

Artículo de investigación

Revelando la relación rasgo-ambiente en peces de sistemas lóticos andinos

Unraveling the trait-environment relationship in fish of Andean lotic systems

Laura Melissa Barrios Alonso ¹ ✉ y Camilo Andrés Roa-Fuentes ² ✉

¹Biólogo. Grupo de Investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad – XIUÁ. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

²Biólogo, PhD, Mg. Grupo de Investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad – XIUÁ. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Recepción: 11-agosto-2023 **Aceptado:** 21-jul-2024 **Publicado:** 20-enero-2025

Cómo citar: Barrios Alonso, L. M., & Roa-Fuentes, C. A. (2025). Revelando la relación rasgo-ambiente en peces de sistemas lóticos andinos. *Ciencia en Desarrollo*, 16(1).doi: 10.19053/01217488.v16.n1.2025.16359

Resumen

Este estudio se enfocó en evaluar la variación en la estructura funcional en el ensamblaje de peces y su relación con las variables ambientales de la subcuenca del río Batá. En consecuencia, se realizó un muestreo en 13 puntos ubicados después del muro del embalse hasta la parte baja de la cuenca, en cada uno de ellos se tomaron medidas fisicoquímicas y se realizó una caracterización del canal. A los peces colectados se les tomaron 23 medidas morfométricas para revelar su relación con el ambiente. Los resultados apuntan a que dependiendo del gradiente ambiental habrán rasgos funcionales predominantes. Por ejemplo, en puntos cercanos a la represa la ocurrencia de especies con el complejo de aletas pectorales y pélvicas desarrolladas fue lo esperado, y a medida que se alejaban del muro de la represa ocurrieron especies con un pedúnculo caudal largo. Por su parte, las variables ambientales jugaron un papel importante en la composición de los rasgos funcionales, siendo relevantes la temperatura y la profundidad.

Palabras Clave: Boyacá, Conectividad longitudinal, Cuenca del río Meta, Diversidad morfológica, Ictiofauna, Orinoco.

Abstract

This study focused on evaluating the variation in the functional structure of the fish assemblage and its relationship with environmental variables in the Batá river sub-basin. Consequently, sampling was carried out at 13 points located after the reservoir wall up to the lower part of the basin, in each of which physicochemical measurements were taken and a characterization of the channel was performed. Twenty-three morphometric measurements were taken from the fish collected to reveal their relationship with the environment. The results indicate that depending on the environmental gradient we will find predominant functional traits. For example, at points close to the dam, the occurrence of species with a developed pectoral and pelvic fin complex was expected, and as they moved away from the dam wall, species with a long caudal peduncle occurred. Environmental variables played an important role in the composition of the functional traits, with temperature and depth being relevant.

Keywords: Boyacá, Longitudinal connectivity, Meta river basin, Morphological diversity, Ichthyofauna, Orinoco.

1. Introducción

Los rasgos funcionales son atributos morfológicos, fisiológicos y/o fenológicos que pueden medirse en cualquier nivel de organización (e.g., organismo) e influyen en la eficiencia biológica por medio de efectos en el crecimiento, reproducción y supervivencia [1]. La medición de los rasgos funcionales en los estudios ecológicos es importante debido a que ayuda a mejorar el entendimiento de la biología de las especies [2]. Asimismo, el análisis de la distribución de estos rasgos en las comunidades favorece la comprensión de los procesos de estructuración comunitaria, puesto que se encuentran influidos por las interacciones bióticas y las condiciones abióticas [3]. Además, permiten entrever cómo responden los ensamblajes a la variación de origen natural y antrópica [4]. Cuando se basan en la ecomorfología tienen como fundamento que las estructuras morfológicas de los peces confieren un concepto en el rol biológico y en el desempeño a lo largo de la existencia del individuo [5]. Por ello, son una herramienta útil para poder definir, entre otros, los aspectos tróficos de las especies, ya que ciertas características morfológicas presentan una relación con la alimentación, dado a que el recurso trófico es determinante en la segregación de las especies ícticas que pueden coexistir en un ambiente [6]. En distintos estudios se ha demostrado cómo medidas como la protrusión de la boca, el ancho y altura de la boca, la longitud y altura de la cabeza, pueden exponer el tamaño y la densidad de las presas con las que coexisten [7-9]. A su vez, rasgos funcionales relacionados con longitudes y alturas de las aletas o del pedúnculo caudal juegan un papel importante en la inferencia del tipo de natación y el uso del hábitat de cada especie [10-13], así como sus interacciones biológicas y forrajeo [14].

En Colombia se encuentran 3834 especies ícticas, de las cuales se estima que cerca de 1616 son dulceacuícolas [15]. La macrocuenca del río Orinoco pertenece a la ecorregión dulceacuícola cisandina, cuenta con una superficie de 991587 km² y se han reportado cerca de 1000 especies ícticas entre dulceacuícolas y estuarinas [16], [17]. Aproximadamente el 35 % de su extensión se encuentra en territorio colombiano [18], siendo en la cordillera oriental donde nacen gran parte de los afluentes que nutren al río Orinoco como lo son el Guaviare, Inírida y Meta; este último recibe varios tributarios que nacen en el flanco oriental de la cordillera como lo son los ríos Cravo Sur, Guanapalo, Ariporo, Pauto, Casanare, Guachiría, Cusiana y Upía y representan al menos el 6 % de los afluentes que nutren a la macrocuenca del río Orinoco [19]. A simple vista, el conjunto de especies de la cuenca del río Meta [17], [20], posee una amplia variación en sus rasgos funcionales, como el caso de *Ancistrus triradiatus* (Siluriformes, Loricariidae) que es una especie con hábitos bentónicos y consume detritos y algas [20] y *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) que es una especie con hábitos bentopelágicos y se alimenta de peces, insectos y crustáceos [21].

En el contexto nacional, las investigaciones sobre rasgos funcionales en peces son escasos, y en su mayoría han sido realizadas en la ecorregión trasandina. Para las cuencas Magdalena-Cauca se evidencia cómo las comunidades ícticas pueden ser sensibles a los disturbios de origen antrópico a lo largo de los afluentes, afectando fuertemente los servicios ecosistémicos [22, 23]. Por otro lado, los estudios en la ecorregión

cisandina se han realizado en su mayoría en Brasil, y algunos en Colombia, donde han encontrado una correlación entre los rasgos morfológicos con el uso del hábitat y la dieta de las especies. Por ejemplo, Cano y colaboradores [24] encontraron que el intenso impacto antrópico (embalsamiento, erosión y sedimentación, entre otros) que sufre la cuenca del río Uberaba (Brasil), generó una presión selectiva sobre *Astyanax aff. paranae*, seleccionando a aquellos que presentaron una mejor capacidad de realizar maniobras y movimientos tanto para eludir a depredadores como para mejorar su eficiencia en la depredación [12, 24].

Las variables ambientales (incluidas sus variaciones espaciales y temporales) juegan un papel relevante a la hora de estructurar las comunidades de peces, ya que estas varían en respuesta a estos parámetros [25]. Ejemplo de ello, es la variación de la temperatura, ya que los organismos acuáticos son sensibles a los cambios térmicos [26], incidiendo en el crecimiento, fecundidad y metabolismo de los peces [27] y a su vez afectando las distribuciones y por ende la composición del ensamblaje de peces [25], y repercute en la forma de las especies [28]. Al igual que la temperatura, el oxígeno y el pH influyen en los rasgos funcionales de los peces, ya que pueden limitar la abundancia y presencia de los recursos alimentarios [29]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variación en la estructura funcional de los ensamblajes ícticos y su relación con las características ambientales de la subcuenca del río Batá y se pretende abordar a través de las siguientes preguntas ¿Hay variación en la estructura funcional del ensamblaje íctico aguas abajo de un represamiento? y ¿Dicha variación es explicada por las características ambientales de la cuenca de estudio?

2. Materiales y métodos

Área de estudio.

El río Batá hace parte de la subcuenca del río Garagoa que a su vez hace parte de la cuenca hidrográfica del río Orinoco [30]. Esta cuenca presenta un gradiente altitudinal que propicia una diferenciación térmica de 0.65 °C por cada 100 metros de elevación, siendo aproximadamente la temperatura más baja 13.4 °C y la mayor 18.8 °C [30]. La cuenca presenta un caudal medio de 78.3 m³/s, siguiendo un comportamiento monomodal, donde los meses de diciembre, enero y febrero presentan el menor caudal y los meses de junio, julio y agosto los de mayor [30]. La precipitación es mínima en los meses de diciembre a febrero (<100 mm/mes) y máxima en el mes de junio (hasta 600 mm/mes) [30].

Esta cuenca también se caracteriza por presentar una alteración en la conectividad, a causa de que en ella se estableció el embalse “La Esmeralda”, el cual está situado a 7 km de la cabecera municipal del municipio de Santa María, departamento de Boyacá, y presenta una longitud de 310 m en la parte más alta de la cresta y una altura de 237 m desde el fondo de cimentación [31]. Además, consta de un vertedero con una capacidad de descarga de 10000 m³/s que está provisto de un canal abierto de tres compuertas [31].

Tabla 1: Rasgos funcionales, código, interpretación y medida a partir de la cual se estableció la proporción de cada rasgo.

Rasgo funcional	Código	Interpretación ecológica	Proporción
Longitud del hocico cerrado	SNL	Uso trófico.	MSL
Posición del ojo	EYEP	Relacionada con obtención de alimento y depredación visual [43]. Informa sobre la posición en la columna de agua [44].	HEAD
Diámetro del ojo	EYED	Similar a la posición del ojo [43], [44].	HEAL
Longitud de la cabeza	HEAL	Valores altos: especies que se alimentan de grandes presas [9], [11], [45].	MSL
Profundidad de la cabeza	HEAD	Valores altos: peces que consumen presas grandes [9], [45].	BODD
Ancho de la cabeza	ANC	Valores altos: peces que consumen presas grandes [9], [45].	BODW
Longitud estándar máxima	MSL	Relacionada con locomoción, metabolismo e impactos tróficos [46].	—
Profundidad corporal máxima	BODD	Valores bajos: especies del fondo o hábitats con rápidos [11], [47].	MSL
Profundidad bajo línea media	BDBM	Locomoción / Uso del hábitat.	BODD
Ancho máximo del cuerpo	BODW	Valores bajos: especies de hábitats con baja corriente [10], [11].	—
Longitud del pedúnculo caudal	PEDL	Indica buena natación o adaptación a flujos rápidos [9], [11], [47].	MSL
Profundidad del pedúnculo caudal	PEDD	Valores bajos: mayor maniobrabilidad [9].	BODD
Ancho del pedúnculo caudal	PEDW	Valores altos: nadadores continuos [9].	BODW
Longitud de la aleta dorsal	DORL	Relacionada con estabilización en deflexiones [48].	MSL
Altura de la aleta dorsal	DORH	Relacionada con estabilización en deflexiones [48].	MSL
Longitud de la aleta pectoral	PECL	Natación lenta y hábitats con corrientes fuertes [11], [49].	MSL
Altura de la aleta pectoral	PECH	Igual a PECL [11], [49].	MSL
Longitud de la aleta caudal	CAUL	Relacionada con aceleración [50].	MSL
Altura de la aleta caudal	CAUH	Relacionada con aceleración [50].	MSL
Longitud de la aleta pélvica	PELV	Valores bajos: pelágicos; altos: bentónicos [51].	MSL
Altura de la aleta pélvica	AAV	Valores bajos: pelágicos; altos: bentónicos [51].	MSL
Longitud de la aleta anal	ANAL	Mejora estabilización y maniobrabilidad [51].	MSL
Altura de la aleta anal	ANAH	Mejora estabilización y maniobrabilidad [51].	MSL

un análisis de correspondencia, mientras que a la matriz R y Q se les realizó un análisis de coordenadas principales [54]. Previo a los análisis estadísticos de los rasgos funcionales, los datos se prepararon de la siguiente manera: la matriz de rasgos funcionales se expresó en términos de proporción, donde para cada medida se identificó la medida con base a la cual se le realizaría la proporción (Tabla 1) [9]. A seguir, se elaboró una matriz con los valores de los datos promediados de los rasgos por especie. Para determinar la significancia estadística del análisis RLQ se realizó un test de permutación Monte-Carlo, con 9999 repeticiones, y siguiendo el modelo tipo 5, el cuál maneja como hipótesis nula que los rasgos ni las variables ambientales se encuentran relacionados con la distribución de las especies [55].

3. Resultados

Gradiente Ambiental.

Los dos primeros ejes del PCA acumularon el 52.6 % del total de la varianza ambiental (Figura 2). El eje 1 separa los sitios de muestreo de acuerdo a la profundidad, los rápidos, la cobertura lineal y el sustrato orgánico, donde los que se acercan al muro (e.g., P9 a P13) presentan mayores valores, mientras que los puntos lejanos (e.g., P1 a P3) presentan valores mayores para oxígeno, pH y temperatura y menores valores para profundidad (Figura 2). El eje 2 mostró cómo P12 y P13 están mayormente asociados a la profundidad, rápidos y a la cobertura lineal, mientras que P9 y P10 al sustrato orgánico y a pozo; P11 presenta baja presencia de rápidos. Los puntos lejanos al muro revelan una asociación con las variables de velocidad, sustrato inorgánico, corredor, conductividad y pH, sin embargo, P2 presenta mayores valores para oxígeno y temperatura.

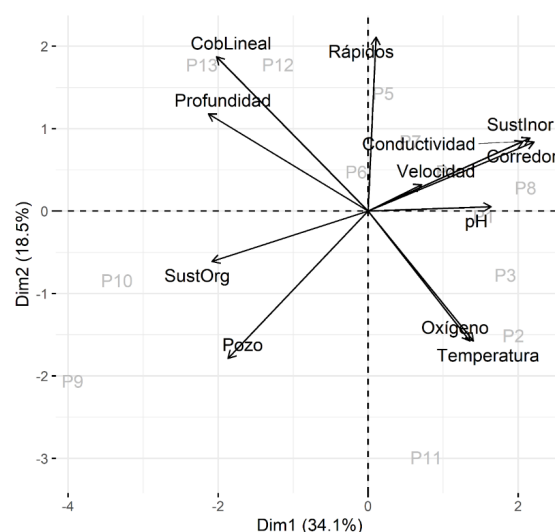


Figura 2: Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales con relación a los puntos de muestreo en el río Batá. CobLineal: Cobertura lineal; SustrInor: Sustrato inorgánico y SustrOrg: Sustrato Orgánico.

Composición de especies y rasgos funcionales.

El ensamblaje de peces en la subcuenca del río Batá estuvo compuesto por 18 especies, las cuales se agrupan en 4 órdenes, 8 familias y 15 géneros (Tabla 2; [42]). Hubo una relación significativa entre los rasgos funcionales de los peces y las variables ambientales en la cuenca del río Batá (RLQ $P = 0.0472$, prueba de permutación de Montecarlo). El primer eje del RLQ acumuló el 70.68 % de la varianza mientras que el segundo eje el 18.33 %, para un total de 89.02 % (Figura 3). Los

Tabla 2: Especies ícticas encontradas en el río Batá, cuenca alta del río Orinoco, Colombia, con su respectiva abreviatura.

Orden	Familia	Especie	Abreviatura
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium chupa</i> Schultz, 1944	C chu
		<i>Bryconamericus alpha</i> Eigenmann, 1914	B alp
	Characidae	<i>Bryconamericus cismontanus</i> Eigenmann, 1914	B cis
		<i>Creagrutus atratus</i> Vari y Harold, 2001	C atr
		<i>Hemibrycon metae</i> Myers, 1930	H met
		<i>Knodus deuterodonoides</i> Eigenmann, 1914	K deu
		<i>Corynopoma riisei</i> Gill, 1858	C rii
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia caucana</i> Steindachner, 1880	P cau
		<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	P ret
Gymnotiformes	Apteronotidae	<i>Apteronotus galvisi</i> Maldonado-Ocampo y Crampton, 2007	A gal
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus latidens</i> Eigenmann, 1918	A lat
		<i>Rhamdia cf. quelen</i> Quoy y Gaymard, 1824	R que
	Heptapteridae	<i>Chasmocranus rosae</i> Eigenmann, 1922	C ros
		<i>Chaetostoma dorsale</i> Eigenmann, 1922	C dor
		<i>Chaetostoma joropo</i> Ballen, Urbano-Bonilla y Maldonado-Ocampo, 2016	C jor
		<i>Dolichancistrus fuesslii</i> Steindachner, 1882	D fue
		<i>Farlowella colombiensis</i> Retzer y Page, 1997	F col
	Loricaridae	<i>Trichomycterus knerii</i> Steindachner, 1882	T kne
	Trichomycteridae		

tres ejes restantes acumularon el 10.54 % de la varianza. Los gráficos de ordenación permiten diferenciar siete (7) grupos funcionales (GF) conformados de la siguiente manera: GF1) *Characidium chupa*, 2) *Chaetostoma joropo*, *Dolichancistrus fuesslii*, *C. dorsale* y *Astroblepus latidens*, 3) *Bryconamericus alpha*,

Poecilia caucana, *Hemibrycon metae*, *B. cismontanus*, *Creagrutus atratus*, *Knodus deuterodonoides*, *P. reticulata* y *Corynopoma riisei*, 4) *Rhamdia cf. quelen* y *Chasmocranus rosae*, 5) *Trichomycterus knerii*, 6) *Farlowella colombiensis* y 7) *Apteronotus galvisi* (Figura 3D).

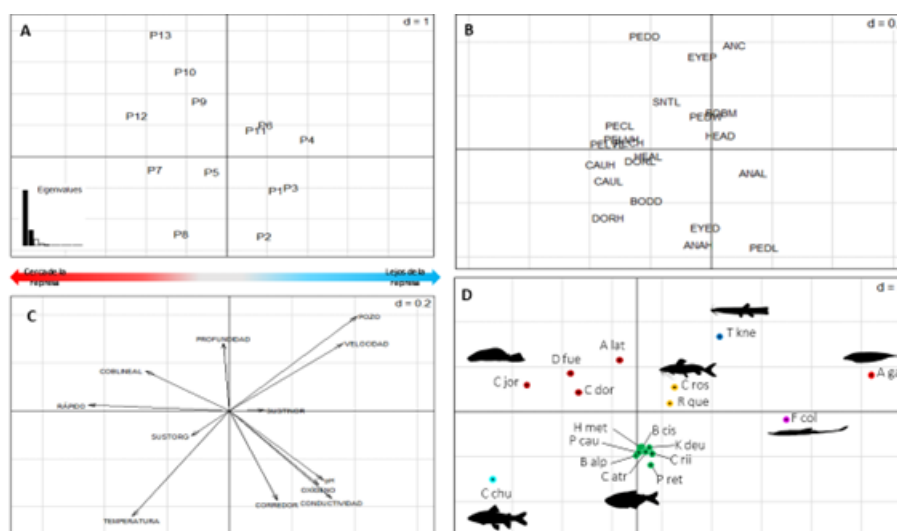


Figura 3: Análisis RLQ. A) Ordenación de los lugares de muestreo; B) Ordenación de los Rasgos Funcionales (Tabla 1), C) Ordenación de las Variables Ambientales, donde: COBLINEAL: Cobertura lineal; SUSTINOR: Sustrato Inorgánico; SUSTORG: Sustrato Orgánico, y D) Ordenación de las especies (Tabla 2), donde a los grupos funcionales (GF) se les asigno un color de la siguiente forma: GF1: Celeste; GF2: Vinotinto; GF3: Verde; GF4: Amarillo; GF5: Azul; GF6: Violeta y GF7: Rojo.

Se observó una diferenciación espacial de la estructura funcional del ensamblaje de peces que está mediada por las características ambientales (Figura 3). En aquellos sitios más alejados de la represa (e.g., P1 a P3) son recurrentes las especies del grupo funcional 3, e.g., *B. alpha*, *P. reticulata*, *H. metae*, *B. cismontanus*, que se caracterizan por presentar mayores valores para rasgos de locomoción, tales como longitud del pedúnculo caudal (PEDL) y altura de la aleta anal (ANAH), lo que indica que estas especies son buenas nadadoras y tienen buena estabilización y maniobrabilidad (Figura 3). Además, presentaron valores altos para el diámetro del ojo (EYED), un rasgo predictor de la buena capacidad que poseen para la

obtención de alimentos basados en la depredación visual [43]. Todos estos rasgos estuvieron relacionados positivamente con mayores valores para las variables fisicoquímicas pH y oxígeno disuelto y con mayores porcentajes de sustrato orgánico y meso hábitat corredor (Figuras 2 y 3). En los sitios más alejados de la represa, e.g., P9 a P13, fueron comunes las especies del grupo funcional 2 (*C. joropo*, *D. fuesslii*, *C. dorsale* y *Astroblepus latidens*), estas presentan valores altos para los rasgos longitud de aletas pectorales (PECL y PECH) y pélvicas (AAV y PELVL) lo que indica tipos de hábito bentónico y con adaptaciones para sitios de corrientes fuertes, asimismo, para profundidad del pedúnculo caudal (PEDD) lo que permite

inferir una capacidad limitada en la maniobrabilidad y para longitud del hocico cerrado (SNLT) el cual es un indicador del uso trófico (Figura 3). Precisamente estas especies y rasgos estuvieron asociados con sitios dominados por rápidos y mayor cobertura lineal de la vegetación (Figuras 2 y 3).

También se observó una marcada diferenciación entre ciertos grupos funcionales. Por ejemplo, el grupo funcional 7 (*A. galvisi*) presenta valores medios-bajos para la profundidad de la cabeza (HEAD) y ancho de la cabeza (ANC) que se relacionan con el tamaño de presas que captura. Igualmente, valores bajos para el complejo de aletas pectorales (PECL y PECH) y la aleta anal (ANAL y ANAH), lo que es congruente a que se encuentre asociado con valores altos de meso hábitat pozo. El grupo funcional 6 (*F. colombiensis*) está asociada a rasgos como longitud de la aleta anal (ANAL) que predice una buena capacidad de estabilización, presenta valores medios para la profundidad de la cabeza (HEAD) y para la longitud del pedúnculo caudal (PEDL) y valores bajos para los distintos complejos de aletas que ecológicamente se asocian a sustratos inorgánicos. Asimismo, el grupo funcional 1 (*C. chupa*) se presentó en sitios con valores altos de temperatura y sustrato blando y valores medios en rápidos. También se observaron rasgos como la altura de la aleta dorsal (DORH) la cual predice una buena estabilización en las deflexiones y la longitud de la aleta caudal (CAUL) que se asocia con la capacidad de aceleración del organismo.

Por último, los grupos funcionales 4 (*R. cf. quelen* y *C. rosae*) y 5 (*T. knerii*) presentaron mayores valores en el complejo de la cabeza, lo que indica que se alimentan de presas relativamente grandes, como insectos, invertebrados y en el caso de *R. cf. quelen*, posiblemente de otros peces. Estos grupos están asociados positivamente a los pozos y a la velocidad (Figura 3). De modo general, los resultados permiten afirmar que los rasgos funcionales varían en función del gradiente ambiental y que la profundidad, el mesohábitat corredor y las variables fisicoquímicas del agua como el oxígeno, la conductividad y el pH fueron las más influyentes.

4. Discusión

Los rasgos funcionales basados en la ecomorfología estudian la relación entre la morfología, los patrones ecológicos y el desempeño de las especies [56], proporcionando información acerca del ambiente que habitan estos organismos y cómo sus características morfológicas les permite la explotación de los recursos disponibles [56, 57]. En términos generales, los resultados demostraron una diferenciación espacial de la estructura funcional del ensamblaje, donde en puntos cercanos al represamiento fueron comunes las especies que presentan aletas pectorales y pélvicas bien desarrolladas y a medida que aumenta la distancia al represamiento, ocurren especies con cuerpos más comprimidos y con mayor longitud del pedúnculo caudal. Las variables ambientales, tanto fisicoquímicas como el pH y la temperatura y aquellas que brindan complejidad a los microhábitats, tal como la cobertura lineal y la profundidad, fueron relevantes para determinar la estructura de los rasgos funcionales en la comunidad. Estos resultados, se asemejan a los reportados en otras investigaciones en ríos Andinos (e.g., Conde-Saldaña et al. [22]) y a

su vez, se ciñen a la hipótesis de que los rasgos funcionales de cada especie reflejan su ecología y son indicadores de su biología y de las adaptaciones a su entorno [10–12].

Las variables ambientales tienen una gran influencia en la estructura funcional de los ensamblajes de peces [58, 59]. El oxígeno disuelto es una variable relevante en la estructuración de los rasgos funcionales en peces [29], este se encontró altamente correlacionado con la temperatura del agua, lo que puede deberse a que con el aumento de la elevación los niveles de oxígeno disminuyen debido a las bajas presiones de oxígeno atmosférico [60]. Al igual que el oxígeno, el pH también influye en la estructuración de los rasgos funcionales, ligado a rasgos influenciados por la alimentación ya que se encuentra relacionado principalmente con la abundancia de invertebrados acuáticos [29]. Esto es consecuente con nuestros resultados, en razón de que los valores altos de estas variables se relacionan con la ocurrencia de los Cyprinodontiformes y carácidos del río Batá, estos últimos al presentar un mayor diámetro del ojo, indica la importancia de este rasgo para la captura de ítems alimentares que derivan con la corriente [61]. Además, la presencia de cobertura lineal en ríos de magnitud 7 (según la escala Horton – Strahler), influye en la disponibilidad de recurso alimentar como detritos y materia orgánica fina [37] y la presencia de sustratos inorgánicos (e.g., roca, bloque, grava, cantos) recurrentes en estos ríos favorece una mayor oferta de microhábitats que ofrecen recursos tróficos y refugio para los peces [60, 62], favoreciendo a especies consumidoras de perifiton como *C. joropo*, *C. dorsale* y *D. fuesslii* [20, 41]. Estas especies se caracterizan por presentar una boca ventral modificada en forma de ventosa que le brinda la capacidad de sujetarse a diversos sustratos [63].

Los Siluriformes presentan aletas caudales y pectorales bien desarrolladas, cuerpos alargados que le confieren un perfil trófico diverso [12]. Específicamente en los loricáridos (grupo funcional 2), las aletas dorsales juegan un papel relevante en el movimiento [44], debido a que evitan que el pez rote sobre su eje longitudinal al realizar giros [64] y junto con las aletas pectorales les posibilitan una mayor sujeción del cuerpo al fondo del lecho del río. Además, al presentar un cuerpo deprimido indica hábitos de exploración y explotación del fondo, en especial en sitios que presentan rápidos [65]. Las especies del grupo funcional 3, tales como *B. alpha*, *B. cismontanus* y *K. deuterodonoides*, presentan bocas terminales y cuerpos comprimidos lateralmente y profundos, con aletas pectorales poco desarrolladas, lo que permite asociarlos a sitios con dominancia de meso hábitat de corredores [11].

Respecto a los grupos funcionales compuestos por una única especie esto se debe a que son especies que presentan rasgos funcionales que les confiere una particularidad. Como es el caso de *Apteronotus galvisi* al presentar un cuerpo alargado y una mayor longitud de la aleta anal, le permite realizar movimientos rápidos a través de la columna de agua [44] y de *Characidium chupa*, el cual está asociado a corrientes rápidas en el cuerpo de agua [66], y por ende, presenta valores altos en la altura de la aleta dorsal, que le confiere mejor estabilidad en las deflexiones [48].

Los cambios en la estructura funcional de los ensamblajes en

función del gradiente altitudinal no han sido ampliamente abordados en la región andina. La ictiofauna encontrada en los puntos cercanos al muro del embalse se compone en su mayoría por Siluriformes y a medida que se incrementa la distancia a este, y que disminuye en altitud, la composición taxonómica del ensamblaje se diversifica incorporándose especies de Characiformes y Gymnotiformes. Este resultado era esperado, a causa de que la composición de los ensamblajes de peces cambia a lo largo del gradiente de elevación presentando una relación inversa, es decir, en la medida que disminuye la altitud se espera encontrar mayor diversidad taxonómica [28, 67]. Esto se relaciona con que los afluentes tienden a presentar mayor estabilidad en su hidrología y mayor heterogeneidad espacial en zonas bajas [68], brindando una variedad de hábitats que les permite a los peces encontrar protección ante las diferentes alteraciones [69].

En síntesis, en el río Batá se presentaron cambios en la estructura funcional asociados con el gradiente ambiental y altitudinal. Se encontró que la composición de los grupos funcionales a través del gradiente evaluado cambia paralelamente con las características ambientales y el aumento en la elevación, en zonas bajas se encontró que los grupos funcionales 1,3, 6 y 7 se asociaron a variables fisicoquímicas como el pH, oxígeno disuelto y la temperatura, y a corredores y valores medios-bajos de cobertura lineal, lo cual puede correlacionarse con los valores altos en la temperatura debido a que a medida que se desciende altitudinalmente, el afluente aumenta su tamaño y por ende, el área superficial de agua expuesta a la incidencia solar es mayor [70], y en las zonas de mayor altitud predominaron las mayores profundidades y una mayor cobertura lineal y se asociaron los grupos 2,4 y 5 debido a que estas condiciones proporcionan diversidad de microhábitats que reducen la competencia por recursos a la vez que proveen sitios de resguardo a los peces para evitar ser depredados [36, 45], lo que confiere una mayor diversidad de hábitats y de grupos funcionales. Al respecto, con el cambio en el gradiente funcional y ambiental, los resultados de este estudio son concordantes con los de Carvajal-Quintero y colaboradores [28] quienes evaluaron los grupos funcionales en función del gradiente altitudinal (500 a 2000 msnm) y ambiental en varios tributarios de la Cuenca Magdalena-Cauca. Conde-Saldaña y colaboradores [22] a su vez obtuvieron conclusiones similares mientras evaluaron la estructura funcional de la ictiofauna en un gradiente altitudinal entre 351 a 1057 msnm en el río Alvarado (Cuenca del Magdalena).

5. Conclusiones

La estructura del ensamblaje íctico del río Batá está influenciado por el gradiente ambiental dado que la ictiofauna tiende

a diversificarse funcionalmente con la disminución en la altitud, pero a su vez las variables ambientales juegan un papel importante tanto por las medidas fisicoquímicas, siendo representativas el pH y la temperatura, como aquellas que puedan brindar complejidad a los microhábitats tal como la cobertura lineal y la profundidad. Esto conllevó a que identificaran siete grupos funcionales, que dependen de esta estructuración para ocurrir, donde en los puntos cercanos al muro del embalse, los Siluriformes tienen las condiciones para poder establecerse y co-ocurrir, y a medida que se aleja del muro, cambia la estructuración de los microhábitats, se desciende por el gradiente ambiental y los demás grupos funcionales empiezan a predominar. Lo anterior indica que a pesar de las múltiples alteraciones de origen antrópico que ha sufrido el río Batá, por ejemplo, la pérdida de conectividad longitudinal, cambios en la cobertura vegetal, cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua, este afluente aún conserva una importante diversidad taxonómica y funcional que deben ser estudiadas más a fondo para su manejo y protección, consecuente con lo recomendado por otros autores que señalan al área de influencia de la subcuenca del río Upía como prioridad de conservación en la Orinoquia andina [16, 71]. Para finalizar, estos resultados servirán como insumo para una eventual restauración del río Batá en su porción aguas arriba o de otros sistemas lóticos andinos bajo la influencia de represamientos, ya que sugieren la relación de los grupos y rasgos funcionales con las variables ambientales afectadas por el represamiento, puesto que pueden predecir el grado de afectación que tendrán las especies frente a un nuevo cambio en la estructura física del río [72].

Agradecimientos

Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto “Importancia de las variables locales y de paisaje sobre las comunidades de peces y macroinvertebrados bentónicos de sistemas lóticos andinos”, código SGI 2955, financiado por el Ministerio de Ciencias (MinCiencias), a través del Fondo Francisco José de Caldas - FFJC, Convenio Especial de Cooperación 404-2019 para el programa de investigación, correspondiente al CDR derivado número 15464-2020 del 19 de marzo de 2020, y la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). La recolecta de material biológico estuvo cobijado por el Permiso Marco de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial otorgado a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) mediante Resolución 0724 del 04 de julio de 2014.

Referencias

- [1] C. Violle et al., "Let the concept of trait be functional!," *Oikos*, vol. 116, no. 5, pp. 882–892, 2007, doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x.
- [2] D. U. Hooper et al., "Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge," *Ecological monographs*, vol. 75, pp. 3–35, 2005, doi: 10.1890/04-0922.
- [3] B. J. McGill, B. J. Enquist, E. Weiher, and M. Westoby, "Rebuilding community ecology from functional traits," *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 21, no. 4, pp. 178–185, 2006, doi: 10.1016/j.tree.2006.02.002.
- [4] D. Mouillot, O. Dumay, and J. A. Tomasini, "Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 71, no. 3–4, pp. 443–456, 2007, doi: 10.1016/j.ecss.2006.08.022.
- [5] W. J. Bock and G. Von Wahlert, "Adaptation and the form-function complex," *Evolution*, pp. 269–299, 1965.
- [6] P. Amundsen, T. Bøhn, and G. Våga, "Gill raker morphology and feeding ecology of two sympatric morphs of European whitefish (*Coregonus lavaretus*).," *Annales Zoologici Fennici*, vol. 41, pp. 291–300., 2004, [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/23736213>.
- [7] I. Aleev, "Function and gross morphology in fish. Jerusalem, 1969."
- [8] A. Keast and D. Webb, "Mouth and Body Form Relative to Feeding Ecology in the Fish Fauna of a Small Lake, Lake Opinicon, Ontario," *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, vol. 23, no. 12, pp. 1845–1874, 1966, doi: 10.1139/f66-175.
- [9] K. O. Winemiller, "Ecomorphological Diversification in Lowland Freshwater Fish Assemblages from Five Biotic Regions," *Ecological Monographs*, vol. 61, no. 4, pp. 343–365, 1991, doi: 10.2307/2937046.
- [10] J. A. J. Gatz, "Ecological morphology of freshwater stream fishes.," *Tulane Studies in Zoology Botany*, vol. 21, pp. 91–124, 1979.
- [11] D. J. Watson and E. K. Balon, "Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo," *Journal of Fish Biology*, vol. 25, no. 3, pp. 371–384, 1984, doi: 10.1111/j.1095-8649.1984.tb04885.x.
- [12] L. Casatti and R. M. C. Castro, "Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil," *Neotropical Ichthyology*, vol. 4, no. 2, pp. 203–214, 2006, doi: 10.1590/s1679-62252006000200006.
- [13] P. C. Wainwright, D. R. Bellwood, and M. W. Westneat, "Ecomorphology of locomotion in labrid fishes," *Environmental Biology of Fishes*, vol. 65, no. 1, pp. 47–62, 2002, doi: 10.1023/A:1019671131001.
- [14] P. W. Webb, "Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates," *Integrative and Comparative Biology*, vol. 24, no. 1, pp. 107–120, 1984, doi: 10.1093/icb/24.1.107.
- [15] C. DoNascimento, A. Bogotá Gregory, J. D. Albornoz Garzón, J. G. Méndez López, F. A. Villa Navarro, H. Herrera Collazos, E. E. Agudelo Zamora, and H. M. Arce, "Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia.," 2021. doi: <https://doi.org/10.15472/numrso>.
- [16] C. Lasso, A. Machado-Allison, and D. Taphorn, "Fishes and aquatic habitats of the Orinoco River Basin: diversity and conservation," *Journal of fish biology*, vol. 89, no. 1, pp. 174–191, 2016, doi: 10.1111/jfb.13010.
- [17] C. Lasso et al., "Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: lista de especies y distribución por subcuencas," *Biota Colombiana*, vol. 5, pp. 95–157, 2004.
- [18] C. Domínguez, "La gran cuenca del Orinoco," *Colombia Orinoco*, pp. 39–67, 1998, [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10222>
- [19] P. Cala-Cala, *Medio ambiente y diversidad de los peces de agua dulce de Colombia*. 2019.
- [20] A. Urbano-Bonilla et al., *Peces del Suroriente de Boyacá - Prioridades de Conservación para CORPOCHIVOR*. 2021.
- [21] G. Galvis, J. Mojica, and M. Camargo, "Peces del Catatumbo," *Asociación Cravo Norte*, p. 118, 1997.
- [22] C. C. Conde-Saldaña, J. G. Albornoz-Garzón, E. O. López-Delgado, and F. A. Villa-Navarro, "Ecomorphological relationships of fish assemblages in a trans-andean drainage, Upper Magdalena River basin, Colombia," *Neotropical Ichthyology*, vol. 15, no. 4, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1590/1982-0224-20170037.
- [23] J. C. Huertas-Rodríguez, C. Sanín-Acevedo, and A. Cataño, "Los peces y sus servicios ecosistémicos en la cuenca del río Porce," *Actualidades Biológicas*, vol. 40, no. 108, pp. 72–84, 2018, doi: 10.17533/udea.acbi.v40n108a07.
- [24] A. C. D. S. S. Cano, K. Hiroki, and F. de Souza, "Variação ecomorfológica em populações de *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, de diferentes sub-bacias no Alto Rio Paraná.," *Biota Amazônia (Biota Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, no. 1991, pp. 6–10, 2020.
- [25] F. G. Araújo, B. C. T. Pinto, and T. P. Teixeira, "Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: Evaluating environmental influences and some concepts in river ecology," *Hydrobiologia*, vol. 618, no. 1, pp. 89–107, 2009, doi: 10.1007/s10750-008-9551-5.
- [26] A. Clarke and N. M. Johnston, "Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish," *Journal of Animal Ecology*, vol. 68, no. 5, pp. 893–905, 1999, doi: 10.1046/j.1365-2656.1999.00337.x.
- [27] F. L. Tejerina-Garro, M. Maldonado, C. Ibañez, D. Pont, N. Roset, and T. Oberdorff, "Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: A framework for ecological assessment of rivers," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 91–108, 2005, doi: 10.1590/S1516-89132005000100013.

- [28] J. D. Carvajal-Quintero, F. Escobar, F. Alvarado, F. A. Villa-Navarro, Ú. Jaramillo-Villa, and J. A. Maldonado-Ocampo, "Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia," *Ecology and Evolution*, vol. 5, no. 13, pp. 2608–2620, 2015, doi: 10.1002/ece3.1539.
- [29] D. A. Jackson and H. H. Harvey, "Fish and benthic invertebrates: Community concordance and community-environment relationships," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 50, no. 12, pp. 2641–2651, 1993, doi: 10.1139/f93-287.
- [30] Corpochivor, "Actualización de plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Garagoa," 2018.
- [31] L. X. Rodríguez Ortiz, "Diseño del sistema de indicadores ambientales aplicado al sistema de gestión ambiental de la Central Hidroeléctrica de Chivor," Universidad de la Salle, 2007. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/499
- [32] M. T. Barbour, J. Gerritsen, B. D. Snyder, and J. B. Stribling, *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers*. Washington: USEPA, 1999.
- [33] L. Casatti, C. P. de Ferreira, and F. R. Carvalho, "Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: An assessment of two tropical pasture river basins," *Hydrobiologia*, vol. 632, no. 1, pp. 273–283, 2009, doi: 10.1007/s10750-009-9849-y.
- [34] C. Roa-Fuentes and L. Casatti, "Influence of environmental features at multiple scales and spatial structure on stream fish communities in a tropical agricultural region," *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 32, no. 1, pp. 281–295, 2017, doi: 10.1080/02705060.2017.1287129.
- [35] S. Segnini and M. Chacón, "Caracterización físico-química del hábitat interno y ribereño de ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela," *Ecotrópicos*, vol. 18, no. 1, pp. 38–61, 2005.
- [36] B. Hugueny, "Richesse des peuplements de poissons dans le Niandan (haut Niger, Afrique) en fonction de la taille de la rivière et de la diversité du milieu." 1990.
- [37] J. Nimet, R. L. Delariva, L. L. Wolff, and J. C. da Silva, "Trophic structure of fish fauna along the longitudinal gradient of a first-order rural stream," *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 27, no. 4, pp. 381–393, 2015, doi: 10.1590/s2179-975x2915.
- [38] R. Mazzoni, N. Fenerich-Verani, and E. P. Caramaschi, "Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the Southeast of Brazil," *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 60, no. 2, pp. 205–216, 2000, doi: 10.1590/s0034-71082000000200003.
- [39] J. Maldonado-Ocampo et al., *Peces de los Andes de Colombia*, Primera ed. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt», 2005. [Online]. Available: http://awsassets.panda.org/downloads/peces_de_los_andes_de_colombia.pdf
- [40] D. C. Taphorn, "Manual de identificación de los peces Characiformes de la cuenca del río Apure en Venezuela," Guanare, Venezuela: UNELLEZ., 2003.
- [41] A. Urbano-Bonilla et al., "Fishes of the Cusiana River (Meta River basin, Colombia), with an identification key to its species," *ZooKeys*, vol. 2018, no. 733, pp. 65–97, 2018, doi: 10.3897/zookeys.733.20159.
- [42] Barrios Alonso, L. M., Becerra Infante, D. A., Galán Echeverri, A. F., Herrera Martínez, Y., & Roa Fuentes, C. A. (2025). Peces del río Garagoa, cuenca alta del Orinoco, Boyacá, Colombia: una clave taxonómica para su identificación. *Actualidades Biológicas*, 47(122), e4701. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi/v47n122a01>
- [43] M. Pouilly, F. Lino, J. G. Bretenoux, and C. Rosales, "Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain," *Journal of Fish Biology*, vol. 62, no. 5, pp. 1137–1158, 2003, doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00108.x.
- [44] E. F. Oliveira, E. Goulart, L. Breda, C. V. Mente-Vera, L. R. S. de Paiva, and M. R. Vismara, "Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: Effects of trophic, spatial and phylogenetic structures," *Neotropical Ichthyology*, vol. 8, no. 3, pp. 569–586, 2010, doi: 10.1590/s1679-62252010000300002.
- [45] S. C. Willis, K. O. Winemiller, and H. Lopez-Fernandez, "Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river," *Oecologia*, vol. 142, no. 2, pp. 284–295, 2005, doi: 10.1007/s00442-004-1723-z.
- [46] A. Toussaint, N. Charpin, S. Brosse, and S. Villéger, "Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread," *Scientific Reports*, vol. 6, no. October 2015, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1038/srep22125.
- [47] S. L. Hora, "Structural modifications in the fish of mountain torrents," *Records of the Indian Museum*, vol. 24, pp. 31–61, 1922.
- [48] W. A. Gosline, *Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes*. Honolulu: University Press of Hawaii, 1971.
- [49] C. D. Wilga and G. V. Lauder, "Locomotion in sturgeon: Function of the pectoral fins," *Journal of Experimental Biology*, vol. 202, no. 18, pp. 2413–2432, 1999.
- [50] E. K. Balon, S. S. Crawford, and A. Lelek, "Fish communities of the upper Danube River (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection," *Environmental Biology of Fishes*, vol. 15, no. 4, pp. 243–271, Apr. 1986, doi: 10.1007/BF03549796.
- [51] L. Breda, "Ecomorfologia de *Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia*, *Roeboides paranensis* e *Serrasalmus marginatus* (Osteichthyes-Characidae) da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil: variação inter e intra-específica," Universidade Estadual de Maringá, 2005.
- [52] P. Legendre and L. Legendre, *Numerical ecology*, vol. 24. 2012. [Online]. Available: https://books.google.com/books?id=6ZBOA-iDviQC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- [53] C. T. R. "R: A Language and Environment for Statistical Computing." R Foundation for Statistical Computing., Vienna, Austria., 2016. [Online]. Available: <https://www.r-project.org/>
- [54] S. Dolédec, D. Chessel, C. J. Ter Braak, and S. Champely, "Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method," *Environmental and Ecological Statistics*, vol. 3, pp. 143–166, 1996.
- [55] D. Borcard, F. Gillet, and P. Legendre, *Numerical Ecology with R*, Second Edi., no. June. 2018.
- [56] P. J. Motta, S. F. Norton, and J. J. Luczkovich, "Perspectives on the ecomorphology of bony fishes," *Environmental Biology of Fishes*, vol. 44, no. 1–3, pp. 11–20, 1995, doi: 10.1007/BF00005904.
- [57] R. . Wootton, *Fish ecology*. New York: Chapman and Hall, 1992.
- [58] D. J. Hoeinghaus, J. P. Vieira, C. S. Costa, C. E. Bervenuti, K. O. Winemiller, and A. M. Garcia, "Estuary hydrogeomorphology affects carbon sources supporting aquatic consumers within and among ecological guilds," *Hydrobiologia*, vol. 673, no. 1, pp. 79–92, 2011, doi: 10.1007/s10750-011-0751-z.
- [59] I. J. Schlosser, "Fish Community Structure and Function along Two Habitat Gradients in a Headwater Stream," *Ecological Monographs*, vol. 52, no. 4, pp. 395–414, 1982.
- [60] N. K. Lujan et al., "Aquatic community structure across an Andes-to-Amazon fluvial gradient," *Journal of Biogeography*, vol. 40, no. 9, pp. 1715–1728, 2013, doi: 10.1111/jbi.12131.
- [61] R. Mazzoni, M. Moraes, C. F. Rezende, and J. C. Miranda, "Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil," *Iheringia. Série Zoologia*, vol. 100, pp. 162–168, 2010, doi: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212010000200012>.
- [62] E. P. Anderson and J. Maldonado-Ocampo, "A Regional Perspective on the Diversity and Conservation of Tropical Andean Fishes," *Conservation Biology*, vol. 25, no. 1, pp. 30–39, Feb. 2011, doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01568.x.
- [63] W. De Crop, E. Pauwels, L. Van Hoorebeke, and T. Geerinckx, "Functional morphology of the Andean climbing catfishes (Astroblepidae, Siluriformes): Alternative ways of respiration, adhesion, and locomotion using the mouth," *Journal of Morphology*, vol. 274, no. 10, pp. 1164–1179, 2013, doi: 10.1002/jmor.20169.
- [64] C. E. Bond, *Biology of Fishes*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1979.
- [65] L. Breda, E. F. de Oliveira, and E. Goulart, "Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais," *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol. 27, no. 4, pp. 371–381, Mar. 2005, doi: 10.4025/actasci-biolsci.v27i4.1271.
- [66] D. C. Taphorn, "The Characiform fishes of the Apure River drainage, Venezuela. Biollania Edición Especial 4: 1-537," *Mem. Fund. La Salle de Cienc. Nat*, vol. 163, p. 137, 1992.
- [67] A. A. Pease, A. A. González-Díaz, R. Rodiles-Hernández, and K. O. Winemiller, "Functional diversity and trait-environment relationships of stream fish assemblages in a large tropical catchment," *Freshwater Biology*, vol. 57, no. 5, pp. 1060–1075, 2012, doi: 10.1111/j.1365-2427.2012.02768.x.
- [68] I. J. Schlosser, "A conceptual framework for fish communities in small warmwater streams," *Community, and evolutionary ecology of North American stream fishes.*, pp. 17–24, 1987.
- [69] C. R. Townsend and A. G. Hildrew, "Species traits in relation to a habitat template for river systems," *Freshwater Biology*, vol. 31, pp. 265–275, 1994, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01740.x>.
- [70] M. P. Neves, R. L. Delariva, and L. L. Wolff, "Diet and ecomorphological relationships of an endemic, species-poor fish assemblage in a stream in the Iguaçu National Park," *Neotropical Ichthyology*, vol. 13, no. 1, pp. 245–254, 2015, doi: 10.1590/1982-0224-20140124.
- [71] J. Zamudio and J. Maldonado-Ocampo, "Prioridades para la conservación de los peces de agua dulce en la Orinoquia andina de Colombia," *Caldasia*, vol. 44, no. 1, pp. 41–53, 2022, doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n1.84798>.
- [72] M. D. Ribeiro, F. B. Teresa, and L. Casatti, "Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient," *Neotropical Ichthyology*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1590/1982-0224-20140185.