
Áreas de reproducción de peces migratorios en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia

María Isabel Pareja-Carmona, Luz Fernanda Jiménez-Segura, Francisco Antonio Villanavarró, Gladys Reinoso-Flórez, Diana María Gualtero-Leal y Víctor-Julio Ángel-Rojas

Resumen

En la cuenca alta del río Magdalena se tomaron muestras semanales durante el ciclo hidrológico 2011-2012, para evaluar la reproducción de peces migratorios en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo. Para este análisis se consideraron la abundancia y la densidad de individuos en cada una de las muestras tomadas en el canal principal del río Magdalena, Páez y Suaza, a la altura de los municipios de Gigante y Garzón (Huila). Se colectaron en total 20 taxones; cuatro de ellos fueron identificados a nivel genérico específico (*Prochilodus magdalenae*, *Pseudopimelodus* spp, *Astyanax fasciatus* y *Pimelodus* spp), los 16 restantes se ajustaron a la descripción de diferentes morfotipos presentes en la clave utilizada. *Astyanax fasciatus* y *Pimelodus* spp fueron los más frecuentes y abundantes.

Palabras clave. Larvas de peces. Peces migratorios. Ictioplancton. Río Magdalena.

Abstract

During the 2011-2012 hydrological cycle, weekly samples were taken to evaluate the reproduction of migratory fishes in the area of influence of the El Quimbo hydroelectric project. This analysis considered the abundance and density of individuals in each of the samples taken in the Magdalena, Páez and Suaza rivers near Gigante and Garzón (Huila). Twenty taxa were captured. Four were confirmed taxonomically (*Prochilodus magdalenae*, *Pseudopimelodus* spp, *Astyanax fasciatus* and *Pimelodus* spp), the remaining 16 were classified according to the descriptions of different morphotypes present in the key used. *Astyanax fasciatus* and *Pimelodus* spp were the most frequent and abundant.

Key words. Larval fishes. Migratory fishes. Ichthyoplankton. Magdalena River.

Introducción

Los peces tropicales de agua dulce exhiben una gran diversidad de características morfológicas, fisiológicas, ecológicas y patrones del ciclo de vida (Vazzoler 1996). En relación con el período reproductivo, los peces presentan estrategias de vida únicas y por lo tanto adaptaciones biológicas específicas (Winemiller 1989, Nakatani *et al.* 2001), determinadas por las

variaciones en las condiciones ambientales, tanto bióticas como abióticas, las cuales varían ampliamente en el tiempo y en el espacio (Vazzoler 1996) y tienen gran influencia en las primeras etapas del ciclo de vida de los peces, ya que no actúan de forma aislada, sino en interacción con otros factores (Nakatani *et al.* 1993).

Según Agostinho *et al.* (1997), la reproducción de las especies de peces de los ríos de América del Sur, sin importar el tipo de estrategia utilizada, es muy cíclica, donde los patrones de periodicidad mantienen relaciones con las condiciones ambientales a las que están expuestos. Generalmente es temporal y existe una sincronización entre los procesos reproductivos y el incremento en el nivel de las aguas ocasionado por el régimen hidrológico (Montreuil *et al.* 2001); es así como el máximo nivel del agua actúa como indicador del final del periodo reproductivo (Vazzoler *et al.* 1997, Munro 1990). Otros factores ambientales críticos para la maduración gonadal y la reproducción son la temperatura y el fotoperíodo (Lowe-McConnell 1987).

Dentro de las principales estrategias adaptativas con fines reproductivos están los movimientos migratorios, que permiten a los organismos enfrentarse con la heterogeneidad ambiental tanto temporal como espacial de una manera previsible y que resulta en la presencia sucesiva de animales de una misma especie en diferentes hábitats (Usma *et al.* 2009). Muchas especies migran aguas arriba para desovar, lo cual favorece la deriva de huevos y larvas en los ríos, siendo vital para la dispersión en hábitats apropiados (Nikolsky 1978, Krebs 1994, Oliveira y Araujo-Lima 1998, Lucas y Baras 2001). Por lo tanto, la información sobre la comunidad de peces no se puede considerar adecuada sin un buen conocimiento de la historia natural y las primeras etapas del ciclo de vida.

El estudio del ictioplancton ha demostrado ser una herramienta muy importante para el seguimiento de las poblaciones de peces. La identificación precisa de las zonas de desove y reproducción natural de los peces es de importancia fundamental para la implementación de medidas de protección de estas áreas (Nakatani 1999). Además, la información sobre la ubicación, el tamaño y las características de los sitios de reproducción, es útil para definir acciones de manejo y conservación de los recursos pesqueros explotados (Oliveira y Araujo-Lima 1998, Nakatani 1999 y Jiménez-Segura 2007).

Por ello, en este trabajo se busca conocer las áreas de desove de los peces migratorios en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, así como las características fisicoquímicas que pueden influir en la ocurrencia de dicho proceso.

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la cuenca alta del río Magdalena en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, al sur del departamento del Huila entre las cordilleras Central y Oriental, a 69 km aproximadamente al sur de la ciudad de Neiva, en jurisdicción de los municipios de Gigante, El Agrado, Garzón, Tesalia, Paicol y Altamira (Figura 1).

Las muestras analizadas provienen de capturas realizadas semanalmente entre agosto de 2011 y julio de 2012, dentro del “Programa para manejo y protección del recurso íctico y pesquero de la cuenca alta del río Magdalena en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo”, realizado por Emgesa S. A. ESP. Las muestras se tomaron en cinco estaciones distribuidas a lo largo del cauce del río Magdalena y dos de sus principales afluentes, los ríos Páez y el Suaza. Dado que los huevos son boyantes y tienden a concentrarse por el lugar donde deriva la mayor cantidad de agua, el muestreo se realizó en el centro de la sección más profunda de cada estación, tomando dos muestras: una a 0,5 m de la superficie del agua y la otra al 50 % de la profundidad total observada.

Para la colecta del ictioplancton se utilizó una red con malla de 0,4 mm y 0,38 m de diámetro en su boca. El volumen de agua que se filtró fue medido con la ayuda de un flujómetro mecánico *General Oceanics*, instalado en el centro de la boca de la red. En cada muestreo, la red filtró contraflujo durante un minuto; el contenido filtrado se dispuso en un frasco de plástico de 1 L. Cada muestra fue fijada en formol al 5 %.

Simultáneo al muestreo se registró el valor de otras variables (velocidad del agua, nubosidad, cambio en la altura de la columna de agua, temperatura) y se tomaron muestras de agua para medir variables químicas como conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales y sólidos suspendidos.

En el laboratorio, cada grupo de larvas fue separado según el avance en su desarrollo de acuerdo con lo propuesto por Kendall *et al.* (1984), con modificaciones de Nakatani *et al.* (2001) en: larval vitelino, pre-flexión, flexión y post-flexión. Para determinar de cada individuo, se utilizó la clave de

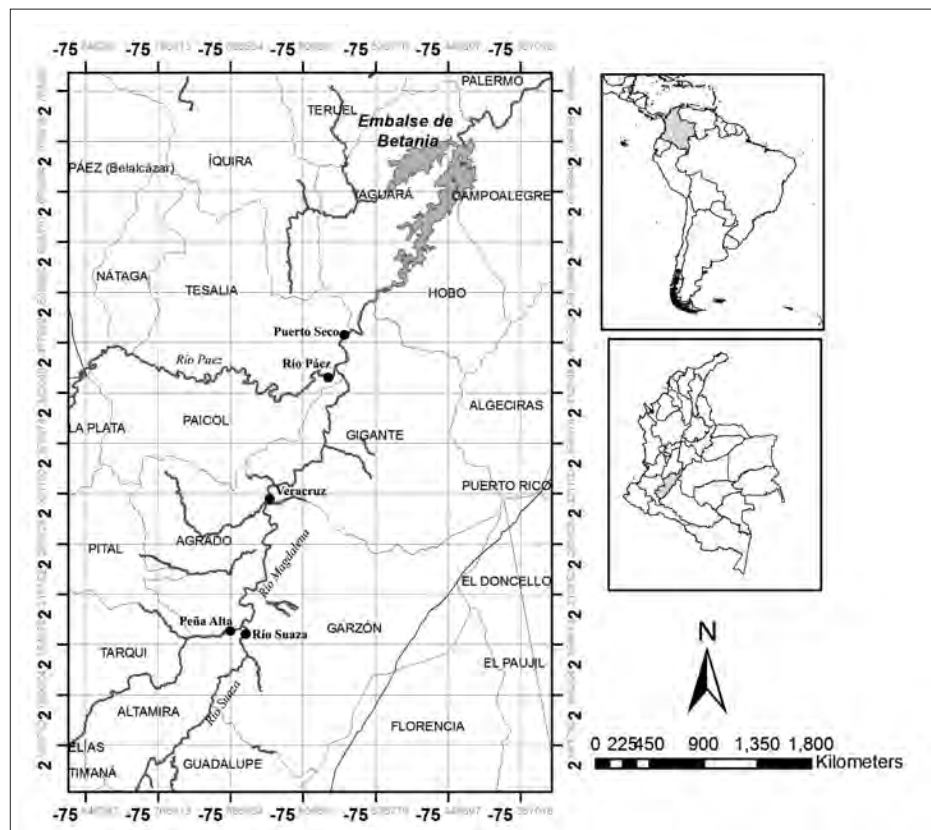


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones evaluadas en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo (Huila, Colombia).

identificación propuesta por Jiménez-Segura (2007) para larvas del río Magdalena. Aunque esta clave es una herramienta en permanente construcción debido a la alta variabilidad de formas presentes en el ictioplancton, permite identificar ejemplares de especies migratorias contenidas y, en caso de no cumplir con la descripción, asignarle a cada individuo un morfotipo previamente descrito. Los ejemplares identificados fueron consignados en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Ictiología.

La densidad de ictioplancton (ind.m^{-3}) fue estimada de acuerdo con la abundancia encontrada en la muestra y el volumen de agua filtrado. La definición de la distribución espacial y temporal de los desoves se hace con base en análisis gráfico de distribución semanal de la densidad en cada estación de muestreo.

A partir del tiempo de incubación pos-fertilización de embriones y larvas encontrados, y teniendo en cuenta

la velocidad promedio del río (estimada a partir de tres puntos dentro de la sección donde se tomó la muestra) en el momento en que fue tomada la misma, se estimó la distancia de recorrido promedio de los individuos desde el lugar de fertilización hasta el sitio de captura. El tiempo de incubación para cada periodo y fase de desarrollo para especies migratorias, fueron obtenidos de la información disponible en trabajos de tesis, publicaciones e informes técnicos. En los casos que no se tuvo información para la especie se recurrió a la información disponible para otras especies del género. Para georreferenciar los sitios de desove, fueron utilizados las imágenes y herramientas disponibles en el programa *Google Earth*. Con ellas, se trazó desde la estación de captura y siguiendo la dirección río arriba, la distancia (mínima y máxima) desde donde los embriones derivaron.

Para identificar cuáles de las variables ambientales influyen sobre la densidad del ictioplancton, se utilizó la prueba de correlación de Spearman. Se consideraron

relaciones importantes aquellas significativas ($p < 0,05$) con valores de $r > 0,5$.

Para conocer si la variación en la estabilidad del cuerpo de agua influyó en la densidad de ictioplancton, se estimó la serie temporal del índice de fluctuación de Dubois (Guisande *et al.* 2006). Este índice se estima a partir de las variables fisicoquímicas en la masa de agua y ambientales en cada estación y día muestreado. Ésta relación permite cuantificar el grado de estabilidad del sistema a lo largo del tiempo en el conjunto de variables medidas en cada estación. Valores bajos indican un sistema estable, es decir, dónde no hay grandes variaciones en las características y el comportamiento se ajusta a una media, por el contrario, valores altos indican un cambio significativo en las variables estudiadas.

Resultados

Se colectaron en total 6557 individuos (densidad total = 2,5 ind. m⁻³), distribuidos en 20 taxones (Tabla 1), de los cuales cuatro de ellos fueron identificados hasta género y/o especie (*Prochilodus magdalenae*, *Pseudopimelodus* spp, *Astyanax fasciatus* y *Pimelodus* spp), los 16 restantes se ajustaron a la descripción de diferentes morfotipos presentes en la clave utilizada. *Astyanax fasciatus* y *Pimelodus* spp fueron los más frecuentes y abundantes. El 97% de los individuos capturados se encontraron en periodo de embrión (fase final) y en larva vitelínica, momentos del desarrollo ontogénico de difícil identificación debido a la ausencia de caracteres morfológicos discriminatorios.

Tabla 1. Lista de taxones encontrados en las muestras de ictioplancton entre agosto de 2011 y julio de 2012, distribución de su densidad por estación y total. **RM-PA:** río Magdalena-Peña Alta. **RS:** río Suaza. **RM-V:** río Magdalena Veracruz. **RP:** río Páez. **RM-PS:** río Magdalena-Puerto Seco.

Orden	Taxón	RM-PA	RS	RM-V	RP	RM-PS	Total
	<i>Astyanax fasciatus</i>	0,003	0,004	0,005	0,001	0,005	0,0034
	<i>Prochilodus magdalenae</i>	0,008			0,001		0,0015
Characiformes	Characidae		0,004				0,0008
			0,002	0,011	0,001	0,015	0,0057
				0,002			0,0004
			0,008	0,002	0,001	0,005	0,0034
			0,002				0,0004
			0,006			0,005	0,0023
				0,002		0,002	0,0008
			0,002			0,004	0,0011
						0,002	0,0004
						0,002	0,0004
			0,002				0,0004
			0,012				0,0023
				0,005	0,001	0,002	0,0015
			0,004				0,0008
					0,002		0,0004

Cont. **Tabla 1.** Lista de taxones encontrados en las muestras de ictioplancton entre agosto de 2011 y julio de 2012, distribución de su densidad por estación y total. **RM-PA:** río Magdalena-Peña Alta. **RS:** río Suaza. **RM-V:** río Magdalena Veracruz. **RP:** río Páez. **RM-PS:** río Magdalena-Puerto Seco.

Orden	Taxón	RM-PA	RS	RM-V	RP	RM-PS	Total
Siluriformes	<i>Pimelodus</i> spp			0,002		0,002	0,0008
	<i>Pseudopimelodus</i> spp		0,002				0,0004
	sil 17		0,002	0,005		0,002	0,0015
No definido	LV15	0,003		0,002			0,0008
	NN	2,831	2,927	2,79	1,483	2,844	2,469
	Total	2,844	2,976	2,829	1,49	2,889	2,498

La mayor densidad total se observó en las estaciones de muestreo sobre el cauce del río Magdalena y en todas se capturaron ejemplares en diferentes periodos de desarrollo (Figura 2). A pesar de que la densidad media en el río Suaza fue mayor que en las otras estaciones, se debe aclarar que la captura de 901 individuos en un único muestreo elevó el valor medio muestral (Figura 3).

Los individuos de *A. fasciatus* se encontraron en todas las estaciones de muestreo. Las especies del género *Pimelodus* se capturaron en el cauce principal del río Magdalena, en las estaciones de Veracruz y Puerto Seco. *Prochilodus magdalenae* se encontró en la estación de Peña Alta y en el río Páez, mientras

que *Pseudopimelodus* spp se presentó en la estación ubicada sobre el río Suaza (Figura 4). Las densidades encontradas para las especies mencionadas fueron muy bajas ($< 0,5 \text{ ind.m}^{-3}$).

Áreas de desove. En todas las estaciones de muestreo de los ríos Magdalena, Suaza y Páez se encontraron áreas de desove (Figura 4). Las distancias de deriva estimada sugieren que estas áreas se encuentran entre los 2 y los 80 km (Tabla 2), arriba de cada una de las estaciones evaluadas. La media de distancia derivada estuvo en 60 km; con una amplitud general entre 38 y 72 km. En todas las estimaciones, con excepción del río Suaza, la altitud media a la que llegaron los adultos a desovar estuvo cerca de los 840 m.

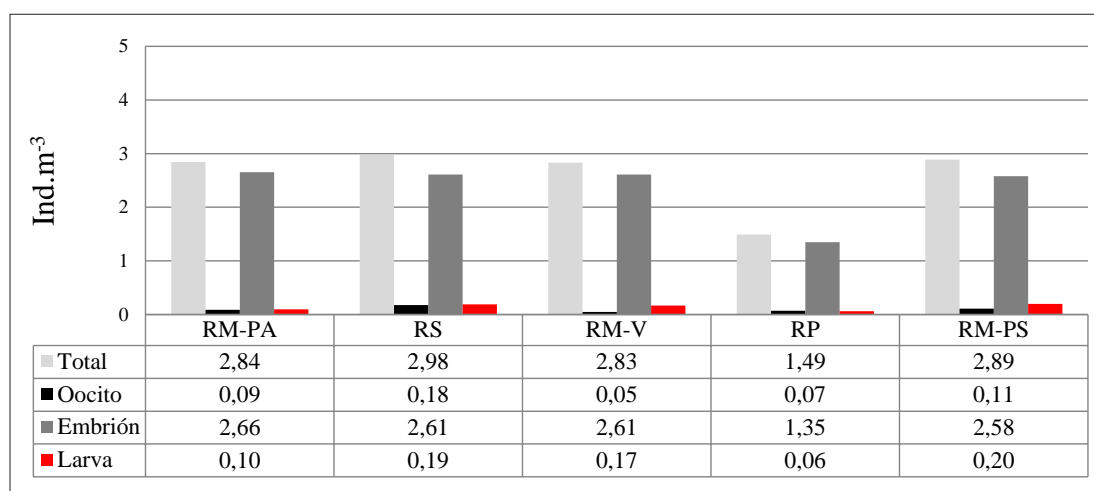


Figura 2. Distribución de la densidad total acumulada del ictioplancton (total y por periodo de desarrollo) en las diferentes estaciones de muestreo. **RM-PA:** río Magdalena-Peña Alta. **RS:** río Suaza. **RM-V:** río Magdalena Veracruz. **RP:** río Páez. **RM-PS:** río Magdalena-Puerto Seco.

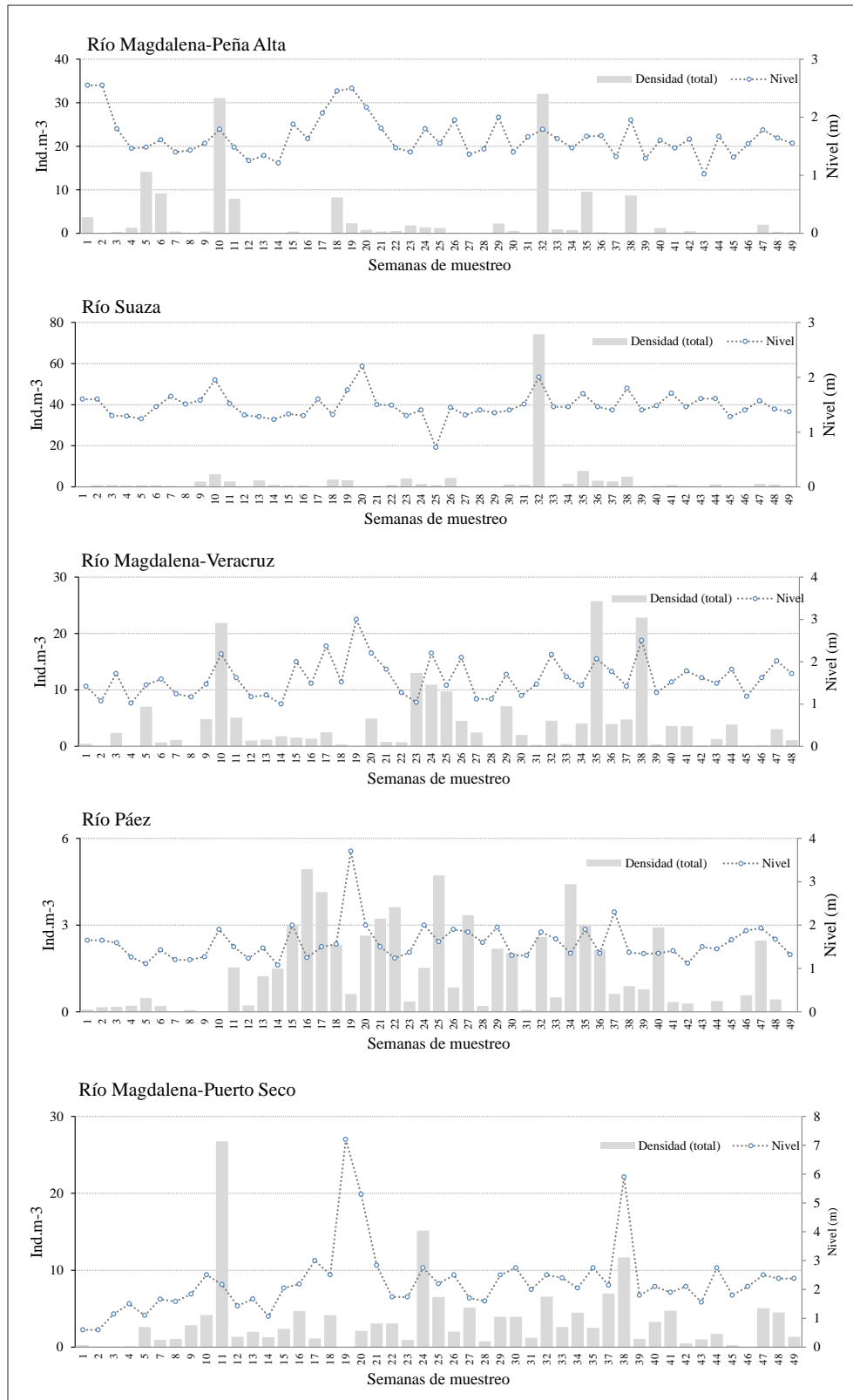


Figura 3. Distribución semanal de la densidad de ictioplancton en cada estación de muestreo y el cambio en el nivel del agua entre agosto de 2011 y julio de 2012.

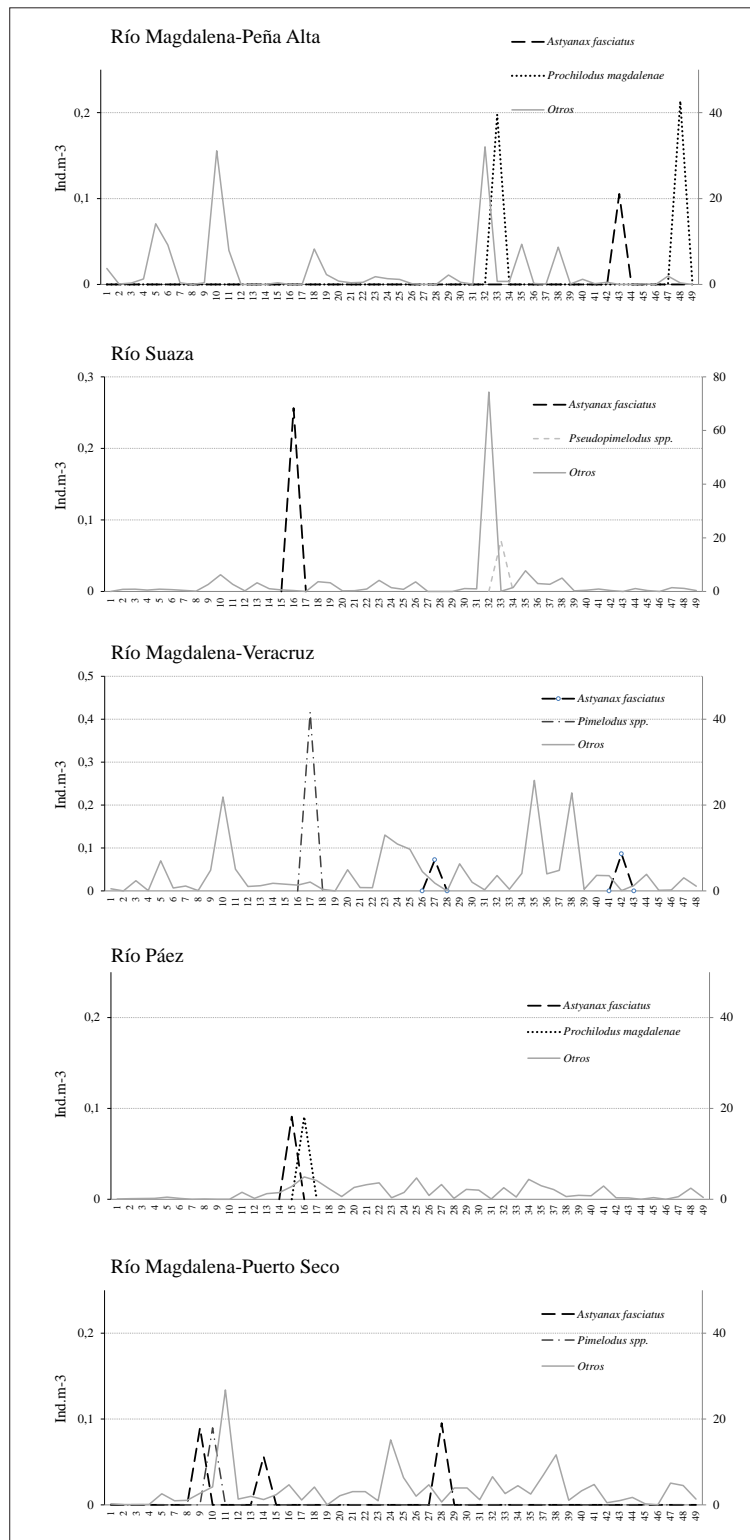


Figura 4. Distribución de la densidad de algunos taxones encontrados en los diferentes sectores muestreados arriba del embalse Betania entre agosto de 2011 y julio de 2012. Las especies y géneros identificados se grafican con el eje Y izquierdo, mientras que los demás taxones se grafican a partir del eje Y derecho.

Tabla 2. Distancia de deriva estimada a partir de los individuos en periodo embrionario capturados en cada una de las estaciones de muestreo. **RM-PA:** río Magdalena-Peña Alta. **RS:** río Suaza. **RM-V:** río Magdalena Veracruz. **RP:** río Páez. **RM-PS:** río Magdalena-Puerto Seco.

Estación	Amplitud (km)	Cauce	Distancia mínima			Distancia máxima		
			Coordenadas			Coordenadas		
			Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)
RM-PA	3,0-41	Magdalena	2° 9'53,85"	75°42'10,28"	734	2°2'43,95"	75°52'29,82"	849
RS	7,6-80	Suaza	2°7'17,95"	75°41'16,52"	786	1°46'43,37"	75°53'26,84"	1200
RM-V	2,3-57	Magdalena	2°19'08,14"	75°38'32,91"	659	2° 7'20,55"	75°46'49,02"	772
		Suaza				2° 2'54,35"	75°44'22,52"	879
RM-PSI	4,4-74	Magdalena	2°27'57,92"	75°33'34,92"	588	2°08'21,78"	75°44'29,19"	750
		Páez				2°29'5,47"	75°48'43,62"	890
		Suaza				2° 5'16,11"	75°42'32,04"	847
RP	2,0-68	Magdalena	2°26'44,54"	75°35'45,12"	627	2°29'5,47"	75°48'43,62"	890

Análisis univariado. En general, se observó relación de la densidad de ictioplancton con el cambio de aquellas características de la masa de agua que responden al periodo de lluvias, como la velocidad, temperatura, nivel, pH y conductividad (Tabla 3). La relación entre la abundancia de ictioplancton y las variables ambientales fue particular a cada estación de muestreo, para el sector de Peña Alta se observó una relación positiva en la abundancia de ictioplancton con el aumento de los sólidos totales y la reducción en la transparencia, y en el sector de Puerto Seco se observó una relación con el aumento en la velocidad del agua y la temperatura (Tabla 3).

Serie temporal. El valor del índice de estabilidad fue de $1,01 \pm 0,017$ y no presentó grandes variaciones a nivel temporal. Este comportamiento se mantuvo en todas las estaciones observadas donde la masa de agua no presentó grandes variaciones en el índice de fluctuación (Figura 6) y esto se soporta en los valores del coeficiente de variación, los cuales no superaron el 2%.

Por el contrario, la densidad de ictioplancton presentó fuertes variaciones en sus valores durante el ciclo de observación. Adicionalmente, el índice de estabilidad no presentó alguna relación con la ocurrencia de desoves en el área de análisis (Figuras 5 y 6).

Discusión

Los estudios de ictioplancton han tratado de identificar la presencia de algunas especies en determinadas zonas durante ciertos períodos de tiempo, y han permitido entender cómo esta distribución afecta el proceso de reclutamiento (Miller, 2002). Según Baumgartner *et al.* (2004), la identificación de áreas de desove y criaderos de peces naturales es de fundamental importancia para el diseño y la implementación de medidas de protección de estas áreas, con el objetivo de maximizar el reclutamiento y el mantenimiento de las poblaciones de peces (Gogola *et al.* 2010). No obstante, la identificación de las especies de peces en sus periodos de desarrollo inicial en la cuenca del río Magdalena, está apenas en sus comienzos. Jiménez-Segura (2007) construyó la primera clave dicotómica que se conoce para la cuenca con base en colectas realizadas en la cuenca media del río (sector en Puerto Berrío, Antioquia). En esta clave se asignan descripciones para cerca de 43 formas diferentes, de las cuales siete les fue posible determinar su especie. El estudio continuado en diferentes sistemas acuáticos del Magdalena ha permitido elevar a 84 el número de formas, cuya determinación taxonómica se encuentra aún en proceso.

Tabla 3. Valores de R (correlación de Spearman) entre las variables ambientales y la abundancia de embriones y larvas en las muestras obtenidas. Relaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) resaltadas en negrita.

Variable	Río Magdalena-Peña Alta		Río Suaza		Río Magdalena-Veracruz		Río Páez		Río Magdalena Puerto Seco		Área total	
	embrión	larva	embrión	larva	embrión	larva	embrión	larva	embrión	larva	embrión	larva
Velocidad (cm.s-1)	0,16	0,2	0,26	0,2	0,2	-0,04	0,27	0,18	0,32	0,25	0,3	0,15
Temperatura agua (°C)	0,12	-0,15	-0,33	0,07	-0,2	0	0,17	0,29	-0,08	0,39	-0,08	0,13
pH	-0,18	0,2	0,11	0,13	0,15	0,1	0,34	0,24	0,16	-0,22	0,09	0,09
% SO	0,12	-0,2	-0,04	0,08	0,03	-0,05	-0,17	0,01	-0,24	0,14	-0,03	0
OD	0,11	-0,26	-0,14	0,03	-0,18	-0,09	-0,13	0,09	-0,15	0,18	-0,09	0
Conductividad	-0,02	-0,1	-0,28	0,16	-0,05	0,23	0,01	0,21	0,26	0,11	0,15	0,08
ST (mg/l)	0,33	-0,1	0,18	-0,08	0,03	-0,04	-0,05	-0,19	0,07	-0,24	0,2	-0,12
SS (mg/l)	0,29	0,03	0,19	-0,01	-0,07	0,1	-0,11	-0,18	0,16	-0,15	0,15	-0,05
Nivel (m)	0,15	-0,04	0,12	-0,2	0,13	-0,07	0,12	-0,18	0,29	-0,39	0,24	-0,17
Nubosidad (%)	0,22	0,19	0,22	-0,14	-0,09	0,15	0,05	-0,06	0,07	-0,08	0,11	0,03
Transparencia (cm)	-0,41	0,002	-0,29	0,271	0,02	-0,08	-0,17	0,17	-0,23	0,09	-0,26	0,09

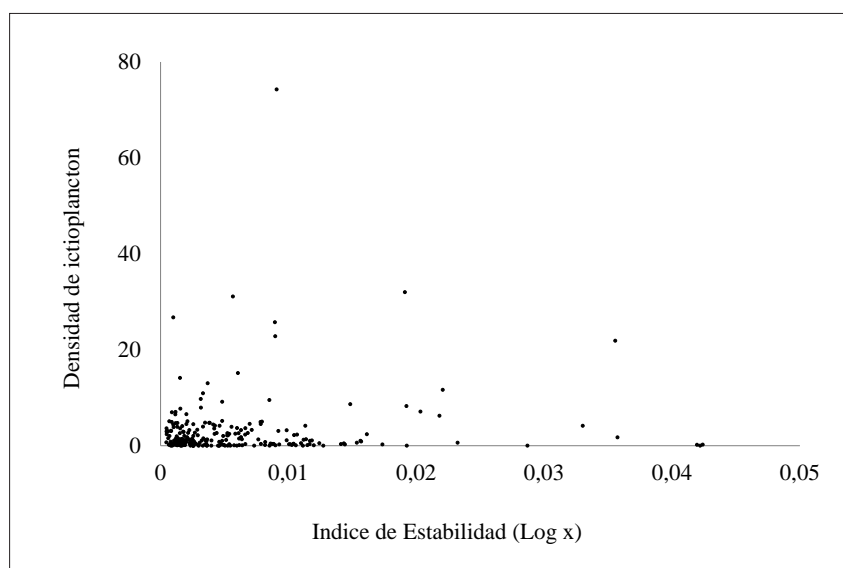


Figura 5. Relación entre el índice de estabilidad de la masa de agua y la densidad de ictioplancton.

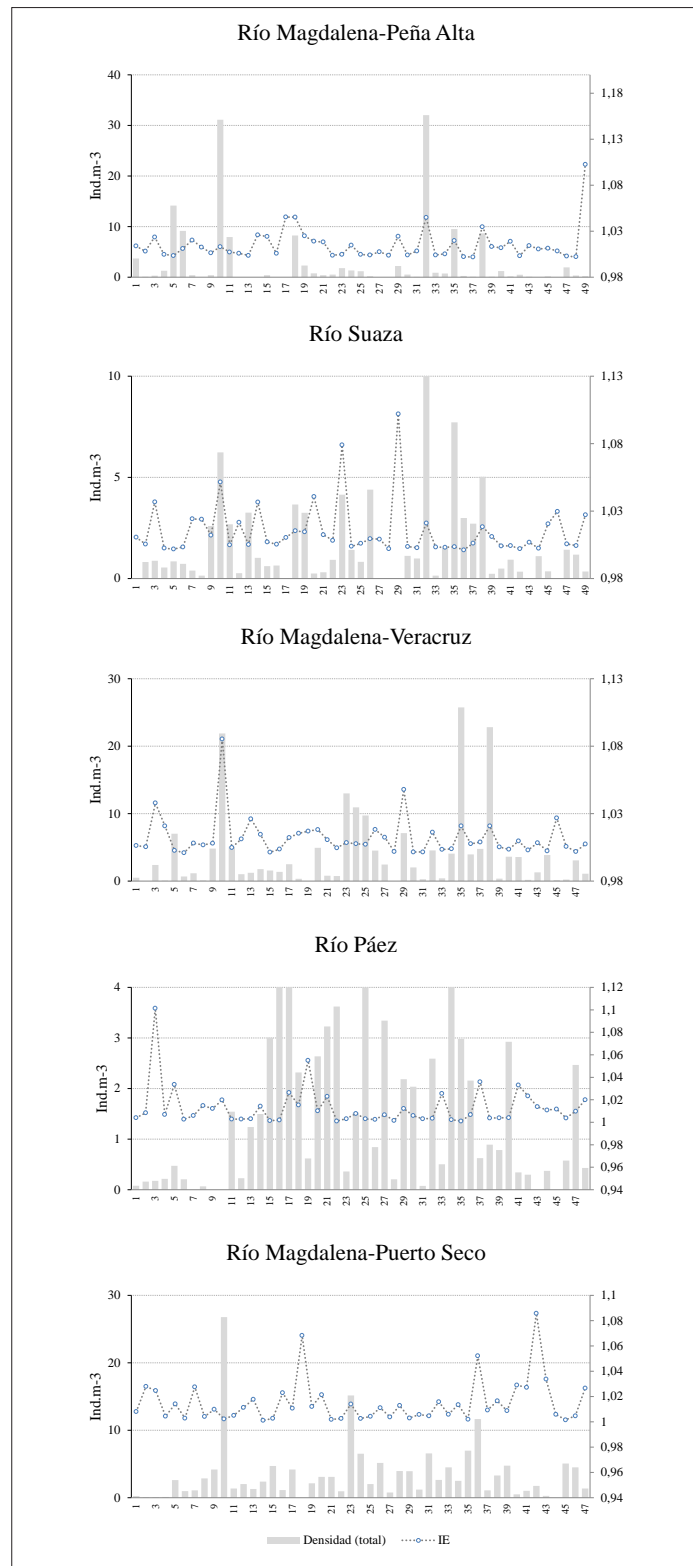


Figura 6. Distribución semanal de la densidad de ictioplancton y del índice de estabilidad de la masa de agua en las diferentes estaciones de muestreo. Índice de estabilidad en el eje secundario. C.V.= coeficiente de variación del índice de estabilidad.

Dentro del ictioplancton, las especies más abundantes y frecuentes son las especies de peces migratorios (Jiménez-Segura *et al.* 2010) (Figura 7): género *Pimelodus* (*P. blochii*, *P. grosskopfii*), del bocachico (*P. magdalenae*), blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), vizcaina (*Curimata mivartii*, moino *Leporinus muyscorum*) y tota (*Astyanax fasciatus*). De acuerdo con la clave de Jiménez-Segura (2007) se logró identificar 20 taxones en el sector de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, de las cuales tres de ellas se encuentran en este listado (*Pimelodus* spp, *P. magdalenae* y *A. fasciatus*). Los embalses constituyen obstáculos que interrumpen y alteran profundamente las rutas de migración (Agostinho *et al.* 2005) y en consecuencia, evitan que las especies lleguen a los lugares de desove, afectando negativamente el reclutamiento anual de la población (Antonio *et al.* 2007); por lo que la ausencia de buena parte de estas especies en las muestras obtenidas en el sector arriba del embalse de Betania durante el tiempo de observación, podría indicar que la formación de este nuevo sistema, posiblemente redujo de manera importante las poblaciones y sólo persisten las de estas cuatro especies.

La abundancia de individuos capturados fue alta ($n=6557$; densidad total = $2,5 \text{ ind. m}^{-3}$), si se tiene en consideración que durante un periodo de dos años y siguiendo el mismo diseño muestral, Jiménez-Segura (2007) en la cuenca media del río Magdalena capturó 5745 individuos (densidad total = $1,6 \pm \text{D.E. } 4,04 \text{ ind. m}^{-3}$), además en otros ríos como en el Cuiabá y el Paraná, Brazil, se han reportado densidades inferiores a 1 ind. m^{-3} (Tondato *et al.* 2010 y Gogola *et al.* 2010). La dominancia de individuos en periodo embrionario (96%) dentro de las muestras, permite afirmar que la zona de estudio es un área de desove importante a nivel de cuenca, si se toma en consideración que el 97% de los ejemplares obtenidos en la cuenca media del río Magdalena se encuentran en periodo de larva (Jiménez-Segura, 2007). Sin embargo, y a pesar de que el área arriba del embalse de Betania es un área importante de desove para algunas especies de peces migratorios con desoves pelágicos e incubación de sus embriones durante la deriva, la probabilidad de que un individuo en periodo embrionario sobreviva a las condiciones de flujo lento del embalse es baja. La reducción de turbulencia en éste sistema semi-léntico

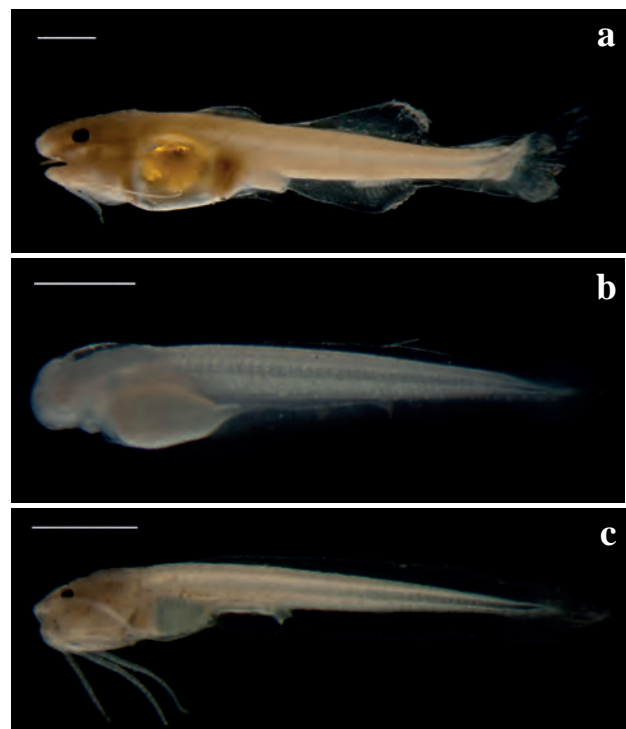


Figura 7. a) *Pimelodus* spp. b) *Prochilodus magdalenae*. c) *Pseudopimelodus* spp. Fotos: Jorge García.

reduce la flotabilidad de los individuos en la columna de agua y no alcanzan a desarrollar aletas que les permitan moverse con autonomía dentro del sistema.

Aunque los cambios en la densidad son muy altos entre semanas de muestreo, en general, las estaciones localizadas sobre el río Magdalena presentaron mayores valores de densidad a lo largo de la serie de tiempo debido a que estos sectores recogen los desoves que se suceden aguas arriba y en los tributarios; de esta manera el cauce principal del río facilita la deriva del ictioplancton aguas abajo donde continúan su desarrollo. En todas las estaciones (con excepción de la localizada en el río Páez), el incremento en la densidad estuvo acompañado de la elevación en el nivel del agua. Este comportamiento pulsante y asociado a la elevación en el nivel del agua, también se ha observado en los ríos tributarios al cauce del río La Miel (ríos Manso y Samaná), en donde cambios fuertes y ascendentes en el nivel del agua asociados con la elevación en la turbidez resultan de lluvias localizadas en sus cuencas altas y que elevan rápidamente el caudal en el cauce (Jiménez-Segura *et al.* 2012).

La presencia de embriones y larvas en fases de desarrollo inicial confirma que arriba de todas las estaciones de muestreo se encuentran áreas de desove. Especies como *A. fasciatus* utiliza toda el área de monitoreo como lugar de desove, sin embargo, las otras especies parecen preferir algunos sectores específicos. Las especies del género *Pimelodus* spp localizan sus áreas de desove en el cauce principal del río Magdalena, arriba de Puerto Seco y *P. magdalenae* desova arriba de Peña Alta y en el río Páez. Estos resultados son congruentes con lo reportado por Jiménez-Segura (2007), en un estudio en el cual, tanto *Pimelodus* spp como *P. magdalenae* realizan sus desoves en el cauce del río Magdalena, aunque *P. magdalenae* también presenta desoves importantes en uno de sus tributarios.

A pesar de que se encuentran áreas de desove, las densidades encontradas fueron muy bajas ($< 0,5$ ind.m⁻³), comparadas con las densidades reportadas para la cuenca media del río Magdalena (Jiménez-Segura 2007) (bocachico = $0,8$ ind. m⁻³; *Pimelodus* spp = 1 ind.m⁻³). Esto sugiere que aunque persisten los desoves, el tamaño de la población de estas especies es pequeño. Las características semi-lénticas (baja turbulencia, reducida velocidad del agua, presencia de depredadores) de éste embalse, hace que sean condiciones poco apropiadas para que los embriones que llegan, sobrevivan y con ello, se reduce el tamaño de la cohorte inicial.

Es bien conocido que algunas variables fisicoquímicas y ambientales pueden determinar el comportamiento reproductivo de los peces (Jobling 1995). Aunque el índice de estabilidad, presento alguna fluctuación debido a cambios en la carga de sólidos totales, en la conductividad y en el nivel del agua, esta variación no estuvo asociada con el incremento en la densidad de ictioplancton. Jiménez-Segura (2007) encontró que las densidades de ictioplancton en la cuenca media del río Magdalena se elevan durante las temporadas de crecientes y se asocian con las condiciones que resultan del incremento de las lluvias (p. e. reducción en el brillo solar, elevación en el nivel del agua, aumento en la turbidez, reducción en la temperatura). Aunque en los resultados no es clara esta asociación entre las condiciones climáticas e hidrológicas y los desoves, la presencia de ictioplancton durante la temporada de

lluvias en la cuenca alta del río Magdalena evidencia que en este sector se mantiene el patrón reportado para otras regiones de la cuenca.

De acuerdo con (Jiménez-Segura 2007) en el río Magdalena se observan tres procesos que parecen influir sobre la reproducción de los peces migratorios: la reducción en el nivel del agua durante cerca de tres meses (entre 2 y 3 m), la reducción progresiva en el brillo solar (cerca de dos horas de diferencia) y de la temperatura del agua (entre 4 y 5°C) entre los meses de menor y mayor precipitación. En esta zona del Alto Magdalena, la relación entre la abundancia de ictioplancton y las variables ambientales fue particular a cada estación de muestreo pero en general, aquellas variables que cambian positiva o negativamente con la densidad de ictioplancton, están asociadas con la variabilidad climática de las lluvias. El incremento en la densidad de ictioplancton asociado con el comienzo de la temporada de crecientes se ha reportado en varios sistemas suramericanos (Gogola 2010). Esta es una táctica reproductiva que presentan las especies migratorias de manera que, durante la deriva asociada a las crecientes, las larvas ingresan a los lagos en el plano lateral para continuar con su desarrollo.

En conclusión, en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, se encuentran áreas de desove para especies migratorias. Este comportamiento reproductivo está relacionado con las variaciones en las precipitaciones y con las características fisicoquímicas asociadas a éstas.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada dentro del programa para manejo y protección del recurso íctico y pesquero de la cuenca alta del río Magdalena en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo contrato. CEQ-313. Universidad del Tolima - Emgesa S. A. ESP.

Literatura citada

Agostinho, A. A., S. N. Thomaz y L. C. Gomes. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology* 19: 646-652.

- Agostinho, A. A., H. F. Júlio-Júnior, L. C. Gomes, L. M. Bini y C. S. Agostinho. 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. Pp: 179-208. *En: Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho A. A. y Hahn N. S. (Eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Eduem. Maringá.*
- Antonio, R. R., A. A. Agostinho, F. M. Pelicice, D. Bailly, E. K. Okada y J. H. P. Dias. 2007. Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes?. *Neotropical Ichthyology* 5 (2): 177-184.
- Baumgartner, G., K. Nakatani, L. C. Gomes, A. Bialecki, P. V. Sanches y M. C. Makrakis. 2004. Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazilian. *Environmental Biology of Fishes* 71 (2): 115-125.
- Gogola, T. M., V. S. Daga, R. L. da Silva Pedro, P. V. Sanches, É. A. Gubiani, G. Baumgartner y R. L. Delariva. 2010. Spatial and temporal distribution patterns of ichthyoplankton in a region affected by water regulation by dams. *Neotropical Ichthyology* 8 (2): 341-349.
- Guisande, C., A. Barreiro, I. Maneiro, I. Riveiro, A. Vergara y A. Vaamonde. 2006. Tratamiento de datos. Díaz de Santos. España. 351 pp.
- Jiménez-Segura, L. F. 2007. Períodos reproductivos de los peces migratorios en la cuenca del río Magdalena a la altura de Puerto Berrío (Antioquia, Colombia). Tesis de doctorado. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Medellín, Instituto de Biología. 154 pp.
- Jiménez-Segura, L. F., J. Palacio y R. Leite. 2010. River flooding and reproduction of migratory fish species in the Magdalena River basin, Colombia. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 178-186.
- Jimenez-Segura, L. F., S. López-Casas, C. Moreno y V. Duque. 2012. Dinámica de la comunidad de peces en la cuenca baja del río La Miel bajo diferentes escenarios hidráulicos. Informe Técnico. Universidad de Antioquia. Medellín.
- Jobling, M. 1995. Fish Bioenergetics, Chapman & Hall, London. 309 pp.
- Kendall, Jr. A. W., E. H. Alhstrom y H. G. Moser. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. Pp. 11-22. *En: H. G. Moser, W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A.W. Jr. Kendall y S. L. Richardson. (Eds). Ontogeny and systematics of fishes. Based on international symposium dedicated to the memory of Elbert Halvor Alhstrom. American Society of Ichthyologist and Herpetologists Special publication American Society of Ichthyologist and Herpetologist. United States.*
- Krebs, C. J. 1994. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 4th edition, Harper Collins, New York. 801 pp.
- Lowe-McConnell, R. H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. Cambridge. 382 pp.
- Lucas, M. C. y E. Baras. 2001. Migration of freshwater fishes. Blackwell Science. Oxford. 420 pp.
- Miller, T. J. 2002. Physical and ecological process in ichthyoplankton assemblages. Pp. 183-205. *En: Fuiman, L. A. y R. G. Werner (Eds.). Fishery Science Concepts in fishery science: the unique contributions of early life stages. Blackwell Sciences, New York.*
- Montreuil, V., A. García y R. Rodríguez. 2001. Biología reproductiva de *Prochilodus nigricans* boquichico, en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica* 12: 5-13.
- Murno, A. D. 1990. General introduction. Pp: 1-12. *En: A. D. Murno, A. P. Scott y T. J. Lam (Eds). Reproductive seasonality in teleosts: environmental influence. CRC Press, Florida.*
- Nakatani, K. 1999. Metodos de estudo em ecologia de ovos e larvas de peixes de agua doce (ictioplancton). Pp. 1-21. *En: Introdução a pesquisa em Biología Pesqueira. Universidade Estadual de Maringá.*
- Nakatani, K., J. L. Latini, G. Baumgartner y M. S. Baumgartner. 1993. Distribuição espacial e temporal de larvas de curvina *Plagioscion quamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) no Reservatório de Itaipu. *Revista Unimar* 15: 191-209.
- Nakatani, K., A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialecki, P. Sanches, M. Makrakis y C. Pavanelli. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce, desenvolvimento e manual de identificação. Eduem Maringá. 378 pp.
- Nikolsky, G. V. 1978. The ecology of fishes. T.F.H. Publications. USA. 352 pp.
- Oliveira, E. C. y C. A. R. M. Araujo-Lima. 1998. Distribuição das larvas de *Mylossoma aureum* e *M. duriventre* (Pisces: Serrasalminae) nas margens do rio Solimões, AM. *Revista Brasileira de Biología* 58 (3): 349-358.
- Tondato, K. K., Mateus L A de Fátima y S. R. Ziober. 2010. Spatial and temporal distribution of fish larvae in marginal lagoons of Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 8 (1): 123-134.
- Usma, J. S., M. Valderrama, M. D. Escobar, R. E. Ajiaco-Martínez, F. A. Villa-Navarro, F. Castro, H. Ramírez-Gil, A. I. Sanabria, A. Ortega-Lara, J. Maldonado-Ocampo, J. C. Alonso y C. Cipamocha. 2009. Peces dulceacuícolas migratorios en Colombia. Pp. 103-131. *En: Amaya, J. D. y L. G. Naranjo (Eds.). 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. MAVDT – WWF. Bogotá.

Vazzoler, A. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e pratica*. Eduem. Maringa. 169 pp.

Vazooler, A. M., M. de los A. Peres-Limazo y P. Inada. 1997. Influências ambientais sobre a sazonalidad reproductiva. Pp. 267-279. *En*: Vazzoler, A. M.,

A. Agostinho y N. Segatti. (Eds). *A planicie de inundacao do rio Parana. Aspectos físicos, biológicos e socioeconomicos*. Universidade Estadual De Maringá.

Winemiller, K.O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81: 225-241.

María Isabel Pareja-Carmona

Grupo de Ictiología
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
isabel795@gmail.com

Luz Fernanda Jiménez-Segura

Grupo de Ictiología
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
luz.jimenez@udea.edu.co

Francisco Antonio Villa-Navarro

Grupo de Investigación en Zoología
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
franciscoantoniovilla@gmail.com

Gladys Reinoso-Flórez

Grupo de Investigación en Zoología
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
greinoso@ut.edu.co

Diana María Gualtero-Leal

Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo
Emgesa S. A. E.S.P.
dgualtero@endesacolombia.com.co

Victor Julio Ángel-Rojas

Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo
Emgesa S. A. E.S.P.
vangelro@endesacolombia.com.co

Áreas de reproducción de peces migratorios en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia

Cítese como: Pareja-Carmona, M. I., L. F. Jiménez-Segura, F. A. Villa-Navarro, G. Reinoso-Flórez, D. M. Gualtero-Leal y V. J. Ángel-Rojas. Áreas de reproducción de peces migratorios en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (2): 40-53.

Recibido: 7 de marzo de 2014

Aprobado: 27 de noviembre de 2014