

Fish Diversity in Lotic and Lentic Systems Associated to a Dry Forest Biome in Victoria, Caldas

Diego Córdoba Rojas
Universidad del Valle

Daniel Vásquez
Universidad del Valle

Santiago Arboleda
Universidad del Valle

Cristian Hernández
Universidad del Valle

Alan Giraldo
Universidad del Valle

Recibido: March 2, 2016

Aceptado: August 5, 2016

Pag. 61-78

Abstract

This study explores the fish fauna that inhabits the Purnio River and associated tributaries, passing by Hacienda La Española, where mining extraction for gold and drag material for construction takes place. Fishing techniques used were: electrical fishing, cast net, trammel nets and hooks used in the river tributaries and streams; also a drag seine was used on lentic systems. Three zones were defined according to the immediate influence in the use of land on the river banks: an area of forest, an area of mining, and a differentiated silvopastoral area. 3149 fish belonging to six orders, 20 families and 45 species were captured. The family with more species (11) and number of individuals (560) was *Characidae*. The forest was the most diverse area, and the mining zone had the highest dominance. Of the species found, five with some degree of threat are reported in the 2012 Red Book of Freshwater Fishes of Colombia and ten are reported in the 2011 Colombian Catalogue of Fishery Resources. Five species have some sort of migration and are also important for human consumption.

Keywords: fish diversity, Purnio River, mining, disturbance, physical and chemical variables.

Diversidad de peces en sistemas lóticos y lentícos asociada al bioma de bosque seco de Victoria, Caldas

Resumen

Se realizó un estudio de la fauna íctica que habita el río Purnio, las quebradas afluentes y lagunas asociadas, a su paso por la Hacienda La Española, sitio en el que se realiza la explotación minera de oro y de extracción de material de arrastre para la construcción. Se utilizaron los métodos de pesca eléctrica, atarraya, trasmallo y anzuelo en el río y en las quebradas afluentes, también se utilizó el chinchorro de arrastre para las lagunas. Se diferenciaron tres zonas según la influencia inmediata de uso de suelo en las riberas del río: una zona de bosque, una zona de minería y una zona silvopastoral. Se capturaron 3149 peces incluidos en seis órdenes, 20 familias y 45 especies. La familia con más representantes en especies (11) y número de individuos (560) fue *Characidae*. La zona más diversa fue la de bosque y la que presentó la mayor dominancia fue la de minería. De las especies encontradas cinco están reportadas en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia 2012 con algún grado de amenaza y diez están reportadas dentro del Catálogo de los Recursos Pesqueros de Colombia 2011. Cinco especies presentan migración de algún tipo y además son importantes como peces de consumo.

Palabras Claves: Diversidad íctica, río Purnio, minería, perturbación, variables fisicoquímicas.

1 Introducción

La fauna íctica del río Magdalena es la mejor conocida del país y en ella se reconocen cerca de 213 especies de peces (Maldonado *et al.* 2008). Esta cuenca tiene una parte alta, una media y una baja (división que se hace comúnmente en sistemas fluviales), sin embargo, la zona media tiene unas características propias que permiten identificarla como una región natural por sus condiciones de clima y régimen pluviométrico. Ésta se extiende desde el raudal de Honda hasta la población de Tamalameque (García-Lozano y Dister 1990). Se registran para el sector medio de la cuenca, ocho órdenes, 34 familias y 129 especies de peces, de estas cerca del 13% posee hábitos migratorios y utilizan los ambientes cenagosos como áreas de crecimiento y alimentación (Mojica *et al.* 2006).

La cuenca del río Purnio (Doña Juana y Pontoná) tiene un área aproximada de 93.840 ha y recibe principalmente las aguas de las quebradas Cafucha, Cristales, Guamocó, Dejuaguita, Las Vueltas, El Barro, El Quindío, La Castaña, La Castañita, La Guabina, La Rica, Los Monos, Apacuar y Rica Grande. Presenta una cobertura vegetal escasa debido a la presión agrícola, ganadera y de minería, aunque tiene cordones interrumpidos de Guadua y algunas franjas angostas de rastrojo alto donde se pueden encontrar algunos parches arbóreos (Plan de Gestión Ambiental Regional para Caldas 2001-2006). Esta variabilidad en el uso del suelo genera presión sobre los ecosistemas que precisa de estudios que revelen su impacto y generen bases de conocimiento que puedan ayudar a desarrollar estrategias de manejo y conservación. Como se sabe el cambio en la estructura del paisaje se relaciona generalmente con una consiguiente modificación en la biodiversidad, cada unidad geográfica, como podría ser una cuenca, tiene una diversidad de paisajes que albergan un cierto número de comunidades interrelacionadas y la modificación de esos paisajes, necesariamente, altera la diversidad de la biota (Moreno 2001).

Una de las formas de caracterizar las comunidades al interior de cada unidad de paisaje es haciendo inventarios para determinar su riqueza y diversidad asociada. Estos inventarios se pueden dividir en dos amplias categorías de acuerdo a los objetivos propuestos para su realización: inventarios estrictos y caracterizaciones de comunidades (Longino y Colwell 1997). El objetivo con el grupo de peces en este estudio se centró en la primera categoría buscando obtener un listado de las especies que habitan el río en el área de estudio y la posible variación en la composición de especies en los ensambles de peces respecto al uso del suelo.

En el río Purnio, particularmente, no se han llevado a cabo estudios para determinar su fauna íctica, aunque se tiene referencia de algunos realizados en cuencas muy cercanas como las del río La Miel o las del río Guarinó. Para este estudio se utilizaron técnicas que permiten cubrir la heterogeneidad de biotopos, con el fin de obtener la mayor diversidad de especies de peces que se encuentran en los diferentes hábitats que puede proveer el río en la porción muestreada, teniendo en cuenta que, en los ambientes acuáticos, los problemas de muestreos de peces están representados por la variabilidad en la estructura de los ambientes, que ejerce influencia sobre los patrones de distribución de las especies (Allan y Castillo 2007).

2 Materiales y métodos

Entre abril y julio de 2014 se realizó mensualmente un muestreo en el río Purnio en una extensión de aproximadamente 7km medidos sobre el cauce a su paso por la hacienda La Española (5.367201 N, -74.793454W), en la cual se realiza explotación minera enfocada a la extracción de oro y material de arrastre para la construcción y se ubica en la vereda Gigante, municipio de Victoria, Caldas. El río Purnio le da nombre a una sub-cuenca y nace en la Cuchilla de San Mateo a 1.010 msnm en la montaña Bellavista, en la vereda del mismo nombre, recorre el municipio de Victoria de oeste a este hasta desembocar en el Magdalena, en el municipio de La Dorada.

Las localidades para cada evento de muestreo se escogieron ubicando puntos antes de la zona de mayor impacto de explotación minera de la finca, donde la cobertura arbórea es mayor en las riberas, la cual se denominó, para efectos de este estudio, Zona de Bosque. En la zona de explotación donde la actividad minera de la hacienda por lavado de material se hace, aunque no directamente sobre el río, sí sobre su área de influencia se le denominó Zona de Minería y, después de la zona de explotación, donde la extensión de pastos y vegetación arbustiva es aprovechada por el ganado se le llamó Zona Silvopastoril.

Los puntos de muestreo se establecieron de acuerdo a la representación proporcional de la extensión de cada zona, ocho en la de bosque, cinco en la zona de explotación y siete en la zona silvopastoril. Se muestrearon cinco quebradas que drenaban sus aguas hasta el río y cinco lagunas formadas por la acumulación de agua en fosas creadas por la explotación y que en algún momento podían tener contacto con el río por efecto del desborde, principalmente en épocas de lluvia.

Para este estudio, el método de captura principal fue la pesca eléctrica (modificado de Zamora *et al.* 2009). Para las zonas donde la profundidad superó 1.5 m de profundidad (zonas de pozo) se utilizaron artes alternativos de pesca como atarraya, trasmallo y anzuelos. La pesca eléctrica se realizó estableciendo un tramo de 100 m de longitud trazado sobre el cauce del río o quebrada, empezando desde la zona baja y haciendo el recorrido corriente arriba. Se asume que esta distancia provee una mezcla mínima de hábitats, o como mínimo abarca por duplicado una secuencia de elementos físicos y estructurales, en un gradiente de pozos a corrientes (Barbour *et al.* 1999). El método de captura se estandarizó, realizando faenas de 10 minutos, se hicieron tantas faenas como fueron necesarias hasta completar el recorrido de la distancia trazada y luego se relacionó con el tiempo total empleado.

Para la pesca con chinchorro en lagunas y pozos, se realizó arrastre con una red de 4 m de largo, 1,5 m de alto y ojo de malla de 5 mm. También se utilizaron artes de pesca alternativos en las zonas donde la pesca eléctrica no es útil o por motivos de seguridad, particularmente en las zonas donde el río forma pozos profundos que superan 1.5m cerca a la orilla. En este caso se optó por hacer muestreos diurnos con atarraya y anzuelo y muestreos nocturnos con anzuelo y trasmallo. El muestreo con atarraya fue estandarizado a 10 lances por pozo y los anzuelos fueron estandarizados a 3 horas de pesca con anzuelo por tres anzuelos en cada pozo. El trasmallo fue usado solo en tres pozos donde se dejó por 4 horas durante la noche.

Los individuos capturados fueron sacrificados por narcotización con aceite de clavo (Griffiths 2000) y luego fijados en formol al 10%. Los peces fijados se guardaron en bolsas zip-loc con formol al 10%, y agrupados por evento de captura y depositados en la colección de referencia zoológica de la Universidad del Valle. Para la determinación de los ejemplares se emplearon las claves taxonómicas propuestas por Dalh (1971), Gery (1977), Román-Valencia y Cala (1997), Buckup (2004), Maldonado-Ocampo *et al.* (2005), Maldonado-Ocampo *et al.* (2008), Mójica *et al.* (2006). En cuanto al estatus de conservación, las especies registradas fueron clasificadas según los criterios establecidos en los lineamientos generales del Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012) y se tuvo en cuenta su inclusión en la resolución 0192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para el caso de las especies de consumo, se categorizaron a partir de la información obtenida en el Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia (Lasso *et al.* 2011) y para las especies migratorias se utilizó la clasificación contenida en (Naranjo y Amaya, 2009).

Para la descripción ambiental se realizó una caracterización de hábitats en cada tramo donde se hizo el muestreo y se tomó la ubicación mediante coordenadas geográficas con un GPS Garmin GPSmap 78sc. Los hábitats fueron caracterizados de acuerdo a la profundidad y velocidad del agua como: Remanso, profundidad inferior a 1m y baja velocidad del agua debido a la poca pendiente en el terreno, los fondos normalmente son arenosos o con piedras pequeñas. Raudal, sitios donde la velocidad del agua es mayor, la pendiente es más pronunciada y en la que normalmente se encuentran piedras de mayor tamaño, y Pozos, sitios con profundidades superiores a 1m donde el agua tiene muy baja velocidad, fondos con arena y material vegetal depositado. A partir del segundo muestreo se tomaron parámetros fisicoquímicos de temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), Saturación de Oxígeno (Sat OD) y Conductividad (C) en diez de los puntos con una sonda multi paramétrica YSI Pro.

Para el análisis se realizaron las curvas de acumulación generales mediante el ajuste a la curva de Clench y exponencial negativa con los programas EstimateS y Statistica 7, además se calcularon los índices univariados de diversidad y para comparar la diversidad entre las zonas se generaron los “perfiles de diversidad” usando la familia de índices de diversidad uniparamétrica de Rényi (Tóthmérész 1998), utilizando el programa PAST ver, 2.14 (Hammer *et al.* 2003). Este índice permite una comparación escalable de la diversidad de los ensambles de dos o más comunidades, donde a cada valor del parámetro alfa (α) corresponde un valor de diversidad calculado (Moreno 2001). Se hizo un análisis no métrico multidimensional con el programa PRIMER 6 con todos los puntos muestreados, utilizando el índice de Bray-Curtis, para buscar posibles agrupamientos de puntos de acuerdo a la zona de ubicación, basado en la composición de especies. Este análisis se hizo con los datos transformados mediante $\text{Log}(x+1)$, con el fin de reducir el efecto de las especies más abundantes.

Los datos de las variables fisicoquímicas tomadas en los diez puntos de muestreo se agruparon por zona (Bosque, Minería, Silvopastoril y quebradas) y se promediaron para cada una de ellas, luego se compararon mediante una prueba no paramétrica para evitar los problemas de falta de ajuste a la normalidad de los datos. En este caso utilizando una prueba de Kruskal Wallis mediante el programa PAST ver. 2.14 (Hammer, Harper & Ryan, 2003).

3 Resultados

Se obtuvieron muestras de 49 puntos diferentes. Se capturaron en total 3149 peces y se observó un cardumen de *Salminus affinis* en un pozo de la zona de bosque del cual aunque no se capturó ningún espécimen si se logró un registro filmico que comprueba su presencia en la zona del estudio. Todos los peces fueron Actinopterygios, Teleosteos, y se agruparon en seis órdenes, 20 familias y 45 especies (Tabla 1). De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la utilización del modelo de Clench para la curva de acumulación de especies ($R=0.9998$, Var expl.= 99.95%) la proporción de fauna registrada para toda la porción del río estudiada fue del 95,74% con respecto a una esperada de 47 especies. Los datos se ajustaron al modelo exponencial negativo, coincidiendo los valores observados con los esperados (Figura 1). La representación general por órdenes estuvo dominada por los Characiformes (9 familias, 19 especies) y Siluriformes (5 familias, 16 especies), la abundancia también fue dominada por estos dos órdenes aportando el primero el 58.3% y el segundo 35.3%, es decir más del 90% de los peces capturados. El orden Cichliformes (Nelson 2016) fue representado por una sola familia sin embargo en abundancia es el que se ubica después de los dos ya mencionados aunque con un aporte de tan solo el 3.5% (Figura 1).

Tabla 1. Listado de las especies de peces que habitan el río Purnio a su paso por la hacienda La Española. Se señalan las especies endémicas para el país, las migratorias con el tipo de migración (Naranjo y Amaya 2009): migraciones cortas (MC), migraciones medianas (MM), migraciones grandes (MG), longitudinales (LON) locales (LOC) y transfronterizas (TRF). Las categorías de amenaza se reportan de acuerdo con el libro rojo de peces de agua dulce de Colombia (Mojica et al. 2012). Abundancia en zona de minería (M), abundancia en zona de bosque (B), abundancia en zona silvopastoril (S). Ecosistema: (R) río, (Q) quebrada, (L) laguna.

Orden	Familia	Especie	E	Migración	Categoría Amenaza	M	B	S	Ecosistema
Characiformes	<i>Parodontidae</i>	<i>Parodon suborbitalis</i>				11	12	24	R, Q
	<i>Curimatidae</i>	<i>Cyphocharax magdalenae</i>	x	MC		3	2	10	R, L
	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Prochilodus magdalenae</i>	x	MM,LON,LOC	Vu (A2c, d)	14	1	6	R, L
	<i>Anostomidae</i>	<i>Leporinus muyscorum</i>	x	MC	Vu (A2d)	3	1	0	R
	<i>Crenuchidae</i>	<i>Characidium fasciatum</i>				3	0	7	R, Q
	<i>Gasteropelecidae</i>	<i>Gasteropelecus maculatus</i>				0	1	0	Q
	<i>Characidae</i>	<i>Argopleura magdalenensis</i>	x			81	32	0	R, Q
		<i>Astyanax magdalenae</i>	x			0	6	0	R, L
		<i>Astyanax fasciatus</i>				13	28	118	R, Q, L
		<i>Astyanax microlepis</i>	x			62	62	0	R, L
		<i>Creagrutus magdalenae</i>	x			253	353	250	R, Q
		<i>Gephyrocharax melanocheir</i>	x			10	32	12	R, Q
		<i>Hemibrycon sp.</i>				8	27	1	R, Q
		<i>Microgenys minuta</i>	x		NT	4	13	31	R
		<i>Roeboides dayi</i>				3	89	19	R, Q, L
		<i>Saccoderma hastatus</i>	x			30	131	41	R, Q
		<i>Salminus affinis</i> *	x	MM	Vu (A2c, d)	0	1	0	R
	<i>Erythrinidae</i>	<i>Hoplias malabaricus</i>				5	11	6	R, Q, L
	<i>Ctenolucidae</i>	<i>Ctenolucius hujeta</i>				3	2	0	R, Q

Orden	Familia	Especie	E	Migración	Categoría Amenaza	M	B	S	Ecosistema
Siluriformes	<i>Cetopsidae</i>	<i>Cetopsis othonops</i>	x			0	2	0	R
	<i>Trichomycteridae</i>	<i>Trichomycterus banneai</i>	x			119	181	121	R, Q
	<i>Loricariidae</i>	<i>Hypostomus hondae</i>			NT	43	19	18	R, Q, L
		<i>Lasiancistrus caucanus</i>				68	130	57	R, Q
		<i>Chaetostoma fischeri</i>				8	15	4	R, Q
		<i>Chaetostoma leucomelas</i>	x			21	23	33	R, Q
		<i>Chaetostoma marginatum</i>				1	3	1	R
		<i>Chaetostoma milesi</i>				0	5	2	R, Q
		<i>Chaetostoma thomsoni</i>	x			0	7	0	R
		<i>Crossoloricaria variegata</i>				0	0	2	R
		<i>Dasylicaria filamentosa</i>				2	0	4	R
		<i>Sturisomatichthys leightoni</i>	x			71	65	53	R, Q
	<i>Heptapteridae</i>	<i>Cetopsorhamdia nasus</i>	x			3	10	9	R, Q
		<i>Pimelodella chagresi</i>				2	1	0	R, Q
		<i>Rhamdia guatemalensis</i>				2	2	4	R, Q, L
	<i>Pimelodidae</i>	<i>Pimelodus blochii</i>		MG,LON,TRF		1	0	0	R
Gymnotiformes	<i>Sternopygidae</i>	<i>Syternopygus aequilabiatus</i>	x			2	2	0	R, Q
		<i>Eigenmannia humboldtii</i>				4	6	5	R, Q, L
	<i>Apteronotidae</i>	<i>Apteronotus mariae</i>	x			0	3	0	R, Q
		<i>Apteronotus echsmeyeri</i>	x			0	1	0	R
Cichliformes	<i>Cichlidae</i>	<i>Caquetaia kraussii</i>				3	1	4	R, L
		<i>Andinoacara latifrons</i>				9	17	17	R, L
		<i>Geophagus steindachneri</i>				13	26	19	R, Q
Cyprinodontiformes	<i>Rivulidae</i>	<i>Cynodonichthys magdalenae</i>	x			0	0	12	Q
	<i>Poeciliidae</i>	<i>Poecilia caucana</i>				4	47	5	R, Q, L
Synbranchiformes	<i>Synbranchidae</i>	<i>Synbranchus marmoratus</i>				0	2	0	Q, L
Total	20	45	21	5	5	882	1372	895	

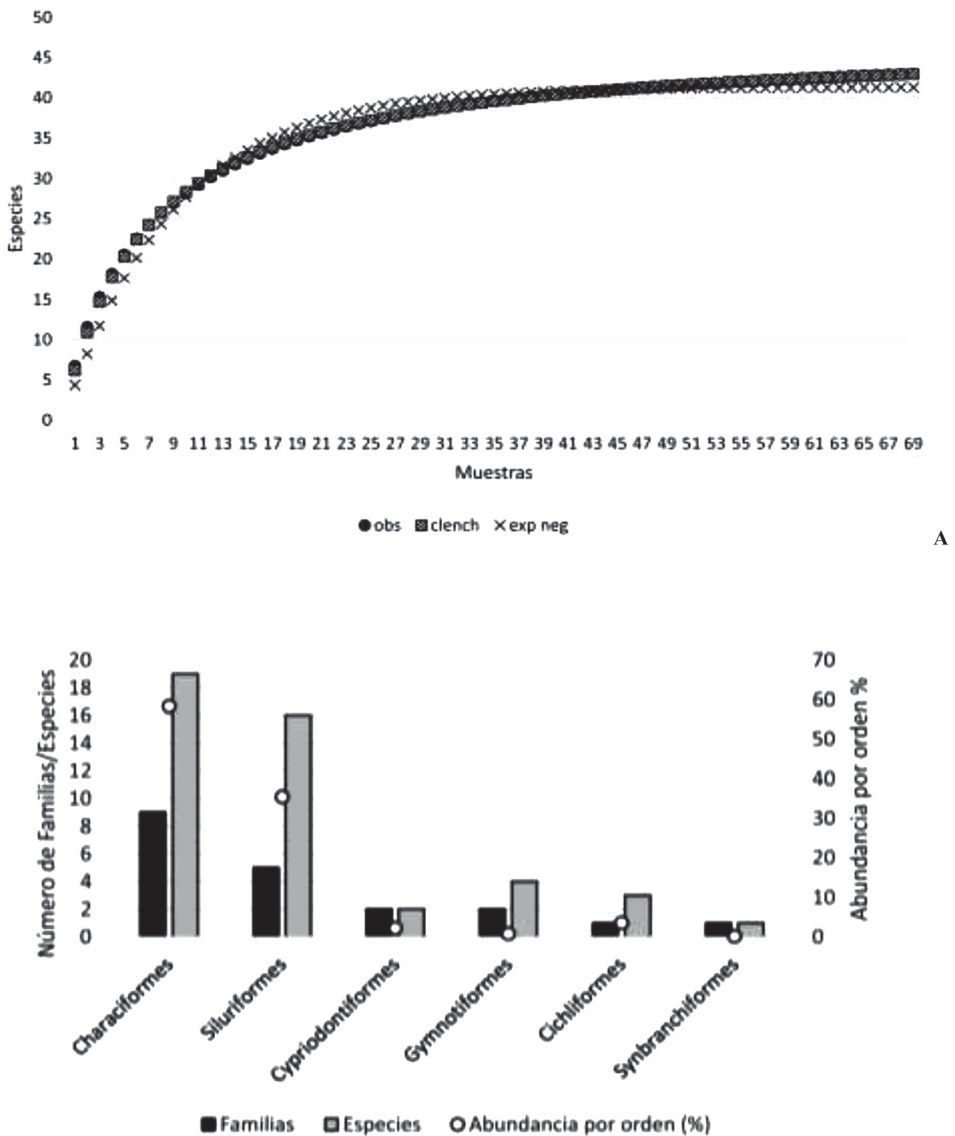
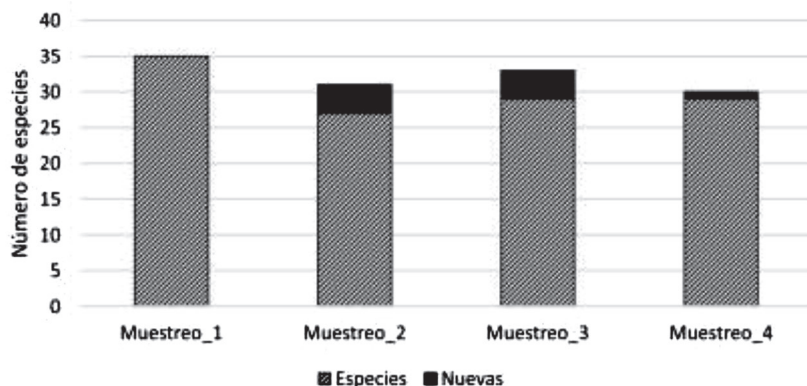


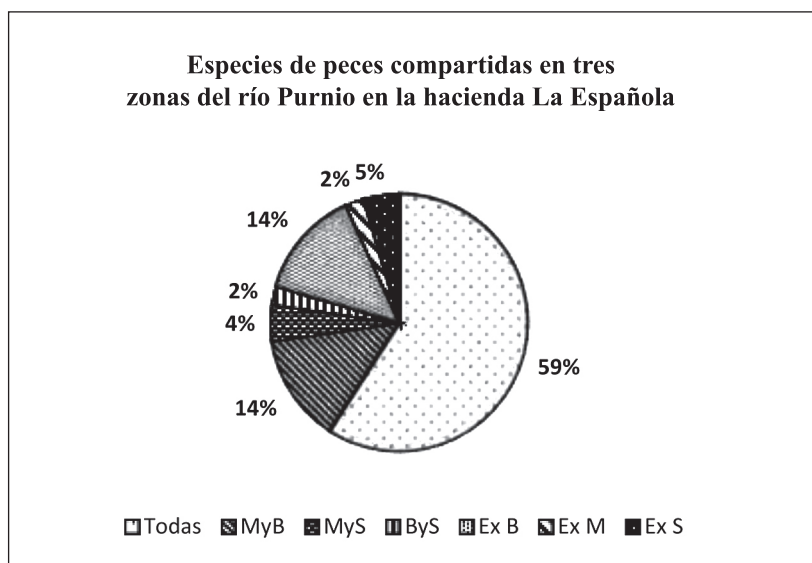
Figura 1. A. Curvas de acumulación mediante ajuste a los modelos de Clench y Exponencial negativa. Obs: valores observados en el muestreo. B. Representación de familias y especies por orden y contribución de cada orden a la abundancia.

La captura de especies por muestreo se incrementó paulatinamente a medida que se incrementó el esfuerzo de muestreo (Figura 2). Sin embargo, la tasa de recambio en la composición de especies capturadas en cada muestreo fue alta, aunque la similitud fue siempre superior al 50% (Figura 2). El análisis multidimensional del muestreo permite ver que no existen agrupaciones particulares de puntos de muestreo que indiquen exclusividad

de hábitats para cada zona (Figura 4), aun así se observó una agrupación principal que reúne la mayor cantidad de sitios de muestreo que se sustenta en una buena representación basados en el nivel de stress del análisis (0.12).



A.



B.

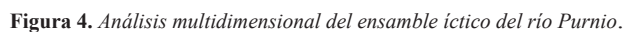
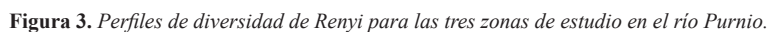
Figura 2. A. Especies capturadas por muestreo. En negro se muestran las especies que se adicionaban en cada muestreo. **B.** Proporción de especies compartidas y exclusivas para cada zona: minería y bosque (MyB), minería y silvopastoril (MyS), bosque y silvopastoril (ByS), exclusivo bosque (ExB), exclusivo minería (ExM), exclusivo Silvopastoril (ExS).

Las familias con mayor número de especies fueron *Characidae* (11) y *Loricariidae* (10). *Aptereronotidae*, *Cetopsidae* y *Synbranchidae* sólo se capturaron en la zona de bosque, *Rivulidae* sólo en la zona silvopastoril y *Pimelodidae* sólo en la zona de minería. La familia *Characidae* presentó la especie más abundante en las tres zonas: *Creagrutus affinis* (361 individuos). Esta especie además estuvo presente en la mayoría de sitios muestreados. 26 especies se encontraron en las tres zonas (57%), siete especies se encontraron sólo en la zona de bosque (16%), sólo dos fueron exclusivas de la zona silvopastoril (4%) y una de la zona de minería (2%) (Figura 3 C). De las especies encontradas, 19 son endémicas de nuestro país (43%), cinco (11,36%) están reportadas en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia 2012 (Mojica *et al.* 2012) y diez (22,72%) hacen parte del Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia (Lasso *et al.* 2011). De las 45 especies encontradas, 40 se observaron en el río Purnio (88.9%), 28 en sus quebradas afluentes (62.2%) y 14 especies en las lagunas de desborde (31.1%). 26 especies se compartieron entre el río y sus quebradas (57.7%), 13 entre el río y las lagunas (28.8%) y nueve entre las quebradas y las lagunas (2%). Todas las especies de los sistemas lénticos se capturaron también en los sistemas lóticos.

La zona con influencia de bosque presentó la mayor abundancia (1372 individuos) y la mayor riqueza de especies (40 spp. 38%), la zona con influencia de minería le siguió en número de especies (35 spp. 33%), pero no en abundancia, donde la zona silvopastoril mostró un valor más alto (895 individuos). Para la diversidad los índices con valores más altos se observan en la zona de bosque ($H' = 2,659$), lo sigue la zona silvopastoril que además tiene el valor más alto en la equidad ($J = 0,749$). La zona de minería presentó un valor más alto de dominancia ($D = 1,294$) con respecto a las otras dos zonas. Se observó una tendencia similar de la diversidad entre la zona silvopastoril y la de minería pero la zona de bosque siempre mostró valores superiores (Figura 3).

Tabla 2. Indicadores univariados de diversidad y dominancia para las zonas muestreadas en el río Purnio.

	Bosque	Minería	Silvopastoril	General
Riqueza (S)	40	35	31	45
% S	88.9	77.8	68.9	100
Abundancia (N)	1373	882	895	3150
% N	43.6	28	28.4	100
Dominancia D	0.115	0.129	0.128	0.116
Shannon H'	2.661	2.568	2.572	2.72
Equidad Pielou J	0.722	0.722	0.749	0.715



En cuanto a las características hidrológicas del río, se observó el descenso en el flujo de agua, empezando con un caudal moderado en el primer muestreo en el mes de abril (213,72 m³/s). El mes de mayo mostró una reducción a 132,92 m³/s, el descenso continuó en junio (53,04 m³/s) hasta el muestreo final en julio cuando el caudal fue de tan solo 28,63 m³/s. La reducción en el cauce húmedo, por lo tanto, fue evidente. La comparación de los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de los diez puntos de muestreo no presentaron diferencias significativas, (Tabla 3). El oxígeno disuelto en la quebrada de la zona de bosque fue el más alto de todos los sitios muestreados. La conductividad fue la variable que mostró la mayor variación siendo más baja para la zona de bosque y su quebrada. Los hábitats de raudal fueron los más frecuentes dentro de los hábitats disponibles en la zona de bosque (72%); la cobertura arbórea sobre el cauce fue mayor en la zona de bosque (45%). El sustrato rocoso fue el más común en las tres zonas, siendo el 90 % en la zona de bosque. El sustrato arenoso y las zonas de pozos se presentaron en mayor proporción en la zona silvopastoril (Figura 5).

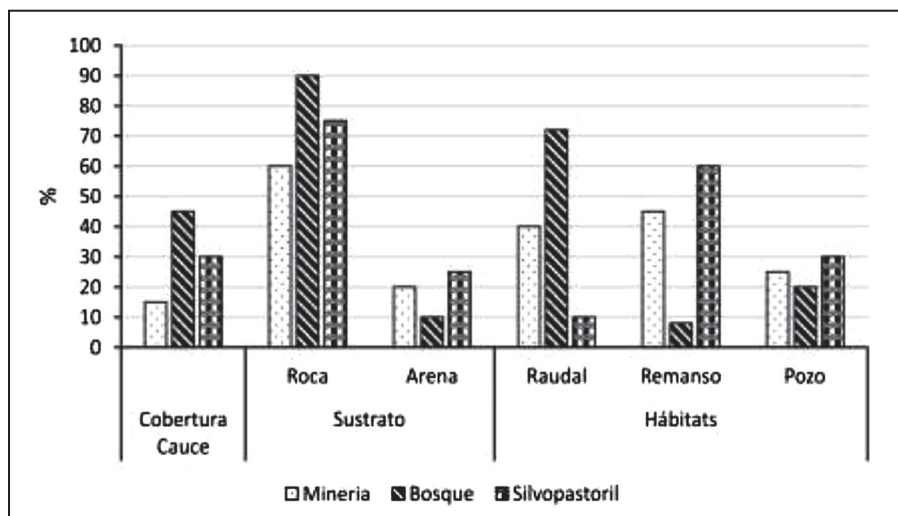


Figura 5. Composición porcentual de Cobertura arbórea sobre el cauce, sustrato de fondo y hábitats de acuerdo a la velocidad del agua y profundidad.

Tabla 3. Valores promedio para los parámetros fisicoquímicos tomados en diferentes zonas del río Purnio con la correspondiente prueba de Kruskal Wallis donde se presenta en la diagonal superior derecha los valores con corrección de Bonferroni y los valores sin la corrección en la diagonal inferior izquierda.

	Minería	Bosque	Silvopastoril	Quebrada bosque	Quebrada silvopastoril
Temperatura (°C)					
Promedio	27.18	27.27	27.30	25.18	24.85
± DE	0.33	1.46	0.20	0.93	0.05
Kruskal Wallis					
Minería		0.663	0.825	0.081	0.064
Bosque	1		0.663	0.190	0.064
Silvopastoril	1	1		0.0809	0.0636
Quebrada bosque	0.8086	1	0.8086		0.6428
Quebrada silvopastoril	0.636	0.636	0.636	1	
Oxígeno disuelto (mg/L)					
Promedio	7.71	7.66	7.79	8.13	7.71
± DE	0.32	0.14	0.22	0.21	0.13
Kruskal Wallis					
Minería		1	1	0.1904	0.8248
Bosque	1		0.3827	0.08086	0.6625
Silvopastoril	1	1		0.1904	1
Quebrada bosque	1	0.8086	1		0.08086
Quebrada silvopastoril	1	1	1	0.8086	
Saturación OD (%)					
Promedio	74.33	84.27	91.65	97.55	93.45
± DE	6.78	13.58	9.20	2.90	0.16
Kruskal Wallis					
Minería		0.3827	0.08086	0.08086	0.08086
Bosque	1		0.6625	0.1904	0.6625
Silvopastoril	0.8086	1		0.6625	0.6625
Quebrada bosque	0.8086	1	1		0.08086
Quebrada silvopastoril	0.8086	1	1	0.8086	
Conductividad (µS/cm²)					
Promedio	64.30	52.48	58.00	59.85	67.60
± DE	3.30	1.61	1.35	0.55	0.40
Kruskal Wallis					
Minería		0.08086	0.08086	0.08086	0.2683
Bosque	0.8086		0.08086	0.08086	0.08086
Silvopastoril	0.8086	0.8086		0.1904	0.08086
Quebrada bosque	0.8086	0.8086	1		0.08086
Quebrada silvopastoril	1	0.8086	0.8086	0.8086	

4 Discusión

De los siete órdenes que han sido reportados para el río Magdalena (Galvis y Mojica 2007) en esta fracción del río Purnio se encuentran seis, lo cual manifiesta una alta representatividad de órdenes con respecto a la región. De la misma forma, la representatividad para las familias de peces encontradas en el río frente a las reportadas para la región del Magdalena supera la mitad, hallándose 20 de 34 (58%).

Las 45 especies encontradas en este muestreo representan el 35% cuando se comparan con lo reportado por Mojica *et al.* en 2006 para toda la región del Magdalena Medio (129 especies). Sin embargo, sólo el 25% de la riqueza fue reportada para el departamento de Caldas por Restrepo-Santamaría y Álvarez-León (2011) quienes registraron 180 especies, pero ellos incluyen especies introducidas y trasplantadas para cultivo. Aun así, se puede considerar una alta representatividad si se tiene en cuenta que se ha muestreado tan sólo una pequeña porción de un afluente del río Magdalena.

La riqueza de especies y la diversidad no exhibieron diferencias significativas cuando se compararon las zonas de influencia. Sin embargo, la zona de menor impacto (zona de bosque) tiene mejores indicadores, convirtiéndola en referente para el manejo y la conservación del sitio. Esta diferencia puede estar asociada con la mayor cobertura arbórea que cubre el cauce, como se ha evidenciado en trabajos como el de Bustillos (2009) donde se establece la influencia de la cobertura vegetal sobre la riqueza y diversidad de peces en arroyos del piedemonte. Las zonas de influencia de minería y silvopastoril presentaron valores más altos de dominancia lo que puede estar reflejando un grado de perturbación que hace que las especies más tolerantes dominen en abundancia con respecto a las demás (Allan y Castillo 2007).

Los órdenes más representativos y más diversos fueron Characiformes y Siluriformes como sucede para la mayoría de sistemas fluviales en Colombia y del Neotrópico (Villa-Navarro *et al.* 2007). La presencia de algunas familias en sólo una de las zonas de influencia puede indicar alguna característica de hábitat particular asociada a cada una de ellas; por ejemplo, *Rivulidae* se encontró sólo en una quebrada de la zona silvopastoril, que probablemente ofrecía las características adecuadas para ella en particular.

En cuanto al valor representativo de las especies encontradas, destaca que el río sirve de hábitat a 21 especies endémicas de nuestro país (Maldonado *et al.* 2008), cinco que están reportadas en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia con alguna categoría de amenaza, de estas, tres se incluyen en la resolución 192 de 2014. Se destaca el bocachico, *Prochilodus magdalenae* en estado de vulnerable (A2c, d); especie que además tiene un valor comercial por su condición de pez de consumo. Si bien en la zona de estudio no existe un componente de explotación comercial, su presencia hace del río Purnio un lugar de resguardo de individuos que en algún momento pueden constituirse en una reserva del stock que migrará hacia el río Magdalena. El río Purnio también sirve de hábitat para el mohino (*Leporinus muyscorum*), incluido en la resolución 192 de 2014) y el nicuro o barbudo (*Pimelodus blochii*) que son especies importantes en la producción pesquera a nivel nacional (Lasso *et al.* 2011) y que junto a otras especies como las sardinas del género *Astyanax* o el perro (*H. malabaricus*) son fuente de proteína animal para las comunidades locales.

Los ambientes lénticos en la zona de estudio son producto de labores de explotación minera, pero están sirviendo como hábitats probablemente transitorios para algunas especies de peces (e.g. *Cyphocharax magdalenae*, *Roeboides dayi*, *Andinoacara latifrons*, *Poecilia caucana*) debido a la temporalidad de estas lagunas que dependen de las aguas de la temporada de lluvias para conectarse con el río. Además, el hecho de capturar todas las especies de los sistemas lénticos (lagunas) en los sistemas lóticos puede indicar que los peces que habitan estas lagunas no son exclusivos de ellas y que posiblemente sus poblaciones no estén aisladas del río sino que es probable que haya un flujo constante de especies e individuos entre el río y las lagunas aledañas, siendo estas lagunas en función semejantes a los humedales, ciénagas y madrevejas que hacen parte de los sistemas naturales del río Magdalena (Valderrama y Zárate 1989, Lucas y Baras 2001, Pinilla y Duarte 2006, Jiménez-Segura 2007).

Se destacan también las especies migratorias como un indicador de importancia de esta porción del río como un lugar de paso de poblaciones de peces. Llama la atención que todas estas especies migratorias son importantes como peces de consumo tradicional y en la pesquería continental de nuestro país, haciendo que su presencia y conservación en la zona contribuyan a procesos de conservación a un nivel de extensión mayor como para la cuenca local del río Magdalena o a nivel general del país. Revenga *et al.* (2005) y MEA (2005) afirman que a nivel mundial las cinco mayores amenazas para la biodiversidad acuática son los cambios en el régimen hidrológico causados por la construcción de represas, la extracción de agua, la contaminación, la introducción de especies no-nativas y la sobreexplotación de los recursos. Teniendo en cuenta esto, la presencia de algunas especies en las tres zonas del río como *Chaetostoma fischeri*, cuyo valor se reconoce como indicador de buena calidad de aguas por su sensibilidad a la alteración de sus hábitats principalmente por sedimentación junto con *C. marginatum* y *Cetopsorhamdia nasus*, que son sensibles a contaminación por materiales orgánicos o por químicos (Mojica *et al.* 2005) permite inferir que el río Purnio a su paso por la hacienda La Española aún tiene una calidad de agua que puede considerarse buena con unas condiciones ambientales asociadas que no representan un nivel de deterioro extremo y que debe procurar mantenerse, reduciendo los posibles focos de perturbación que le puedan estar afectando. Destaca que en esta porción del río Purnio no se encontraron especies de peces introducidas o trasplantadas lo cual es determinante para la preservación de las especies nativas que lo habitan y de la integridad biológica natural de sus ecosistemas (Simberloff *et al.* 2012).

En cuanto a presiones ambientales, a pesar de que no se registro un impacto de degradación extrema, si se detectó intervención del río por labores de extracción minera de material de construcción y minería artesanal de oro, resultado de excavaciones puntuales que remueven gran cantidad de sedimento. Tanto las excavaciones de los mineros como el lavado del material de construcción forman una pluma de sedimento que afecta directamente la calidad en de un tramo del río e, incluso cuando descende el caudal, se observa la deposición de sedimento sobre las rocas en forma de lama. Esta perturbación podría alterar algunos procesos biológicos como la formación de las películas del biofilm y el crecimiento del perifiton, situación que puede impactar a especies sensibles (Copp 2003), pues aunque naturalmente pueden darse estas situaciones, la actividad minera puede aumentar la periodicidad e intensidad del efecto de tal manera que las comunidades biológicas no logran adaptarse a los cambios (Allan y Castillo 2007).

Agradecimientos

A Mario Fernando Velasco, propietario de la Hacienda La Española, por facilitar el apoyo logístico necesario para la realización de este estudio. A Rodrigo Lozano, Carlos Burbano y Natalia Rivera quienes colaboraron en los muestreos. A doña Cecilia y demás trabajadores de la hacienda que decididamente nos colaboraron en todas las necesidades operativas. Este trabajo fue cofinanciado por Ecopetrol, Corpocaldas y la Universidad del Valle en el marco del proyecto de investigación "Implementación de indicadores biológicos como herramienta para evaluar cambios en la integridad ecológica de los fragmentos de bosque seco tropical presentes en Victoria - La Dorada, Caldas" CI7945, Convenio de colaboración N° 5212085/2013.

Referencias bibliográficas

- [1] Allan J.D. y Castillo M.M. (2007) *Stream ecology structure and function of running waters*. Second edition; Editorial Springer. Holanda; 436 pp.
- [2] Alonso, D.; Pineda, P.; Olivero, J.; González, H. y Campos, N. (2000) Mercury levels in muscle of tow fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Environ. Pollution.*, 109: 157-163.
- [3] Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. y Stribling, J.B. (1999) *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. EPA 841-B99-002. US. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- [4] Bhatnagar, A. y Devi, P. (2013) Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences* Volume 3, No 6.
- [5] Buckup, P.A. (2004) *Introducao a Sistemática de Peixes Neotropicales: chaves de identificacao*. Volumen II. Rio de Janeiro. Universidade Federal. 46 p.
- [6] Bustillos, E. (2009) Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre la comunidad de peces en el piedemonte andino (Cochabamba - Bolivia). Tesis de grado para optar al título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 82 pp.
- [7] Clarke, K. R. & R. N. Gorley (2009) *PRIMER v 6.1.1.3: User Manual Tutorial*, Primer-e, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.
- [8] Colwell, R.K. (2013). *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 9*. University of Connecticut, Storrs, CT 06869-3043, USA
- [9] Dahl G, 1971. *Los Peces del Norte de Colombia*. INDERENA. Bogotá. 391 pp.
- [10] Copp G.H. (2003) Is fish condition correlated with water conductivity? *Journal of Fish Biology*; 63, 263–266.

- [11] García-Lozano, L.C. y Dister, E. (1990) La planicie de inundación del Medio-Bajo Magdalena, restauración y conservación de habitats. *INTERCIENCIA*. 15 (6): 396 – 410.
- [12] Gery, J. (1977). *Characoids of the world. USA*. T.F.H Publications, Inc. New York, Usa. (p. 672).
- [13] Griffiths, S.P. (2000) The use of clove oil as an anaesthetic and method for sampling intertidal rockpool fishes. *Journal of Fish Biology*, 57, pp. 1453–1464.
- [14] Hammer, O.; Harper, D. A. T. y Ryan (2001). PAST Palaeontological Statistics, software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* (1):9 pp, ver. 2.17 C febrero 2013.
- [15] Hutcheson, K. (1970) A test for comparing diversities based on the Shannon formula. 1. *Theoret. Biol.* 29: 151-154.
- [16] Jiménez-Segura, L.F. (2007) Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del río Magdalena a la altura de Puerto Berrio. Tesis de doctorado en Biología. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia.
- [17] Lasso, C.A.; Agudelo-Cordoba, E.; Jimenez-Segura, L.F.; Ramirez-Gil, H.; Morales-Betancourt, R.E.; Ajiaco-Martinez, R.E.; Gutierrez, F. de Paula, J. S. Usma- Oviedo J.S.; Muñoz-Torres, S.E. y Sanabria-Ochoa, A.I., Editores (2011) I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiologicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogota, D. C., Colombia, 715 pp.
- [18] Longino, J.T. y Colwell, R.K. (1997) Biodiversity assessment using structured inventory: Capturing the Ant fauna of a Tropical Rain Forest. *Ecological Applications*. 7 (4): 1263- 1277.
- [19] Lucas, M.; Baras, E. (2001) Migration of freshwater fishes. Oxford (Reino Unido): Wiley-Blackwell. p. 352
- [20] Maldonado-Ocampo, J.A.; Ortega-Lara, A.; Usma, J.S.; Galvis, G.; Villa-Navarro, F.A.; Vásquez, L.; Prada- Pedreros, S. y Ardila, C. (2005) *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt». Bogotá, D.C. Colombia. 346 p.
- [21] Maldonado-Ocampo, J.A.; Vari, R. y Usma-Oviedo, J.S. (2008) Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2) 143-237.
- [22] MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, DC.: Island press.

- [23] Mojica, J.I.; Galvis, G.; Sánchez-Duarte, P.; Castellanos, C.; Villa-Navarro, F.A. (2006) Peces del valle medio del río Magdalena. Colombia. *Biota colombiana* 7(1) 23-38.
- [24] Mojica, J.I.; Usma, J.S.; Álvarez-León, R. y Lasso, C.A. (Eds) (2012) *Libro rojo de peces dulceacuicolas 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.
- [25] Moreno, C.E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. Ediciones CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. México. 86 p.
- [26] Naranjo, L.G. y Amaya, J.D. (Eds) (2009) *Plan Nacional de las especies migratorias Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial- WWF. Bogotá DC. 214 p.
- [27] Nelson, J.S.; Grande, T. y Wilson, M. (2016) *Fishes of the World*. Fifth edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. 707 p.
- [28] Alcaldía Municipal de Victoria Caldas. Plan de Desarrollo Municipio de Victoria, Caldas (2008-2011) Departamento de Caldas, Municipio de Victoria, Colombia.
- [29] Olivero, J.; Solano, B. y Acosta, I.; (1998) Total mercury in muscle of fish from marshes in goldfields, Colombia. *Bull. Environ. Toxicol.*, 61: 182-187.
- [30] Pinilla, G. y Duarte, J. (2006) La importancia ecológica de las ciénagas del Canal del Dique y la determinación de su estado limnológico. En: estudios e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del Canal del Dique informe CM. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC.
- [31] Restrepo-Santamaría, D. y Álvarez-León, R. (2011) Peces del Departamento de Caldas, Colombia. *Biota Colombiana* 12 (1) 2011 pp 117- 136.
- [32] Revenga, C.; I. Campbell, R.; Abella, P. de Villiers & Bryer, M. (2005) Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360: 397-413.
- [33] Román-Valencia, C. y Cala, P. (1997) Las especies colombianas de género *Creagrutus*. (Pisces, Characidae). En: *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Vol. 21, No 79; p. 143-157. ISSN 0370-3908.
- [34] Simberloff, D.; Martin, J.L.; Genovesi, P.; Maris, V.; Wardle, D.A.; Aronson, J.; Courchamp, F.; Galil, B.; García-Berthoud, E.; Pascal, M.; Pyšek, P.; Sousa, R.; Tabacchi, E. y Vilà, M. (2012) Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 1-9.

- [35] Tóthmérész, B. (1998) On the characterization of scale dependent diversity. *Abstracta Botanica*, 22, 149-156.
- [36] Valderrama, M.; Zárate, M. (1989) Some ecological aspects and present state of the fishery of the Magdalena river basin, Colombia, South America. En: Dodge, D.P., editor. *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106: 409-421.
- [37] Zamora, L.L.; Vila, A. y Naspleda, J. (2009) La biota de los ríos: Los Peces, en: Elosegui, A. y Sabater, S. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. España, pp. 271-291.

Dirección de los autores

Diego Córdoba Rojas

Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología,
Universidad del Valle, Cali - Colombia
diego.cordoba.rojas@correounivalle.edu.co

Daniel Vásquez

Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
daniel.vasquez@correounivalle.edu.co

Santiago Arboleda

Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología,
Universidad del Valle, Cali - Colombia
santiago.arboleda@correounivalle.edu.co

Cristian Hernández

Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
cristian.hernandez@correounivalle.edu.co

Alan Giraldo

Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología,
Universidad del Valle, Cali - Colombia
alan.giraldo@correounivalle.edu.co