un conjunto de rasgos morfológicos, fisiológicos y conductuales. Por ejemplo, a nivel morfológico han desarrollado adaptaciones sensoriales no visuales, de tal forma que algunos peces tienen apéndices más largos, como las aletas pectorales de *T. spectrum* que tiene los primeros radios alargados, que puede utilizar para orientarse en su entorno tocando obstáculos y otros objetos (Niemiller et al., 2019).

También pueden presentar modificaciones para trepar por las paredes de las cascadas (Flammang et al., 2016), como los odontodes que poseen todos los *Trichomycterus* de cavernas. Es probable que utilicen esta información táctil en conjunto con imágenes hidrodinámicas para percibir su entorno (Niemiller et al., 2019). Teniendo en cuenta lo anterior, los peces cavernícolas tienden a ser los mayores depredadores en ecosistemas subterráneos (Niemiller et al., 2019), además debido a la poca productividad primaria y escasos recursos se acomodan a la fluctuación de la oferta alimentaria (Goulding, 1980, Power, 1983), y amplían la gama de recursos que explotan para hacer frente a su menor

disponibilidad (Pacioglu et al., 2022). Por ende, se consideran carnívoros-generalistas que se alimentan de invertebrados acuáticos de forma oportunista (Trajano et al. 2001), como se observa en las tres especies analizadas en este estudio, según mostró el índice estandarizado de Levin.

La amplitud de nicho reflejada en estas especies es una consecuencia de la reducción de entrada de energía basal a lo largo de la transición de los cuerpos de agua del medio epigeo al hipogeo (Pacioglu et al., 2023), que afecta la topología de las redes tróficas las cuales se reducen por la disminución de la diversidad trófica en la base de la red y el aumento de la conectividad (Pacioglu et al., 2021).

Por esto, como se ha reportado en *T. rosablanca* (Longo et al., 2019) y en este estudio con *T. latistriatus*, los peces pueden provocar cambios en la dinámica del flujo de energía y en los ciclos de nutrientes al conectar zonas bentónicas y pelágicas a través del consumo de organismos que habitan en estas (VanderZanden y Vadeboncour, 2002).

Finalmente, cabe resaltar que la alimentación es uno de los aspectos biológicos menos conocidos de los peces cavernícolas, siendo este el segundo estudio en *T. rosablanca* y el primero en *T. latistriatus* y *T. spectrum*.

Se recomienda que futuros estudios consideren la contribución de nutrientes como carbono, nitrógeno y fósforo que proporcionan las presas, así como la biomasa consumida y la de los depredadores. Esto ayudará a comprender mejor cómo se da el flujo de nutrientes en estos hábitats subterráneos. Además, se pueden considerar las tasas metabólicas y de crecimiento, junto con datos ecomorfológicos, para entender mejor las adaptaciones fisiológicas de estos peces a la baja abundancia de recursos.

## 6. CONCLUSIONES

Las tres especies analizadas (*T. latistriatus*, *T. rosablanca* y *T. spectrum*) son entomofagas-oportunistas y de estrategia generalista, que se alimentan de larvas bentónicas y exploran la columna de agua, por lo que pueden provocar cambios en la dinámica del flujo de energía y en los ciclos de nutrientes al conectar estas zonas de los hábitats acuáticos subterráneos donde se encuentran. Las especies troglobias *T. rosablanca* y *T. spectrum* se acomodan a la fluctuación de la oferta alimentaria, por lo que, aunque se alimentan principalmente de larvas bentónicas de macroinvertebrados acuáticos, también explotan otros recursos como zooplancton, regurgitaciones de murciélagos (vámpeiros) y carroña, mientras que la especie troglófila *T. latistriatus*, presenta una amplitud de nicho más amplia compuesta de larvas de macroinvertebrados acuáticos y consume otros recursos, pero de forma accidental.

## FINANCIAMIENTO

Este artículo fue desarrollado en el marco de una investigación adelantada y liderada por el Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses financieros o relaciones personales que puedan haber influido en el trabajo reportado en este artículo.

## REFERENCIAS

- Amundsen, P. A., Gabler, H. M., & Staldvik, F. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48, 607–614.
- Barreto, A. P., Armiliato, F. C., Ribeiro, V. M., & Abilhoa, V. (2013). On the diet of two endemic and rare species of *Trichomycterus* (Ostariophysi: Trichomycteridae) in the Jordão River, Iguaçu River basin, southern Brazil. *Estudos de Biologia*, 35(84).
- Blanco Cervantes, C., & Blanco Cervantes, G. (2020). Hábitos alimentarios de la ictiofauna presente en el tramo bajo del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Actualidades Biológicas*, 42(113).
- Casatti, L., Mendes, H. F., & Ferreira, K. M. (2003). Aquatic macrophytes as feeding sites for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema River, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 213–222.
- Castellanos-Morales, C. A. (2008). *Trichomycterus uisae*: a new species of hypogean catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from the northeastern Andean Cordillera of Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 6(3), 307–314.
- Castellanos-Morales, C. A., & 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., & Rubio, E. A. (2006). Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus *Trichomycterus* in low-order streams of the Colombian Andes. *Journal of Fish Biology*, 68(4), 1026–1040.
- Do Nascimento, C., Prada-Pedreiros, S., & Guerrero-Kommritz, J. (2014). A new catfish species of the genus *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) from the río Orinoco versant of Páramo de Cruz Verde, Eastern Cordillera of Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 12(4), 717–728.
- Flammang, B. E., Suvarnaksha, A., Markiewicz, J., & Soares, D. (2016). Tetrapod-like pelvic girdle in a walking cavefish. *Scientific Reports*, 6(1), 23711.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & Van der Laan, R. (Eds.). (2024). *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, species, references*. Retrieved from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Lasso, C. A., Mesa, S., Castellanos Morales, C. A., Fernández Auderset, J., & Do Nascimento, C. (2018). *Peces cavernícolas de Colombia*. San Gil (Santander), Colombia.
- Longo, M., Castañeda, L., Deosa, J. A., Arias-Mañosca, M., Fernández-Auderset, J., & Lasso, C. A. (2019). Hábitos alimenticios de los peces y cangrejos cavernícolas de El Peñón (Andes), Santander, Colombia. Pp. 213–225. In Lasso, C. A., Barriga, J., & Fernández-Auderset, J. (Eds.), *Biodiversidad subterránea y epigea de los sistemas cársticos de El Peñón (Andes)*, Santander, Colombia (VII. Serie Fauna Silvestre Neotropical). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C., Colombia.
- Manoni, R., Garelis, P., Tripole, E., & 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.
- Mendoza, J. E., Murillo, J. M. M., & Orjuela, G. R. (2009). Sistema Cárstico de la Formación Rosablanca Cretácico inferior, en la provincia santandereana de Vélez, Colombia. *Geología Colombiana*, 34, 35–44.
- Mesa, S., Lasso, C. A., Ochoa, L. E., & Do Nascimento, C. (2018). *Trichomycterus rosablanca* (Siluriformes, Trichomycteridae), a new species of hypogean catfish from the Colombian Andes. *Biota Colombiana*, 19, 95–116.
- Moreno, G., & Sarmiento, G. (2002). Estratigrafía cuantitativa de las formaciones Tablazo y Simití en las localidades de Sáchica (Boyacá) y Barichara-San Gil (Santander), Colombia. *Geología Colombiana*, 27, 51–74.
- Muñoz-Saba, Y., & Lasso, C. A. (2020). Biodiversidad cavernícola de Colombia: conocimiento, uso y conservación. In Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G., & Hernández-Manrique, O. L. (Eds.), *Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia* (pp. 112). Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Niemiller, M. L., Bichuette, M. E., Chakrabarty, P., Fenolio, D. B., Gluesenkamp, A. G., Soares, D., & Zhao, Y. (2019). Cavefishes. In *Encyclopedia of Caves* (pp. 227–236). Academic Press.

- Pacioglu, O., Amărioarei, A., Duțu, L. T., Plăvan, G., Ițcuș, C., Plăvan, O., & Iwan Jones, J. (2021). The structure and functionality of communities and food webs in streams along the epigeal–hypogean continuum: unifying ecological stoichiometry and metabolic theory of ecology. *Aquatic Sciences*, 83, 1-20.
- Pacioglu, O., Duțu, L., Duțu, F., & Pavel, A. B. (2022). Habitat preferences and trophic interactions of the benthic invertebrate communities inhabiting depositional and erosional banks of a meander from Danube Delta (Romania). *Global Ecology and Conservation*, 38, e02213.
- Pacioglu, O., Tușa, I. M., Popa, I., Ițcuș, C., Plăvan, G. I., Boufahja, F., & Baba, Ș. C. (2023). Aquatic subterranean food webs: a review. *Global Ecology and Conservation*, e02704.
- Pipán, T., Culver, D. C., & Levin, S. A. (2013). Subterranean ecosystems. In *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 44-62).
- Power, M. E. (1983). Grazing responses of tropical freshwater fishes to different scales of variation in their food. *Environmental Biology of Fishes*, 9, 103-115.
- Trajano, E. (2001). Ecology of subterranean fishes: an overview. *Environmental Biology of Fishes*, 62(1), 133-160.
- Vander Zanden, M. J., & Vadeboncoeur, Y. (2002). Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. *Ecology*, 83(8), 2152-2161.
- Vargas, C. A., Montes, L. A., & Ortega, C. (2012). Geología estructural y estratigrafía del área Majayura (Guajira). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(140), 385-398.
- Vera Arabe, A., Oyague Passuni, E., Castañeda Córdova, L., & Quinteros Carlos, Z. (2013). Hábitos alimentarios del bagre life *Trichomycterus punctulatus* (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, Siluriformes) en el río Pisco, Perú. *Ecología Aplicada*, 12(2), 121-131.
- Wilkens, H., Culver, D. C., & Humphreys, W. F. (Eds.). (2000). *Subterranean ecosystems*. Amsterdam: Elsevier.