

Rescate de peces aguas abajo de la presa Porce III (Colombia) para reducir su mortalidad

Fish rescue downstream of Porce III dam (Colombia) to reduce their mortality

Daniel Restrepo-Santamaría  , Daniel Valencia-Rodríguez  , Andrés Felipe Galeano  , Juliana Herrera-Pérez  , Luz Jiménez-Segura  

Resumen

En la cuenca del río Magdalena, las actividades de rescate de peces son una medida de manejo ambiental utilizada para reducir su mortalidad en el área próxima a los embalses. Cuando se realiza la apertura y posterior cierre de compuertas del vertedero, producto de la operación de la central hidroeléctrica Porce III, aguas abajo de la presa se crean hábitats acuáticos temporales en forma de pozas marginales de lecho rocoso, en donde se presentan atrapamientos de peces. El objetivo del rescate es reubicarlos al canal principal del río para reducir su mortalidad. Entre los años 2013 y 2020 se capturaron 4927 individuos, representantes de 28 especies, 12 familias y cinco órdenes. Reubicamos a 4704 individuos nuevamente en el río Porce, siendo las especies de los géneros *Chaetostoma*, *Andinoacara*, *Astyanax* y *Rhamdia* los de mayor captura. También se capturaron especies potamodromas de la familia Pochilodontidae, cuya presencia próxima a la presa se debe posiblemente a migraciones que realizan para llevar a cabo su reproducción. Estas acciones de rescate y reubicación, producto de la operación de las centrales hidroeléctricas, deben ser replicadas en la cuenca como estrategia para mitigar los impactos ambientales ocasionados por la fragmentación del hábitat.

Palabras clave. Cuenca río Magdalena. Embalse. Fragmentación de hábitat. Manejo de fauna silvestre. Peces neotropicales.

Abstract

In the Magdalena River basin, fish rescue activities are an environmental management measure used to reduce fish mortality in the area near the reservoirs. When the opening and subsequent closing of the spillway gates is carried out as a result of the operation of the Porce III hydroelectric plant, downstream of the dam temporary aquatic habitats are created in the form of minor pools in the bedrock, where fish entrapment occurs. The objective of rescue activities is to relocate them to the main channel of the river, to reduce mortality. Between the years 2013 to 2020, a total of 4927 individuals were captured, representing 28 species, 12 families and five orders. We relocated 4704 individuals back to the Porce river, being the species of the genera *Chaetostoma*, *Andinoacara*, *Astyanax* and *Rhamdia* the highest capture. Potamodromous species of the family Prochilodontidae were also captured, their presence close to the dam possibly being due to the migrations they make to carry out their reproduction. These rescue and relocation actions resulting from the operation of hydroelectric plants should be replicated in the basin, as a strategy to mitigate the environmental impacts caused by habitat fragmentation.

Key words. Habitat fragmentation. Magdalena River basin. Neotropical fish. Reservoir. Wildlife management.

Introducción

En Colombia, la mayoría de los embalses para generar energía eléctrica se encuentran en las regiones montañosas de los Andes, particularmente en los tributarios de la cuenca del río Magdalena (Jiménez-Segura *et al.*, 2014). La formación de embalses dentro de la red fluvial genera cambios significativos en su estructura física, en su dinámica hidrológica, y como resultado de su interacción, en la biota que lo habita (Angarita *et al.* 2020). Estas modificaciones influyen en la distribución y diversidad de los peces en el área de influencia de estos nuevos ambientes (Álvarez-Bustamante *et al.*, 2018). La formación del embalse genera nuevos ensamblajes dentro del mismo embalse, así como en los sistemas acuáticos próximos (cauce del río, quebradas afluentes al embalse) (Valencia-Rodríguez *et al.*, 2022). En centrales que tienen la descarga de agua turbinada varios kilómetros abajo del pie de presa, entre la base de la presa y el sitio donde retorna el agua al río, es frecuente observar ejemplares de especies de peces de pequeño tamaño como aquellas de los géneros *Saccodon*, *Parodon*, *Astroblepus* y *Chaetostoma*, los cuales aprovechan los hábitats que ofrece este sector del río (Jiménez-Segura *et al.*, 2014). Y en aquellos embalses localizados abajo de los 1000 m de elevación, es común que, durante los periodos de estiaje, se observen ejemplares de especies de peces potamodromos que vienen remontando el río durante su momento de migración en búsqueda de condiciones apropiadas para desovar (López-Casas *et al.*, 2014).

Los cauces donde se han formado los embalses se encuentran dentro de paisajes andinos con fuertes pendientes tanto laterales como longitudinales; la altura promedio del muro es de 50 m (intervalo: 5 - 232 m), formando embalses profundos (Márquez & Guillot, 2001). Debido a esta característica, son escasas las estrategias de manejo que garanticen la continuidad de movimientos de las especies locales y de la migración de los peces potamodromos andinos que transitaban por ese cauce durante sus movimientos estacionales río arriba, y que también permitan que los embriones deriven río abajo luego del momento del desove (López-Casas *et al.*, 2020). A nivel mundial se han experimentado pasos con pozas, pasos de ranura vertical, pasos en contraflujo, escaleras, esclusas y elevadores para translocar los peces que llegan a la presa durante su migración ascendente (International Hydropower Association, 2021). Sin embargo, análisis detallados sobre su efectividad concluyen que, si bien son planteamientos bien intencionados, estas no logran restaurar el proceso biológico que

desapareció debido a la construcción del muro dentro del cauce ribereño y la formación de un lago profundo (Lira *et al.*, 2017).

Ante estos escenarios, rescatar peces no es una actividad nueva y su método ha venido ajustándose para reducir la mortalidad de peces atrapados, acumulados o en riesgo debido a condiciones del agua que no les son favorables (Jiménez-Segura *et al.*, 2018). En la cuenca del río Magdalena, es común que, dentro de los planes de manejo de las centrales hidroeléctricas, las actividades de rescate de peces sean una alternativa para reducir la mortalidad de peces dentro del área próxima a los embalses (López-Casas *et al.*, 2020). Como parte de las medidas del plan de manejo ambiental diseñado para la etapa de operación de la central hidroeléctrica de Porce III, existe un programa denominado “Rescate de peces inmediatamente aguas abajo de la presa por cierre de compuertas del vertedero”.

Este programa se estableció con el objetivo de reducir la mortalidad de peces en las pozas que se forman cuando se produce el cierre de compuertas y que quedan desconectadas del cauce principal del río, donde se mantiene un caudal ambiental permanente de $2 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$. La apertura de compuertas del vertedero provoca un aumento temporal en el volumen de agua (entre 200 y $350 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$) que transita a través del cauce principal del río entre la base de la presa y el túnel de descarga del agua turbinada (longitud $\sim 13 \text{ km}$), y que posteriormente, producto del cierre de las compuertas del vertedero se reduce nuevamente. En ese momento se forman varias pozas dentro del lecho rocoso del río (principalmente 500 m aguas abajo de la presa) y los peces se refugian dentro de ellas, pero a medida que el nivel del agua se va reduciendo, quedan atrapados entre las rocas y no logran reincorporarse nuevamente al cauce principal del río. El evento de cierre y apertura de compuertas del vertedero se realiza cuando ocurren altas precipitaciones en el área de influencia de la central; además, el volumen de operación segura del embalse está asociado a su condición específica de embalse regulador de una red de embalses y centrales de generación, ubicadas aguas arriba del embalse Porce III.

Esta nota da a conocer los resultados de actividades de rescate y reubicación de peces localizados en el tramo con reducción de caudal del río Porce, ubicado aguas abajo de la presa Porce III. Indicamos el cambio de las abundancias, a través del tiempo, de los peces que son rescatados y reubicados al caudal ecológico, al igual que los que no sobreviven. Estas actividades han sido

realizadas por el Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA) en conjunto con Empresas Públicas de Medellín (EPM), como una acción de mitigación de los impactos asociados con la fragmentación de hábitat, y operación de la central de generación de energía hidroeléctrica en la cuenca del río Magdalena.

Materiales y métodos

La central hidroeléctrica Porce III se encuentra sobre el cauce del río Porce, entre los municipios de Anorí y Amalfi en el departamento de Antioquia, en Colombia. El río Porce es uno de los afluentes principales de la subcuenca del río Nechí, que a su vez vierte sus aguas a la cuenca del río Magdalena. El embalse de Porce III,

que entró en operación en el año 2011, tiene un volumen de 176.9 Mm³, una profundidad media de 37.6 m, una superficie inundada de 5.7 km², 14 km de longitud y una anchura media de 500 m. La presa del embalse Porce III se localiza a los 540 m s.n.m. Una red de pequeños afluentes proporciona agua durante todo el año (Figura 1). La hidroeléctrica de Porce III tiene una capacidad instalada de 700 MW, para una generación firme de 3605 GW hora.año⁻¹, y su nivel de agua fluctúa de forma amplia, frecuente y rápida. Su tiempo de residencia hidrológica no supera los ocho días (Silva Arroyave, 2008). Con cuatro turbinas de tipo Francis, la central de generación devuelve al río Porce 240 m³.seg⁻¹ de agua en el sitio de descarga. Entre la presa y la descarga, desde la cota 310 m s.n.m. el cauce del río Porce mantiene un caudal ambiental mínimo de 2 m³.seg⁻¹.

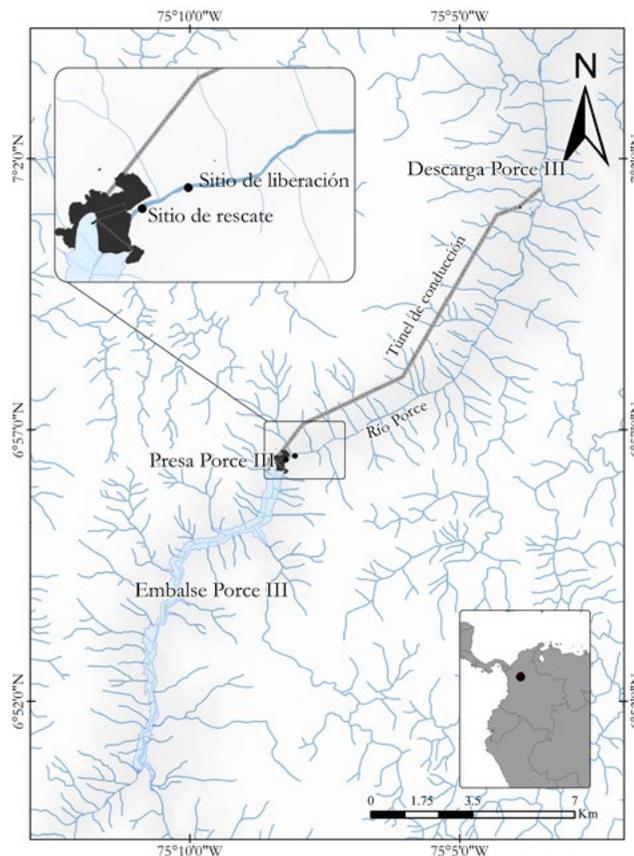


Figura 1. Ubicación geográfica del área donde se realizan las actividades de rescate de peces aguas abajo de la presa Porce III, en Antioquia, Colombia. Los trazados del embalse y los cuerpos de agua se obtuvieron del IGAC. Todos los demás productos fueron producidos por los autores y están libres de derecho de autor.

Figure 1. Geographical location of the area where fish rescue activities are carried out downstream of the Porce III dam, in Antioquia, Colombia. Shape of the reservoir and aquatic systems were obtained from the IGAC. All other products were produced by the authors and are copyright free.

En los años 2013 (abril, junio), 2015 (junio), 2016 (julio), 2017 (mayo, junio), 2018 (mayo, junio, diciembre), 2019 (enero, febrero, mayo, diciembre), y 2020 (octubre) se realizaron las actividades de rescate y reubicación de peces atrapados en pozas formadas aguas abajo de la presa de Porce III, debido a la estructura del lecho del cauce, en un transecto de 500 m sobre el eje del río. Para la maniobra de apertura y cierre de compuertas, Empresas Públicas de Medellín cuenta con el Manual de Operación Segura de la Central Porce III, que busca operar de forma segura y evitar afectaciones al ambiente y a las comunidades de personas localizadas aguas abajo de la presa. Las actividades de rescate y reubicación fueron realizadas por el personal de conservación y protección del embalse Porce III. Este equipo es avisado oportunamente, con una antelación mínima de un día del evento de cierre de las compuertas del vertedero acorde con el manual, procurando siempre que dicho cierre se efectúe durante las horas del día. La captura de los peces atrapados se realizó de manera manual, utilizando redes de mano y recipientes de plástico, durante tres horas después del cierre de las compuertas (Figura 2).

Una vez dispuestos en los recipientes, los peces se depositaron en un tanque de 250 L con aireadores para su posterior conteo y registro fotográfico. Cada ejemplar fue identificado a nivel de especie con claves taxonómicas especializadas (Dahl, 1971; Jiménez-Segura *et al.*, 2014; Londoño-Burbano & Román-Valencia, 2010; Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005; Miles, 1971; Román-Valencia & Arcila-Mesa, 2010; Vari, 2001) y la validez de su nombre siguió a Fricke *et al.* (2021). Después de la manipulación, los ejemplares fueron liberados en el canal principal del río Porce (caudal ambiental) (Figura 2). Los ejemplares que no sobrevivieron fueron enterrados, después de haber sido neutralizados con hidróxido de calcio, como agente para prevenir malos olores y la contaminación de las aguas por la lixiviación. Para ello, se construyó una fosa de 2 m³ en una zona de depósito designada por equipo de seguridad y salud en el trabajo de la central; esta área de depósito se situó a una distancia no menor de 100 m de cualquier cuerpo de agua.

Para el cálculo de la abundancia relativa consideramos el número de individuos capturados por cada especie en relación con el número total de individuos capturados por el año de actividad. El análisis gráfico se realizó en el software R (R versión 3.6.3; R Development Core Team, 2021).

Resultados

En las 16 actividades de rescate y reubicación realizadas, se capturaron 4927 individuos, representantes de 28 especies, 12 familias y cinco órdenes (Figura 3, Anexo 1). Las especies de los órdenes Siluriformes y Characiformes presentaron las mayores capturas, mientras que las especies de los órdenes Synbranchiformes y Cyprinodontiformes fueron las de menos capturas (Figura 4). El número de especies representa el 12 % de la riqueza total de peces de la cuenca del río Magdalena (DoNascimento *et al.*, 2022) y el 54 % de las especies de peces registradas para el área de influencia del embalse de Porce III (Jiménez-Segura *et al.*, 2014).

En total se reubicaron 4704 individuos en el caudal ambiental del río Porce, donde las mayores capturas se presentaron en los años 2013, 2015, 2017 y 2019 (> de 900 individuos por año). En el año 2016 se rescataron y reubicaron el 100 % de los individuos. Las especies de los órdenes Siluriformes y Characiformes fueron las de mayor abundancia (Figura 4). Las especies con mayor número de individuos rescatados y reubicados fueron *Chaetostoma* aff. *brevilabiatum*, *Chaetostoma thomsoni*, *Astyanax microlepis*, *Andinoacara latifrons* y *Rhamdia guatemalensis* Anexo 1.

Por otra parte, 223 individuos no sobrevivieron, de los cuales los Characiformes fueron los más abundantes (Figura 4). Las especies encontradas muertas en mayor abundancia fueron *A. microlepis*, *Characidium phoxocephalum*, *Hemibrycon caucanus*, *A. latifrons*, *C. aff. brevilabiatum* y *Cetopsorhamdia nasus*. En 2017 se presentó el mayor número de individuos que no sobrevivieron (Anexo 1). Los individuos de las especies no nativas de la cuenca, tales como *Coptodon rendalli*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, *Parachromis friedrichsthalii* y *Poecilia sphenops*, presentaron baja sobrevivencia (Figura 4), y los individuos de estas especies que se encontraban aún vivos no fueron reubicadas al caudal ambiental.

Discusión

La fragmentación del hábitat ocasionada por la construcción de embalses es una de las amenazas que enfrentan los peces y los ambientes acuáticos de la región andina en Colombia (Angarita *et al.*, 2020). El rescate de peces atrapados o en riesgo debido a condiciones del agua que no les son favorables, es una herramienta necesaria en la implementación de acciones de mitigación

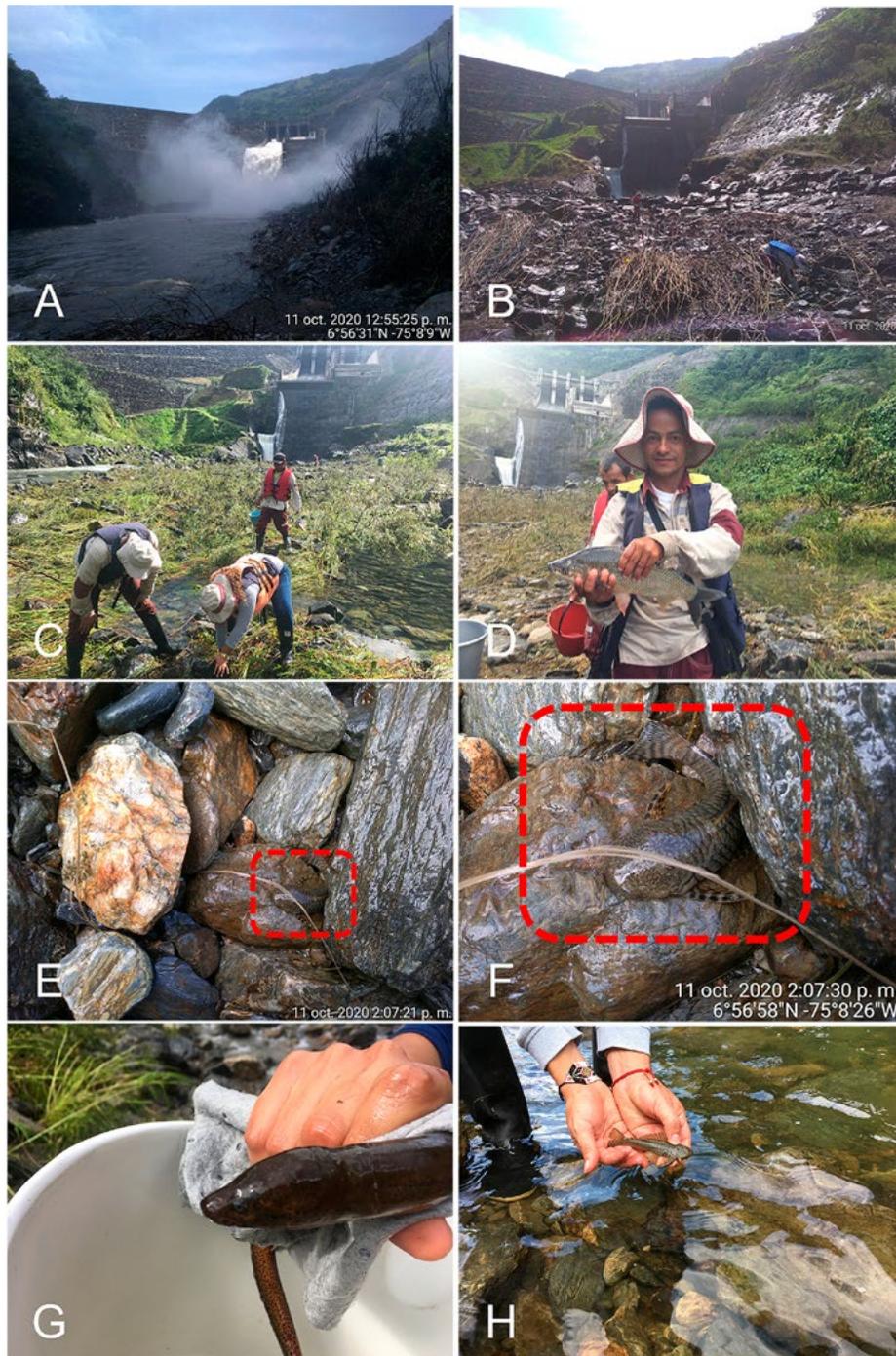


Figura 2. Actividades de rescate de peces en el embalse Porce III, Antioquia, Colombia. A, apertura de compuertas del vertedero de la presa; B, cierre de compuertas; C, búsqueda de ejemplares atrapados en charcas aisladas; D, ejemplar de *Prochilodus magdalenae* capturado vivo; E-F, ejemplar de *Chaetostoma thomsoni* atrapado entre lecho rocoso; G, ejemplar de *Synbranchus marmoratus*; H, reubicación al caudal ambiental del río Porce de un ejemplar de *C. thomsoni*.

Figure 2. Fish rescue activities the Porce III dam, Antioquia, Colombia. A, opening of the spillway gates; B, closure of spillway gates; C, search for specimens trapped in isolated pools; D, specimen of *Prochilodus magdalenae* captured alive; E-F, specimen of *Chaetostoma thomsoni* trapped in bedrock; G, specimen of *Synbranchus marmoratus*; H, relocation of a specimen of *C. thomsoni* to the environmental flow of the Porce River.

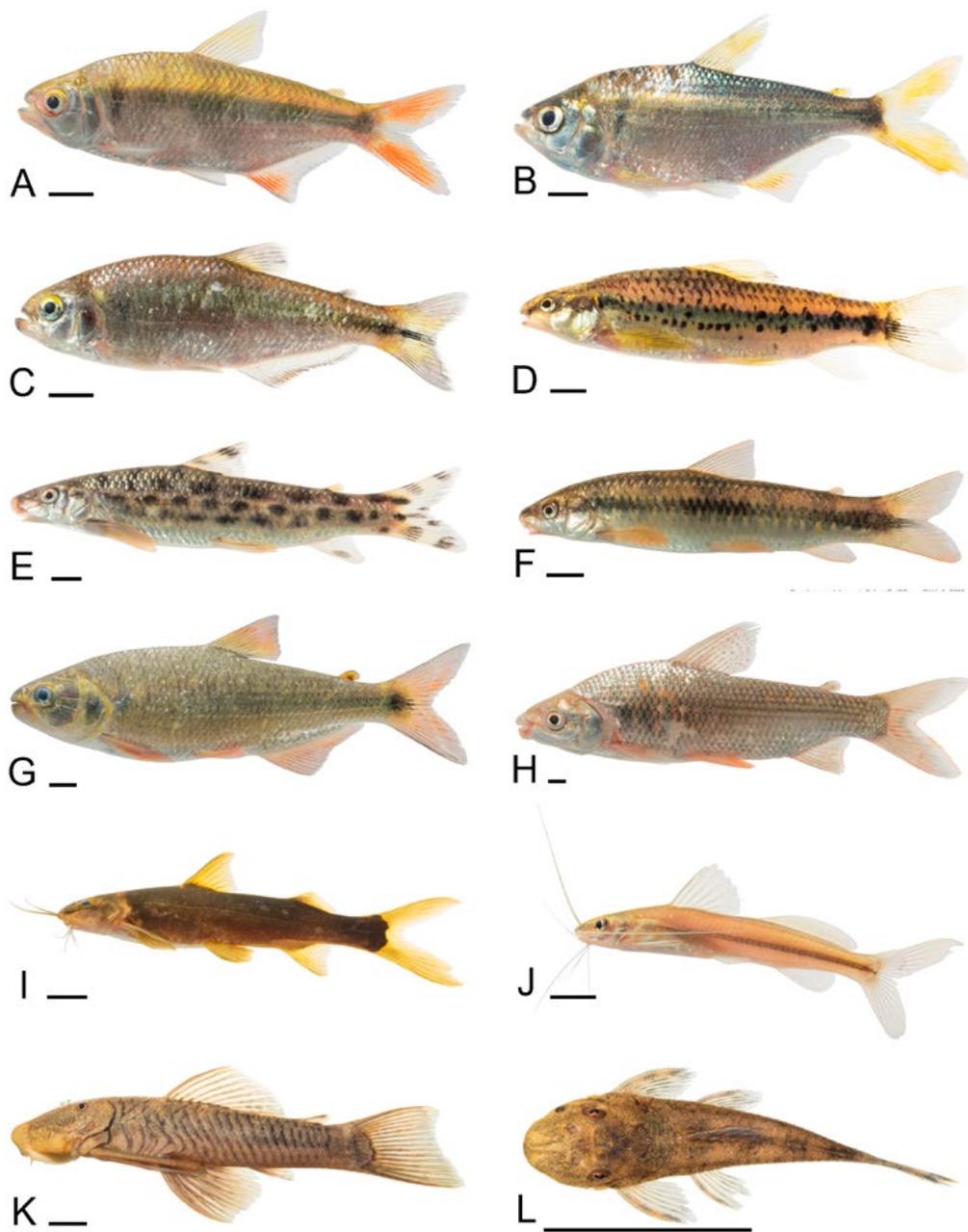


Figura 3. Algunas de las especies de peces que fueron capturadas durante la actividad de rescate en el embalse Porce III, Antioquia, Colombia. A, *Astyanax* sp.; B, *A. microlepis*; C, *Hemibrycon* sp.; D, *Characidium phoxocephalum*; E, *Saccodon dariensis*; F, *Parodon magdalenensis*; G, *Brycon henni*; H, *Prochilodus magdalenae*; I, *Cetopsorhamdia nasus*; J, *Pimelodella floridablancaensis*; K, *Chaetostoma thomsoni*; L, *Lasiacistrus caucanus*. La línea negra corresponde a 1 cm. Fotografías por Juan G. Ospina y el Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA).

Figure 3. Sample of the fish species caught during the rescue activity at the Porce III dam, Antioquia, Colombia. A, *Astyanax* sp.; B, *A. microlepis*; C, *Hemibrycon* sp.; D, *Characidium phoxocephalum*; E, *Saccodon dariensis*; F, *Parodon magdalenensis*; G, *Brycon henni*; H, *Prochilodus magdalenae*; I, *Cetopsorhamdia nasus*; J, *Pimelodella floridablancaensis*; K, *Chaetostoma thomsoni*; L, *Lasiacistrus caucanus*. Black line corresponds to 1 cm. Photographs by Juan G. Ospina and the Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA).

de los impactos asociados con la construcción de presas, y operación de las centrales de generación de energía hidroeléctrica en la cuenca del Magdalena (Jiménez-Se-gura *et al.*, 2018; López-Casas *et al.* 2020).

La distribución de las especies aguas abajo de la presa de Porce III es similar a la tendencia general de la riqueza de peces en los ambientes acuáticos del área de influencia del embalse (Valencia-Rodríguez *et al.*, 2022). Los peces que quedan atrapados en pozas y no logran reincorporarse nuevamente al cauce principal del río incluyen principalmente especies de pequeño porte, pertenecientes a los órdenes Characiformes y Siluriformes, los cuales por su abundancia, y posiblemente por diversos aspectos ecológicos asociados al uso del hábitat, la locomoción y sus estrategias alimenticias (Conde-Saldaña *et al.*, 2017), lleguen a colonizar los nuevos espacios provocados por el aumento temporal del volumen de agua, generado por la apertura de las compuerta del vertedero.

Así como estas especies de pequeño porte, otras especies de mayor tamaño como ejemplares de la familia Prochilodontidae tales como *Ichthyoelephas longirostris*

y *Prochilodus magdalenae*, han sido rescatadas. Estas especies son potamodromas e importantes en la pesca comercial de la cuenca del río Magdalena (Galvis & Mojica, 2007) y su presencia ya ha sido reportada en el área de influencia de la central de Porce III (Jiménez-Se-gura *et al.*, 2018). La presa del embalse Porce III se encuentra a 540 m de elevación, por lo que la presencia de ejemplares de estas especies puede ocurrir debido a que la presa se encuentra dentro de la ruta de migración de estas especies durante los periodos de estiaje (Rivera-Coley, 2021). El río Nechí y sus afluentes son reconocidos como importantes áreas para el desove de estas especies en la cuenca del río Magdalena (Moreno-Arias *et al.*, 2021; Rivera-Coley, 2021), así que su presencia en las proximidades de la presa es común y estacional (López-Casas *et al.*, 2016). También se ha reportado la presencia de estas especies en las zonas próximas a las presas, en embalses aguas abajo de los 1000 m de elevación dentro de la cuenca del río Magdalena (López-Casas *et al.*, 2014). Reportar la presencia de estas especies en los sectores próximos a las presas permite incorporar prácticas y estrategias para su manejo, de manera que se reduzca su afectación (Moreno-Arias *et al.*, 2021).

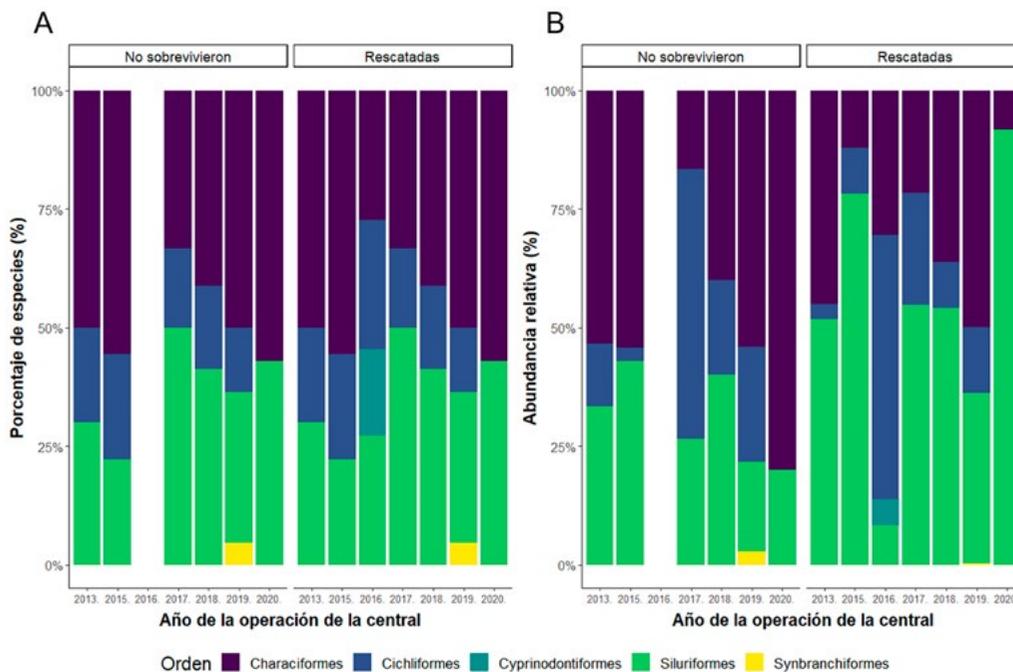


Figura 4. Porcentaje (A) y abundancia relativa (B) de especies de peces capturadas durante la actividad de rescate en el embalse Porce III, Antioquia, Colombia.

Figure 4. Percentage (A) and relative abundance (B) of fish species caught during the rescue activity at the Porce III dam, Antioquia, Colombia.

Los individuos capturados y reubicados durante los eventos de operación de la central fueron mayores al 96 %, con excepción del año 2017, cuando solo se reubicaron el 89 % de los individuos; sin embargo, estos resultados indican que es posible realizar exitosamente las actividades, desde su captura hasta su reubicación al caudal ambiental, al reducir al máximo las condiciones que provocan el atrapamiento de los peces durante el período del cierre de compuertas. Con el fin de disminuir la mortalidad y aumentar la eficiencia de esta estrategia de manejo, se sugiere que las maniobras para el cierre de compuertas sean un proceso prolongado y escalonado, para una adecuada disminución gradual del caudal del río aguas abajo de la presa, mitigando el atrapamiento de peces.

Conocer cuáles son las especies de peces andinos que pueden ser afectados por la operación de una central hidroeléctrica es un insumo fundamental en la gestión de estrategias de conservación y manejo ambiental, que deben hacer las empresas generadoras de energía, así como las orientaciones que dan las autoridades ambientales para el desarrollo de esta industria. Rescatar peces reduce sin duda la mortalidad en estos escenarios dentro de los sectores próximos a las presas de los embalses. Este ejemplo de medida de manejo que involucra acciones de rescate y reubicación de peces se convierte en una importante estrategia que debe ser replicada con miras a la mitigación de los impactos ambientales ocasionados por la operación de las centrales hidroeléctricas en los ríos de los Andes de Colombia.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al convenio CT-2017-001714 entre la Universidad de Antioquia y Empresas Públicas de Medellín, el cual fue llevado a cabo según las recomendaciones y aprobación del comité de ética de experimentación animal de la Universidad de Antioquia (CEEA). El diseño de muestreo fue definido por el Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia y aprobado por la Autoridad Colombiana de Licencias Ambientales ANLA. Los autores desean agradecer a los integrantes del grupo de ictiología de la Universidad de Antioquia y al personal de conservación y protección del embalse de Porce III por el apoyo en las actividades en campo.

Referencias

Álvarez-Bustamante, J. Jaramillo-Villa, Ú. & Jiménez-Segura, L. F. (2018). Ictiofauna de embalses en

cascada en el cauce de un río tropical andino. *Actualidades Biológicas*, 40(108), 46-58.

<https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v40n108a05>

Angarita, H., Santos-Fleischmann, A., Rogéliz, C., Campo, F., Narváez-Campo, G., Delgado, J. Santos, T., Santos, A., Herrera-R, G. & Jiménez-Segura, L. (2020). Modificación del hábitat para los peces en la cuenca del río Magdalena, Colombia. En L. F. Jiménez-Segura & C. A. Lasso (Eds.), *Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (Pp. 265-293). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

<https://doi.org/10.21068/B2020RRHHXIX07>

Conde-Saldaña, C. C., Albornoz-Garzón, J. G., López-Delgado, E. O. & Villa-Navarro, F. A. (2017). Ecomorphological relationships of fish assemblages in a trans-andean drainage, Upper Magdalena River basin, Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 15(4).

<https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170037>

Dahl, G. (1971). *Los peces del norte de Colombia*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA).

DoNascimento, C., Bogotá Gregory, J. D., Albornoz Garzón, J. G., Méndez López, A., Villa Navarro, F. A., Herrera Collazos, E. E., Agudelo Zamora, H. & Arce, H. M. (2022): Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. Asociación Colombiana de Ictiólogos. 2.14.

<https://doi.org/10.15472/numrso>

Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (2021). *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

Galvis, G. & Mojica, J. I. (2007). The Magdalena River freshwater fishes and fisheries. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 10(2), 127-139.

<https://doi.org/10.1080/14634980701357640>

International Hydropower Association. (2021). How-to Guide: Hydropower Biodiversity and Invasive Species. IHA.

<https://www.hydropower.org/publications/how-to-guide-biodiversity-and-invasive-species>

Jiménez-Segura, L. F., Restrepo-Santamaría, D., García-Melo, L. J., Torres-Velásquez, A. M. & Jaramillo-Villa, Ú. (2018). Peces dentro de túneles de descarga de una central hidroeléctrica del río Porce. *Actualidades Biológicas*, 40(108), 97-102.

<https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v40n108a09>

- Jiménez-Segura, L., Maldonado-Ocampo, J. & Pérez-Gallego, C. (2014). Gradiente de recuperación longitudinal en la estructura de la ictiofauna en un río andino regulado. *Biota Colombiana*, 15(2), 61-80.
- Jiménez-Segura, L.F., Álvarez, J., Ochoa, L. E., Loaiza, A., Londoño, J. P., Restrepo, D., Aguirre, K., Hernández, A., Correa, J. D. & Jaramillo-Villa, Ú. (2014). *Guía ilustrada de peces, Cañón del río Porce-Antioquia. Medellín (Colombia)*. EPM, Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia. https://www.epm.com.co/site/Portals/Descargas/2015/rio_porce/Guia_Ilustrada_canon_del_rio_Porce_Antioquia_Peces.pdf
- Jiménez Segura, L., Restrepo Santamaría, D., López Casas, S., Delgado, J., Valderrama, M., Álvarez, J. & Gómez, D. (2014). Ictiofauna y desarrollo del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena - Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2), 3-25.
- King, M. (1995). *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books.
- Lira, N. A., Pompeu, P. S., Agostinho, C. S., Agostinho, A. A., Arcifa, M. S. & Pelicice, F. M. (2017). Fish passages in South America: An overview of studied facilities and research effort. *Neotropical Ichthyology*, 15(2), 1-14. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160139>
- Londoño-Burbano, A. & Román-Valencia, C. (2010). Redescripción de *Parodon caliensis* y *Saccodon dariensis* (Characiformes: Parodontidae). *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 813-826. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i2.5248>
- López-Casas, S., Jiménez-Segura, L. F., Agostinho, A. A. & Pérez, C. M. (2016). Potamodromous migrations in the Magdalena River basin: bimodal reproductive patterns in neotropical rivers. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 157-171. <https://doi.org/10.1111/jfb.12941>
- López-Casas, S., Jiménez-Segura, L. & Pérez-Gallego, C. (2014). Peces migratorios al interior de una central hidroeléctrica: caso Miel I, cuenca del río Magdalena (Caldas-Antioquia), Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2), 26-39. <http://www.siac.net.co/biota/handle/123456789/274>
- López-Casas, S., Rondón-Martínez, Y. F., Gutiérrez-Cortés, A., Escobar-Cardona, J., Muñoz-Duque, S., Valencia-Rodríguez, D., Petry, P., Batista-Morales, A., Rincón, C. Casas, L. F., Ospina-Pavón, J.G., Atencio García, V., Valderrama Barco, M., Lasso, C. A. & Jiménez-Segura, L. F. (2020). Diagnóstico del grado de amenaza y medidas de manejo para los peces del río Magdalena, Colombia. En L. F. Jiménez-segura & C. A. Lasso (Eds.), *Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (Pp. 391-429). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://doi.org/10.21068/A2020RRHHXIX>
- Maldonado-Ocampo, J.A., 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, Guía de Campo*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://awsassets.panda.org/downloads/peces_de_los_andes_de_colombia.pdf
- Márquez, G. & Guillot, G. (2001). *Ecología y efecto ambiental de embalses. Aproximación con casos colombianos* (1 edición). Serie de publicaciones del posgrado en Gestión Ambiental. Universidad Nacional.
- Miles, C. (1971). *Los peces del río Magdalena («A field book of Magdalena fishes»)* (Segunda Ed). Universidad del Tolima, Centro Audiovisual, UT Ediciones.
- Moreno-Arias, C., López Casas, S., Rogeliz-Prada, C. & Jiménez-Segura, L. (2021). Protection of spawning habitat for potamodromous fish, an urgent need for the hydropower planning in the Andes. *Neotropical Ichthyology*, 19(3), 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0027>
- R Development Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available from: <http://www.R-project.org>
- Rivera-Coley, K. (2021). *Áreas de desove de especies potamodromos en la cuenca del río Nechí*. (Tesis de Maestría). Universidad de Antioquia.
- Román-Valencia, C. & Arcila-Mesa, D. K. (2010). Five new species of *Hemibrycon* (Characiformes: Characidae) from the Río Magdalena basin, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 339-356.
- Silva Arroyave, S. M. (2008). Evaluación de la calidad del agua del futuro Embalse Porce III por la influencia de la descarga del Embalse Porce II: Modelo de simulación de calidad del agua del futuro embalse Porce III. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(13), 21-37.
- Valencia-Rodríguez, D., Herrera-Pérez, J., Restrepo-Santamaría, D., Galeano, A., Winton, S. & Jiménez-Segura, L. (2022). Fish community turnover in a dammed Andean River over time. *Neotropical Ichthyology*, 20(1). e210091. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-009>

Vari, R. P. (2001). Phylogenetic study of the neotropical fish genera *Creagrutus* Günther and *Piabina* Reinhardt (Teleostei:Ostariophysi:Characiformes), with a revi-

sion of the cis-Andean species. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 613, 1-239. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.613>

Anexo 1. Número de individuos de las especies de peces en la actividad de rescate aguas abajo de presa de Porce III, Antioquia, Colombia. Valores en paréntesis son el número de actividades por año. Reu, especies reubicadas al caudal ambiental del río Porce. No sob, especies que no sobrevivieron. (*) Especies no nativas.

Appendix 1. Number of individuals of fish species in the rescue activity downstream of Porce III dam, Antioquia, Colombia. Values in parentheses are the number of activities per year. Reu, species relocated to the environmental flow of the Porce River. No sob, species that did not survive. (*) Non-native species

Taxa	2013 (2)		2015 (1)		2016 (1)	2017 (2)		2018 (3)		2019 (4)		2020 (1)	
	Reu	No Sob	Reu	No Sob	Reu	Reu	No Sob						
Characiformes													
Anostomidae													
<i>Leporellus</i> sp.										16	1		
Bryconidae													
<i>Brycon henni</i> Eigenmann 1913	28	0	26	3		20	2	8	0	50	0	9	0
Characidae													
<i>Astyanax microlepis</i> Eigenmann 1913	313	1	60	13	1	165	12	22	3	7	2		
<i>Astyanax</i> sp					5			4	0	185	4	1	0
<i>Creagrutus brevipinnis</i> Eigenmann 1913										1	0		
<i>Hemibrycon caucanus</i> (Eigenmann 1913)	40	4	40	0				34	1	96	4	6	2
<i>Roeboides dayi</i> (Steindachner 1878)			8	0						5	1		
Crenuchidae													
<i>Characidium caucanum</i> Eigenmann 1912	0	1								31	0		
<i>Characidium phoxocephalum</i> Eigenmann 1912						44	6			48	5		
Parodontidae													

Taxa	2013 (2)		2015 (1)		2016 (1)		2017 (2)		2018 (3)		2019 (4)		2020 (1)	
	Reu	No Sob	Reu	No Sob	Reu	Reu	No Sob							
<i>Parodon magdalenensis</i> Londoño-Burbano, Román-Valencia & Taphorn 2011			18	3					1	0	34	3	7	2
<i>Saccodon dariensis</i> (Meek & Hildebrand 1913)	28	2							3	0				
Prochilodontidae														
<i>Ichthyoelephas longirostris</i> (Steindachner 1879)					5						1	0		
<i>Prochilodus magdalenae</i> Steindachner 1879						2	0	2	0					
Cichliformes														
Cichlidae														
<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner 1878)	24	2	97	1	12	124	19	13	1	105	6			
<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger 1897)*									1	0				
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters 1852)*					1									
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)*	5	0	25	0	7	127	50	6	1	27	3			
<i>Parachromis friedrichsthalii</i> (Heckel 1840)*										1	0			
Cyprinodontiformes														
Poeciliidae														
<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner 1880)					1									
<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes 1846					1									
Siluriformes														
Astroblepidae														
<i>Astroblepus</i> sp.						99	5	3	0	1	0			

Taxa	2013 (2)		2015 (1)		2016 (1)	2017 (2)		2018 (3)		2019 (4)		2020 (1)	
	Reu	No Sob	Reu	No Sob	Reu	Reu	No Sob						
Heptapteridae													
<i>Cetopsorhamdia nasus</i> Eigenmann & Fisher 1916	11	1	7	2		44	14	9	1	2	0		
<i>Pimelodella floridablancensis</i> Ardila Rodríguez 2017						4	0	40	0	28	4	32	1
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther 1864)	25	3			1	11	0	40	2	274	2		
Loricariidae													
<i>Chaetostoma</i> aff. <i>brevilabiatum</i> Dahl 1942	435	1	973	13	1	281	6	3	0	12	0		
<i>Chaetostoma thomsoni</i> Regan 1904					1	146	7	14	0	14	0	98	0
<i>Lasiancistrus caucanus</i> Eigenmann 1912								2	1	11	1	129	0
Synbranchiformes													
Synbranchidae													
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795										2	1		

Daniel Restrepo-Santamaría

Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA), Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.

dasanta24@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1212-218X>

Daniel Valencia-Rodríguez

Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA), Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.

davarod@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8999-1757>

Andrés Felipe Galeano

Empresas Públicas de Medellín.
Medellín, Colombia.

andres.galeano@epm.com.co

<https://orcid.org/0000-0001-8051-720X>

Juliana Herrera-Pérez

Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA), Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.

juliana.herrera.p@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6946-8950>

Luz Jiménez-Segura

Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia (GIUA), Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.

luz.jimenez@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-0784-0355>

Rescate de peces aguas abajo de la presa Porce III (Colombia) para reducir su mortalidad

Citación del artículo: Restrepo-Santamaría, D., Valencia-Rodríguez, D., Galeano, A. F., Herrera-Pérez, J., Jiménez-Segura, L. (2022). Rescate de peces aguas abajo de la presa Porce III (Colombia) para reducir su mortalidad. *Biota Colombiana*, 23(2), e1030.

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1030>

Recibido: 10 de septiembre 2021

Aceptado: 18 de marzo 2022