

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 21-450 (624 de 2021 ANH) ENTRE LA
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH Y EL INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT -
INSTITUTO HUMBOLDT**

Producto 4. Informe con el análisis de diversidad de mamíferos, anfibios, reptiles, aves, colémbolos, himenópteros terrestres, lepidópteros diurnos, coleópteros escarabeidos y melolóntidos, e insectos estridulantes, ictiofauna, macrófitas, macroinvertebrados, perifiton, fitoplancton y zooplancton.



Noviembre de 2022



PECES

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
Equipo de trabajo	3
Resumen	3
Introducción	6
	7 Metodología
	6
Diseño del muestreo	6
Toma de datos en campo	8
Preparación de especímenes	14
Extracción de tejidos	14
Preparación de datos	15
Resultados	16
Esfuerzo de muestreo	16
Por zona de trabajo y temporada climática	17
Composición y diversidad de especies	21
Índices de diversidad	29
Distribución espacial de la riqueza de especies	34
Análisis de similitud	35
Análisis de redundancia	37
Complementariedad del muestreo	38
Discusión	40
Esfuerzo de muestreo	40
Composición y diversidad de especies	41
Índices de diversidad	44
Análisis de similitud y de redundancia	45
Complementariedad del muestreo	45
Conclusiones	48
Bibliografía	55

Índice de figuras

Figura 1. Diseño del muestreo de peces. A. Unidades de muestreo en la zona de Platero. B. Unidades de muestreo en el área de Kalé. C. Unidades de muestreo en el área de Caracterización. D. Unidades de muestreo en el río Magdalena, cerca de los sitios potenciales de captación.	8
Figura 2. Unidades de muestreo diseñadas para el componente de peces para la Línea Base Regional de Biodiversidad	9
Figura 3. Unidades de muestreo implementadas para el componente de peces para la Línea Base Regional de Biodiversidad.	11
Figura 4. Muestreos diurnos con equipo de pesca eléctrica en el punto ANH-305, quebrada el Ocho.	14
Figura 5. Pesca con red de arrastre en el punto ANH-20, río Magdalena.	14
Figura 6. Muestreo con atarraya en los puntos ANH-291 (caño Negro) y ANH-300 (ciénaga de Motecristo).	14
Figura 7. Pesca con trasmallo en el punto ANH-42 (quebrada Corredor) y ANH-18 (caño Negro).	15
Figura 8. Procesamiento de muestras mediante identificación taxonómica, inyección de formol y preservación con formol al 36%.	16
Figura 9. Extracción de tejido de peces (branquias, aletas, músculo o ejemplar completo) preservados en alcohol al 98%.	17
Figura 10. Cobertura de muestreo por zona de trabajo (Kale, Platero y Caracterización).	20
Figura 11. Cobertura de muestreo por tipo de cuerpo de agua A) general (aguas altas y aguas bajas), B) temporada de aguas altas y C) temporada de aguas bajas.	22
Figura 12. Número de especies por familia, en cada una de las temporadas climáticas.	24
Figura 13. Rango de incidencia de las especies, en cada una de las temporadas climáticas y en total.	25
Figura 14. Número de especies por familia, en cada una de las zonas de trabajo (Kale, Platero y Caracterización) para cada temporada climática.	27
Figura 15. Relación entre número de individuos y número de especies por tipo de cuerpo de agua para cada temporada de muestreo.	28

- Figura 16.** Número de especies por familia, en cada tipo de cuerpo de agua (Caño, ciénaga, quebrada y río Magdalena) para cada temporada climática. 30
- Figura 17.** Rango de incidencia de las especies de cada cuerpo de agua (caño, ciénaga, quebrada, río Magdalena). 31
- Figura 18.** Riqueza de especies observadas y estimadas (q_0) en los tipos de cuerpo de agua, en cada una de las temporadas climáticas. 32
- Figura 19.** Curvas de rarefacción/extrapolación de la riqueza de especies colectadas en cada uno de los tipos de cuerpo de agua, con A) electropesca, B) Atarraya, C) Arrastre y D) Trasmallo. 34
- Figura 20.** Estimaciones de diversidad por método de pesca y por tipo de cuerpo de agua, A) Riqueza de especies observadas y estimadas (q_0), B) Diversidad de Shannon observada y estimada (q_1) y C) Inverso de Simpson observado y estimado (q_2). 35
- Figura 21.** Gráfica de calor de la riqueza por tipo de cuerpo de agua y unidad de muestreo para cada una de las temporadas climáticas, A) temporada de aguas altas y B) temporada de aguas bajas. 37
- Figura 22.** Gráfica del análisis NMDS, A) escala estacional (aguas altas y aguas bajas), B) escala espacial (plataformas Kalé, Platero y Caracterización) y C) escala ambiental (ciénagas, caños, quebradas y río Magdalena). 38
- Figura 23.** Gráfica del análisis de redundancia (RDA) donde se representan los cuerpos de agua (caños, ciénagas, quebradas y río Magdalena) y las variables ambientales explicativas. 39

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de las unidades de muestreo (UM) en los diferentes cuerpos de agua (quebradas, caños, ciénagas y río Magdalena) y en las plataformas correspondientes (caracterización, kale y platero).	10
Tabla 2. Descripción de la forma y tamaño de los artes de pesca usados en las estaciones de muestreo, así como los esfuerzos de muestreo que fueron implementados en cada una de ellas.	13
Tabla 3. Cobertura de muestreo, número de especies observadas y estimadas y número de individuos para cada una de las temporadas climáticas (aguas altas y aguas bajas).	19
Tabla 4. Cobertura de muestreo, riqueza observada y estimada para cada zona de trabajo (Kale, Platero y Caracterización) de manera general. Número de especies y de individuos por temporada climática (T1 y T2).	21
Tabla 5. Cobertura de muestreo, riqueza observada y estimada para cada uno de los tipos de cuerpo de agua (caño, ciénaga, quebrada y río Magdalena) en ambas temporadas, aguas altas y aguas bajas.	22

Equipo de trabajo

Coordinadores

Daniela Bedoya Giraldo

Daniel David Gutiérrez

Investigadores aguas altas

Magda Susana Bernal Sierra

José Luis Poveda Cuellar

Investigadores aguas bajas

Magda Susana Bernal Sierra

Miguel Ángel Cortes Hernández

Guías de campo

Luis Fabian Agudelo Echeverria

Jorge Antonio Gómez Gutierrez

Diego Pineda Ascencio

Wilfrido José Pacheco Araque

Norbeys Yesith Matute Carmona

Cristóbal Mercado Borges

Juan Pablo Cañamo Guevara

Diana Milena Tovar Pabón

Resumen

El muestreo de la comunidad de peces contempló un análisis multiescala incluyendo la espacial y estacional. Así mismo, fueron contemplados cuatro tipos de ambientes acuáticos lo que permitió establecer las diferentes asociaciones entre la composición de especies y las condiciones ambientales. Fueron definidas 41 unidades de muestreo (UM), distribuidas a lo largo de tres zonas denominadas Caracterización, Kalé y Platero, en las cuales se utilizaron diferentes métodos de captura (activos y pasivos), con el fin de abarcar la mayor cantidad de microambientes posibles y en consecuencia, obtener una mejor aproximación a la configuración de las comunidades de peces. Así mismo, se midieron variables fisicoquímicas in situ, con el fin de caracterizar las condiciones ambientales de las UM. Se obtuvo una cobertura de muestreo cercana al 100%, en la temporada de aguas altas se registró un valor del 97% y en la temporada de aguas bajas un valor del 98%, lo que demostró la robustez del muestreo. En total se capturaron 11026 individuos, distribuidos 81 especies (T1: 4 058 individuos y 70 especies; T2: 6 968 individuos y 65 especies), siendo Characiformes, Blenniiformes y Siluriformes los mejor representados. Por otro lado, se encontró que la composición de las comunidades de peces no presentó variaciones debidas a la ocurrencia de períodos de aguas bajas y aguas altas. Por el contrario, la composición si fue afectada por el tipo de ambiente acuático muestreado, pues respondió a las características ambientales de cada uno de ellos. Dentro de las variables ambientales que más influyeron en las comunidades de peces, estuvo el pH y la cobertura de la vegetación. Los resultados del presente estudio permiten concluir que la heterogeneidad ambiental, representada por la presencia de diferentes tipos de agua, así como el efecto de los diferentes períodos del ciclo hidrológico, son fundamentales en la manutención de la diversidad íctica de la región. Así mismo, se presentan evidencias de la necesidad fundamental de entender y abordar los estudios ecológicos y todos los procesos de conservación y gestión de los recursos hidrobiológicos, con una perspectiva integral de la cuenca y no local.

Introducción

El río Magdalena es considerado la arteria fluvial del país; pese a no ser el más extenso ni el más caudaloso, se calcula que el 80% de la población colombiana habita al interior de la macrocuenca del Magdalena-Cauca, donde se produce el 90% del Producto Interno Bruto (PIB) (Mojica et al., 2006). Debido a la historia geológica y climática de esta cuenca, asociada a la formación de las tres cordilleras, se encuentran un gran número de especies endémicas de peces (Jiménez-Segura & Lasso, 2020). La riqueza y estructura de los ensamblajes de peces de esta cuenca se ve fuertemente afectada por el efecto de la elevación en interacción sobre el tipo de ecosistema acuático y la estacionalidad hidrológica (Jiménez-Segura & Lasso, 2020).

Debido a que esta cuenca es el principal eje de desarrollo económico del país, el conocimiento de su ictiofauna es el más robusto y extensamente consolidado de Colombia, en comparación con otras cuencas. No obstante, aún persisten vacíos de información en el inventario taxonómico, así como de la distribución geográfica de sus especies (García-Alzate et al., 2020). Existen diversos estudios realizados en diferentes partes de la cuenca en donde se han evaluado la ictiofauna en distintos ríos tributarios y cuerpos de agua en todas las temporadas del año (Mojica et al., 2006; Galvis & Mojica, 2007; Arango-rojas et al., 2008; Jaramillo-Villa et al., 2008; Castellanos-Morales et al., 2011; Pareja-Carmona et al., 2014; Mojica-Figueroa & Díaz-Olarte, 2016).

Para la región del Magdalena medio, Mojica y colaboradores (2006) reportaron 129 especies distribuidas en ocho órdenes y 34 familias. El orden Siluriformes fue el más diverso con 64 especies (distribuidas en 12 familias), seguido por Characiformes con 45 especies (distribuidas en 11 familias) y los órdenes restantes con menos de 10 especies (menos de 5 familias). No obstante, más recientemente García-Álzate y colaboradores (2020) reportaron 184 especies para el Magdalena medio y la cuenca del río Sogamoso, distribuidas en 8 órdenes y 33 familias. En este último inventario, se sigue manteniendo la mayor diversidad en el orden Siluriformes, seguido del orden Characiformes y el resto de los órdenes con un número bajo de especies.

Metodología

Diseño del muestreo

El objetivo del diseño de muestreo fue generar información base sobre los cuerpos de agua más importantes en el área del proyecto, ubicando algunas unidades de muestreo en áreas cercanas a las tres zonas de muestreo definidas y en áreas alejadas de estas (Figura 1). Sobre el cauce de cada drenaje se localizaron unidades de muestreo, cuando estas convergieron con otro drenaje se ubicaron antes de la unión. Adicionalmente, como control, se tomó otra quebrada cercana a la plataforma pero que no pertenecía a la cuenca, además se caracterizaron las principales subcuencas de la zona (afuentes Paredes y sobre los posibles puntos de captación sobre el río Magdalena).

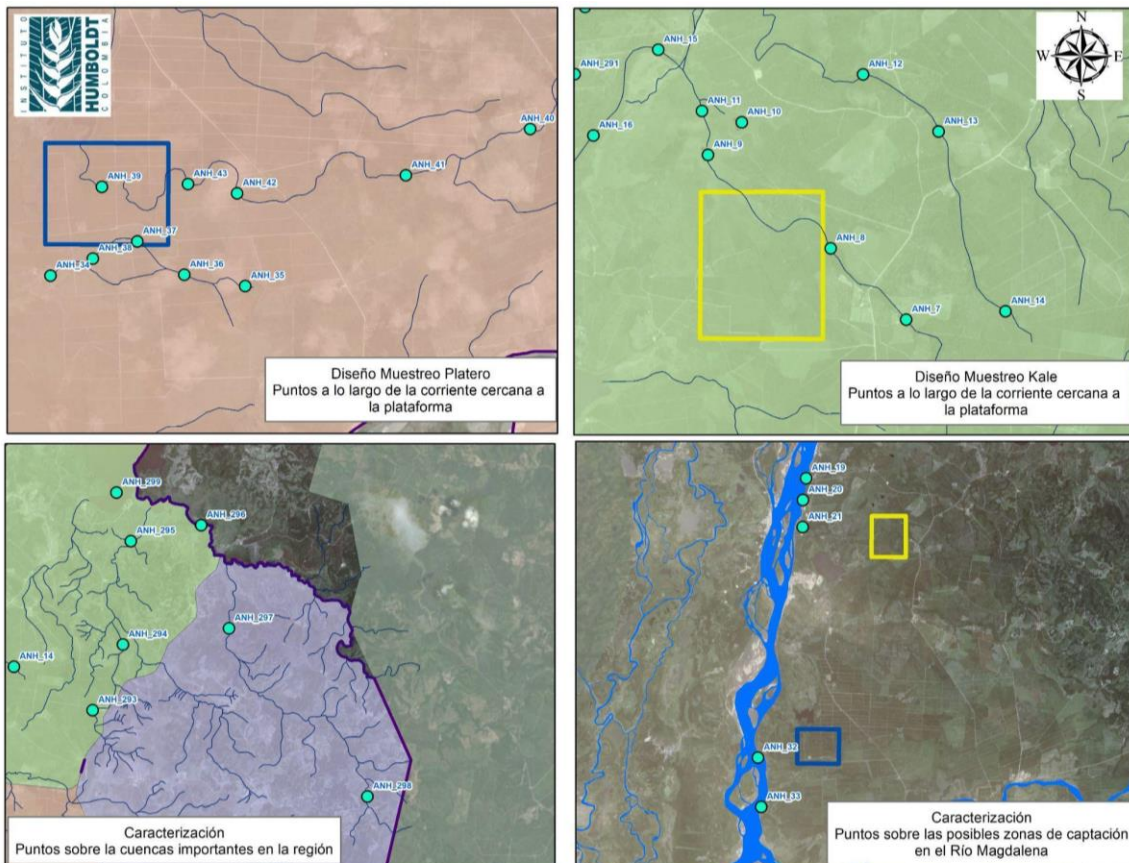


Figura 1. Diseño del muestreo de peces. A. Unidades de muestreo en la zona de Platero. B. Unidades de muestreo en el área de Kalé. C. Unidades de muestreo en el área de Caracterización. D. Unidades de muestreo en el río Magdalena, cerca de los sitios potenciales de captación.

Se seleccionaron 41 unidades de muestreo en el área de estudio, conforme se muestra en la Tabla 1 y en la Figura 2 y Figura 3.

Tabla 1. Distribución de las unidades de muestreo (UM) en los diferentes cuerpos de agua (quebradas, caños, ciénagas y río Magdalena) y en las plataformas correspondientes (caracterización, kale y platero).

Tipos de ambientes	Cuerpo de agua	Kalé	Platero	Caracterización
Lóticos	Quebradas	9	3	2
	Caños	7	7	1
	Río Magdalena	3	2	-
Lénticos	Ciénagas	3	3	1
Total				41

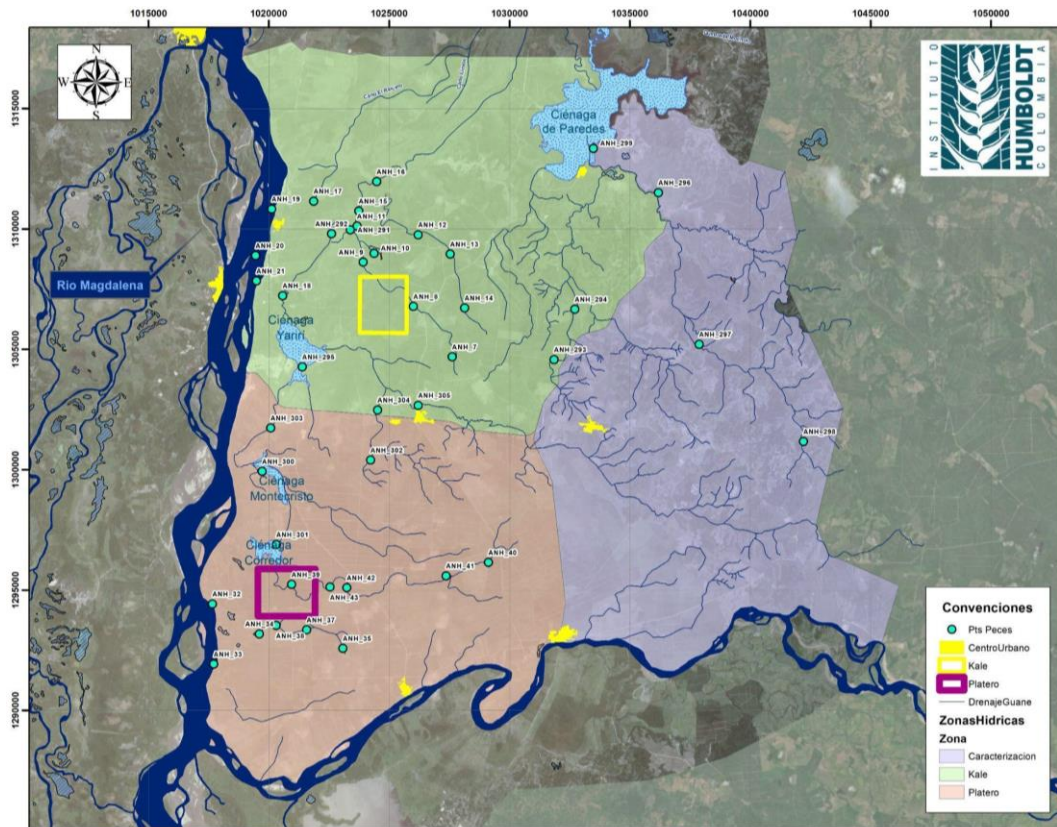


Figura 2. Unidades de muestreo diseñadas para el componente de peces para la Línea Base Regional de Biodiversidad

Toma de datos en campo

El muestreo para la caracterización de la biodiversidad de peces en las zonas circundantes de los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII, ubicados en el municipio de Puerto Wilches - Santander, se realizó en la parte media de la cuenca del río Magdalena en 41 unidades de muestreo. Para esto se implementaron diferentes técnicas de captura (red de arrastre, atarrayas, trasmallos y equipo de pesca eléctrica), de acuerdo con los atributos geomorfológicos del sector a muestrear. Dichos muestreos se realizaron a lo largo de transectos con una extensión lineal de 200 a 500 m, en dirección aguas arriba. La obtención de muestras se efectuó en todos los microhábitats identificados visualmente dentro de cada transecto (Troia y Gido, 2015; Bonar et al., 2017).

Adicionalmente a las faenas de pesca se hizo el registro de variables ambientales de cada uno de los puntos de muestreo, entre los cuales estuvieron la temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, salinidad, olor del agua, color, tipo de sustrato, complejidad estructural, entre otros, así como otros datos asociados a la vegetación riparia como cobertura del dosel, uso del entorno, tipo de vegetación, entre otros.

El esfuerzo de pesca destinado en cada estación de colecta fue máximo de una hora para cada una de las artes de pesca activas (red de arrastre, atarraya y electropesca) y mínimo de hora y media para las redes de pesca pasivas (trasmallo). En general, los muestreos que utilizaron implementos convencionales (redes), siguieron los protocolos definidos para la realización de inventarios rápidos *RAP -Rapid Assessment Programme* (Chernoff et al., 2003; Maldonado-Ocampo et al., 2005).

Cuando las condiciones del cuerpo de agua lo permitieron (conductividad, velocidad del agua y profundidad), las faenas de pesca con redes se complementaron con el uso de los equipos de electropesca, siguiendo la metodología de Bonar y colaboradores (2017). La electropesca es considerada un tipo de pesca no selectivo (es decir, permite la captura de especies de diferentes tallas, natación activa, sedentarias y de hábitos crípticos por igual), con lo que se obtiene una aproximación idónea de la composición y abundancias relativas del ensamblaje de peces, en un transecto curvilíneo, a lo largo de cada uno de los tributarios muestreados. El esfuerzo de colecta con la implementación de electropesca consistió en un transecto lineal de aproximadamente 100 m, muestreados durante una hora para buscarla representatividad de todos los microhábitats presentes en el ambiente. Este método

se implementó aguas arriba de la estación y se complementó con las redes de arrastre como método de bloqueo para una mayor efectividad en la captura de peces.

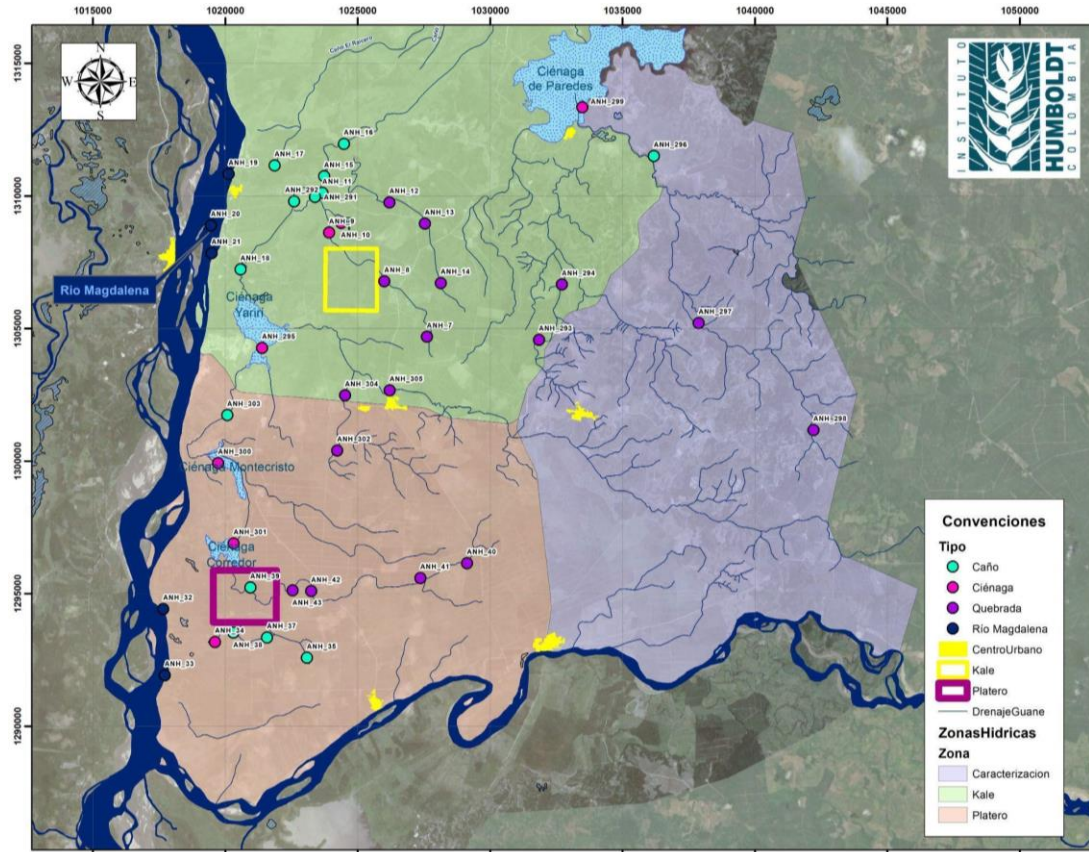


Figura 3. Unidades de muestreo implementadas para el componente de peces para la Línea Base Regional de Biodiversidad.

Considerando la amplia complejidad ambiental presente en los ecosistemas acuáticos tropicales, en los muestreos ictiológicos existen numerosas técnicas que permiten representar mejor la composición y la estructura de los ensamblajes de peces, dependiendo de las condiciones ambientales. Por esta razón se implementa el uso de diferentes artes de pesca en un mismo ambiente, con el fin de abarcar la mayor cantidad de especies, así como la mayor cantidad de microambientes. Estos artes de pesca se describen en detalle en la Tabla 2 (Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7):

Tabla 2. Descripción de la forma y tamaño de los artes de pesca usados en las estaciones de muestreo, así como los esfuerzos de muestreo que fueron implementados en cada una de ellas.

Arte de pesca	Descripción
Electropesca	<p>Nasa metálica conductora (cátodo), conectada a una fuente de energía eléctrica y a un cable (ánodo), que al introducirse en el agua crea un campo eléctrico que genera un tipo de parálisis muscular en los peces facilitando su captura con la nasa o redes de arrastre.</p> <p>Se recorrió un transecto lineal de 100 m, a contracorriente (aguas arriba), mientras los individuos se recogían con una red de arrastre operada por 2 asistentes, ubicada aguas abajo. En cada estación de muestreo, se identificaron previamente los tramos con condiciones aptas como profundidad menor a 1.5 m, corriente baja o moderada y buena conductividad. La frecuencia y el voltaje del equipo se ajustó dependiendo de la conductividad del agua (Figura 4).</p>

<p>Redes arrastre</p>	<p>de</p> <p>Red rectangular, de 2 m de longitud, 1,2 m de alto y 0,5 mm de ojo de malla. Una plomada en la parte inferior y copos o flotadores ubicados en la parte superior que garantiza la apertura de la red dentro del agua, dos cuerdas laterales que facilitan su manipulación. Se usó en caños, quebradas y algunas ciénagas con playa.</p> <p>Chinchorro de 10 m de largo, 1,2 m de alto y 0,5 mm de ojo de malla, usado en las playas e islas del río Magdalena. Los muestreos se realizaron de manera paralela a la playa o bordes del cuerpo de agua, abarcando toda la columna de agua. Empleados en fondos sin ramas o piedras que pudieran obstaculizar los arrastres.</p> <p>El número de arrastres dependió de los microambientes en cada estación y la posibilidad de realizar los arrastres, abarcar mínimo 10 m de longitud por microambiente, con un tiempo máximo de una hora (Figura 5).</p>
<p>Atarraya</p>	<p>Redes circulares, con una plomada en el fondo que garantiza su rápido hundimiento. Con un esfuerzo de muestreo de 10 lances por microhábitat en cada sitio de muestreo o un tiempo máximo de 1 hora. Se usaron una o dos atarrayas dependiendo del ancho, profundidad y tipo de sustrato del cuerpo de agua.</p> <p>Se usó un chile de 2 m de diámetro y 1 pulgada de ojo de malla en caños y quebradas pequeñas y una atarraya de 4 m de diámetro y ojo de malla de 4 pulgadas en ciénagas y ríos de mayor ancho y profundidad. En caños, quebradas y ríos, las atarrayas y chiles se lanzaron desde la orilla, mientras que en los cuerpos de agua más grandes se empleó un bote para procurar abarcar una mayor área (Figura 6).</p>

Trasmallo	<p>Red rectangular, con copos y plomada para garantizar que permanezcan abiertas mientras estén sumergidas. Al pasar a través de las redes, los peces quedan atrapados por los opérculos. Dos trasmallos con longitud de 10 y 20 m y un ojo de malla de 4 y 3 pulgadas, respectivamente. Se instalaron por mínimo una hora y media, hasta 3 horas. En las estaciones de ciénagas y caños inundados en las que fue posible, las redes se instalaron al comenzar el muestreo (i.e. profundidad, corriente, disponibilidad de playas). Los trasmallos eran inspeccionados y retirados al final de la jornada de pesca en cada estación (Figura 7).</p>
-----------	---



Figura 4. Muestreos diurnos con equipo de pesca eléctrica en el punto ANH-305, quebrada el Ocho.



Figura 5. Pesca con red de arrastre en el punto ANH-20, río Magdalena.



Figura 6. Muestreo con atarraya en los puntos ANH-291 (caño Negro) y ANH-300 (ciénaga de Motecristo).



Figura 7. Pesca con trasmallo en el punto ANH-42 (quebrada Corredor) y ANH-18 (caño Negro).

Cabe resaltar que en la fase de campo de la temporada de aguas bajas se evidenciaron algunos cambios hidrogeomorfológicos en puntos de muestreo de caño Negro (ANH 11, ANH 15, ANH 16, ANH 291 y ANH 292) en donde personas de la comunidad modificaban el curso del cuerpo de agua por medio de terraplenes, lo cual puede haber influenciado los ensamblajes de peces.

Preparación de especímenes

Los especímenes colectados fueron procesados en un espacio establecido previamente (Figura 8), donde se realizó una aproximación a la identificación taxonómica, se seleccionaron especies para la posterior extracción de tejidos, se inyectó con formol individuos con longitud estándar mayor a 10 cm, y finalmente los ejemplares se envolvieron en toallas *WyPall* dentro de bolsas *ziplock*. Los especímenes se preservaron en solución de formol al 10%, en recipientes plásticos con cierre hermético, identificados con su correspondiente etiqueta de campo. Vale la pena resaltar que las diferencias en tamaño y ojo de malla de las redes empleadas por cada una de las brigadas, junto con los cambios en el número de lances y arrastres de las redes activas, o la variación en el tiempo que se instalan las redes agalleras, interfirió en la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo entre muestras.



Figura 8. Procesamiento de muestras mediante identificación taxonómica, inyección de formol y preservación con formol al 36%.

Extracción de tejidos

Se separaron hasta tres ejemplares representativos de las especies que no contaban con una muestra de ADN en la Colección de Peces de Agua Dulce del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-P). Se extrajeron muestras de tejido muscular, aletas, branquias o el ejemplar completo, las cuales fueron preservadas en crioviales con alcohol etílico (98%) donde se deposita una etiqueta con el código del pez “voucher” o de referencia (Figura 9). Para mayor detalle de la metodología de preparación de los ejemplares y obtención de las correspondientes muestras de tejido, se siguió el protocolo disponible en el siguiente enlace:

<http://intranet.humboldt.org.co/sgc/MDI-C07%20Protocolo%20de%20colecta%20y%20preparaci%C3%B3n%20de%20peces.pdf>



Figura 9. Extracción de tejido de peces (branquias, aletas, músculo o ejemplar completo) preservados en alcohol al 98%.

Preparación de datos

Se realizó una Darwin Core de eventos en donde se consignó información geográfica y de la faena de pesca realizada en cada punto de muestreo. A cada uno evento se asignó un identificador único (event ID) con el fin de facilitar el rastreo de cualquier información relacionada, que consistió en un código específico (según el ANH propuesto), seguido del arte de pesca utilizado (E= electropesca, A= atarraya, R= arrastre y T= trasmallo), y por último la letra D si el muestreo era diurno o la letra C si el muestreo era crepuscular (i.e muestreo en el punto 13 con electropesca en jornada diurna: ANH_13_E_D).

La información geográfica incluyó fecha, hora, nombre del cuerpo de agua, coordenadas, altitud, municipio y vereda; la información relacionada a las faenas de pesca incluyó artes de pesca utilizados con su respectivo esfuerzo de muestreo (tiempo, número de lances o arrastres, hora inicial y final de cada uno de ellos) y una descripción del cuerpo de agua (vegetación riparia, descripción del sustrato, uso del entorno, variables fisicoquímicas del agua, entre otros).

Después de realizar la identificación taxonómica de los individuos colectados se procedió a realizar un Darwin Core de registros, la cual se asoció al formato Darwin Core de eventos anteriormente mencionada. En este se consignó información por evento de muestreo (event ID) de las especies colectadas, código de la colección (IAvH-P), información taxonómica (orden, familia, género), arte de pesca, número de individuos, nombre de los colectores, fecha de la colecta, nombre de la persona que

hizo la identificación taxonómica, fecha de identificación, autor de la especie y por último información de tejidos, si era el caso (código de la colección de tejidos (IAvH-T), tipo de tejido: músculo, branquia, aleta o ejemplar completo).

Finalmente se realizó una geodatabase (GDB) en donde se consignó información adicional de las especies como categorías de amenaza (CITES, IUCN, resolución 1912), tipo de distribución, migración, veda, usos (ornamental, alimenticio), gremio trófico, abundancia absoluta y relativa, entre otros.

Para los análisis se utilizó la información del Darwin Core de registros y se realizaron filtros dependiendo de los objetivos, se analizó y comparó la comunidad íctica por plataforma (Kale, Platero o Caracterización), tipo de cuerpo de agua (quebradas, caños, ciénagas y río Magdalena) o temporada (aguas bajas o altas), siempre considerando los artes de pesca usados.

Resultados

Esfuerzo de muestreo

General

La evaluación de la cobertura de muestreo total sin discriminar artes de pesca, evidenció que se logró una cobertura cercana al 100% tanto en temporada de aguas altas como en temporada de aguas bajas. En la primera temporada se registraron 4.058 individuos, distribuidos en 70 especies y una cobertura de muestreo de 0,973 y en la segunda temporada un total de 6.969 individuos, distribuidos en 65 especies y una cobertura de muestreo del 0,9818 (Tabla 3). Al aumentar el número de individuos en cada una de las temporadas en un 3% y 2% respectivamente, se estima que se lograrían capturar entre 10 y 8 especies más, las cuales harían parte de las especies raras o poco frecuentes de la comunidad íctica (Tabla 3).

Tabla 3. Cobertura de muestreo, número de especies observadas y estimadas y número de individuos para cada una de las temporadas climáticas (aguas altas y aguas bajas).

Descriptor	Aguas altas (T1)	Aguas bajas (T2)
Unidades muestrales	41	41
Número de especies observadas	70	65

Número de especies estimadas	79,56	73,43
Número de individuos	4 058	6 968
Cobertura de muestreo	0,973	0,9818

Por zona de trabajo y temporada climática

Las zonas de Kale y Platero se encuentran en la zona norte y sur del polígono, respectivamente, en una matriz agrícola y pecuaria muy intervenida, en donde se encuentran ciénagas, caños, quebradas y el río Magdalena, allí se realizaron 22 UM y 15 UM, respectivamente. La zona de caracterización se encuentra en la zona oriental del polígono, tiene un área más conservada y se ubicaron puntos de muestreo en quebradas y ciénagas (únicamente 4 unidades muestrales UM).

La zona de Caracterización tuvo la menor representatividad y esto se ve reflejado en el número de individuos (n= 1.066), número de especies (42) y en la cobertura de muestreo (0,9560). En comparación con la zona de Kale y Platero, donde se registraron valores más altos como 5.526 individuos, 72 especies y una cobertura de muestreo de 0,9825 y 4.434 individuos, 60 especies y una cobertura de muestreo de 0,96, respectivamente (Tabla 4 y Figura 10).

Estos valores muestran que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para obtener una muestra representativa de la comunidad de peces principalmente de las zonas de Kale y Platero. Si se aumentara el esfuerzo de muestreo y se registrarán entre el 2% y 5% más de individuos en cada una de ellas, se esperaría que se colectaran entre 5 y 18 especies más, las cuales seguramente serían especies raras o poco frecuentes (Tabla 4 y Figura 10).

En relación con los cambios en la riqueza y número de especies entre las temporadas climáticas, se evidencia que en la zona de Caracterización durante la temporada de aguas altas se registró un menor número de individuos y especies (342 individuos y 31 especies), en comparación con la temporada de aguas bajas (724 individuos y 38 especies) (Tabla 4).

En la zona de Kale ocurrió el mismo patrón con respecto al número de individuos, ya que en la temporada de aguas altas se registraron menos individuos (1790) y en la temporada de aguas bajas se registraron más (1926). Con respecto al número de especies si hubo un cambio, ya que en la temporada de aguas altas se registraron más especies (63) y en la temporada de agua bajas menos especies (52) (Tabla 4).

En la zona de Platero ocurrió el mismo patrón que en la zona de Kale, en la temporada de aguas altas se registraron 1926 individuos distribuidos en 59 especies y en la temporada de aguas bajas 3815 individuos distribuidos en 56 especies (Tabla 4).

Tabla 4. Cobertura de muestreo, riqueza observada y estimada para cada zona de trabajo (Kale, Platero y Caracterización) de manera general. Número de especies y de individuos por temporada climática (T1 y T2).

Zona	Cobertura	Riqueza colectada	q0 (riqueza de especies)		Temporada aguas altas (T1)		Temporada aguas bajas (T2)	
			Observado	Estimado	No. de individuos	No. de especies	No de individuos	No de especies
Caracterización	0.9560	84,41%	42	49,76	342	31	724	38
Kale	0.9825	81,62%	72	88,21	1 790	63	2 429	52
Platero	0.9692	76,84%	60	78,08	1 926	59	3 815	56

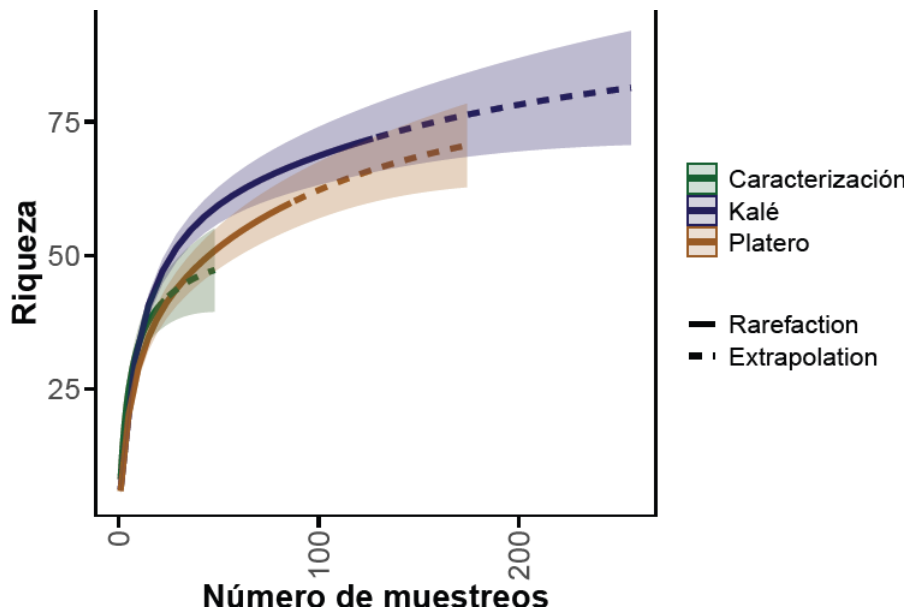


Figura 10. Cobertura de muestreo por zona de trabajo (Kale, Platero y Caracterización).

Por tipo de cuerpo de agua

En cuanto a las coberturas de muestreo por tipo de cuerpo de agua se registran valores altos, entre el 0,81 y 0,99 y riquezas estimadas entre el 62% y el 98% (Tabla 5), lo cual sugiere que el estudio de línea base de la comunidad íctica es representativo para los ecosistemas acuáticos de la zona de estudio (caños, quebradas, ciénagas y río Magdalena).

Las curvas de rarefacción/extrapolación revelan que de manera general y en cada una de las temporadas (aguas altas y bajas) el río Magdalena, los caños y las quebradas registran un número de especies alto y es similar entre ellos. Las ciénagas registran los valores más bajos y son diferentes significativamente al resto (Figura 11a, B y C; Tabla 5).

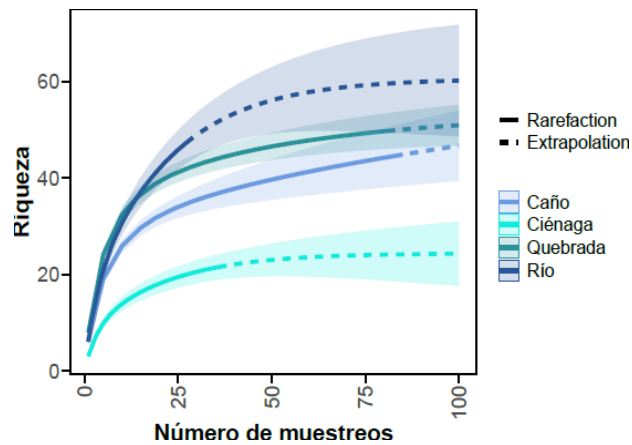
En cuanto a la cobertura de muestreo tanto a nivel general como por temporadas, se evidencia que las quebradas, los caños y las ciénagas registran valores altos y en las curvas de rarefacción/extrapolación se logra ver que llegan prácticamente a su asíntota, lo cual indica una buena representatividad de la comunidad íctica y se estima que si se aumenta el esfuerzo de muestreo no será considerable el aumento en número de especies (Figura 11a, b y c; Tabla 5).

Para el caso del río Magdalena, se registraron valores relativamente bajos en la cobertura de muestreo (0,91 de manera general, 0,86 para aguas altas y 0,81 para aguas bajas). En los análisis de las curvas de rarefacción y extrapolación se estima que si durante la temporada de aguas altas se recolectarán un 16% más de individuos, se lograrían registrar 17 especies más y en el caso de la temporada de aguas bajas si se recolectarán el 20% más de los individuos, se lograrían registrar 18 especies más (Figura 11a, b y c; Tabla 5).

Tabla 5. Cobertura de muestreo, riqueza observada y estimada para cada uno de los tipos de cuerpo de agua (caño, ciénaga, quebrada y río Magdalena) en ambas temporadas, aguas altas y aguas bajas.

Temporada	Tipo de cuerpo de agua	Eventos	Cobertura	Riqueza colectada	q0	
					Observado	Estimado
Aguas altas/aguas bajas	Caño	86	0.9796	69.31%	45	64.93±20.12
	Ciénaga	39	0.9601	90.02%	22	24.44±5.99

	Quebrada	84	0.9912	93.35%	50	53.56±5.17
	Río	30	0.9109	80.8%	49	60.64±9.85
Aguas altas	Caño	46	0.9543	79.82%	39	48.86±10.13
	Ciénaga	20	0.9080	67.8%	18	26.55±8.87
	Quebrada	44	0.9631	81.13%	42	51.77±15.01
	Río	15	0.8631	69.56%	39	56.07±10.11
Aguas bajas	Caño	40	0.9872	93.26%	36	38.6±4.78
	Ciénaga	19	0.9180	85.17%	17	19.96±5.17
	Quebrada	40	0.9932	98.08%	45	45.88±4.96
	Río	15	0.8150	62.12%	30	48.29±14.35



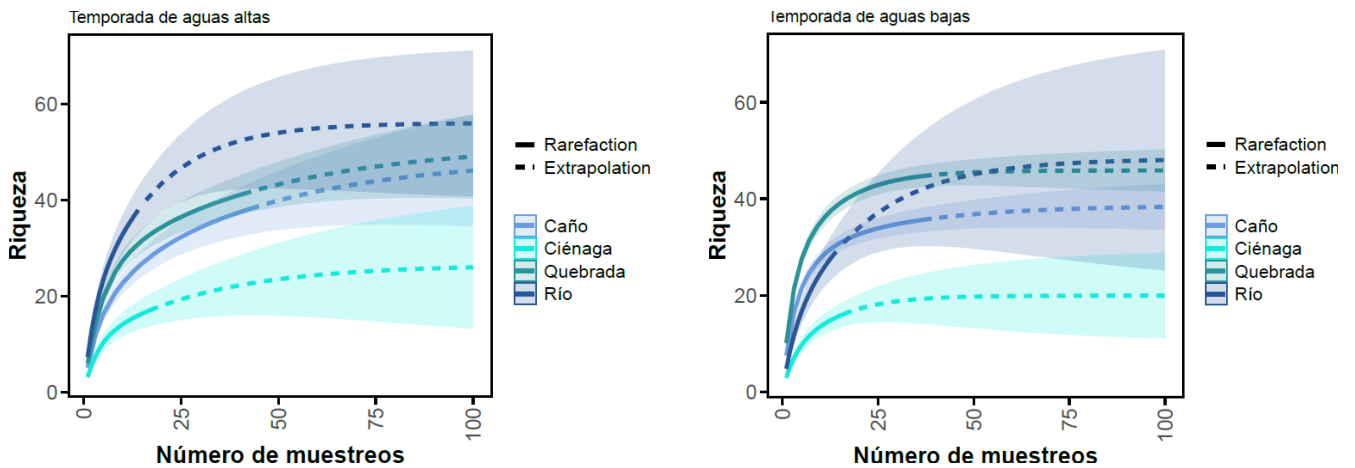


Figura 11. Cobertura de muestreo por tipo de cuerpo de agua A) general (aguas altas y aguas bajas), B) temporada de aguas altas y C) temporada de aguas bajas.

Composición y diversidad de especies

Durante los muestreos realizados en el área de estudio se colectaron un total de 11.026 individuos, distribuidos en siete órdenes, 29 familias, 65 géneros y 81 especies (Anexo 1 - Peces). Los órdenes más representativos fueron Characiformes con el 65% de la abundancia relativa, seguido de Blenniiformes con el 15,17% y Siluriformes con el 13,01%, los órdenes menos abundantes fueron Synbranchiformes, Anabantiformes y Myliobatiformes con menos del 0,7%.

Durante la temporada de aguas altas (T1) se colectaron un total de 4.058 individuos distribuidos en siete órdenes, 29 familias, 58 géneros y 70 especies y durante la temporada de aguas bajas (T2) se colectaron 6.968 individuos distribuidos en siete órdenes, 26 familias, 55 géneros y 65 especies. Cabe resaltar que en la temporada de aguas bajas se registró un mayor número de individuos, pero cinco especies menos con respecto a la temporada de aguas altas (Anexo 1 - Peces).

En ambas temporadas se presentó el mismo patrón general que consistió en que el orden Characiformes fue el más abundante (AR T1= 69% y AR T2= 61%), seguido de Blenniiformes (AR T1= 12% y AR T2= 16%) y Siluriformes (AR T1= 12% y AR T2= 13%). De igual manera se presentó el mismo patrón con respecto a las familias, en donde Characidae, Cichlidae y Loricariidae registraron las mayores abundancias en ambas temporadas (Anexo 1 - Peces).

En relación con el número de especies por familia, Characidae registró el valor más alto tanto en la temporada de aguas altas (T1) como en la temporada de aguas bajas (T2) (16 y 14 especies, respectivamente), seguido de la familia Loricariidae

(10 y 9 especies, respectivamente) y Cichlidae (5 y 6 especies, respectivamente). Nueve familias registraron solo una especie en ambas temporadas, entre las cuales estuvieron Ctenoluciidae, Gasteropelecidae y Pseudopimelodidae, entre otras (Figura 12). En la temporada de aguas altas (T1) se registraron familias únicas como Bryconidae (2 especies), Cetopsidae (1 especie) y Parodontidae (1 especie), las cuales no fueron registradas para la temporada de aguas bajas (T2) (Figura 12).

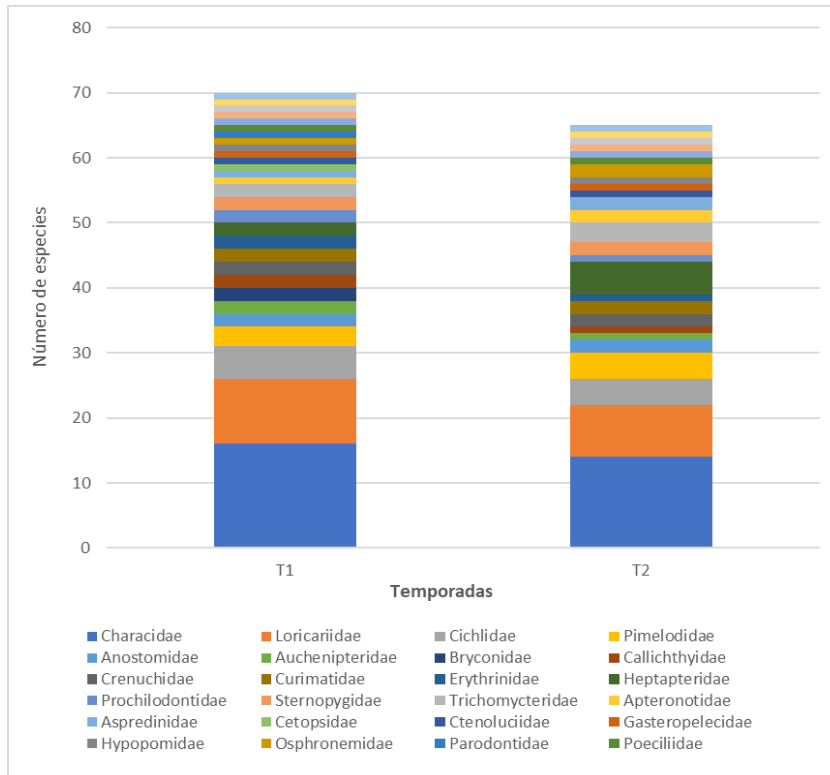


Figura 12. Número de especies por familia, en cada una de las temporadas climáticas.

En la temporada de aguas altas, las especies más abundantes fueron *Hyphessobrycon natagaima* y *Astyanax* sp.2 (n= 491 y n= 377, respectivamente) y en la temporada de aguas bajas, *Astyanax magdalenae* e *Hyphessobrycon natagaima* (n= 795 y n= 708, respectivamente) (Anexo 1 - Peces). Estas cuatro especies pertenecen a la familia Characidae, caracterizadas por ser de tamaño pequeño.

En cuanto a las especies de importancia pesquera, en ambas temporadas se registró su presencia. No obstante, especies como el viejito (*Cyphocharax magdalenae*), el nicuro (*Pimelodus yuma*), el capaz (*Pimelodus grosskopfii*) y el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), presentaron abundancias altas, comparadas

con otras especies como el moino (*Megaleporinus muyscorum*), la doncella (*Ageneiosus pardalis*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y la vizcaína (*Curimata mivartii*), de las cuales se obtuvieron abundancias muy bajas. Adicionalmente se registraron tres especies introducidas, la mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*), y dos peces gourami (*Trichopodus pectoralis* y *Trichopodus trichopterus*) (Anexo 1 - Peces).

Con relación a la incidencia total de las especies y al observar en ambas temporadas, se registran igualmente *Astyanax magdaleneae* e *Hyphessobrycon natagaima* como algunas de las más importantes, ya que se registraron en la mayoría de las estaciones de muestreo. Resulta interesante que de las especies incidentes no hay dominancia de un solo orden taxonómico, sino que hay representantes de diversos órdenes como Characiformes (*Roeboides dayi*, *Cyphocharax magdaleneae*, *Roeboides dayi*, *Characidium zebra*, *Gasteropelecus maculatus*) Blenniformes (*Andinoacara latifrons*, *Caquetaia kraussii*, *Poecilia caucana* y Gymnotiformes (*Eigenmannia camposi* y *Brachyhyopomus occidentalis*) (Figura 13 y Anexo 1 - Peces).

De las tres zonas muestreadas la de Caracterización fue la que tuvo el menor número de registros, dado posiblemente a que el esfuerzo de muestreo fue bajo ya que solo se muestrearon cuatro estaciones en esta zona. Se registraron 1 066 individuos distribuidos en cinco órdenes, 21 familias, 39 géneros y 42 especies. Aunque en la temporada de aguas altas (T1) se registraron pocos individuos (n= 342 individuos) en comparación a la temporada de aguas bajas (T2) (n= 724 individuos), se obtuvo un número de especies similar, con 31 especies en la primera (T1) y 38 en la segunda (T2) (Anexo 1 - Peces).

En ambas temporadas fueron registradas 14 familias compartidas, las cuales tuvieron un número de especies similar, Characidae fue la que registró el mayor número (9 especies en aguas altas y 10 en aguas bajas), seguido de Loricariidae (5 especies en aguas altas y 3 en aguas bajas) y Cichlidae (3 especies en ambas temporadas) (Figura 14). La segunda temporada (T2) registró familias únicas como Erythrinidae, Pimelodidae, Prochilodontidae, Synbranchidae, entre otras (Anexo 1 - Peces y Figura 14).

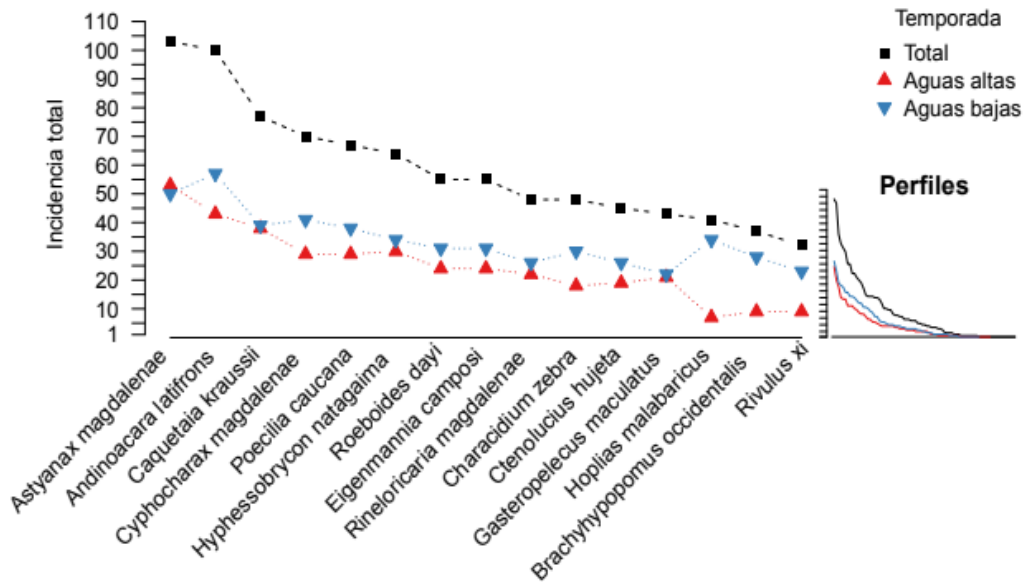


Figura 13. Rango de incidencia de las especies, en cada una de las temporadas climáticas y en total.

En la zona de Kale se registraron 5.526 individuos, distribuidos en 7 órdenes, 28 familias, 59 géneros y 72 especies. En la temporada de aguas altas (T1) se registró un menor número de individuos (n= 2.227) pero más especies (n= 64), en comparación con la temporada de aguas bajas (T2), donde se colectaron más individuos (n= 3.299) pero menos especies (n= 56) (Anexo 1 - Peces).

En las dos temporadas se compartieron 26 familias, registrándose el mismo patrón que en los resultados generales y en la zona de Caracterización, donde Characidae, Loricariidae y Cichlidae registran el mayor número de especies (Figura 14). En contraste con la zona de Caracterización, en la temporada de aguas altas (T1), se registraron más familias únicas como Anostomidae, Trichomycteridae, Cetopsidae y Parodontidae (Anexo 1 - Peces y Figura 14).

La zona que tuvo los mayores registros fue Platero, en donde se colectaron 5.741 individuos, distribuidos en seis órdenes, 28 familias, 59 géneros y 70 especies. Con relación a la diferencia en número de especies e individuos entre las dos temporadas, se repite el mismo patrón de la zona de Kale, pero de una manera más marcada, donde la temporada de aguas altas (T1) registra casi la mitad del número de individuos (n= 1 926) con respecto a la temporada de aguas bajas (T2) (n=3 815), pero el número de especies difiere muy poco (tres especies), donde la temporada de aguas altas registra 59 y la temporada de aguas bajas 56 (Anexo 1 - Peces).

De igual forma que en la zona de Kale, la zona de Platero en ambas temporadas comparte 24 familias. Sin embargo, el número de especies por familia varía, ya que en la temporada de aguas altas (T1) las familias que registraron el mayor número de especies fueron Characidae, Loricariidae y Cichlidae y en la temporada de aguas bajas (T2) las familias con mayor número de individuos son Characidae, Loricariidae y Heptapteridae. La temporada de aguas altas (T1) registra tres familias únicas (Bryconidae, Cetopsidae y Pseudopimelodidae) (Anexo 1 - Peces y Figura 14).

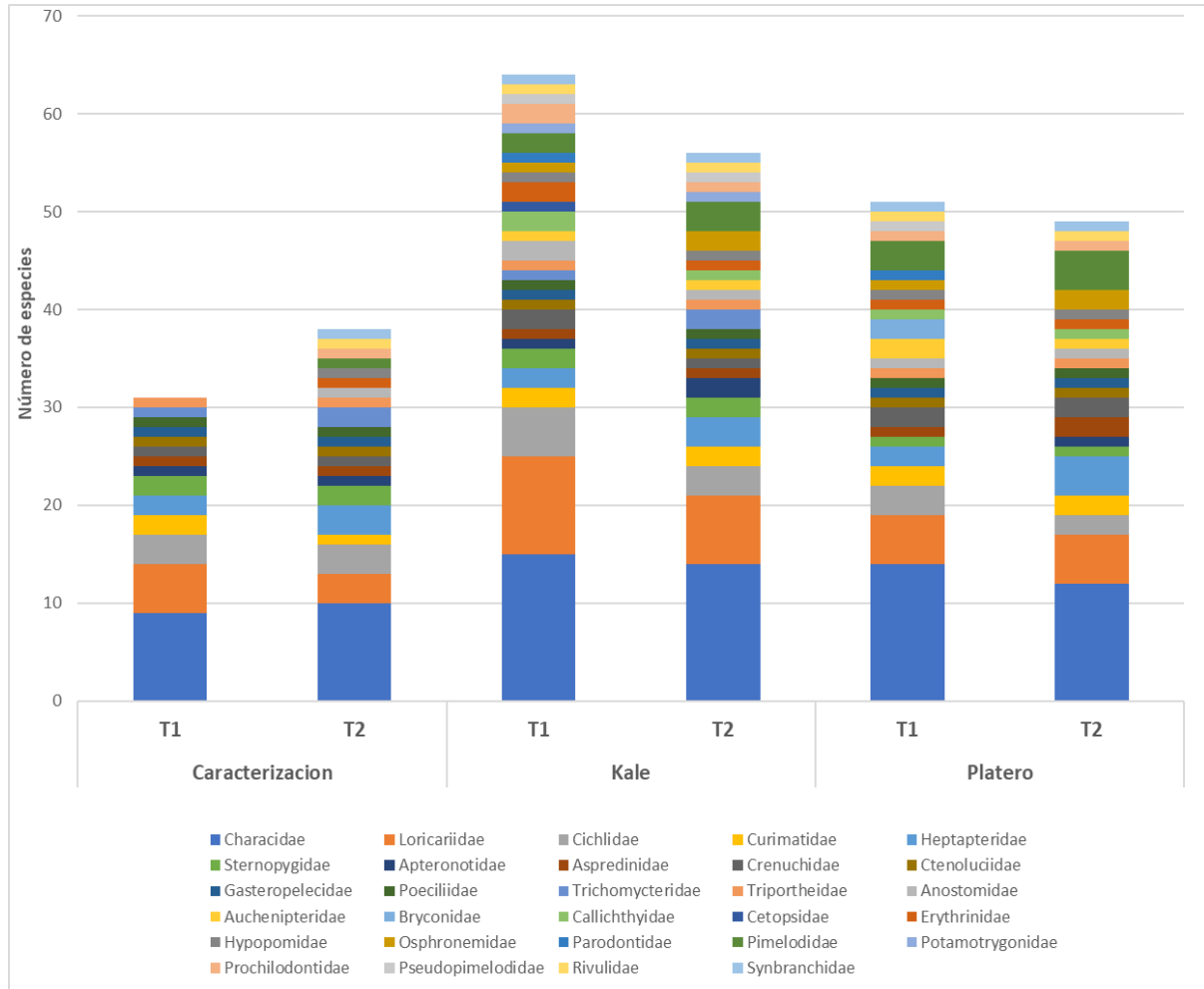


Figura 14. Número de especies por familia, en cada una de las zonas de trabajo (Kale, Platero y Caracterización) para cada temporada climática.

En el área de estudio se hizo una clasificación de los cuerpos de agua en caños, ciénagas, río Magdalena y quebradas basándose en el libro de Peces del río Sogamoso (Escobar et al., 2021). Las quebradas registraron un total de 4.618 individuos, distribuidos en cinco órdenes, 21 familias, 42 géneros y 50 especies. En la temporada de aguas bajas (T2) se registraron 3.479 individuos y un total de 45 especies, y en la temporada de aguas altas (T1) se registraron 1.139 individuos y 42 especies.

Los caños por su parte registraron 4.486 individuos, distribuidos en seis órdenes, 22 familias, 38 géneros y 45 especies. En la temporada de aguas altas (T1) se registró un menor número de individuos (1982) con respecto a la temporada de aguas bajas (2 504) e igualmente un mayor número de especies (39) con respecto a la segunda temporada (36).

Con respecto al río Magdalena se registraron 1.079 individuos, distribuidos en cinco órdenes, 21 familias, 42 géneros y 49 especies, es de resaltar que, aunque fueron pocos los individuos colectados en comparación con los caños y las quebradas, el número de especies fue considerable, dado a que es el río principal de toda la cuenca hidrográfica y alberga una alta diversidad de especies. En ambas temporadas se registró un número de individuos y de especies similar (504 individuos y 39 especies para aguas altas y 575 individuos y 30 especies para aguas bajas) (Anexo 1 - Peces y Figura 15).

Las ciénagas registraron los valores más bajos en abundancias y número de especies con 843 individuos, distribuidos en seis órdenes, 14 familias, 19 géneros y 22 especies. En la temporada de aguas altas (T1) se registraron 433 individuos y 18 especies y en la temporada de aguas bajas (T2) 410 individuos y 17 especies (Anexo 1 - Peces y Figura 15).

En resumen, como se puede ver en la Figura 15, en cuanto al número de individuos, los cuerpos de agua en los cuales se registraron cambios evidentes entre las dos temporadas analizadas, fueron los caños y las quebradas, mientras que en el río Magdalena y las ciénagas este atributo no varió considerablemente. Por otro lado, al observar el comportamiento de la riqueza de especies, se observó que las variaciones ambientales asociadas al nivel del agua solamente parecen haber tenido efecto en el río Magdalena, pues en los demás ambientes la variación fue mínima entre épocas.

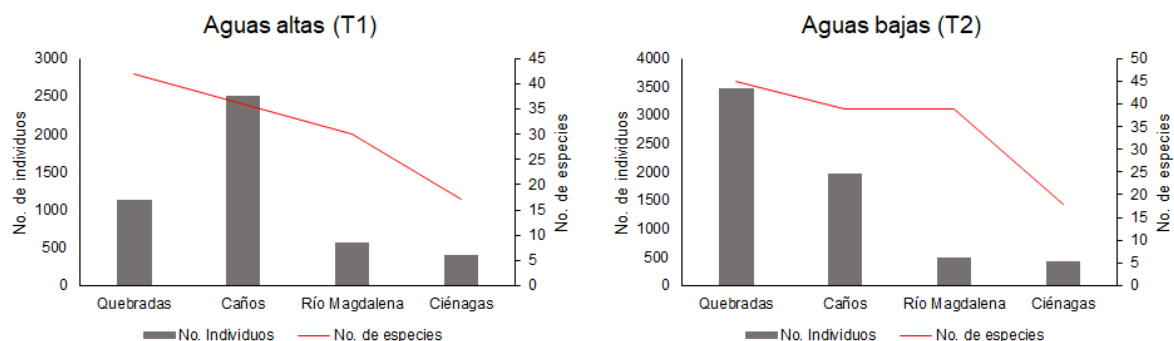


Figura 15. Relación entre número de individuos y número de especies por tipo de cuerpo de agua para cada temporada de muestreo.

Al analizar la riqueza de especies por familia en los ambientes analizados, se encontró que en las **quebradas** las tres familias con mayor número de especies en

la temporada de aguas altas (T1) y aguas bajas (T2) fueron Characidae (11 y 12 especies, respectivamente), seguido de Loricariidae (6 y 5 especies, respectivamente) y Cichlidae (5 y 4 especies, respectivamente), patrón que se repitió tanto en análisis generales como por plataformas. Algunas otras familias fueron representativas en la temporada de aguas altas como Erythrinidae, Heptapteridae y Trichomycteridae (2 especies en cada una) y en la temporada de aguas bajas como Heptapteridae (4 especies), Sternopygidae, Crenuchidae y Trichomycteridae (2 especies cada una) (Anexo 1 - Peces y Figura 16). En el caso de los **caños** se repitió el mismo patrón, siendo las familias Characidae y Loricariidae las más diversas en ambas temporadas. Sin embargo, la tercera familia más rica en especies para la temporada de aguas bajas (T2) fue Heptapteridae y para la temporada de aguas altas (T1) fue Cichlidae (Anexo 1 - Peces y Figura 16). El **río Magdalena** por su parte, a pesar de presentar bajas abundancias en comparación con el resto de cuerpos de agua, presentó un alto número de familias de familias, lo que resalta la diversidad de la ictiofauna del río Magdalena. En la temporada de aguas altas (T1) la familia Characidae registró 12 especies, Loricariidae cinco especies y Crenuchidae, Auchenipteridae, Heptapteridae, Prochilodontidae y Pimelodidae dos especies cada una. En la temporada de aguas bajas (T2) Characidae registró 9 especies, Pimelodidae cuatro especies y Loricariidae tres especies (Anexo 1 - Peces y Figura 16). Por último, en las **ciénagas** se registraron familias típicas de estos ambientes como Characidae, Cichlidae, Curimatidae y Prochilodontidae. Por el contrario, familias que son más ricas y comunes en ecosistemas lóticos no se registraron en estos cuerpos de agua (Loricariidae y Heptapteridae) (Anexo 1 - Peces y Figura 16).

Con respecto a la incidencia de las especies en cada uno de los cuerpos de agua, se evidencia que en ecosistemas lóticos como caños y quebradas se registran especies de diversas familias, las cuales tienen diferentes funciones ecológicas. Se registraron especies de pequeño porte de la familia Characidae, popularmente conocidas como sardinas (*Astyanax magdalena*, *Hyphessobrycon natagaima*, *Roeboides dayi*), de la familia Sternopygidae conocidas como mayupas (*Eigenmannia camposi*), de la familia Poeciliidae conocidas como guppys (*Poecilia caucana*) y de la familia Loricariidae conocidos como corronchos (*Rineloricaria magdalena*) (Figura 17).

En ecosistemas lénticos como ciénagas, las especies incidentes son del orden Blenniformes, comúnmente llamadas mojarras (*Caquetaia kraussii*, *Andinoacara latifrons*) y una especie de la familia Curimatidae comúnmente llamada viejito (*Cyphocharax magdalena*) (Figura 17).

Índices de diversidad

Por tipo de cuerpo de agua

Al analizar la riqueza íctica entre cuerpos de agua (caños, ciénagas, quebradas y río) uniendo todos los artes de pesca, se evidencia que las ciénagas son las que registran los valores más bajos y se comportan de manera distinta al resto de cuerpos de agua. Adicionalmente, no hubo diferencias significativas entre temporadas, en aguas altas se registraron un total de 18 especies y se estimaron 26,55 y en la temporada de aguas bajas se registraron 17 especies y se estimaron 19,96 especies (Figura 18).

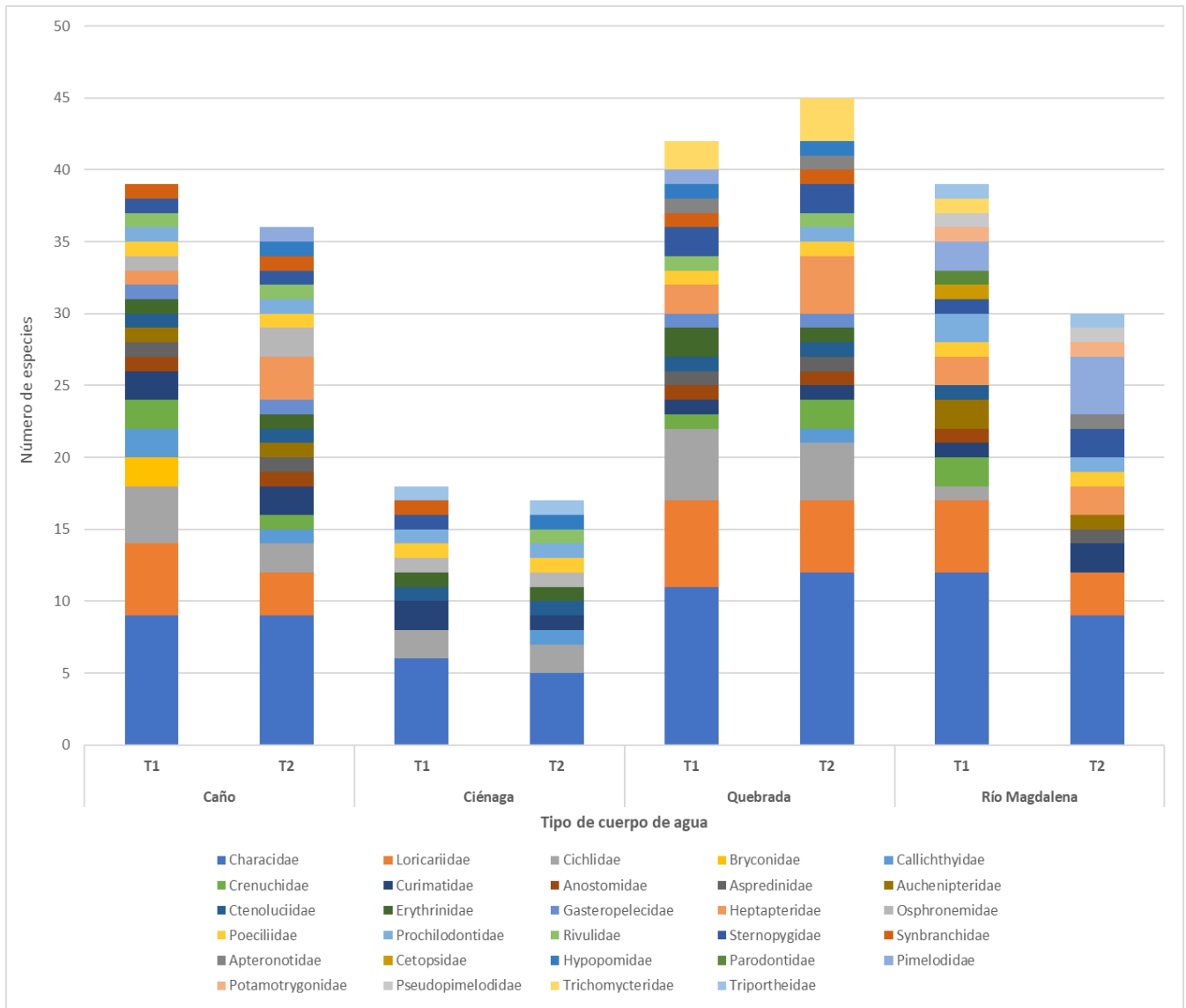


Figura 16. Número de especies por familia, en cada tipo de cuerpo de agua (Caño, ciénaga, quebrada y río Magdalena) para cada temporada climática.

Las quebradas presentaron los valores más altos en ambas temporadas ($q_0= 42$ en la temporada de aguas altas y $q_0= 45$ en la temporada de aguas bajas) y las que registraron menos diferencias entre la riqueza observada y la riqueza estimada. En la temporada de aguas altas hubo una estimación de 9 especies más y en la temporada de aguas bajas solo de una especie más (Figura 18). Lo anterior nos indica que la comunidad íctica colectada durante los muestreos es representativa de la comunidad íctica de las quebradas del área de estudio.

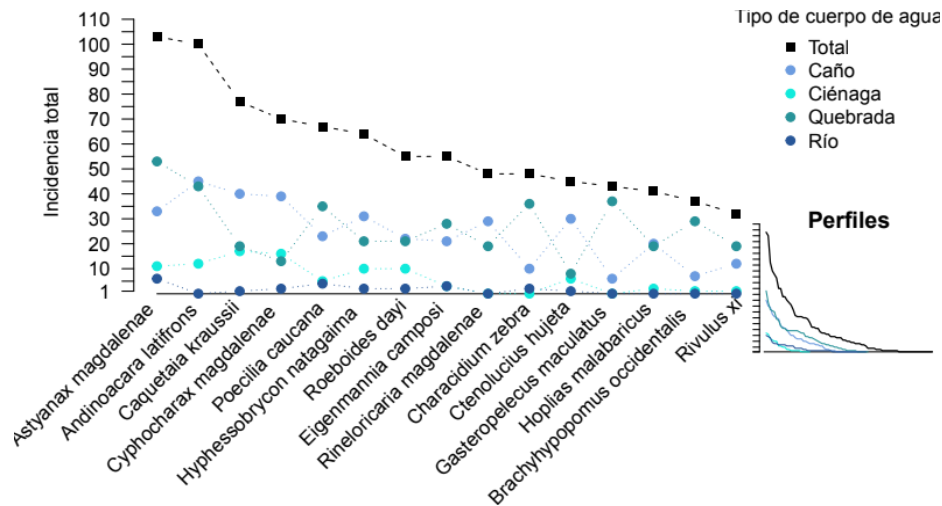


Figura 17. Rango de incidencia de las especies de cada cuerpo de agua (caño, ciénaga, quebrada, río Magdalena).

En el caso de los caños también se registró una alta riqueza de especies y no hubo diferencias significativas entre ambas temporadas, en la temporada de aguas altas se colectaron 39 especies y se estimaron aproximadamente 10 especies más (q_0 Estimado= 49,86 especies) y en la temporada de aguas bajas se colectaron tres especies menos ($q_0= 36$ especies) y se estimaron únicamente dos especies más (q_0 Estimado= 38 especies) (Figura 18).

En el río Magdalena durante la temporada de aguas altas, se colectaron 39 especies y se estimaron 18 especies más (q_0 Estimado= 57 especies) y en la temporada de aguas bajas se registraron 30 especies y se estimaron 18 especies más (q_0 Estimado= 48, 29 especies) (Figura 18). Por lo tanto, se evidenció que hubo diferencias más marcadas entre la riqueza observada y la riqueza estimada en ambas temporadas

Por tipo de cuerpo de agua y por arte de pesca

Con el método de electropesca se registraron 449 individuos y 27 especies en los caños y 1285 individuos y 40 especies en las quebradas. En las ciénagas se hizo un

esfuerzo de pesca menor, en donde se registraron únicamente dos individuos de dos especies (*Andinoacara latifrons* e *Hyphessobrycon natagaima*) (Figura 19a).

La riqueza de especies (q_0) se diferencia significativamente entre los caños y las quebradas (Figura 20a), por el contrario, el índice q_1 (Shannon) no tuvo diferencias significativas ($q_1= 17,49$ y $q_1= 16,28$, respectivamente), ni el índice q_2 (Inverso de Simpson) ($q_2= 17,49$ y $q_2= 16,28$, respectivamente) (Figura 20b y Figura 20c), dado posiblemente a que la estructura de las abundancias fue similar, ambos cuerpos de agua registraron cuatro especies abundantes (las cuales abarcan el 40% de la abundancia total) y un número similar de especies raras (9 y 4 especies, respectivamente) (Anexo 1 - Peces).

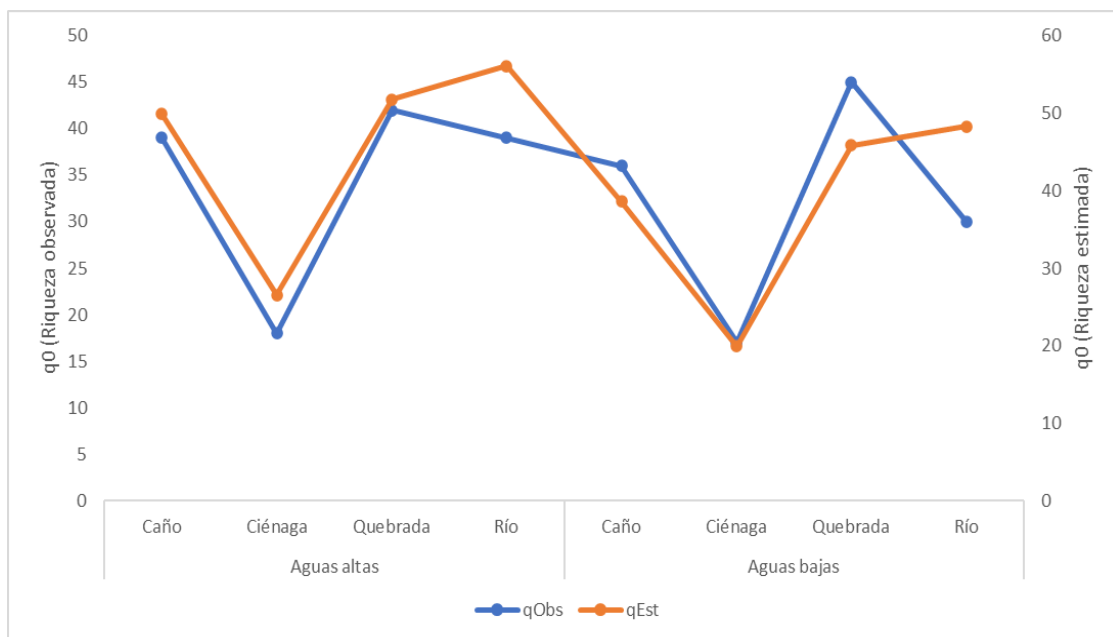


Figura 18. Riqueza de especies observadas y estimadas (q_0) en los tipos de cuerpo de agua, en cada una de las temporadas climáticas.

La riqueza de especies con el método de atarraya no varió significativamente entre los caños (24 especies), las quebradas (28 especies) y el río Magdalena (26 especies), en contraste con las ciénagas que tuvieron valores bajos y significativamente diferentes al resto (10 especies) (Figura 19b y Figura 20a). Es de resaltar que este arte de pesca es selectivo y permite la captura principalmente de especies de importancia pesquera que tienen tamaños considerables, por el contrario, especies pequeñas no son capturadas por este arte de pesca.

Con relación al índice q_1 (Shannon) el valor más alto se registró en el río Magdalena ($q_1= 11,15$) debido a que de un total de 246 individuos se registraron 26 especies, seguido de las quebradas ($q_1= 9,09$) donde se capturaron más especies ($q_0= 28$) pero la abundancia fue significativamente más alta ($n= 941$). El valor más bajo fue registrado en las ciénagas, ya que de un total de 216 individuos solo se registraron

10 especies, las cuales son dominantes y propias de estos ecosistemas (*Cyphocharax magdalenae*, *Astyanax magdalenae*, *Andinoacara latifrons* y *Caquetaia kraussii*, entre otras) (Figura 19b y Figura 20b).

Los arrastres con chinchorro permitieron capturar especies de diversos tamaños (especies de importancia pesquera y otras de pequeño porte) y hábitos (asociadas a fondo o a la parte media de la columna de agua). La riqueza de especies no varió significativamente entre los cuerpos de agua lóticos, las quebradas registraron los valores más altos ($q_0 = 28$ especies), seguido del río Magdalena ($q_0 = 26$ especies) y por último los caños ($q_0 = 24$ especies). Las ciénagas registraron los valores más bajos ($q_0 = 10$ especies) y fueron diferentes significativamente al resto (Figura 19c y Figura 20a). Los índices de Shannon (q_1) y el inverso de Simpson (q_2) registraron valores muy similares entre lo observado y estimado en todos los cuerpos de agua (Figura 20b y Figura 20c).

Por último, con el trasmallo, un arte de pesca selectivo que permite la captura de especies de mayor porte y que habitan principalmente en la parte media y superior de la columna del agua, no hubo diferencias significativas en la riqueza de especies entre los diferentes tipos de cuerpo de agua. Los caños registraron 14 especies, el río Magdalena 12 especies, las ciénagas 7 y las quebradas solo una especie (Figura 19d y Figura 20a). El río Magdalena fue el que tuvo una mayor diferencia entre las especies observadas y las estimadas, con una diferencia de 24 especies (Figura 20a). Los índices de Shannon (q_1) y el inverso de Simpson (q_2) registraron valores muy similares entre lo observado y estimado en todos los cuerpos de agua (Figura 20b y Figura 20c).

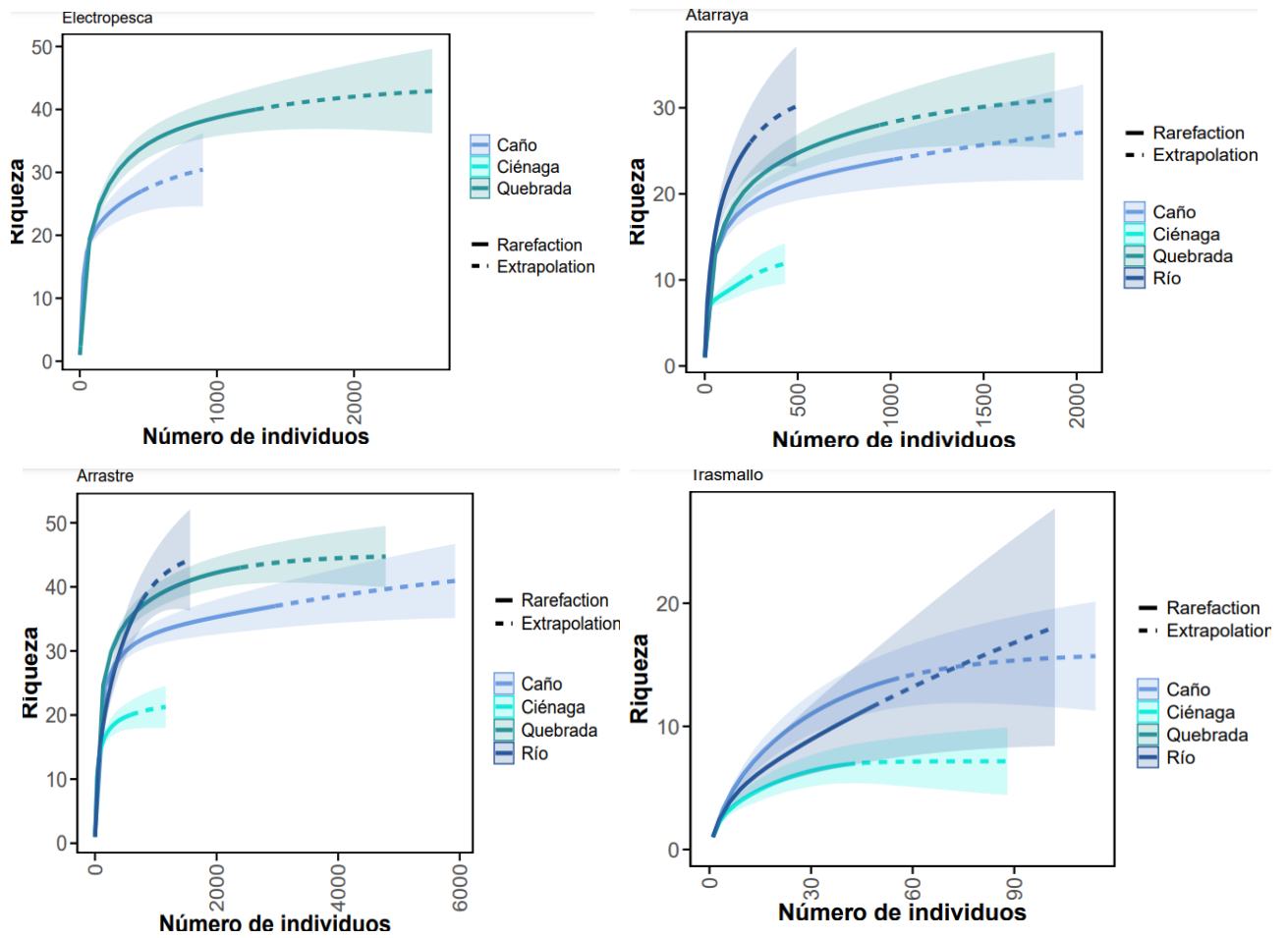
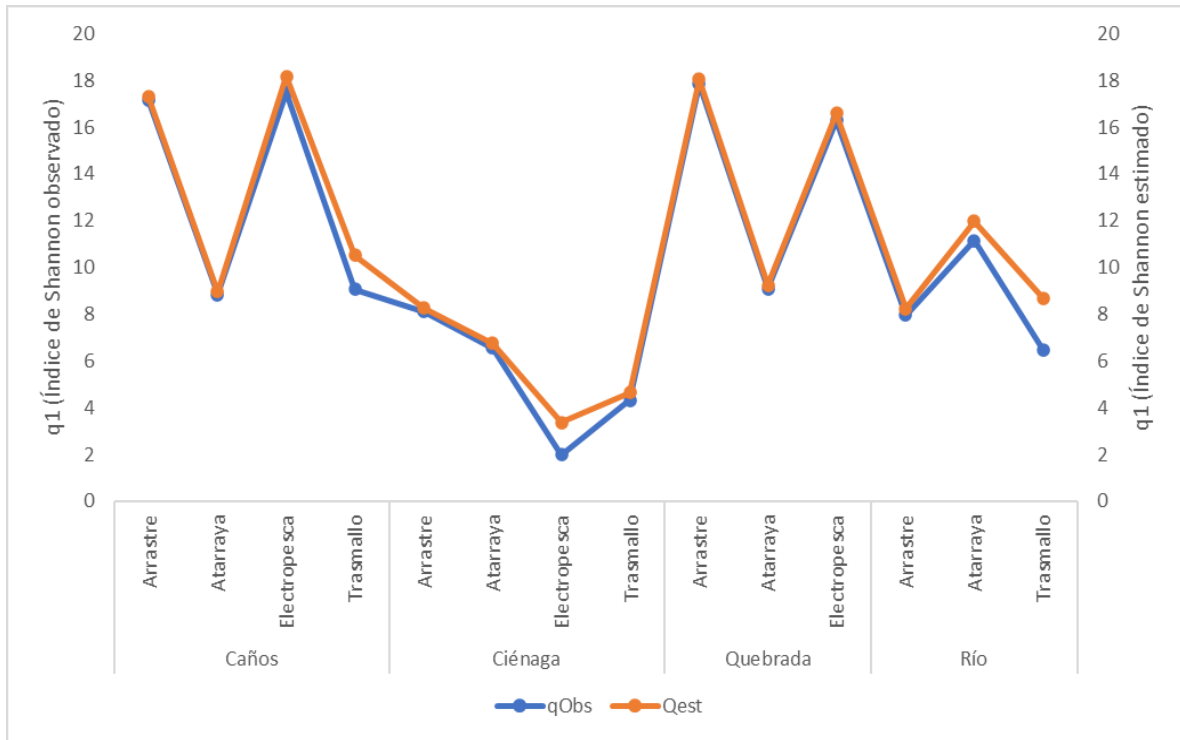


Figura 19. Curvas de rarefacción/extrapolación de la riqueza de especies colectadas en cada uno de los tipos de cuerpo de agua, con A) electropesca, B) Atarraya, C) Arrastre y D) Trasmallo.



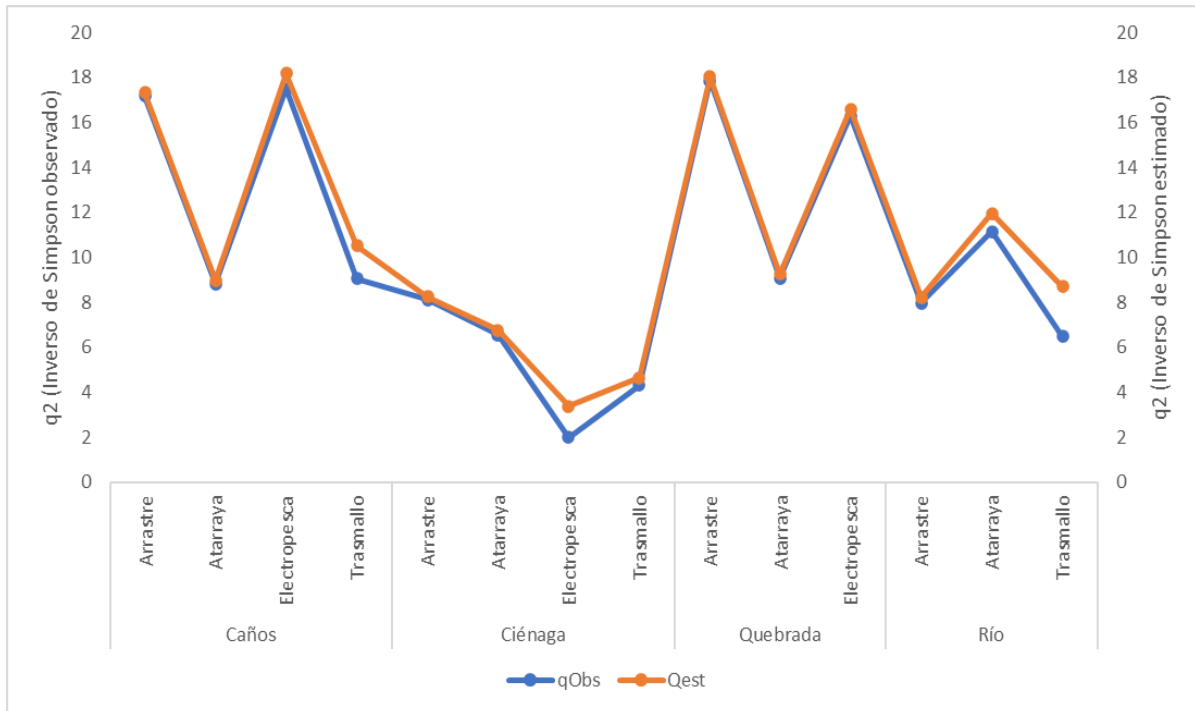


Figura 20. Estimaciones de diversidad por método de pesca y por tipo de cuerpo de agua, A) Riqueza de especies observadas y estimadas (q_0), B) Diversidad de Shannon observada y estimada (q_1) y C) Inverso de Simpson observado y estimado (q_2).

Distribución espacial de la riqueza de especies

La distribución espacial de la riqueza de especies varió considerablemente entre la temporada de aguas altas (T1) y la temporada de aguas bajas (T2), en la primera no hubo un patrón claro, ya que las estaciones más ricas en especies se registraron de manera aislada en la zona oriental, central y occidental del polígono y la zona norte y sur registró una baja riqueza de especies, mientras que en la segunda temporada hubo una tendencia de alta riqueza de especies en la zona oriental y central y una baja riqueza en la zona occidental (Figura 21a y b).

En la temporada de aguas altas se presentó un mayor número de especies en la zona occidental, específicamente al norte del río Magdalena (ANH 19, ANH 20 y ANH 21) con un registro de 16 a 21 especies, en algunas quebradas de la zona centro pertenecientes a la comunidad de El Ocho (ANH 304 y ANH 305) con riquezas entre 19 y 25 especies y en quebradas de la zona oriental cercanas a la Cristalina (ANH 298) con 23 especies. La menor riqueza se registró en la zona norte en las estaciones ANH 299, ANH 12, ANH 13, ANH 14 con registros de 6 a 8

especies, adicionalmente en la zona sur del polígono también se registraron valores bajos, en las estaciones ANH 40, ANH 41 y ANH 301 con registros entre 4 y 10 especies (Figura 21a).

En la temporada de aguas bajas las estaciones de la zona oriental y central registraron valores altos en la riqueza de especies, en las estaciones cercanas a la Cristalina (ANH 297 y ANH 298) y en las estaciones cercanas a la comunidad de El Ocho (ANH 304, ANH 305), donde se registraron entre 20 y 27 especies. La zona occidental registró valores bajos, entre 6 y 10 especies, en las estaciones del río Magdalena (ANH 19, ANH 20, ANH 21, ANH 32, ANH 33) y en algunas ciénagas (ANH 295, ANH 301 y ANH 300) (Figura 21b).

Análisis de similitud

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) es un análisis de ordenación que representa en un espacio geométrico la proximidad que existe entre las especies registradas en grupos previamente establecidos, tales como las temporadas climáticas (aguas altas y aguas bajas), las zonas de trabajo (Kale, Platero y Caracterización) y los diferentes tipos de cuerpo de agua (caños, quebradas, río Magdalena y ciénagas). El estrés de los datos es muy limitado, dado a que se registra un valor bajo de 0,17 (es decir un 17% de las distancias no están en el mismo orden de las distancias de Jaccard).

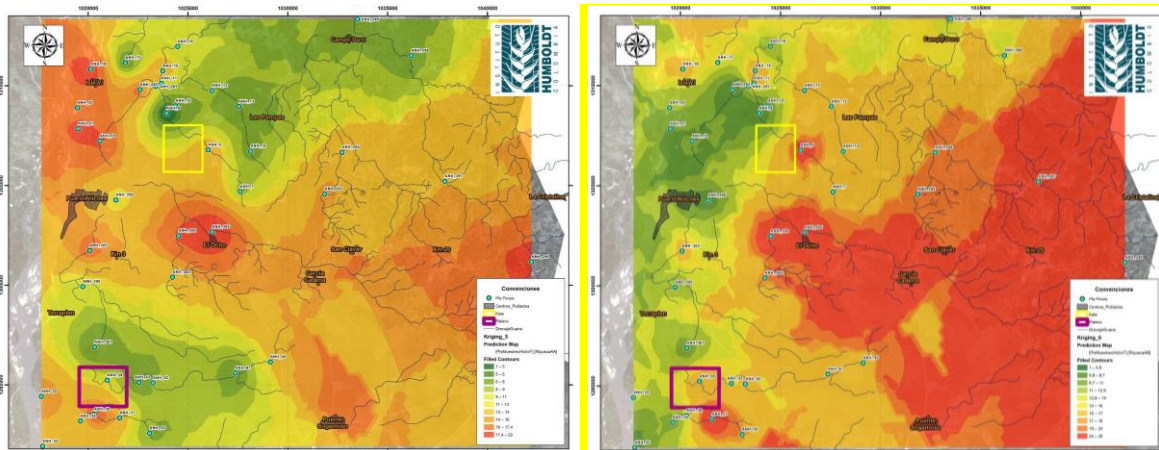


Figura 21. Gráfica de calor de la riqueza por tipo de cuerpo de agua y unidad de muestreo para cada una de las temporadas climáticas, A) temporada de aguas altas y B) temporada de aguas bajas.

Al analizar si hay un efecto estacional en la estructura de las comunidades de peces de los ambientes evaluados, se encontró que no hubo diferencias significativas en la composición íctica entre la temporada de aguas altas y aguas bajas, pues la mayoría de las especies están localizadas en el centro de la ordenación, lo que indica que estuvieron presentes en las dos temporadas analizadas. Sin embargo, se evidencia que hay algunas especies que son exclusivas de cada periodo, en el caso de la temporada de aguas bajas se registra *Apteronotus mariae*, un ejemplar del género nuevo de Heptapteridae, *Imparfinis usmai*, *Paravandellia phaneronema*, *Cetopsorhamdia molinae* y en el caso de la temporada de aguas altas se registra *Acestrocephalus anomalus* y *Characidium boavistae*, *Creagrutus affinis* (Figura 22a).

Así mismo, cuando se analiza desde un punto de vista espacial, tampoco se evidencia diferencia significativa entre la comunidad de peces de las plataformas muestreadas. A pesar de que la mayoría de las observaciones están en el centro de la ordenación y son compartidas por las tres plataformas, el polígono correspondiente a la plataforma de Kale resulta ser el más grande y contiene los polígonos de las dos plataformas restantes que son en consecuencia de menor tamaño. La plataforma de Platero le sigue en tamaño y está totalmente embebida en la zona de Kale. Esta región compartida de la ordenación entre las dos plataformas contiene especies únicas como *Apteronotus mariae*, *Farlowella yarigui*, *Ichthyoelephas longirostris*, *Potamotrygon magdalenae*. El área de Caracterización que corresponde al polígono más pequeño, solo tiene cuatro UM (Figura 22b).

Finalmente, cuando se analiza la ordenación desde un punto de vista ambiental, es decir discriminando por tipo de cuerpo de agua, se evidencia la formación de tres grupos. El primero de ellos es el río Magdalena, el segundo corresponde a las ciénagas y el último está conformado por los caños y quebradas (Figura 22c). En el caso del río Magdalena se registran especies únicas como *Acestrocephalus anomalus*, *Crossoloricaria variegata*, *Hemibrycon* sp y *Pimelodus grosskopfii*, entre otras, mientras que en las ciénagas se caracterizan por la presencia especies como *Caquetaia kraussii*, *Trichopodus pectoralis* y *Cyphocharax magdalenae*.

La comunidad íctica de los caños y las quebradas se solapan de manera significativa, dado que se comparte la mayoría de las especies. Algunas de estas especies compartidas son abundantes y representativas de estos ecosistemas, tales como *Astyanax magdalenae*, *Brachyhypopomus occidentalis*, *Hyphessobrycon natagaima*, *Nanocheiroduon insignis* y *Saccoderma hastata*, entre otras.

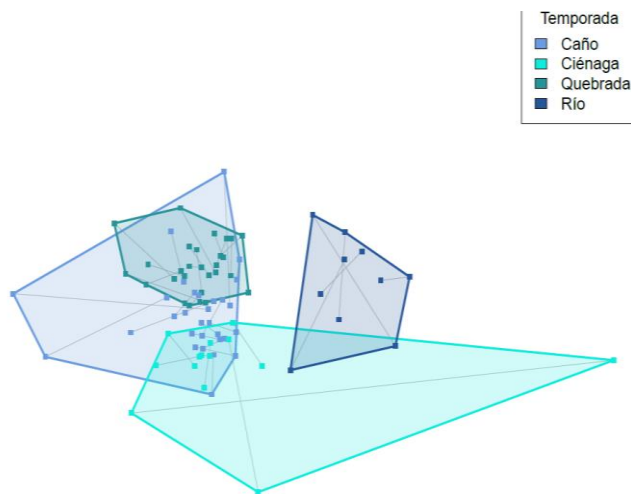
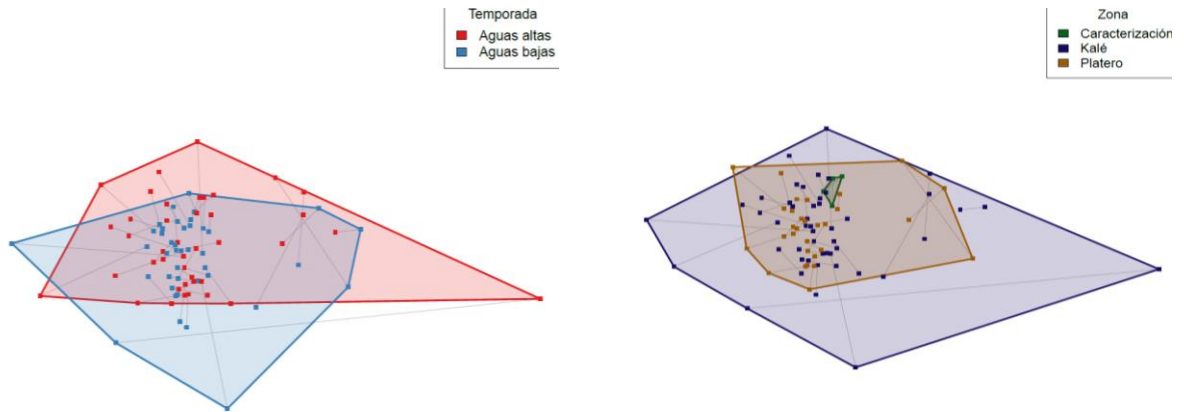


Figura 22. Gráfica del análisis NMDS, A) escala estacional (aguas altas y aguas bajas), B) escala espacial (plataformas Kalé, Platero y Caracterización) y C) escala ambiental (ciénagas, caños, quebradas y río Magdalena).

Análisis de redundancia

El análisis de redundancia (RDA) es una herramienta multivariada que permite modelar las variables respuesta (composición de la comunidad íctica) en función de las variables explicativas (variables fisicoquímicas y variables de la vegetación riparia). La matriz de las especies fue la comunidad de peces de cada uno de los tipos de cuerpos de agua analizado y la matriz de las variables ambientales medidas *in situ*.

Las variables ambientales observadas en los diferentes tipos de ambientes generaron condiciones que favorecieron la presencia de unas u otras especies. Como se vió en la ordenación anterior, los ambientes se diferenciaron en tres grupos principales, lo que también se reflejó en la relación entre la composición de las comunidades de peces, con el comportamiento de las variables ambientales. Específicamente, de todas las variables ambientales consideradas, el pH y la cobertura del dosel fueron las únicas asociadas a las variaciones relacionadas con la composición. El pH influyó principalmente las comunidades ícticas del río Magdalena, mientras que la cobertura del dosel influyó las comunidades ícticas de las ciénagas. Así mismo, las comunidades ícticas de las quebradas y los caños, no presentaron una clara asociación con ninguna de las variables medidas durante los muestreos. El R2 ajustado fue de 0.2088, lo cual indica que este análisis explica únicamente el 20,88% de la variación total (Figura 23).

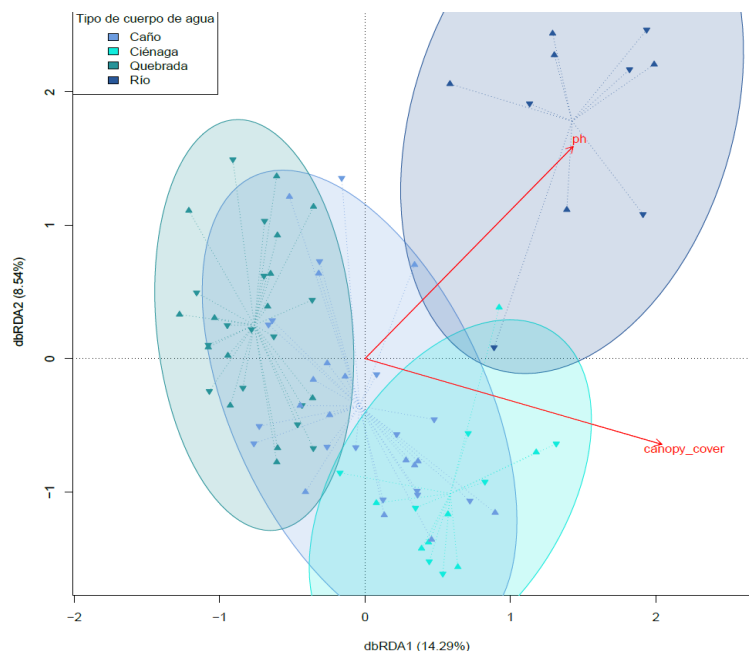


Figura 23. Gráfica del análisis de redundancia (RDA) donde se representan los cuerpos de agua (caños, ciénagas, quebradas y río Magdalena) y las variables ambientales explicativas.

Complementariedad del muestreo

En la cuenca del Magdalena-Cauca se registran 233 especies de peces, las cuales corresponden al 14,5% de la diversidad de peces de agua dulce de Colombia. Esta cuenca hidrográfica se divide en tres tramos de acuerdo a sus características hidrológicas y geomorfológicas: cuenca alta, media y baja (Jiménez-Segura et al., 2020). La zona de estudio corresponde a la cuenca media del río, donde se han realizado estudios detallados de la comunidad de peces (Mojica et al., 2006; Jiménez-Segura et al., 2020; Escobar et al., 2021). Para este sector se ha registrado la mayor riqueza y número de especies endémicas de toda la cuenca, con 184 especies que corresponden al 78% del total y 43 endemismos (27%) de un total de 158 registrados para la cuenca (sumando las especies del medio Magdalena y del Sogamoso) (García-Alzate et al., 2020).

Cabe resaltar que algunos géneros registrados para la cuenca se encuentran restringidos a ríos y quebradas montañosas y de piedemonte como es el caso de *Astroblepus*, *Trichomycterus* y *Hemibrycon* (García-Alzate et al., 2022). También hay especies presentes solo en ciertas zonas alejadas del área de estudio como *Grundulus bogotensis* y *Eremophilus mutisii* (propias del altiplano cundiboyacense) (García-Alzate et al., 2022), por lo que se hizo una depuración de las especies que probablemente no están en el área de estudio llegando a un valor tentativo de 132 especies que sí pueden habitar la zona (Anexo 2 - Peces).

Es fundamental considerar que, de estas 132 posibles especies, 80 son endémicas para Colombia, 3 son exóticas, 27 se encuentran en alguna categoría de amenaza, 43 tienen algún tipo de uso (ornamental y/o pesca): 28 son usadas como recurso alimenticio y 20 son usadas como ornamentales (DoNascimento et al., 2017) (Anexo 2 - Peces).

En los muestreos realizados durante las campañas de junio del 2021 y marzo del 2022 se registraron 81 especies (61,63% del total de especies probables), 70 para la temporada de aguas altas (T1) y 65 para la temporada de aguas bajas (T2). Adicionalmente, de las 81 especies reportadas se compartieron en ambas

temporadas un total de 55, 15 fueron únicas para temporada de aguas altas (T1) y 8 para la temporada de aguas bajas (T2) (Anexo 2 - Peces).

Se verificó en la literatura que 23 de las especies presentes en la zona son usadas como recurso alimenticio por las comunidades aledañas, de estas fueron capturadas 16 entre las cuales se encontraron el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), la vizcaína (*Curimata mivartii*), el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), el chango (*Cynopotamus magdalenae*) y el nicuro (*Pimelodus yuma*), entre otras (Anexo 2 - Peces). Cabe resaltar que en ninguno de los muestreos se registró ni la picuda (*Salminus affinis*), dos especies de corronchos (*Chaetostoma*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y la pacora (*Plagioscion magdalenae*).

De las 20 especies que tienen uso ornamental en la zona, 13 fueron capturadas, entre las cuales se encuentran la raya (*Potamotrygon magdalenae*), el moncholo (*Hoplias malabaricus*), la palometa (*Gasteropelecus maculatus*) y la mojarra roja (*Kronoheros umbrifer*), entre otras. De igual manera, es importante mencionar la ausencia de especies ampliamente conocidas en el mundo de la acuariofilia ya que sus poblaciones se han diezmado en los últimos años, como el bonito (*Abramites eques*) y la cucha de ojos azules (*Panaque cochliodon*), ambas endémicas y con una categoría de amenaza (VU) (Anexo 2 - Peces).

Fueron capturadas nueve de las 13 especies reportadas como migratorias, entre las cuales están aquellas que realizan migración corta (*Megaleporinus muyscorum*, *Curimata mivartii*, *Cyphocharax magdalenae* y *Ageneiosus pardalis*), otras de migración mediana (*Brycon moorei*, *P. yuma*, *Pimelodus grosskopfii* y *Sorubim cuspicaudus*) y los migradores de grandes distancias como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) (la cual no fue capturada) (Anexo 2 - Peces).

Finalmente, 27 especies (20.45 %) de las 132 registradas para la zona presentan algún grado de amenaza, cifra que resulta considerable ya que representa una quinta parte del total de especies. Dentro de la categoría de amenaza de CR (en peligro crítico) se encuentra el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), que a pesar de no haber sido capturado en los muestreos, es emblemático del río Magdalena, alcanza 1,5 m de longitud y cuya población ha disminuido en un 90% los últimos 30 años (Mójica et al., 2012) (Anexo 2 - Peces).

Dentro de las especies que se encuentran en categoría de amenaza EN (En peligro) están el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*) y el cazón (*Notarius bonillai*), de estas especies sólo fue capturado el pataló. Esta especie es endémica de Colombia y restringida a la cuenca del río Magdalena y Ranchería, con una fuerte presión pesquera comercial y de consumo, ya que su carne es muy apetecida (Mojica et al., 2012) (Anexo 2 - Peces).

De las 12 especies que se encuentran en categoría de amenaza VU (Vulnerable) únicamente *Megaleporinus muyscorum*, *Curimata mivartii*, *Prochilodus magdalenae*, *Brycon moorei*, *Ageneiosus pardalis*, *Pimelodus grosskopfii* y *Sorubim cuspicaudus* fueron capturadas durante el estudio. Todas estas especies están sujetas a presiones tales como sobrepesca y pérdida de hábitat por deforestación, contaminación, agricultura y ganadería extensiva (Mojica et al., 2012) (Anexo 2 - Peces).

En la categoría de casi amenazada (NT) hay un total de 12 especies, de las cuales fueron capturadas *Potamotrygon magdalenae*, *Acestrocephalus anomalus*, *Cynopotamus magdalenae*, *Microgenys minuta*, *Callichthys oibaensis*, *Hypostomus hondae*, *Megalonema xanthum* y *Kronoheros umbrifer*. La mayoría de estas son utilizadas para acuarofilia o como recurso pesquero (Anexo 2 - Peces).

Discusión

Los resultados de la cobertura de muestreo evidenciaron que las especies capturadas representaron entre el 97% y el 98% de la ictiofauna que se puede encontrar en el área de estudio, eventualmente se podrían capturar entre ocho o diez especies más, las cuales probablemente corresponden a especies poco frecuentes. Esta tendencia es frecuente en ecosistemas acuáticos neotropicales, donde a pesar de realizar un alto esfuerzo de muestreo no se logra llegar a la asíntota, ya que existe una alta proporción de especies poco abundantes o raras (Magurran et al., 2011) que no logran ser colectadas dado al azar, por cuestiones de diseño metodológico o por factores ecológicos como migración, colonización o desplazamiento de especies (Matthews, 1998).

Esta alta cobertura de muestreo obtenida puede ser explicada por varias razones principales. La primera de ellas, es haber considerado en el análisis de las comunidades ícticas locales, un abordaje multiescala, que en el aspecto espacial abarcó un área geográfica relativamente grande con una considerable heterogeneidad ambiental representada por la presencia de diferentes ecosistemas acuáticos (Dixon y Chiswell, 1996; Maldonado Ocampo et al., 2005). Por otro lado, la escala estacional en los muestreos, es decir, la inclusión de una temporada de aguas altas y otra de aguas bajas permitió considerar el efecto de las variables ambientales influenciadas por el ciclo hidrológico en la estructura biótica de los ecosistemas. En este sentido, es sabido que el incremento del nivel del agua, favorece la conectividad entre los cuerpos de agua, afectando directamente las posibilidades de dispersión activa de los organismos como es el caso de los peces y en consecuencia la composición y la estructura de sus comunidades locales (Thomaz et al., 2007; Bozelli et al., 2015, Gutiérrez et al., 2018). La segunda razón que podría explicar la alta cobertura del muestreo estaría relacionada, como se

mencionó en la metodología, con la implementación de varios métodos de pesca complementarios entre sí, que favorecieron una representación más completa de la composición y estructura de las comunidades de peces locales en los diferentes tipos de cuerpos de agua (Zale et al., 2012; Radinger et al., 2018).

Al realizar el análisis de cobertura de muestreo por tipo de cuerpo de agua se evidencia que a nivel general y por temporada climática (aguas altas y aguas bajas) el río Magdalena registra estimaciones de diversidad bajas, lo cual puede ser explicado porque en ambientes no vadeables, algunos métodos de pesca (arrastres y electropesca) se limitan a las zonas de orillas y poco profundas, reduciendo así el registro de especies que pueden vivir en otros microambientes (Protocolo de muestreo de fauna ictiológica en ríos 2015 y Maldonado Ocampo et al., 2005). Así mismo, se ha determinado que, en ecosistemas acuáticos con mayor espejo y volumen de agua, la ictiofauna se “diluye” con mayor facilidad, comparado con ambientes de menor tamaño, pues se incrementan considerablemente los sitios de refugio para especies de diferentes tamaños, dificultando su captura (Luz-Agostinho et al., 2009)

Por el contrario, la cobertura de muestreo en las quebradas fue mayor, con valores entre el 98% y 99%, lo cual es debido posiblemente a que, por tratarse de cuerpos de agua pequeños, poco profundos y con caudales moderados (IDEAM 2013), son más accesibles y favorecen la efectividad de los métodos de muestreo. Lo anterior se traduce entonces en muestreos más eficientes y representativos de los diversos microhábitats y en consecuencia de las especies que los habitan.

La ictiofauna de la cuenca del río Magdalena tiene especial importancia debido, entre otras cosas, a su alto grado de endemismos, su notoria importancia comercial enfocada en el consumo, pero con creciente enfoque ornamental. Como ya se ha mencionado, esta cuenca se caracteriza por albergar la mayor parte de la población nacional, lo que genera una presión antrópica inmensa en los recursos naturales, siendo los peces uno de los grupos biológicos más afectados. De las 81 especies de peces categorizadas con algún grado de Amenaza para todo el país, 35 se encuentran en la cuenca del río Magdalena, lo que convierte la cuenca en un ecosistema objeto de acciones prioritarias de conservación (López et al. 2020 en Jiménez- Segura y Lasso, 2020). En ese sentido actualmente se reconoce la necesidad de adelantar medidas con enfoques ecosistémicos, no solamente para la gestión de los ecosistemas, sino también para la pesca artesanal de la cuenca. Históricamente, se ha asumido la sobreexplotación como la principal causa de pérdida de recursos ícticos. No obstante, recientemente Hernández y colaboradores (2021), comprobaron que el deterioro ambiental influye incluso más en las comunidades de peces, que la misma pesca.

Dentro de las especies de interés comercial capturadas, llama la atención la presencia de especies amenazadas como fue el caso del capaz (*Pimelodus grosskopfii*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el moino (*Megaleporinus muyscorum*), la doncella (*Ageneiosus pardalis*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y la vizcaína (*Curimata mivartii*). La presencia de estas especies en la zona de estudio es de suma importancia por tres factores fundamentales: **i)** importancia económica, pues hacen parte de la pesquería comercial y autoconsumo local, **ii)** social, pues históricamente hacen parte de la idiosincrasia de las poblaciones ribereñas a lo largo de la cuenca y **iii)** ecológica, pues a excepción de la vizcaína, se trata de grandes migradores, que requieren de extensos trechos de la cuenca para desarrollar sus ciclos reproductivos y ocasionalmente tróficos también (Jiménez-Segura y Lasso, 2020).

Al analizar más en detalle la composición de las comunidades de peces muestreadas, se encontró que el orden Characiformes fue el más rico en especies y el más abundante a lo largo de los muestreos. Esta tendencia coincidió con lo registrado por numerosos autores, quienes hasta el 2020 habían reportado esta alta diversidad para la ictiofauna de América del Sur (Lowe-McConnell, 1975), en el neotrópico (Albert et al. 2020), en diferentes cuencas hidrográficas en Colombia (DoNascimento et al. 2020) y en sistemas cenagosos de la cuenca del río Magdalena, como Paredes y Ayapel (Mojica-Figueroa y Diaz-Olarte, 2016). Sin embargo, este patrón general parece no cumplirse en algunas zonas del área de estudio como la cuenca hidrográfica Magdalena-Cauca (García-Alzate et al., 2020), en la zona del Magdalena medio (Galvis y Mojica, 2007), y en el departamento del Santander (Castellanos-Morales et al., 2011), en donde se reporta que el orden Siluriformes alberga una mayor cantidad de especies, ubicándose por encima del orden Characiformes. Lo anterior tampoco fue verificado por García-Alzate et al. 2020 (en Jiménez-Segura y Lasso, 2020), en un reciente levantamiento en el cual se estableció que el orden más diverso encontrado en la cuenca, corresponde a los Siluriformes con 115 especies, seguido de los Characiformes con 88 especies.

Esta dominancia del orden Siluriformes podría explicarse por las condiciones ambientales particulares de la cuenca, caracterizado por la confluencia de numerosos afluentes provenientes de la Cordillera de los Andes, cargados de sedimentos y limo que se depositan tanto en los sustratos de los ríos principales como Magdalena y Sogamoso, como en las ciénagas típicas de la planicie de inundación (Galvis y Mojica, 2007).

No obstante, en el caso de los resultados hallados en este estudio, es posible que la alta diversidad de Characiformes y más puntualmente, la dominancia de la familia Characidae, se deba posiblemente a que la zona de estudio está inmersa en una matriz agrícola y pecuaria muy intervenida (Gutiérrez-Moreno y De la Parra-Guerra,

2020) y las especies de este orden, presenten mayor capacidad adaptativa a estas condiciones, dado a su plasticidad trófica, diversas estrategias reproductivas, adaptaciones fisiológicas y habilidades de dispersión, que les permiten permanecer en ambientes determinados o desplazarse en búsqueda de sus óptimos ecológicos (Guisande et al., 2012).

Al analizar las familias más diversas, se encontró que los resultados se ajustan a la literatura que reporta a la familia Characidae como dominante en la región (Gracia-Alzate et al., 2020 en Jiménez- Segura y Lasso, 2020), seguida de la familia Loricariidae que por sus hábitos tróficos están muy asociada a ambientes ricos en detritus, algas y perifiton (Jiménez- Segura y Lasso, 2020). Llama la atención que la mayor parte de especies están distribuidas en unas pocas familias, mientras que las demás están pobremente representadas por apenas una o dos especies. Este resultado puede estar relacionado con que buena parte de las especies de estas familias, son de mediano o pequeño porte, con requerimientos ambientales menos estrictos y cierta habilidad de dispersión que les permite desplazarse eficientemente buscando sus óptimos ecológicos.

La presencia de especies con diferentes funciones ecológicas puede relacionarse con la variación ambiental representada por los diferentes tipos de cuerpos de agua. Por ejemplo, la región bentónica es preferida por especies de la familia Loricariidae con el fin de obtener el perifiton fundamental en su alimentación, en la zona de vegetación sumergida las especies de la familia Sternopygidae pueden consumir macroinvertebrados, en la zona superficial o remansos los *guppys* que pueden alimentarse de insectos que caen de la vegetación riparia y finalmente, en zonas de rápidos pueden vivir algunas especies de la familia Characidae que se alimentan de macroinvertebrados acuáticos asociados a estos microambientes.

Por otro lado, los resultados permiten sugerir que el tamaño del área muestreada es determinante en el grado de representación de la composición de las comunidades ícticas, como fue evidente en los resultados de riqueza de especies y abundancia de individuos en la zona Caracterización con respecto a Kale y Platero. Considerando que, en áreas geográficas más amplias, será posible encontrar mayor heterogeneidad ambiental, lo que se traduce en un aumento de la variación de las condiciones ambientales en escalas espaciales, que a su vez influyen las comunidades hidrobiológicas de los ecosistemas acuáticos continentales (Thomaz et al. 2007, Heino y Grönroos 2013, Heino et al. 2015). Esta situación pone de manifiesto que en ejercicios de caracterización de la ictiofauna de una región es fundamental considerar escalas espaciales adecuadas, que incluyan la suficiente heterogeneidad ambiental, que permita reflejar la composición de las comunidades de peces, así como sus variaciones y posibles causas. En contraste, áreas muy

pequeñas tienden a representar una fracción de la diversidad regional y dificultan la detección de patrones ecológicos.

En este mismo sentido, es necesario incluir la complejidad geomorfológica asociada a los diferentes tipos de ambientes (ríos, quebradas, caños y ciénagas) y su correspondiente variación ambiental, pues esta determina la presencia o ausencia de determinadas especies en función tanto de sus requerimientos ecológicos, como del grado de conectividad entre ellos que favorece o no sus desplazamientos a través de la matriz hídrica. Los resultados del presente estudio sugieren que los ambientes más sensibles a los cambios de nivel del agua, por ejemplo, fueron los caños y las quebradas, mientras que el río Magdalena y las ciénagas, fueron menos susceptibles al efecto de aguas altas y aguas bajas. Lo anterior puede sugerir la importancia de la conservación de la ictiofauna de estos últimos dos tipos de ambientes, debido a su importancia en el mantenimiento del *pool* de especies en una escala regional.

Ecosistemas lénticos como las ciénagas tienen características ambientales particulares, como altas temperaturas del agua, cobertura del dosel totalmente expuesto, presencia de vegetación flotante y alta productividad primaria, entre otros. Lo anterior implica que cierto grupo de especies, con rangos fisiológicos de tolerancia más amplios, tengan mayor probabilidad de adaptarse y vivir en estos ambientes, como las mojarra (*Andinoacara latifrons*, *Caquetaia kraussii*), especies introducidas como los gouramis (*Trichopodus pectoralis*, *Trichopodus trichopterus*) o algunas especies del orden characiformes denominadas oportunistas o generalistas (*Cyphocharax magdalенаe*, *Hoplias malabaricus*, *Astyanax magdalенаe*, entre otras) (Anexo 1 - Peces).

Por otro lado, los cuerpos de agua lóxicos (quebradas, caños y río Magdalena) se caracterizan por tener otra gama de particularidades ambientales como la presencia de vegetación riparia, responsable del aporte de material alóctono al cuerpo de agua, presencia alternada de remansos y rápidos, diversas profundidades, diferentes tipos de sustratos (arena, guijarro, rocas), entre otros. La variedad en las características ambientales anteriormente mencionadas, probablemente permiten una mayor riqueza de especies, lo cual se ve reflejado en el índice q_0 (riqueza de especies) (Figura 19).

Finalmente, en el caso del río Magdalena los resultados de los índices de diversidad pueden estar relacionados con el hecho de que el muestreo estuvo más restringido debido a sus características físicas y no fue posible acceder a todas las zonas en las cuales seguramente habitan otras especies, con requerimientos asociados a mayor profundidad y velocidad del agua.

El NMDS permitió evaluar las comunidades muestreadas a través de tres escalas diferentes y de esta manera analizar las implicaciones de este abordaje en su composición y su estructura. Fueron consideradas una escala estacional, otra espacial y otra por tipo de ambiente acuático (quebradas, caños, río Magdalena y ciénagas), que permitieron establecer que la mayoría de las especies no fueron afectadas por ninguna de estas escalas y, al contrario, la composición de las comunidades permaneció relativamente homogénea a lo largo del estudio. Así mismo, se estableció que apenas algunas especies fueron características de alguna época climática o algún tipo de ambiente, mientras que en la escala espacial únicamente influyó el tamaño de la zona o plataforma. Estos resultados refuerzan la importancia de realizar muestreos amplios tanto en el espacio como en el tiempo, que realmente representen las comunidades de peces, pues éstas responden a diferentes factores ambientales.

Finalmente, el RDA permitió establecer la importancia de la conservación integral de los diferentes tipos de ambientes, pues la diversidad de la ictiofauna encontrada en cada uno de ellos contribuye a la diversidad regional de la cuenca, con los consecuentes efectos en la manutención de las dinámicas ecológicas y los servicios ecosistémicos. Como se esperaba, la ictiofauna presente en los caños y quebradas fue similar y cercana a la encontrada en las ciénagas. La ictiofauna del río Magdalena por su parte, fue diferente a la encontrada en los ambientes restantes.

El río Magdalena es considerado uno de los ríos con mayor endemismo de peces a nivel mundial, dado a que aproximadamente el 80% de estos no se encuentran en otra cuenca hidrográfica (Albert et al., 2011), de las 187 especies que son reportadas en el Magdalena medio aproximadamente el 76% (142 especies) se encuentran restringidas a la cuenca Magdalena Cauca (García-Álzate et al., 2020). Lo anterior es debido posiblemente a varios factores, entre los cuales se encuentran múltiples eventos de especiación dado al aislamiento de esta cuenca hidrográfica de otros ríos importantes (Orinoco, Amazonas), amplios planos de inundación que generan heterogeneidad ambiental, estabilidad ambiental dado a la ubicación geográfica, entre otros (Rodríguez-Olarte et al. 2011; García-Álzate et al., 2020).

De las 81 especies registradas en el área de estudio, 40 son especies endémicas de la cuenca del Magdalena, de las cuales resaltan la única especie de raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*), la *Pimelodella floridablancaensis*, descrita para la parte alta del río Lebrija en el municipio de Floridablanca, o la sardina *Astyanax yariguies* y el lápiz *Farlowella yarigui*, cuyo epíteto de especie rinde homenaje al Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes. Estas especies al estar restringidas a una sola subcuenca (dado a que no logran tener la capacidad de migrar y ocupar otros ríos o dado a que hay características ecológicas de las especies que solo les permiten vivir en esos espacios) tienen un rango de

distribución limitado y cualquier cambio en el ambiente puede afectar negativamente las poblaciones, a diferencia de especies con un rango de distribución más amplio, las cuales tienen menor riesgo de extinción ante cualquier cambio en su hábitat (Mojica et al., 2012).

La cuenca del Magdalena-Cauca es considerada la arteria fluvial más importante del país, pues cerca del 80% de la población nacional habita cerca a sus aguas, y por ella se transporta gran parte de los bienes de consumo (García-Alzate et al., 2020). Esta alta densidad poblacional ha generado una fuerte presión sobre los recursos pesqueros (Galvis et al., 2007); no es coincidencia que, de las quince especies categorizadas bajo algún grado de amenaza, catorce especies son utilizadas ya sea como alimento u ornamental, o incluso ambos. Adicionalmente, otras diez especies de la cuenca se encuentran cerca a estar amenazadas (Mojica et al., 2012). Dentro de las especies amenazadas son de resaltar carácidos de importancia pesquera, como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el pincho o viejito (*Cyphocharax magdalenae*), el comelón (*Megaleporinus muyscorum*), la vizcaína (*Curimata mivartii*), el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), la picuda o dorada (*Salminus affinis*), la sabaleta (*Brycon henni*), junto con bagres como la doncella (*Ageneiosus pardalis*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*).

Trece de las especies presentes en el Magdalena Medio presentan algún tipo de migración, lo que las hace particularmente vulnerables a la pérdida y fragmentación del hábitat, razón por la cual, muchas se encuentran reportadas en el libro rojo de la UICN bajo algún grado de amenaza. Peces como el comelón (*Megaleporinus muyscorum*), la vizcaína (*Curimata mivartii*) y el pincho (*Cyphocharax magdalenae*) realizan desplazamientos de carácter local menores de 100 km, entre las ciénagas y el cauce principal del río.

Algunas especies, como la dorada (*Brycon moorei*), la picuda (*Salminus affinis*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), bagres como el capaz (*Pimelodus grosskopfii*), el nicuro (*Pimelodus yuma*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdalenae*), realizan migraciones medianas desde los planos inundables y ciénagas de las partes bajas y medias de las cuencas, hacia las partes altas de las mismas en busca de tributarios laterales durante la temporada seca, entre diciembre y marzo, en lo que se conoce como “la subienda”. Con la llegada de lluvias, entre marzo y abril, retornan a las ciénagas en un descenso que se conoce como “bajanza”, momento en el que ocurre el desove. Otras especies, como la pacora (*Plagioscion magdalenae*), por ejemplo, parecen realizar migraciones que responden a la temporada de reproducción, y no están sujetas al régimen de inundación (Zapata et al., 2013).

Existen varias explicaciones para la ausencia de 65 de las especies reportadas para la zona dentro de los muestreos del proyecto (Anexo 2 - Peces). Por un lado, muchas de las especies nuevas o endémicas han sido reportadas para arroyos, caños y ríos relativamente pequeños al interior de la cuenca, especialmente para cuerpos de agua andinos (Alzate y Valencia, 2019), y probablemente su distribución se encuentre restringida a estas subcuencas, por lo que es poco probable encontrarlos en el valle medio del Magdalena. Tal es el caso de la *Lebiasina chucuriensis*, descrita para un afluente del río la Llana en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Igual pasa con su especie hermana *Lebiasina floridablancaensis*, registrada en un afluente del río Aranzoque, en el municipio de Floridablanca, también en Santander. Este fenómeno ocurre para carácidos como *Astyanax gisleni*, *Creagrutus guanes*, *Gephyrocharax torresi*, los miembros del género *Hemibrycon* *H. antioquiae*, *H. arilepis*, *H. cardalensis*, *H. gutierrezii*, *H. plutarcoi*, *H. raqueliae* y *H. virolinica*, los cuchillos *Gymnotus ardilai* y *Apteronotus eschmeyerii*, la cucha boca de manteca *Chaetostoma floridablancaensis*, los bagrecitos *Imparfinis timana*, e *Imparfinis usmai* y el rivulín *Rivulus piviway*.

Por otra parte, existe la posibilidad de que algunas de las especies ausentes fueran poco susceptibles a ser capturadas con el diseño muestral utilizado. Las especies carnívoras de gran tamaño, como el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) o el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) habitan las zonas profundas de los ríos y caños con volúmenes de agua considerables (Jiménez-Segura et al., 2009); y por esta razón, es poco probable que sean capturados durante las faenas realizadas en las orillas y playas de estos cuerpos de agua.

Conclusiones

La composición y estructura de la comunidad íctica registrada en el área de estudio corresponde a lo reportado en estudios previos realizados en el neotrópico y en zonas del Magdalena medio, donde unas pocas especies son abundantes, principalmente de la familia Characidae, y muchas otras son especies raras o poco frecuentes, pertenecientes a diversas familias. Es decir que la ictiofauna de la zona de estudio corresponde a una zona representativa de la cuenca media del río Magdalena.

El periodo hidrológico local, representado por la ocurrencia de períodos de aguas altas y aguas bajas, no parece tener efectos en la composición y estructura de los ensamblajes de peces de los ambientes muestreados. Durante la temporada de aguas bajas se tuvo más acceso a los cuerpos de agua, lo cual pudo desembocar en un mayor registro de individuos (30% más), sin embargo esto no significó un mayor número de especies en comparación con la temporada de aguas altas. Esta estabilidad indicaría la estrecha relación entre la ocurrencia de fenómenos

climáticos periódicos como el ciclo hidrológico y los pulsos de inundación, y las historias de vida de la ictiofauna de la zona que les han permitido adaptarse a estos cambios, sin comprometer procesos vitales como la alimentación, la reproducción y la interacción con otras especies del ecosistema.

Los resultados del presente estudio permiten demostrar que para entender las dinámicas y los procesos ecológicos ocurridos en un área geográfica determinada, compuesta por diferentes ecosistemas, es necesario realizar estudios en múltiples escalas que consideren las respuestas de la biodiversidad, al efecto de diferentes factores. Dentro de los factores más destacados están la heterogeneidad ambiental, la variación temporal y la influencia de épocas contrastantes del ciclo hidrológico en por lo menos dos años, de manera que se puedan identificar patrones ajenos a la ocurrencia de fenómenos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Los análisis multivariados permitieron detectar diferencias en la composición de la ictiofauna entre los diferentes tipos de ambientes acuáticos muestreados. En el caso del río Magdalena, se registraron especies únicas, con rasgos ecológicos adaptados a mayor caudal y corriente, así como mayor transporte de sedimentos. Las especies allí encontradas en buena medida correspondieron a aquellas con mayor importancia pesquera dentro de la cuenca. Por otro lado, la ictiofauna de las ciénagas correspondió a especies adaptadas a vivir en ambientes lénticos y de alta productividad primaria, como *Caquetaia kraussii*, *Trichopodus pectoralis* y *Cyphocharax magdalenae*. Por último la ictiofauna encontrada en los caños y las quebradas, cuyas características ambientales son similares, representaron un tipo de ictiofauna adaptada a cuerpos de agua más pequeños, con baja corriente y mayor influencia de la vegetación terrestre. De esta forma, es evidente que todas las agrupaciones de especies son fundamentales en la manutención del *pool* regional de especies de la cuenca Magdalena- Cauca, por lo que la conservación de los diferentes ecosistemas, es decir, la conservación integral de la cuenca, es fundamental para la conservación de su diversidad íctica.

En esta misma línea, en cualquier estudio ecológico es fundamental considerar la diversidad de cuerpos de agua, que en el caso del presente estudio incluyó quebradas, caños, ciénagas y río Magdalena, pues todos ellos hacen parte de un solo sistema, la cuenca del río Magdalena- Cauca. Estos ambientes están inmersos en una matriz, en la cual se conectan y aíslan por el efecto del pulso de inundación. Lo anterior influye directamente en organismos de dispersión activa como los peces que permanentemente migran de un ambiente a otro, a lo largo de su ciclo de vida, buscando los óptimos ecológicos que favorezcan el desarrollo de sus procesos vitales. En este contexto, es evidente que un impacto sobre cualquiera de estos cuerpos de agua puede afectar la dinámica de todo el sistema.

Bibliografía

Albert, J. S., Tagliacollo, V. A. y Dagosta, F. (2020). Diversification of Neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 27-53. <https://doi.org/10.1146/annurevecolsys-011620-031032>.

Alzate, C. G., & Valencia, C. R. (2008). Biología alimentaria y reproductiva de *Hyphessobrycon poecilioides* (Pisces: Characidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 10(1), 17-27.

Bozelli, R.L., Thomaz, S.M., Padial, A.A., Lopes P.M. y L.M. Bini. 2015. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia* [serial on the Internet]. 753(1):233-41.

Castellanos-Morales, C. A., Marino-Zamudio, L. L., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2011). Peces del departamento de Santander, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135), 189-212. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2209-1>

Dixon, W., y B. Chiswell. 1996. Review of aquatic monitoring program design. *Water Research*, 30, 1935–1948.

DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R, G. A., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F. A., Oviedo, J. S. U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2017). Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, (708), 25.

DoNascimento, C., Villa Navarro, F. A., Albornoz Garzón, J. G., Méndez López, A. y Herrera-Collazos, E. (2020). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia/ Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v2.12. Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist. <http://doi.org/10.15472/numrso>.

Escobar L., María D.; Méndez-López, A.; Pinzón-Quiñónez, L. E.; Árias-Mañosca, M.; Serrano Gómez, M. y C. A. Lasso. 2021. XX. Peces del bajo río Sogamoso, cuenca del Magdalena, Colombia: diversidad, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Colombia, 350 pp.

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

García-Alzate, C., Donascimento, C., Villa-Navarro, F.A., García-Melo, J.E. y Herrera-R, G. (2020). Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. En Jiménez-Segura, L. & C. Lasso (Eds.). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp: 85-111. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Guisande, C., Pelayo-Villamil, P., Vera, M., Manjarrés-Hernández, A., Carvalho, M. R., Vari, R. P., ... & Duque, S. R. (2012). Ecological factors and diversification among Neotropical characiforms. *International Journal of Ecology*, 2012.

Gutiérrez, A.L., Ortega, J.C. y A.A. Agostinho. 2018. Fish beta diversity responses to environmental heterogeneity and flood pulses are different according to reproductive guild. *Neotropical Ichthyology*, 16(4): e180022, 2018.

Gutiérrez-Moreno, L.C. y De la Parra-Guerra, A. C. 2020. Contaminación en la cuenca del río Magdalena (Colombia) y su relación con los peces. En: Jiménez-Segura, L. & C. A. Lasso (Eds.). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp: 239-263. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. DOI: 10.21068/B2020RRHXIX06

Heino, J. y M. Grönroos. 2013. Does environmental heterogeneity affect species co-occurrence in ecological guilds across stream macroinvertebrate metacommunities? *Ecography* 36: 926–936.

Heino, H., Melo, A. S. y L.M. Bini. 2015. Reconceptualising the beta diversity-environmental heterogeneity relationship in running water systems. *Freshwater Biology*, 60: 223–235.

Hernández, S.J., Valderrama, M., Barreto, C.G., Stotz, W.B. 2021. Effects of selective fishing on a small scale multi-species and multi-gear freshwater fishery in the Magdalena River Basin (Colombia). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/cjfas-2020-0216>

IDEAM 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá. D.C., Colombia. Pp 47.

Jimenez-Segura, L. F.. (2009). Características biológicas del blanquillo sorubim *cuspidatus littmann* , burr y nass , 2000 y bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* buitrago- suárez y burr , 2007 (siluriformes : pimelodidae)

relacionadas con su reproducción en la cuenca media del río Magdalena, 31(90), 53–66. *Acta Biológica*

Jiménez-Segura, L. y C. A. Lasso (Eds.). 2020. XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. 434 pp

López-Casas, S., Rondón-Martínez, Y. F., Gutiérrez-Cortés, A., Escobar-Cardona J. L., Muñoz-Duque, S., Valencia-Rodríguez, D., Petry, P., Batista-Morales A. M., Rincón, C., Casas, L. F., Ospina-Pabón 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: Jiménez-Segura, L. & C. A. Lasso (Eds.). XIX. 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. Bogotá, D. C., Colombia. DOI: 10.21068/B2020RRHXIX10

Lowe-McConnell, R. H. 1975. Fish communities in tropical freshwaters. Longman, New York. 337 pp.

Luz-Agostinho, K.D.G., Agostinho, A.A., Gomes, L.C. y H.F Júlio-Jr. 2008. Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationships among piscivorous fish in the upper Paraná River floodplain. *Hydrobiologia*, 607: 187-198.

Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma, J. S., Galvis, G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez, L., & Ardila, C. (2005). Peces de los Andes de Colombia. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, DC, Colombia*, 346.

Magurran, A. E., Khachonpisitsak, S., & Ahmad, A. B. (2011). Biological diversity of fish communities: pattern and process §. *Journal of Fish Biology*, 79(6), 1393-1412.

Matthews, W.J. 1998. Patterns in freshwater fish ecology. New York: Chapman & Hall, 756 pp.

Mojica, J.I., Galvis, G., Sánchez-Duarte, P., Castellanos, C. y F.A. Villa-Navarro. 2006. Peces del valle medio del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1) 23 - 38, 2006

Mojica, J. I.; J. S. Usma; R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la

Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

Mojica-Figueroa, B. H., & Díaz-Olarte, J. J. (2016). Comunidad de peces de la ciénaga de Paredes, Magdalena medio, Santander (Colombia) y su asociación con variables espacio temporales y ambientales. *Biota Colombiana*, 17.

Protocolo de muestreo de fauna ictiológica en ríos. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Publicado en el BOE en 2015.

Radinger, J., Britton, J. R., Carlson, S. M., Magurran, A. E., Alcaraz-Hernández, J. D., Almodóvar, A., ... & García-Berthou, E. (2019). Effective monitoring of freshwater fish. *Fish and Fisheries*, 20(4), 729-747.

Rodríguez-Olarte, D., Mojica, J. I. & Taphorn, D. (2011). Northern south america Magdalena and Maracaibo Basins. En Albert, J. S. & Reis, R. E. (Eds.). Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. Pp. 243-257. Los Angeles (USA). University of California Press. 406 pp.

Thomaz S.M., Bini, L.M. y R.L. Bozelli. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* [serial on the Internet]. 579(1):1-13. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0285-y>

Zale, A. V., Parrish, D.L., Sutton, T.M., & American Fisheries Society. (2012). Fisheries techniques. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.

Zapata, L. A. & J. S. Usma, (2013) Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia: Peces. Volumen 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y WWF-Colombia. 2013. P. 486.

Anexos

Anexo 1 - Peces. Listado de especies y abundancias por zona de trabajo, tipo de cuerpo de agua y temporada climática. (Buscar este anexo en Anexo General)

Anexo 2 - Peces. Especies de peces reportadas previamente para la zona y complementariedad del muestreo. (Buscar este anexo en Anexo General)

