

Peces del río Garagoa, cuenca alta del Orinoco, Boyacá, Colombia: Una clave taxonómica para su identificación

Fish from the Garagoa river, upper Orinoco basin, Boyacá, Colombia: A taxonomic key for their identification

Laura Melissa Barrios-Alonso^{1*}<https://orcid.org/0000-0002-0552-0764>, Daniela Alejandra Becerra-Infante¹<https://orcid.org/0000-0002-5595-2418>, Andrés Felipe Galán-Echeverri¹<https://orcid.org/0009-0008-5134-4379>, Yimy Herrera-Martínez¹ <https://orcid.org/0000-0001-8797-3021>, Camilo Andrés Roa-Fuentes¹ <http://orcid.org/0000-0002-4461-8019>

Resumen

Se presenta un listado comentado de la riqueza de peces registrada en la cuenca del río Garagoa, compuesto por 41 especies, de las cuales 24 fueron colectadas en este estudio y las restantes pertenecientes a estudios anteriores. Se reportan nueve nuevos registros para la cuenca, de los cuales dos son especies exóticas para el país y una de ellas es producto de un posible intento de introducción. A su vez, se incluye una clave taxonómica para la identificación de las especies de la cuenca. Este trabajo complementa el inventario de especies en la cuenca de estudio y servirá como herramienta para tomadores de decisión respecto a las medidas de conservación y manejo, así como para el control de especies

¹ Grupo de Investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad – XIUÂ, Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC, Tunja, Colombia.

* Autor de correspondencia: lmelissa.barrios@gmail.com

exóticas e invasoras. Los resultados podrán apoyar propuestas para el uso y aprovechamiento de la diversidad de peces, por ejemplo, a través de su uso en proyectos de ecoturismo.

Palabras clave: cuenca del río Meta, distribución actualizada, ictiofauna continental, listado de especies, región Cisandina, riqueza

Abstract

An annotated list of fish species richness recorded in the Garagoa river basin is reported, consisting of 41 species, 24 of which were collected in the current study. Nine new records are reported for the basin, including two exotic species for the country, and one of which is the possible product of an attempted introduction. At the same time, a taxonomic key for the identification of species in the basin is included. This work complements the inventory of species in the study basin and will serve as a tool for decision makers regarding conservation and management measures, as well as for the control of exotic and invasive species. The results could also support proposals for the use and exploitation of fish diversity by the human population that inhabits and/or visits the basin, for example, through its use in ecotourism projects.

Keywords: cis-Andean region, continental ichthyofauna, list of species, meta river basin, richness, updated distribution

INTRODUCCIÓN

Los peces son los vertebrados más representativos en los sistemas acuáticos debido a que presentan características morfológicas que les confiere un desempeño exitoso en estos sistemas (Acero & Polanco, 2017). Este grupo posee una gran riqueza taxonómica y en Colombia, se registran 1692 especies exclusivamente en sistemas dulceacuícolas (DoNascimento et al., 2024) distribuidas en los diferentes ecosistemas lóticos y lénticos que comprenden el 10% del área nacional (WWF, 2018). Esta gran riqueza de especies ubica a Colombia como el segundo país con mayor número de especies de peces dulceacuícolas del mundo, solo detrás de Brasil (SiB, 2022).

La macrocuenca del río Orinoco tiene una extensión de 981.446 km² y el 35% hace parte del territorio colombiano (Bustamante, 2019). En Colombia, la macrocuenca del Orinoco está conformada por ocho subcuencas: ríos Orinoco, Inírida, Guaviare, Vichada, Tomo, Meta, Casanare y Arauca, y 95 subcuencas (IDEAM, 2004), donde se han registrado 767 especies nativas de peces (DoNascimento et al., 2024). Algunos de estos afluentes nacen en la cordillera Oriental de los Andes, entre ellos el río Meta, el cual recibe varios tributarios procedentes del flanco oriental de la cordillera Oriental, como los ríos Cravo Sur, Guanapalo, Ariporo, Pauto, Casanare, Guachiría, Cusiana y Upía (Cala-Cala, 2019). Este último está conformado por los ríos Guavio, Lengupá y Garagoa, donde se han registrado 103 especies de peces, representadas en 20 familias y 53 géneros (Urbano-Bonilla et al., 2021). Específicamente en la cuenca del río Garagoa se han registrado 32 especies (Urbano-Bonilla et al., 2021), sin embargo, esta información proviene de la parte baja de la cuenca, de modo que las cabeceras y arroyos de menor tamaño han sido poco

estudiados, por lo que aún se desconoce parte de su riqueza taxonómica, un patrón común a los ríos de cabecera de la cuenca del río Orinoco (Cala-Cala, 2019).

La cuenca del río Garagoa cuenta con una extensión aproximada de 250.000 ha, donde el 93,24% corresponde a paisaje de montaña y el porcentaje restante a paisaje de altiplanicie (Corpochivor, 2018). Los tipos de uso de suelo que se presentan en la cuenca son: silvopastoril (48,64%), cultivos transitorios semi-intensivos (22,41%), forestal protector (11,59%), conservación y recuperación (4,87%), agrosilvopastoril (4,83%), pastoreo extensivo (3,72%), cultivos transitorios intensivos (3,60%) y otros usos (0,43%) (Corpochivor, 2018). En este menor porcentaje de uso del suelo se incluye una alteración en la conectividad fluvial, la cual está dada por la presencia del embalse “La Esmeralda” de la Central Hidroeléctrica Chivor (Tobar-Guzmán, 1977). El presente estudio tiene como objetivos listar las especies de peces de la cuenca hidrográfica del río Garagoa y elaborar una clave taxonómica para su identificación a partir de información primaria (visitas a campo) y secundaria (especies registradas en estudios anteriores). La clave de identificación representa una herramienta relevante en la promoción de proyectos de ecoturismo, en el monitoreo de la ictiofauna regional y, en consecuencia, contribuye al manejo integral y sostenible de esta cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca hidrográfica del río Garagoa (CRG) se localiza en la vertiente oriental de la cordillera Oriental de los Andes y está conformada por 33 municipios, 28 en el

departamento de Boyacá y cinco en el departamento de Cundinamarca, cubriendo un área de 2506,6 km² o 250.660 ha (Corpochivor, 2018). Según la metodología de Horton – Strahler (Horton, 1945; Strahler, 1957), el río Garagoa está clasificado como un drenaje de orden siete, dividido en diez subcuencas hidrográficas y 26 microcuencas que abastecen a los asentamientos urbanos aledaños y que se ubican en distintas zonas altitudinales, abarcando formaciones vegetales desde páramo y subpáramo, hasta bosque alto andino y bosque andino (Corpochivor, 2018).

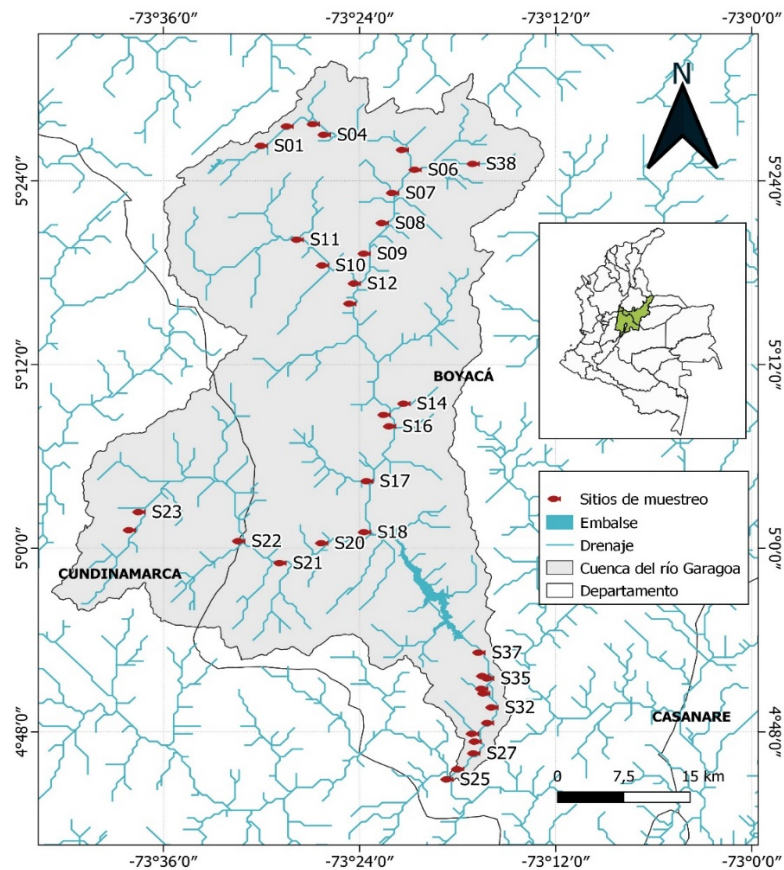


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo de peces en la cuenca del río Garagoa (Boyacá, Colombia).

Se establecieron 38 sitios de muestreo en la CRG que abarcaron tanto la parte alta (río Teatinos) como la baja (río Batá hasta la unión con el río Guavio), con una distancia aproximada de 5 km entre cada sitio de muestreo siguiendo la red de drenaje (tabla 1, figura 1). En cada sitio se estableció un transecto de 100 m de extensión, donde se realizó la colecta de ictiofauna por medio de electropesca con un equipo Smith Root LR-24 y utilizando potencias eléctricas entre los 500 y 990 V variando de acuerdo a la conductividad del agua. Se realizaron dos recorridos por transecto en contracorriente en trayectoria de zigzag, para un total de 27 min por sitio. La electropesca se complementó con el uso de una red de arrastre (200 x 150 cm, 0,5 mm ojo de malla) durante 50 min en cada sitio. Los muestreos se realizaron durante el día, entre las 06:00 y las 17:00 horas.

Tabla 1. Localidades, altitud y coordenadas de los sitios de muestreo (CRS: WGS84) de la cuenca del río Garagoa

Sitio de muestreo	Municipio	Elevación (m)	Latitud	Longitud
S01	Samacá	2887	5°26'19"N	73°29'41"W
S02	Samacá	2885	5°27'35"N	73°28'06"W
S03	Samacá	2743	5°27'44"N	73°26'30"W
S04	Ventaquemada	2731	5°27'02"N	73°25'50"W
S05	Boyacá	2165	5°26'03"N	73°21'03"W
S06	Ramiriquí	2112	5°24'45"N	73°20'16"W
S07	Jenesano	2083	5°23'14"N	73°21'39"W
S08	Jenesano	2059	5°21'16"N	73°22'17"W
S09	Tibaná	2013	5°19'16"N	73°23'23"W
S10	Tibaná	2106	5°18'30"N	73°25'56"W
S11	Turmequé	2082	5°20'11"N	73°27'29"W
S12	Tibaná	1960	5°17'19"N	73°23'59"W
S13	Chinavita	1921	5°16'00"N	73°24'16"W
S14	Chinavita	1732	5°09'28"N	73°20'57"W
S15	Chinavita	1492	5°08'44"N	73°22'10"W
S16	Garagoa	1473	5°07'59"N	73°21'50"W
S17	Garagoa	1340	5°04'24"N	73°23'13"W
S18	Garagoa	1269	5°01'04"N	73°23'22"W
S19	Garagoa	1275	5°00'34"N	73°23'48"W
S20	Somondoco	1307	5°00'21"N	73°25'59"W
S21	Guateque	1370	4°59'03"N	73°28'32"W
S22	Guateque	1424	5°00'29"N	73°31'04"W
S23	Machetá	2046	5°02'23"N	73°37'10"W

Sitio de muestreo	Municipio	Elevación (m)	Latitud	Longitud
S24	Machetá	2790	5°01'12"N	73°37'45"W
S25	Santa María	500	4°44'55"N	73°18'19"W
S26	Santa María	523	4°45'35"N	73°17'40"W
S27	Santa María	559	4°46'37"N	73°16'41"W
S28	Santa María	573	4°47'23"N	73°16'36"W
S29	Santa María	620	4°47'54"N	73°16'45"W
S30	Santa María	572	4°47'53.8"N	73°16'46"W
S31	Santa María	659	4°48'36"N	73°15'50"W
S32	Santa María	711	4°49'37"N	73°15'34"W
S33	Santa María	958	4°50'32"N	73°16'04"W
S34	Santa María	861	4°50'50"N	73°16'12"W
S35	Santa María	1016	4°51'31"N	73°15'49.7"W
S36	Santa María	1022	4°51'40"N	73°16'08"W
S37	Santa María	1030	4°53'12"N	73°16'22"W
S38	Ciénega	2267	5°25'08"N	73°16'43"W

Los peces recolectados fueron anestesiados con Eugenol (Zahl et al., 2012) y luego fijados con una solución de formaldehído a una concentración del 10%. Pasadas 72 h, se conservaron en una solución de etanol al 70%. Para la identificación del material se utilizaron claves taxonómicas y literatura especializada (e.g., Eigenmann, 1922; Maldonado-Ocampo et al., 2005; Taphorn, 2003; Urbano-Bonilla et al., 2018; van der Sleen & Albert, 2018); además, se realizó una visita a la colección de peces de agua dulce del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-P) para verificar la identificación taxonómica. El material colectado se depositó en el Museo de Historia Natural “Luis Gonzalo Andrade” de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, con números de catálogo UPTC-Pe-00167 a UPTC-Pe-00198 (anexo 1). El listado de las especies para la CRG fue enriquecido con información de trabajos previos para el área de estudio (Urbano-Bonilla et al., 2021) y con la revisión de conjuntos de datos disponibles en el sistema de información de la biodiversidad colombiana (Andrade-López et al., 2021; Cárdenas-Hincapié, 2023; Jiménez-Segura et al., 2023; Marchant et al., 2023; Mojica & Agudelo, 2023; Molina & Cano-Cobos, 2023; Prada-Pedrerros et al., 2018; Ramírez-Chaves &

Henao-Osorio, 2022; Ríos-Pulgarín et al., 2015; SiB Colombia, 2022; Villa-Navarro, 2017).

Las colectas de peces estuvieron amparadas 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.

RESULTADOS

En la cuenca del río Garagoa se registraron un total de 41 especies de peces. De estas, 24 se capturaron en los 38 sitios de muestreo y pertenecen a 19 géneros, 12 familias y siete órdenes (figuras 2 y 3). Nueve de estas 24 especies corresponden a nuevos registros para la cuenca, entre ellos dos especies exóticas (tabla 2). Las restantes 17 se han reportado en estudios previos y cuentan con material depositado en las colecciones biológicas: Colección de Ictiología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional (ICN-MHN-Ic), Colección de peces del Museo de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana (MPUJ), Colección Ictiológica de la Universidad de Antioquia (CIUA) y Colección Ictiológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-P).

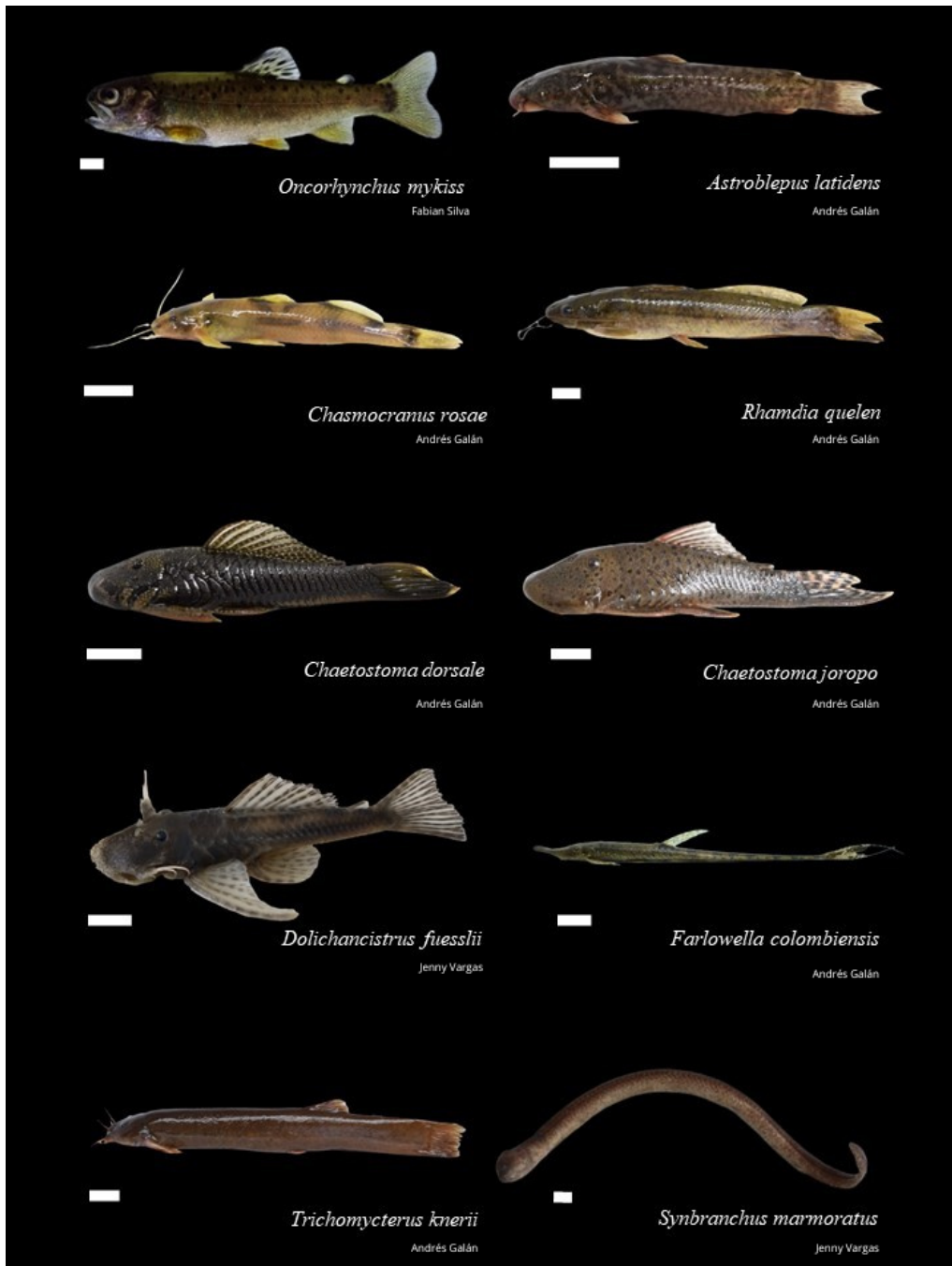


Figura 2. Peces de los órdenes Salmoniformes, Siluriformes y Synbranchyformes de la cuenca del río Garagoa. Barras de escala = 1 cm.

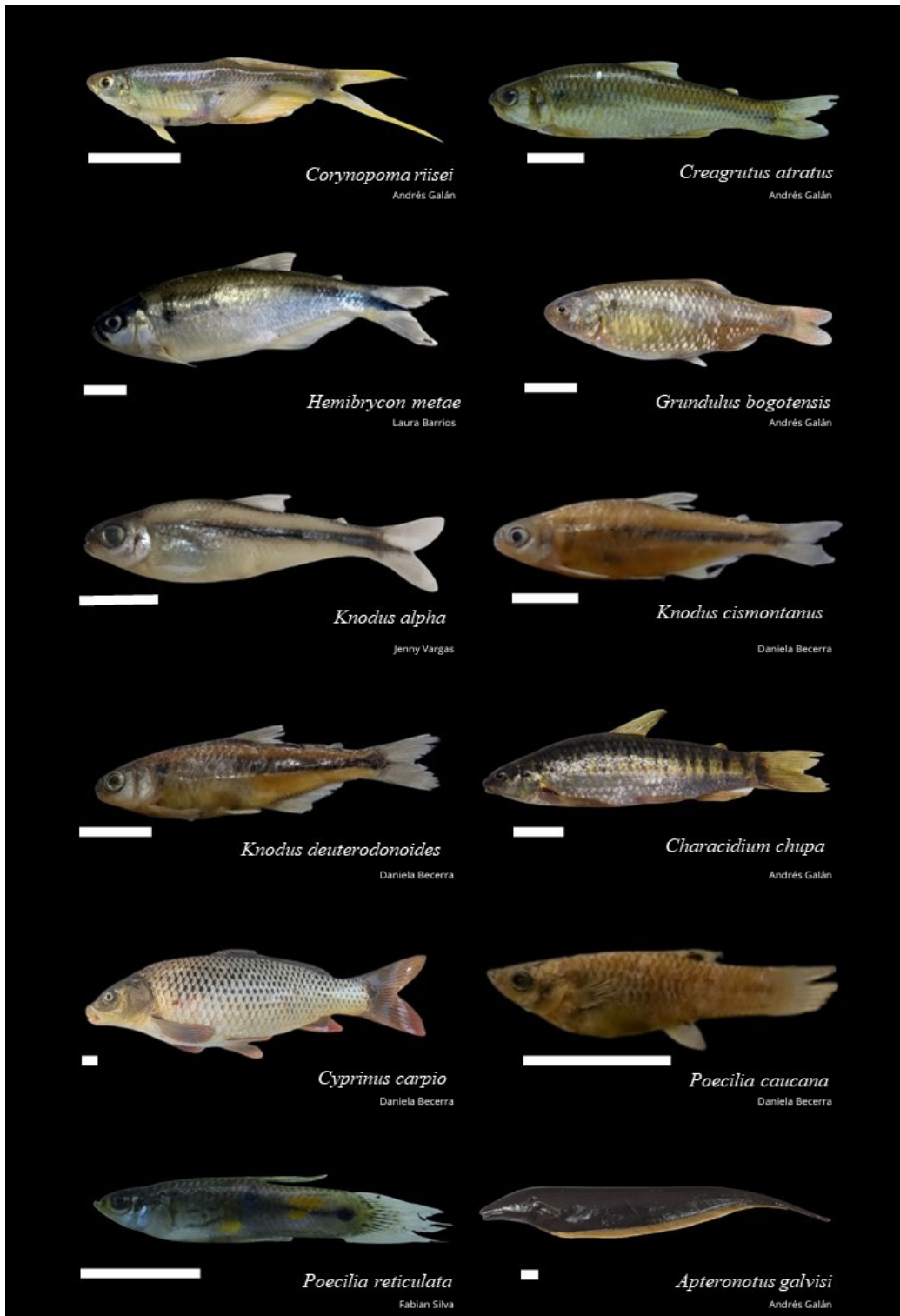


Figura 3. Peces de los órdenes Characiformes, Cypriniformes, Cyprinodontiformes y Gymnotiformes de la cuenca del río Garagoa. Barras de escala = 1 cm.**Tabla 2.** Especies de peces de la cuenca del río Garagoa

Especie	No. de ejemplares observados	Este trabajo	MPUJ (2021)	IAvH-P (2021)	CIU A (2023)	ICN-MHN-Ic (2023)
Familia Characidae						
<i>Astyanax integer</i> Myers, 1930				X		
<i>Corynopoma</i> sp.				X		
<i>Corynopoma riisei</i> Gill, 1858	8	X		X		
<i>Creagrutus</i> sp.			X	X		
<i>Creagrutus atratus</i> Vari, 2001	167	X		X		
<i>Creagrutus calai</i> Vari, 2001				X		
<i>Creagrutus taphorni</i> Vari, 2001				X		
<i>Grundulus bogotensis</i> (Humboldt, 1821)*	11	X				
<i>Hemibrycon metae</i> Myers, 1930	12	X	X	X		
<i>Knodus</i> sp.				X		
<i>Knodus alpha</i> (Eigenmann, 1914)	30	X			X	X
<i>Knodus cismontanus</i> (Eigenmann, 1914)	16	X	X	X		
<i>Knodus deuterodonoides</i> (Eigenmann, 1914)	560	X		X		
Familia Crenuchidae						
<i>Characidium chupa</i> Schultz, 1944*	5	X				
Familia Cyprinidae						
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758*	1	X				
Familia Poeciliidae						
<i>Poecilia</i> sp.				X		
<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner, 1880)	42	X	X			
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859*	54	X				
Familia Apterontidae						
<i>Apterontus galvisi</i> de Santana, Maldonado-Ocampo y Crampton, 2007	1	X		X		
Familia Salmonidae						
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	69	X		X		
Familia Astroblepidae						
<i>Astroblepus</i> sp.			X	X	X	X
<i>Astroblepus latidens</i> Eigenmann, 1918	549	X		X		
<i>Astroblepus mariae</i> (Fowler, 1919)	3	X		X		
Familia Callichthyidae						

Especie	No. de ejemplares observados	Este trabajo	MPUJ (2021)	IAvH-P (2021)	CIU A (2023)	ICN-MHN-Ic (2023)
<i>Hoplosternum littorale</i> Hancock, 1828*	1	X				
Familia Cetopsidae						
<i>Cetopsis umbrosa</i> Vari, Ferraris & de Pinna, 2005				X		
Familia Heptapteridae						
<i>Cetopsorhamdia orinoco</i> Schultz, 1944				X		
<i>Chasmocranus rosae</i> Eigenmann, 1922*	25	X				
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	2	X	X		X	X
<i>Rhamdia laukidi</i> Bleeker, 1858				X		
Familia Loricariidae						
<i>Chaetostoma</i> sp.					X	X
<i>Chaetostoma chimu</i> Urbano-Bonilla y Ballen, 2020				X		
<i>Chaetostoma dorsale</i> Eigenmann, 1922	192	X	X	X		
<i>Chaetostoma joropo</i> Ballen, Urbano-Bonilla y Maldonado-Ocampo, 2016	22	X		X		
<i>Dolichancistrus fuesslii</i> (Steindachner, 1911)	1635	X	X	X	X	X
<i>Farlowella</i> sp.				X		
<i>Farlowella colombiensis</i> Retzer y Page, 1997*	51	X				
<i>Farlowella mitoupibo</i> Ballen, Urbano-Bonilla & Zamudio, 2016				X		
<i>Farlowella vittata</i> Myers, 1942				X		
Familia Trichomycteridae						
<i>Trichomycterus</i> sp.			X	X	X	X
<i>Trichomycterus knerii</i> Steindachner, 1882*	17	X				
Familia Synbranchidae						
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795*	1	X				

Un asterisco (*) indica que es un nuevo registro para la cuenca

Clave taxonómica para la identificación de las especies actualmente registradas en la cuenca del río Garagoa, parte alta del río Orinoco.

Clave de órdenes de peces presentes en la CRG

1a. Aletas dorsal y pélvicas ausentes 2

1b. Aletas dorsal y pélvicas presentes.....	3
2a. Dos aberturas branquiales; cuerpo comprimido; aleta anal presente, larga y extendiéndose por la mayor parte del margen ventral.....	GYMNOTIFORMES (Apteronotidae: <i>Apteronotus galvisi</i>)
2b. Una abertura branquial ventral; cuerpo anguiliforme; aleta anal ausente.....	SYNBRANCHIFORMES (Synbranchidae: <i>Synbranchus marmoratus</i>)
3a. Cuerpo desnudo o cubierto por placas óseas; barbicelos usualmente presentes; primer radio de la aleta pectoral más grueso y osificado que el resto, en ocasiones modificado a manera de espino.....	SILURIFORMES
3b. Cuerpo cubierto por escamas; barbicelos ausentes; primer radio de la aleta pectoral normal, nunca modificado en forma de espino.....	4
4a. Aleta caudal generalmente bifurcada o emarginada.....	5
4b. Aleta caudal truncada o redondeada.....	CYPRINODONTIFORMES
5a. Aleta dorsal corta; boca no protractil.....	6
5b. Aleta dorsal extensa; boca protractil.....	CYPRINIFORMES (Cyprinidae: <i>Cyprinus carpio</i>)
6a. Aletas pélvicas sin proceso axilar, menos de 70 escamas en la línea lateral.....	CHARACIFORMES
6b. Aletas pélvicas con proceso axilar, más de 100 escamas en la línea lateral; dorso color verde grisáceo con púrpura iridiscente y vientre blanco o gris.....	SALMONIFORMES (Salmonidae: <i>Oncorhynchus mykiss</i>).

SILURIFORMES

1a. Cuerpo desnudo.....	2
1b. Cuerpo con placas óseas, al menos en la mayor parte de su cuerpo.....	9
2a. Un parche de odontodes en el opérculo.....	<i>Trichomycterus knerii</i>
2b. Opérculo sin parche de odontodes.....	3
3a. Boca ventral; labio inferior ancho, formando un disco de succión junto con el labio superior.....	4
3b. Boca no modificada en forma de disco de succión.....	5
4a. Presencia de aleta adiposa.....	<i>Astroblepus latidens</i>
4b. Ausencia de aleta adiposa.....	<i>Astroblepus mariae</i>
5a. Ausencia de aleta adiposa.....	<i>Cetopsis umbrosa</i>
5b. Presencia de aleta adiposa	6
6a. Barbicelos maxilares que no sobrepasan la base de la aleta dorsal.....	7
6b. Barbicelos maxilares sobrepasando la base de la aleta dorsal.....	8
7a. Origen de la aleta anal en línea vertical con el origen de la aleta adiposa; aleta adiposa más larga que ¼ de la longitud estándar.....	<i>Chasmocranus rosae</i>
7b. Origen de la aleta anal anterior al origen de la aleta adiposa; aleta adiposa más corta que ¼ de la longitud estándar.....	<i>Cetopsorhamdia orinoco</i>
8a. Aleta adiposa 27%-35,6% de la longitud estándar, con o sin múltiples poros sensoriales en la cabeza (Silfvergrip, 1996); aleta caudal medianamente bifurcada, con lóbulos iguales.....	<i>Rhamdia quelen</i>

- 8b.** Aleta adiposa 44,6% - 51,3% de la longitud estándar, poros sensoriales de la cabeza invariablemente múltiples (Silfvergrip, 1996); aleta caudal profundamente bifurcada, lóbulos disímiles, con el superior más grande que el inferior *Rhamdia laukidi*
- 9a.** Cuerpo cubierto por dos hileras de placas óseas en cada lado, barbicelos maxilares largos, pasando el opérculo..... *Hoplosternum littorale*
- 9b.** Cuerpo cubierto por más de dos hileras de placas óseas en cada lado, barbicelos maxilares cortos, nunca alcanzando el opérculo..... **10**
- 10a.** Pedúnculo caudal fuertemente deprimido; cuerpo delgado.....**11**
- 10b.** Pedúnculo caudal grueso, no deprimido; cuerpo robusto..... **13**
- 11a.** Línea ventral media de placas óseas discontinua, exhibiendo una fila de tres placas medias delante de las aletas pélvicas..... *Farlowella mitoupibo*
- 11b.** Ausencia de línea ventral media de placas óseas o exhibiendo dos placas medias delante de las aletas pélvicas..... **12**
- 12a.** Longitud de la punta del hocico hasta el inicio de la boca dividido en la longitud de la aleta pectoral $< 0,6$ *Farlowella colombiensis*
- 12b.** Longitud de la punta del hocico hasta el inicio de la boca dividido en la longitud de la aleta pectoral $> 1,0$ *Farlowella vittata*
- 13a.** Odontodes del opérculo hipertrofiados, pasando o alcanzando la aleta pectoral *Dolichancistrus fuesslii*
- 13b.** Odontodes del opérculo no hipertrofiados, nunca alcanzando la aleta pectoral**14**
- 14a.** Cresta parieto-supraoccipital ausente *Chaetostoma dorsale*
- 14b.** Cresta parieto-supraoccipital presente.....**15**

15a. Región dorsal de la espina pectoral con coloración negra uniforme; manchas en forma de puntos en la cabeza y en el cuerpo con la misma densidad; fondo de los lados del cuerpo uniformemente grisáceo a verde amarillento (Urbano-Bonilla & Ballen, 2021)

.....*Chaetostoma joropo*

15b. Radio principal de la aleta pectoral con grandes puntos oscuros, manchas a manera de puntos más densas en la cabeza que en el resto del cuerpo; coloración lateral del cuerpo marrón oscuro a marrón claro (Urbano-Bonilla & Ballen, 2021)*Chaetostoma chimú*

CHARACIFORMES

1a. Aletas pélvicas y pectorales orientadas horizontalmente..... *Characidium chupa*

1b. Aletas pélvicas y pectorales orientadas verticalmente.....2

2a. Ausencia de aleta adiposa3

2b. Presencia de aleta adiposa 4

3a. Cuerpo subfusiforme; machos con prolongación claviforme partiendo desde el opérculo; aleta anal con 27 radios..... *Corynopoma riisei*

3b. Cuerpo robusto; machos sin prolongación claviforme partiendo desde el opérculo; aleta anal con 21 radios..... *Grundulus bogotensis*

4a. Mandíbula superior más larga que la inferior y sobresaliente 5

4b. Mandíbula superior no sobresaliente; 16 o más radios en la aleta anal 7

5a. Cuerpo algo tubular; radios ramificados de la aleta anal 9 a 13; distancia interorbital 34% – 37,9% de la longitud de la cabeza (Vari, 2001)*Creagrutus atratus*

5b. Cuerpo ligeramente comprimido, no tubular; radios ramificados de la aleta anal 8 a 12; distancia interorbital 26% - 35,4% de la longitud de la cabeza (Vari, 2001) **6**

6a. Tercer hueso infraorbitario bien desarrollado, su margen ventral acercándose o en contacto con la rama horizontal del preopérculo; mancha humeral claramente expandida anterior, posteriormente y dorsal de la línea lateral, cónica o curvada anterodorsalmente detrás de la cabeza (Vari, 2001)..... ***Creagrutus calai***

6b. Tercer hueso infraorbitario pequeño, con un amplio espacio que separa su margen ventral de la rama horizontal del preopérculo; mancha humeral en forma de barra vertical uniforme o con una ligera expansión dorsal (Vari, 2001) ***Creagrutus taphorni***

7a. Aleta anal con menos de 19 radios **8**

7b. Aleta anal con más de 23 radios..... **9**

8a. Aleta anal con 16 radios..... ***Knodus cismontanus***

8b. Aleta anal con 17-18 radios..... ***Knodus deuterodonoides***

9a. 34-38 escamas sobre la línea lateral..... ***Knodus alpha***

9b. 41 o más escamas sobre la línea lateral..... **10**

10a. 41-44 escamas sobre la línea lateral..... ***Hemibrycon metae***

10b. 46-50 escamas sobre la línea lateral..... ***Astyanax integer***

CYPRINODONTIFORMES

1a. Aleta ventral con 11-13 radios; aleta dorsal con una mancha negra rodeada por dos manchas amarillas..... ***Poecilia caucana***

1b. Aleta ventral con 5 radios; aleta dorsal sin mancha negra..... ***Poecilia reticulata***

DISCUSIÓN

Previo a este estudio, para la cuenca hidrográfica del río Garagoa se habían registrado 32 especies pertenecientes a diez familias y cinco órdenes; sin embargo, once de ellas se reportan hasta género (Urbano-Bonilla et al., 2021). En el presente estudio se registran siete órdenes, 12 familias y 24 especies, que incrementan los reportes taxonómicos de la cuenca en nueve especies, incluyendo dos especies exóticas (*Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*), representando un incremento en 27% de la riqueza de especies de peces registradas para la cuenca.

Cyprinus carpio es una especie que se cultiva en sistemas artificiales cercanos al río Garagoa; además, se ha introducido en el embalse La Esmeralda con fines de consumo y recreación (Valderrama, 1985). Posiblemente, individuos de esta especie han escapado de los cultivos y/o el embalse al ser un sistema léntico y situarse en un clima templado, favorece el establecimiento de esta especie oportunista (Kottelat & Freyhof, 2008; Valderrama, 1985). La presencia de *C. carpio* representa una presión para las especies nativas, ya que modifica el hábitat al consumir plantas acuáticas (Richardson et al., 2000) y tiene una elevada demanda de recursos para su alimentación, entre los que se incluyen huevos de otras especies de peces (Gutiérrez et al., 2012). Estas presiones podrían generar una reducción poblacional, desplazamiento y/o pérdida de las especies nativas en la CRG.

Poecilia reticulata se ha introducido en diferentes regiones debido a su uso ornamental y para el control de dípteros (Kottelat & Whitten, 1996). Su ocurrencia en la CRG se atribuye a una o varias introducciones y a su amplia tolerancia a la modificación del hábitat, lo que

le permite establecerse y colonizar los afluentes (Roman-Valencia et al., 2018). Por su parte, sospechamos que la ocurrencia de *Hoplosternum littorale* se debe a un evento de introducción por liberación, ya que esta especie tiene preferencias por pantanos y aguas cálidas y estancadas de llanuras aluviales (Baensch & Riehl, 1985; Reis & van der Sleen, 2018), lo que reduce la probabilidad de ocurrencia por migración y/o ampliación natural de su distribución a 2731 msnm (S04), localidad en la parte alta de la CRG donde fue capturada (ver detalles en el anexo 1). La sospecha anterior tiene soporte, ya que esta especie se ha introducido en otras regiones de América (Orfinger, 2015) e individuos de *H. littorale* se comercializan en establecimientos de mascotas de Tunja, Boyacá, ciudad cercana (~20 km) a la localidad donde fue capturada la especie.

Respecto a la ocurrencia de *Grundulus bogotensis* en la CRG, proponemos dos hipótesis. La primera sugiere una introducción, de modo que la especie fue extraída de algún afluente cercano perteneciente a la cuenca del Magdalena-Cauca para posteriormente ser introducida en las cabeceras de la CRG (pertenecientes a la cuenca del Orinoco) (Maldonado-Ocampo et al., 2005). Esto es factible, ya que en la década de 1950 *G. bogotensis* fue trasplantada para ser utilizada como alimento para el ser humano y como recurso alimentar de otras especies de peces de importancia comercial (e.g., *O. mykiss*) en diferentes cuerpos de agua del altiplano Cundiboyacense, ubicado precisamente cerca de la divisoria de aguas entre la cuenca Magdalena-Cauca y la CRG, cuenca del Orinoco (Alvarado-Forero & Gutiérrez-Bonilla, 2002). En la segunda hipótesis sugerimos que las cabeceras de la CRG en límites con la cuenca del Magdalena-Cauca podrían ser parte del área de distribución natural de la especie. Esto se soporta con el levantamiento de la cordillera andina Oriental, ya que este

evento produjo el aislamiento de las diferentes poblaciones de *Grundulus* (Roman-Valencia et al., 2010); de modo que, debido a la cercanía entre las cabeceras de la cuenca del Magdalena-Cauca con las de la cuenca del Orinoco, la especie pudo verse distribuida naturalmente en algunos de estos afluentes situados en inmediaciones del altiplano cundiboyacense.

Hernández et al. (2015) registran la distribución de *Rhamdia quelen* únicamente para la región Amazónica y la cuenca del río Paraná y posicionan a *R. laukidi* como única especie presente en la cuenca del río Orinoco. Sin embargo, en este trabajo se registra la colecta de especímenes con los caracteres morfológicos coincidentes con la descripción de *R. quelen*, como la ausencia de múltiples poros sensoriales en la cabeza (Silfvergrip, 1996), lo que descarta que pertenezcan a la especie *R. laukidi*. En consecuencia, sugerimos incrementar los estudios taxonómicos morfológicos y moleculares para contribuir con el conocimiento sobre este grupo y su distribución. Por otro lado, la presencia de *Characidium chupa*, *Farlowella colombiensis* y *Synbranchus marmoratus*, se atribuye a una ampliación natural de su distribución, i.e, la CRG es un área de distribución natural de estas especies, pero no se habían registrado hasta el momento.

Importancia de los resultados para el manejo de la CRG

Si bien la mayor parte de los municipios que conforman la CRG tienen una economía basada en la producción agropecuaria, se proyecta que esta se diversifique a través de alternativas como el ecoturismo, turismo de aventura y deportes (Corpochivor, 2018), inclusive acuáticos como el descenso de ríos o rafting (Silvera, 2023). En este sentido,

nuestros resultados pueden contribuir a esta transformación mediante el uso de la información para consolidar actividades como turismo de naturaleza (e.g., observación subacuática), acuariofilia y/o pesca comercial (e.g., acuicultura; Morales & Lasso, 2022).

Adicionalmente, los listados de especies, las claves de identificación y la información sobre la composición de las comunidades acuáticas ofrecen información crucial para comprender la dinámica de los ecosistemas fluviales; además, son la base para identificar especies sensibles a los cambios ambientales, sirven para detectar señales tempranas de perturbación del ecosistema (Karr & Dudley, 1981), contribuyen al conocimiento de la biodiversidad y de las relaciones ecológicas entre especies (Costello, 2020; Lagomarsino & Frost, 2020). En el futuro, los resultados de este tipo de trabajos se podrían integrar con otros parámetros para la toma de decisiones, formulación de políticas y planificación sobre los recursos naturales, por ejemplo, a través de índices como el de integridad biótica (IBI), el cual permite identificar tendencias en la salud del río a lo largo del tiempo y permite planificar de manera eficaz su gestión y conservación (Karr & Dudley, 1981). Esto es especialmente importante en el contexto de la CRG, ya que al hacer parte de la cuenca del río Upía, se ha identificado como una de las áreas prioritarias para la conservación de la ictiofauna de la Orinoquia andina (Lasso et al., 2016; Zamudio & Maldonado-Ocampo, 2022).

En conclusión, se presenta un listado actualizado de la ictiofauna de la cuenca del río Garagoa que comprende un total de 41 especies. De estas, nueve corresponden a registros nuevos para la cuenca, un incremento del 27% respecto al número de especies registrado previamente. Este resultado, sumado a la alta presencia de endemismos a mayores altitudes

en los ríos andinos (Maldonado-Ocampo et al., 2005), evidencia la importancia de seguir explorando los ríos y arroyos de la parte alta de las cuencas hidrográficas de los Andes. Asimismo, se presenta una clave dicotómica para la identificación taxonómica, la descripción de cada una de las especies registradas en la cuenca (ver anexo 1) y fotografías de algunas de estas, herramientas que facilitarán el monitoreo de la ictiofauna y la generación de futuras investigaciones para esta y otras cuencas aledañas que carecen de esta información, además de complementar la información ya existente para el río Garagoa (Corpochivor, 2018; Urbano-Bonilla et al., 2021).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos (UDESA) por su apoyo en la gestión y ejecución del proyecto, así como por el préstamo de equipos para el desarrollo de esta investigación. A la señora María Mahecha de la ONG Gotas de Agua, Andrea Barrera, Camila Díaz, Felipe Mancilla, Adriana Pedroza, Cristian Vargas, Fabián Silva, Pamela Rojas y Cristian Neira por su apoyo en campo.

FINANCIACIÓN

Este trabajo fue financiado por el Fondo Francisco José de Caldas - FFJC, Convenio Especial de Cooperación 404-2019 para el programa de investigación, correspondiente al Certificado de Disponibilidad de Recursos (CDR) derivado número 15464-2020 del 19 de marzo de 2020 y Convenio Especial de Cooperación 386-2019 para el programa de jóvenes investigadores e innovadores, correspondiente al CDR derivado número 15499-2020 del 25 de marzo de 2020 del Ministerio de Ciencias (MinCiencias); y por la Vicerrectoría de

Investigación y Extensión (VIE) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) mediante el proyecto: “Importancia de las variables locales y de paisaje sobre las comunidades de peces y macroinvertebrados bentónicos de sistemas lóticos andinos”, código SGI-2955.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Laura Melissa Barrios Alonso: colecta en campo, determinación taxonómica de las especies y escritura del documento. Daniela Alejandra Becerra-Infante: colecta en campo, determinación taxonómica de las especies, escritura del documento. Andrés Felipe Galán Echeverri: colecta en campo, elaboración de la clave taxonómica y revisión del documento. Yimy Herrera-Martínez: diseño del proyecto, obtención de financiación y revisión del documento. Camilo Andrés Roa-Fuentes: diseño y gestión del proyecto, obtención de financiación, determinación taxonómica de las especies y revisión del documento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Acero, A. & Polanco, A. (2017). Biodiversidad íctica de los mares colombianos: riqueza amenazada. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(159), 200–212. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.480>

- Alvarado-Forero, H. & Gutiérrez-Bonilla, F. (2002). *Especies hidrobiológicas continentales introducidas y trasplantadas y su distribución en Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente.
- Andrade-López, J. M., Urbano-Bonilla, A., López-Pinto, Y. & Agudelo-Zamora, H. D. (2021). *Especies de peces registradas en las subcuencas hidrográficas de la jurisdicción de Corpochivor (Boyacá-Colombia)*. (v2.2) [Dataset/Occurrence]. Corpochivor - Corporación Autónoma Regional de Chivor.
<https://doi.org/10.15472/z0qxnk>
- Baensch, H. & Riehl, R. (1985). Verlag für Natur-und Heimtierkunde. *Mergus*, 2, 1216.
- Bustamante, C. (Ed.). (2019). *Gran Libro de la Orinoquia Colombiana*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
<https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/74aa82cf-be07-4d1c-86b2-a32dbfd394ac>
- Cala-Cala, P. (2019). *Medio ambiente y diversidad de los peces de agua dulce de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Cárdenas Hincapié, J. S. (2023). *Colección Ictiológica del Museo de La Salle Bogotá (MLS)*. (v1.8) [Dataset/Occurrence]. Universidad de la Salle.
<https://doi.org/10.15472/umnba4>
- Corpochivor. (2018). *Actualización de plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Garagoa*. Corporación Autónoma Regional de Chivor.
- Costello, M. J. (2020). Taxonomy as the key to life. *Megataxa*, 1(2), 105–113.
<https://doi.org/10.11646/megataxa.1.2.1>

- DoNascimento, C., Agudelo-Zamora, H. D., Bogotá-Gregory, J. D., Méndez-López, A., Ortega-Lara, A., Lasso, C., Cortés-Hernández, M. A., Albornoz-Garzón, J. G., Villa-Navarro, F. A., Netto-Ferreira, A. L., Lima, F. T. C., Thomaz, A. & Arce, H. M. (2024). *Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia*. (v2.16) [Dataset/Checklist]. Asociación Colombiana de Ictiólogos. <https://doi.org/10.15472/numrso>
- Eigenmann, C. H. (1922). The fishes of western South America, Part I. The fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia, Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the Rio Meta in Colombia. *Memoirs of the Carnegie Museum*, 9(1), 1-350. <https://doi.org/10.5962/p.234839>
- Gutiérrez, F. D. P., Lasso, C. A., Baptiste, M. P., Duarte-Sánchez, P. & Díaz, A. M. (2012). *Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hernández, C. L., Ortega-Lara, A., Sánchez-Garcés, G. C. & Alford, M. H. (2015). Genetic and morphometric evidence for the recognition of several recently synonymized species of trans-Andean Rhamdia (Pisces: Siluriformes: Heptapteridae). *Copeia*, 103(3), 563-579. <https://doi.org/10.1643/ci-14-145>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.

- IDEAM. (2004). *Guía técnica científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia: Decreto 1729 de 2002*.
<https://corponarino.gov.co/expedientes/documentacion/ayudaa/guiadecuenca2008.pdf>
- Jiménez-Segura, L. F., Cortés-Hernández, M. Á., Álvarez-Álvarez, K. L., Ospina-Pabón, J. G., Castellanos-Mejía, M. C. & DoNascimento, C. (2023). *Ichthyological Collection of the Universidad de Antioquia*. (v5.11) [Dataset/Occurrence]. Universidad de Antioquia. <https://doi.org/10.15472/lkcff8>
- Karr, J. R. & Dudley, D. R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*, 5, 55-68. <https://doi.org/10.1007/BF01866609>
- Kottelat, M. & Whitten, T. (1996). *Freshwater biodiversity in Asia: with special reference to fish*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/0-8213-3808-0>
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2008). Handbook of European freshwater fishes. *Ichthyological Research*, 55, 99. <https://doi.org/10.1007/s10228-007-0012-3>
- Lagomarsino, L. P. & Frost, L. A. (2020). The central role of taxonomy in the study of neotropical biodiversity1. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 105(3), 405-421. <https://doi.org/10.3417/2020601>
- Lasso, C., Machado-Allison, A. & Taphorn, D. (2016). Fishes and aquatic habitats of the Orinoco River Basin: diversity and conservation. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 174–191. <https://doi.org/10.1111/jfb.13010>
- Maldonado-Ocampo, J., Ortega-Lara, A., Usma-Oviedo, J. S., Galvis-Vergara, G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez-Gamboa, L., Prada-Pedrerros, S. & Ardila-Rodríguez, C.

- (2005). *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Marchant, S., Pinzón-Quiñones, L. E., Beltrán, V., Mantilla-Barbosa, E., Rangel-Serpa, F. & Torres, M. (2023). *Colección Ictiológica de la Universidad Industrial de Santander*. (v5.5) [Dataset/Occurrence]. Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/10.15472/j1os0f>.
- Mojica, J. I. & Agudelo, R. (2023). *Colección de Ictiología del Instituto de Ciencias Naturales (ICN-MHN-Ic)*. (v1.7) [Dataset/Occurrence]. Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15472/0tcazz>.
- Molina, J. & Cano-Cobos, Y. (2023). *Colección de Peces del Museo de Historia Natural C.J. Marinkelle*. (v1.1) [Dataset/Occurrence]. Universidad de los Andes. <https://doi.org/10.15472/u98fxz>
- Morales-Betancourt, M. A. & Lasso, C. A. (2022). *Recursos hidrobiológicos de importancia en la Bioeconomía de la Orinoquia colombiana. Parte I: esponjas, moluscos, crustáceos y peces*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Orfinger, A. B. (2015). Selected population characteristics of the non-native catfish *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) in central Florida, USA. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(4), 258-262. <https://doi.org/10.22034/ijab.v3i4.104>
- Prada-Pedrerros, S., Herrera-Collazos, E. E., Maldonado-Ocampo, J. A. & Pinto-Carvalho, T. (2018). *Colección de peces del Museo de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana*. (v4.5) [Dataset/Occurrence]. Pontificia Universidad Javeriana. <http://doi.org/10.15472/uozvak>

- Ramírez-Chaves, H. E. & Henao-Osorio, J. J. (2022). *Peces - Colección de Vertebrados e Invertebrados - Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas.* (v2.3) [Dataset/Occurrence]. Universidad de Caldas. <https://doi.org/10.15472/idjj8x>
- Reis, R. E. & van der Sleen, P. (2018). Family Callichthyidae - Callichthyid armored catfishes. En P. van der Sleen & J. S. Albert. (Eds.). *Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas* (Vol. 115, pp. 216-219). Princeton University Press.
- Richardson, D. M., Bond, W. J., Dean, W. R. J., Higgins, S. I., Midgley, G. F., Milton, S. J., Powrie, L. W., Rutherford, M. C., Samways, M. J. & Schulze, R. E. (2000). *Invasive alien species and global change: a South African perspective.* Island Press.
- Ríos-Pulgarín, M. I., Martínez, J. & Zuluaga-Gómez, A. (2015). *Colección de Peces Universidad Católica de Oriente.* (v6) [Dataset/Occurrence]. Universidad Católica de Oriente. <https://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=uco-001>
- Roman-Valencia, C., Vanegas-Rios, J. A. & Ruiz-C, R. I. (2010). Phylogenetic and biogeographic study of *Grundulus*. *Vertebrate Zoology*, 60(2), 107–122. <https://doi.org/10.3897/vz.60.e30997>
- Roman-Valencia, C., Ruiz-C, R. I., Taphorn, D. C. & Duque, O. A. (2018). *Guía para la identificación de los peces del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.* Editorial Eumed.
- SiB Colombia. (2022). *Biodiversidad de Colombia en cifras 2022.* <https://biodiversidad.co/post/2022/biodiversidad-colombia-cifras-2022>

- Silfvergrip, A. M. C. (1996). *A systematic revision of the neotropical catfish genus Rhamdia (Teleostei, Pimelodidae)*. [Doctoral Thesis, Stockholm University]. Stockholm University. <https://su.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1182719&dswid=7045>
- Silvera, J. (2023, septiembre 21). *Chinavita promueve el turismo de aventura con rafting*. Boyacá 95.6 FM. <https://956fm.boyaca.gov.co/chinavita-promueve-el-turismo-de-aventura-con-rafting/>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- Taphorn, D. C. (2003). *Manual de identificación y biología de los peces Characiformes de la cuenca del río Apure en Venezuela*. UNELLEZ, BioCentro.
- Tobar-Guzmán, G. (1977). Hidroeléctrica de Chivor Colombia. *Informes de la Construcción*, 30(290), 73–85. <https://doi.org/10.3989/ic.1977.v30.i290.2671>.
- Urbano-Bonilla, A., Ballen, G. A., Herrera-R, G. A., Zamudio, J., Herrera-Collazos, E. E., DoNascimento, C., Prada-Pedrerros, S. & Maldonado-Ocampo, J. A. (2018). Fishes of the Cusiana River (Meta River basin, Colombia), with an identification key to its species. *ZooKeys*, 733, 65-97. <https://doi.org/10.3897/zookeys.733.20159>
- Urbano-Bonilla, A., Agudelo-Zamora, H. D., López-Pinto, Y., Andrade-López, J., Miranda-Cortes, L., Ávila-Avilán, R. C. & Rojano-Bolaño, C. A. (2021). *Peces del Suroriente de Boyacá. Prioridades de Conservación para Corpochivor*. Corporación Autónoma Regional de Chivor.
- Urbano-Bonilla, A. & Ballen, G. A. (2021). A new species of Chaetostoma (Siluriformes: Loricariidae) from the Orinoco basin with comments on Amazonian species of the

- genus in Colombia. *Journal of Fish Biology*, 98(4), 1091-1104.
<https://doi.org/10.1111/jfb.14640>.
- Valderrama, M. (1985). Embalses y problemática pesquera. *Colombia: Ciencia y Tecnología*, 3(3), 11-14.
- van der Sleen, P. & Albert, J. S. (Ed.). (2018). *Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas*. Princeton University Press.
- Vari, R. P. (2001). *Phylogenetic study of the neotropical fish genera Creagrutus Günther and Piabina Reinhardt (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), with revision of the Cis-Andean species*. Smithsonian Institution Press.
<https://doi.org/10.5479/si.00810282.613>
- Villa-Navarro, F. A. (2017). *Colección Zoológica Universidad del Tolima-Ictiología*. (v.2.6) [Dataset/Occurrence]. Universidad del Tolima.
http://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=ut_ictio&v=1.0
- WWF. (2018). *Estas son algunas de las especies de agua dulce más amenazadas en Colombia*. <https://www.wwf.org.co/?334551/Estas-son-algunas-de-las-especies-de-agua-dulce-mas-amenazadas-en-Colombia>.
- Zahl, I. H., Samuelsen, O. & Kiessling, A. (2012). Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish physiology and biochemistry*, 38, 201-218.
<https://doi.org/10.1007/s10695-011-9565-1>
- Zamudio, J. & Maldonado-Ocampo, J. (2022). Prioridades para la conservación de los peces de agua dulce en la Orinoquia andina de Colombia. *Caldasia*, 44(1), 41–53.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n1.84798>