

Caracterización y estado de las pesquerías del embalse Porce II (Antioquia)

Characterization and status of the fisheries in Porce II Reservoir (Antioquia)

J. Mauricio López-Sánchez^{1*}, Sandra J. Hernández-Barrero¹, Mauricio B. Valderrama-Barco¹, Carlos Barreto-Reyes¹

Resumen

En Colombia, las evaluaciones sobre el conocimiento del uso del recurso pesquero en embalses y las medidas posteriores tomadas para su ordenación son escasas. Es por esto que el objetivo de este artículo es presentar una revisión y compilación de la información sobre la pesquería y algunas medidas de ordenación recomendadas para el embalse Porce II, el cual fue construido con fines de generación de energía. Entre noviembre de 2011 y octubre de 2012, en un ambiente hiper-eutrofizado, se registró una riqueza de dieciocho especies de peces siendo nueve de estas de uso pesquero, de las cuales seis fueron exóticas. Adicionalmente, se registró una especie de crustáceo (*Macrobrachium* sp.) como aporte a la seguridad alimentaria local. Sesenta y siete pescadores artesanales ejercieron la actividad extractiva y generaron capturas que ascendieron a 238 toneladas, representadas en un 99% por tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Tilapia* sp.). La captura por unidad de esfuerzo (*cpue*) fluctuó entre 8,1 y 34,7 kg/UEP/día con un promedio de 15,2 kg/UEP/día. Las capturas aportaron el 70% de los ingresos económicos locales y contribuyeron de manera significativa con la seguridad alimentaria de las comunidades circundantes. Los análisis de estado del recurso indican que las dos especies que sustentan la pesquería artesanal podrían soportar mayores niveles de aprovechamiento. Por último, se discuten algunos riesgos e incertidumbres que posee la propuesta del plan de ordenación pesquera formulada para el embalse.

Palabras claves: pesquería continental, embalses, recurso pesquero, ordenación pesquera

Abstract

The assessment of fishing resources in reservoirs and the implementation of measures for their management are scarce in Colombia. It is for this reason that the objective of this article is to present information on fishery and management measures for the Porce II, a hydroelectric generation purposes dam. From November 2011 to October 2012, eighteen fish species were collected from the reservoir, nine of which are harvested for food, six of which are exotic. Additionally, a species of shrimp (*Macrobrachium* sp.) was found to be an important element of local communities' food security. Sixty-seven fishermen are registered and the annual catches are 238 metric tonnes, 99% of which are tilapia (*Oreochromis niloticus* and *Tilapia* sp.). The catch per unit effort (*cpue*) fluctuated between 8.1 and 34.7 kg/FEU/day (average 15.2 kg/FEU/day). Catches constituted 70% of the local economic income and also contributed significantly to food security to local communities. The two principal species could support higher exploitation levels and there are several risks and uncertainties for the implementation of the fishing management plan formulated for the Porce II Reservoir.

Key words: inland fishery, reservoir, fishing resources, fisheries management

INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal es parte integral de la sociedad colombiana y contribuye de manera significativa a su salud

económica y social (AUNAP y Fundación Humedales 2013). En Colombia existen alrededor de cuarenta embalses y actualmente su potencial pesquero y acuícola se considera un servicio ecosistémico importante por la provisión de

¹ Fundación Humedales, Bogotá, Colombia.

* Autor para correspondencia: <maurolopez@fundacionhumedales.org>

Recibido: julio de 2017; aceptado: mayo 2018.

proteína para las poblaciones rurales, además de ser una fuente de ocupación alternativa para los campesinos que habitan en las riberas de los mismos y cuya actividad económica fue transformada por la dinámica de los nuevos sistemas. Hilborn y Walters (1992) describen la manera en que dicha transformación inicia con el descubrimiento y divulgación de la existencia de un *stock* potencial, seguido por un período de rápido crecimiento del esfuerzo (número de pescadores) ocasionado por el atractivo de los beneficios económicos iniciales. Sin embargo, pese a la importancia evidente y relevante de los recursos pesqueros en los embalses colombianos, menos del 20% cuentan con planes de ordenación pesquera aprobados por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) (AUNAP y Fundación Humedales 2013). Cochrane (2005), indica que el ordenamiento pesquero es una herramienta que

otorga a la autoridad una posición para observar y registrar lo que está ocurriendo en las pesquerías y los recursos pesqueros que están bajo su jurisdicción. Además, los principios de pesca sustentable están basados en el Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO 1995) y en los lineamientos sobre la aplicación del principio de precaución a las pesquerías de captura y la introducción de especies.

Por lo tanto, como contribución a la ordenación pesquera del embalse Porce II, el presente documento hace un análisis de la información disponible en este embalse sobre el uso del recurso pesquero, la actividad extractiva, su producción y la condición de los usuarios, y se plantean algunos de los lineamientos que han sido establecidos hacia la ordenación del mismo.

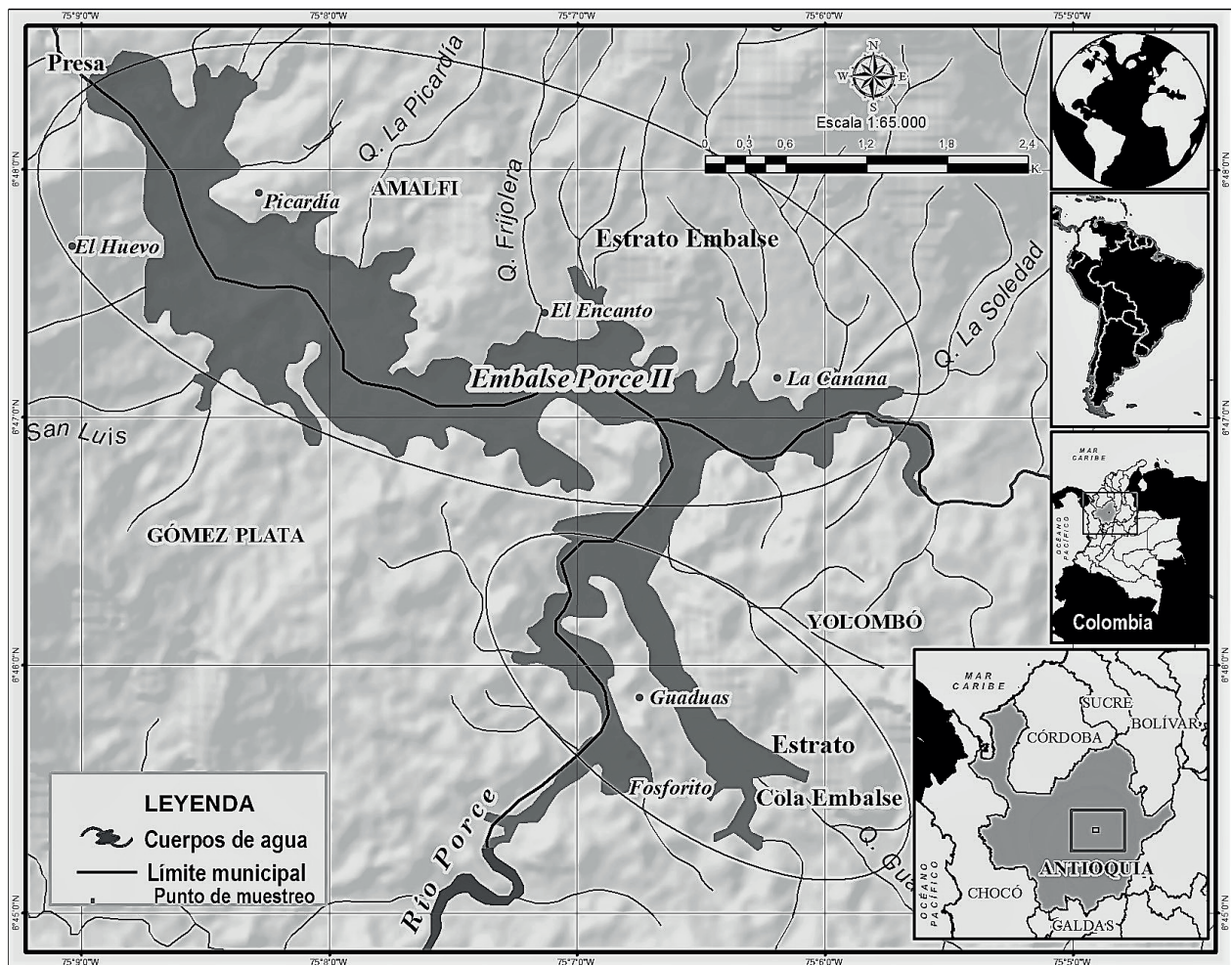


Figura 1. Localización geográfica del embalse Porce II. Fuente: Fundación Humedales, 2018.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. La Central Hidroeléctrica Porce II cuenta con licencia ambiental otorgada a las Empresas Públicas de Medellín (EPM) mediante Resolución 00618 de 1994 (MinAmbiente, 1994), que estableció al embalse con categoría “unipropósito” para la generación de energía. El embalse está localizado al noroeste del departamento de Antioquia (6° 45' 37" N y 75° 06' 28" W), a una altitud de 923 m s.n.m., en jurisdicción de los municipios de Yolombó, Amalfi y Gómez Plata y a 120 km de la ciudad de Medellín (figura 1). Posee un área total de 890 ha, con una profundidad media de 40 m.

El principal afluente del embalse es el río Porce, el cual nace en el alto de San Miguel con el nombre de río Medellín al sur de la ciudad y desciende atravesando la parte central del departamento de Antioquia, incluyendo los diez municipios del Área Metropolitana en dirección noreste, hasta desembocar en el río Nechí, afluente del río Cauca. La cuenca del río Porce tiene un área de 5.230 km² hasta su desembocadura.

El comportamiento de los niveles del embalse Porce II, entre los años 2002-2012, permitió establecer dos ciclos de aguas altas (junio y noviembre) y dos ciclos de aguas bajas (febrero y septiembre). Con relación a la calidad del agua (tabla 1), el embalse presentó condiciones de hiper-eutrofia (Cuellar 2009) y los valores de clorofila *a* (11-230 µg/L) exhibieron un rango muy amplio, corroborando su carácter hiper-eutrofizado (Sierra 2011).

Entre noviembre de 2011 y octubre de 2012, se realizó la descripción, cuantificación y valoración de la actividad pesquera en el embalse Porce II. Partiendo de los resultados de un pre-muestreo (octubre de 2011) se establecieron dos estratos (embalse y cola del embalse) y ocho (8) sitios para la toma de información biológico-pesquera. Estos puntos de muestreo fueron: Puentes Fosforito y Guaduas (cola del embalse) y Puente La Cancana, Vega Mejía, La Frijolera, El Infierno, El Mango y La Guayana (cuerpo del embalse). El enfoque de la toma de información se realizó dentro del marco del monitoreo participativo (Fundación Humedales 2007), lo que implicó la selección, capacitación y participación activa de tres pescadores distribuidos tanto en la cola, como en el cuerpo del embalse (monitoreo extensivo); y a través del personal técnico de la Fundación Humedales que realizó la recopilación de la información técnica durante siete días al mes (monitoreo intensivo), actividades ejecutadas en el marco de la “Formulación de planes de ordenación pesquera para los embalses Porce II

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos en el embalse Porce II

Variable	Unidad	Media	C.V.%
Color	UC	136,2	118,4
Turbiedad	NTU	62,2	61,8
Fósforo total	mg/l	0,458	84,9
Ortofosfatos	mg/l	0,37	85,1
Nitrógeno total	mg/l	1,42	73,7
Sólidos totales	mg/l	256	70,1
Sólidos disueltos	mg/l	93,5	20,1
DBO	mg/l	27,8	100,5
Alcalinidad	uS/cm	36,2	38,7
Conductividad	mg/l	138,5	14,2
pH	mg/l	7,6	8,2
Oxígeno disuelto	mg/l	7	34,8
Saturación de oxígeno	%	90	33,1
Temperatura	°C	22	8,9

Fuente: Cuellar (2009).

y Porce III”, Contrato CT-00087-2011, suscrito entre EPM y la Fundación Humedales.

Producción y productividad pesquera del embalse.

Bajo un diseño de muestreo aleatorio simple estratificado (Sparre y Venema 1997) se estimó la producción pesquera del embalse (captura total anual: CTA) (ecuación 4) a nivel espacial (estratos: CTE_i) y temporal (meses: CTM_j), así como el valor de la misma, teniendo como insumos: número de Unidades Económicas de Pesca (UEP's) activas por punto de desembarco (esfuerzo diario de pesca: ed_i), días activos de pesca al mes por estrato (DM_i), especies capturadas, peso total por especies y por UEP muestreada (captura diaria: cd_i). La identificación de las especies de peces se realizó de acuerdo con Maldonado-Ocampo et al. (2005) y Jiménez Segura et al. (2014a). Para la estimación de la producción pesquera o la captura anual total del embalse, se consideraron los datos provenientes de los pescadores artesanales y de los pescadores recreativos foráneos (turistas) y se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

Captura diaria total:

$$CD_I = \frac{\sum_{i=1}^n cd_i}{n_i} * \frac{\sum_{i=1}^n ed_i}{n_i} \quad (1)$$

Donde n_i es el número de registros de captura y esfuerzo muestreados, cdi es captura diaria por punto de muestreo, ed_i es el esfuerzo diario por punto de muestreo.

Captura total por estrato:

$$CTE_i = CD_i * DM_i \quad (2)$$

Donde DM_i es el factor de elevación por muestra.

Captura total por mes:

$$CTM_j = \sum_{i=1}^n CTE_i \quad (3)$$

Captura total anual del embalse:

$$CTA = \sum_{i=1}^n CTM_i \quad (4)$$

Donde CTM_i es la captura total por muestra.

Para cada estimación mensual (CTM_j) se obtuvo el coeficiente de variación (CV) según lo propuesto por Sparre y Venema (1997).

Los rendimientos pesqueros o captura por unidad de esfuerzo (*cpue*) dados en kg/UEP/día, se estimaron a nivel espacial (*cpue_e*), temporal (*cpue_m*) y por arte de pesca (*cpue_a*), a partir de la relación entre la eficiencia de la pesquería o la captura diaria (*cd_i*) y del esfuerzo diario de pesca (*ed_i*).

La captura por unidad de esfuerzo:

$$cpue_i = \frac{cd_i}{ed_i} \quad (4)$$

La captura por unidad de esfuerzo promedio por estrato:

$$\overline{cpue_e} = \frac{\sum_{m=1}^n cpue_i}{n} \quad (5)$$

La captura por unidad de esfuerzo promedio por mes:

$$\overline{cpue_m} = \frac{\sum_{m=1}^n cpue_i}{n} \quad (6)$$

La captura por unidad de esfuerzo promedio por arte:

$$\overline{cpue_a} = \frac{\sum_{m=1}^n cpue_i}{n} \quad (7)$$

El rendimiento anual del embalse se estableció a partir de la producción pesquera del embalse (CTA) y del tamaño del mismo (ha) y es presentado en kg/ha/año.

Composición de la captura. La relación entre el peso total (en t) de cada una de las especies registradas en las capturas de los pescadores y la CTA del embalse Porce II

permitió determinar el aporte en biomasa de cada una de ellas a la pesquería.

Comercialización. Con información de los puntos de acopio sobre volúmenes comercializados, tipo de proceso del producto, destino de la pesca (consumo o venta), distribución, presentación y margen de precios del producto por especie, se caracterizó la comercialización de la pesquería del embalse.

Dinámica poblacional. A partir de la estructura de tallas (longitud estándar: L_s en cm) de las especies tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) y mojarro (*Tilapia* sp.) se estimó la talla media de captura usando los procedimientos de Sparre y Venema (1997) y los parámetros de crecimiento individual (L_∞, K t₀) aplicando el modelo de las funciones de crecimiento propuesto por von Bertalanffy (1934) (VBGF, por sus siglas en inglés) (Csirke 1980) e incorporando la metodología de separación de grupos modales de las muestras mensuales, de acuerdo con lo propuesto por Bhattacharya (1967).

$$L_{(t)} = L_{\infty} * [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

En donde L (t) es la edad del pez a una edad determinada.

L_∞: es la longitud media que los peces podrían alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada (de hecho, infinita).

K: es la velocidad de crecimiento o coeficiente de Brody.

t₀: es la “edad hipotética” que el pez debiera tener para que su longitud fuese cero.

Los parámetros de crecimiento VBGF fueron estimados para L_∞ como función de la ecuación de Powell-Wetherall (Gayanilo et al. 2005). Para t₀ con las proyecciones de la ecuación inversa de VBGF (Kirkwood y Hoggorth 2001) y la ecuación empírica de Pauly (Pauly 1984) y K como la pendiente de la relación del cambio de longitudes a través del tiempo con el método de Gulland y Holt (Sparre y Venema 1997).

Finalmente, se estimaron los parámetros poblacionales de las especies objetivo:

- i. Mortalidad total Z, mediante la curva de captura linealizada que relaciona los intervalos de tiempo y las capturas en número (C) basadas en las tallas (L) (Sparre y Venema 1997, Gayanilo et al. 2005)

$$\ln \frac{c(L1,L2)}{\Delta t(L1,L2)} = c - Z (tL1 + tL2)/2$$

- ii. Mortalidad natural M de Pauly que relaciona los parámetros de crecimiento (K y L ∞ con la temperatura media del hábitat (T °C) donde vive el recurso pesquero (Pauly 1984) fue:

$$M=0,8 * e^{[-0.0152-0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T]}$$

- iii. Tasa de aprovechamiento de las especies objetivo, se estableció utilizando el modelo de Rendimiento por Recluta de Beverton y Holt (Y/R) (Haddon 2011).

$$\frac{Y}{R} = F * A * w_{\infty} * \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{(Z + K)} + \frac{3 * U^2}{(Z + 2K)} - \frac{U^3}{(Z + 3K)} \right]$$

Donde F es la mortalidad por pesca, w ∞ es el peso asintótico de la especie, U es la fracción de crecimiento:

$$U = 1 - \frac{L_c}{L_{\infty}}$$

El cálculo de la anterior ecuación tuvo como valor de A:

$$A = \left[\frac{L_{\infty} - L_c}{L_{\infty} - L_r} \right]$$

Las soluciones de estas ecuaciones se generaron aplicando los programas Excel, FISAT (FAO-ICLARM stock assessment) (Gayanilo et al. 2005) y LFDA (Length Frequency Data Analysis) (Kirkwood y Hoggarth 2001).

RESULTADOS

La actividad extractiva. Se registraron sesenta y siete pescadores, de los cuales el 70% derivaron de la pesca su principal fuente de ingresos (pescadores permanentes); los demás se clasificaron como esporádicos (20%) y ocasionales (10%). Dentro de las actividades complementarias que los pescadores ejercieron para mejorar sus ingresos económicos, la minería representó el 58%, seguida por la construcción (29%) y el comercio (13%). Aunque los ingresos diarios de la pesca fluctuaron entre \$20.000 y \$250.000, el 32% de los pescadores

obtuvieron ingresos diarios entre \$51.000 y \$60.000. Según el Banco de La República, en Colombia el salario mínimo legal diario vigente al 2012 fue de 18.890 pesos (10.50 USD).

El 90% de los pescadores poseían embarcaciones cuyas dimensiones fluctuaron entre 2,5–3,5 m de largo, con ancho entre 0,6–0,9 m, construidas en madera y propulsadas a remo. En cuanto a los artes de pesca, el principal aparejo empleado fueron las mallas o trasmallos fabricados de nylon monofilamento con ojos de malla que variaron entre 9–13 cm, con dimensiones entre 40–110 m de largo, siendo la más frecuente la de 100 m. Otro arte de pesca utilizado por los pescadores del embalse Porce II fue la atarraya elaborada en nylon monofilamento, con un ojo de malla de 9,5 cm y cuyo tamaño osciló entre 3–5 m de largo.

Producción y productividad pesquera. Entre noviembre de 2011 y octubre de 2012 se estimó una captura de 238 t, presentando un comportamiento mensual decreciente. Se resalta que en noviembre de 2011 se obtuvo una captura de 34,3 t, mientras que para octubre de 2012 la captura fue menor, llegando a 12,3 t. Las mayores capturas se presentaron durante los meses de noviembre de 2011 y enero, febrero y junio de 2012 (tabla 2). El rendimiento anual del embalse fue de 267 kg/ha/año.

Tabla 2. Captura total (toneladas) estimada para el embalse Porce II entre noviembre de 2011 y octubre de 2012

Mes	Embalse	Cola Embalse	Sistema	C.V.%
nov-11	24,43	9,92	34,35	9,16
dic-11	11,31	8,28	19,59	7,71
ene-12	22,49	8,56	31,05	7,09
feb-12	15,51	8,39	23,90	8,30
mar-12	11,55	8,07	19,63	5,51
abr-12	8,08	6,32	14,39	6,55
may-12	9,39	4,44	13,83	10,70
jun-12	20,96	3,40	24,36	9,22
jul-12	11,21	4,94	16,15	8,59
ago-12	7,42	1,75	9,17	9,39
sep-12	16,77	2,75	19,53	8,94
oct-12	10,53	1,78	12,31	12,07
TOTAL	169,65	68,62	238,27	

Por otro lado, debido a que el embalse es un atractivo para los turistas, se logró establecer que este grupo de personas obtuvo una captura anual de tres toneladas, lo que representó el 1% del total de la captura del embalse Porce II para el periodo estudiado.

Esfuerzo (UEP/día) y captura por unidad de esfuerzo (kg/UEP/día). En el periodo de estudio se obtuvo que el esfuerzo pesquero diario para el embalse Porce II registró

un mínimo de 27 UEP/día y un máximo de 61 UEP/día, con un promedio diario de 40 UEP/día (figura 2). La captura por unidad de esfuerzo promedio en el embalse fluctuó entre 8,1 y 34,7 kg/UEP/día con un promedio de 15,2 kg/UEP/día. Los rendimientos fueron levemente superiores en el estrato cuerpo del embalse (15,9 kg/UEP/día) que en el estrato cola del embalse (14,6 kg/UEP/día). Se pudo establecer que el comportamiento de los rendimientos presentó una tendencia a la baja en el tiempo (figura 3).

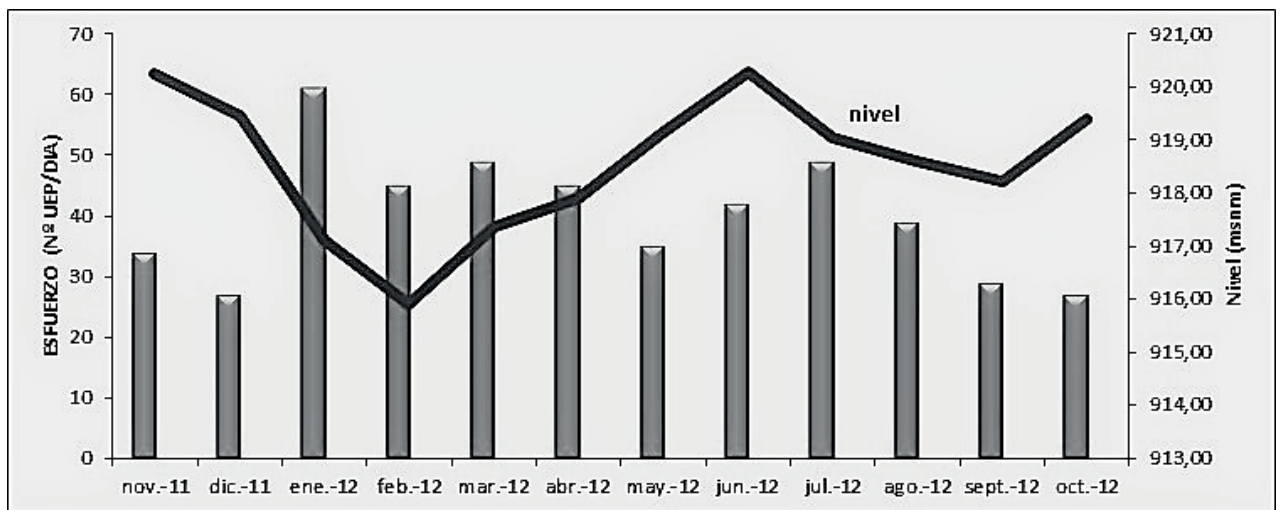


Figura 2. Dinámica del esfuerzo pesquero (UEP/día) y su relación con el comportamiento del nivel del embalse Porce II (periodo noviembre de 2011-octubre de 2012).

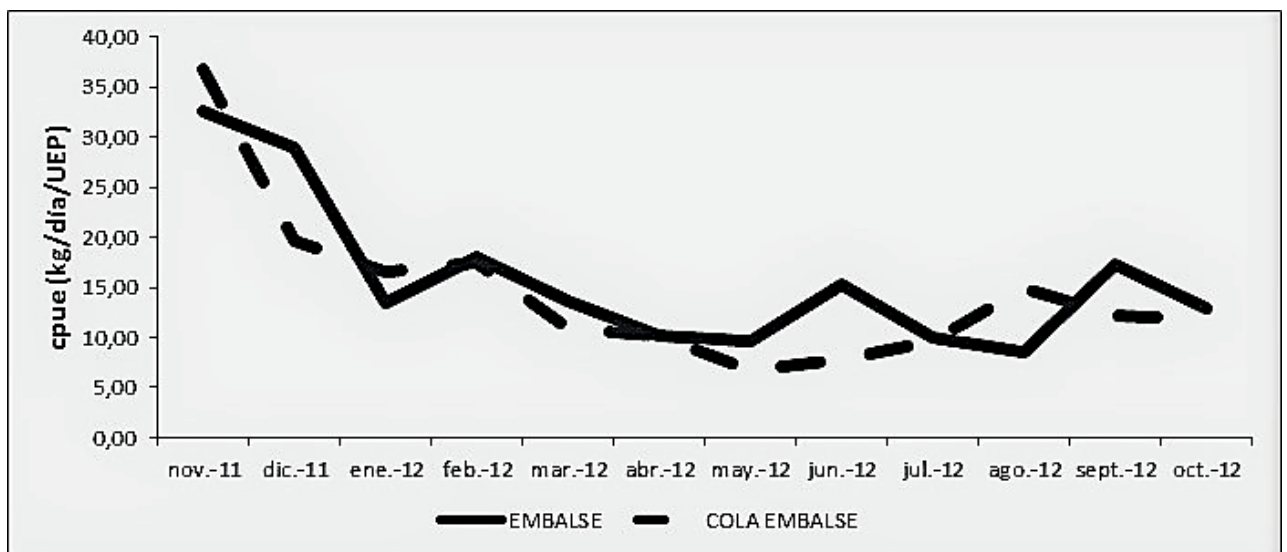


Figura 3. Comparación entre las dinámicas de la cpue en el embalse Porce II (cuerpo y cola) (noviembre de 2011-octubre de 2012).

En cuanto a la captura por unidad de esfuerzo por arte, se evidenció que el trasmallo y la atarraya, cuando se utilizaron combinados, generaron los mayores rendimientos pesqueros (62 kg/día/UEP), seguidos del trasmallo (21,4 kg/UEP/día) y la atarraya (20 kg/UEP/día). Por su parte, el anzuelo en combinación con la atarraya fueron artes poco efectivos y empleados principalmente por los pescadores recreativos.

Composición de la captura. De las nueve especies ícticas sujetas a uso en el embalse Porce II (figura 4), la pesquería se sustentó básicamente en la captura de tres especies exóticas: tilapia plateada (*O. niloticus*) (93%), mojarro (*Tilapia* sp.) (6,18%) y tilapia mosambica (*O. mossambicus*) (0,56%). Las demás especies registradas (6) presentaron registros <1%. De estas se resalta la presencia de las especies nativas bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y sabaleta (*Brycon henni*).

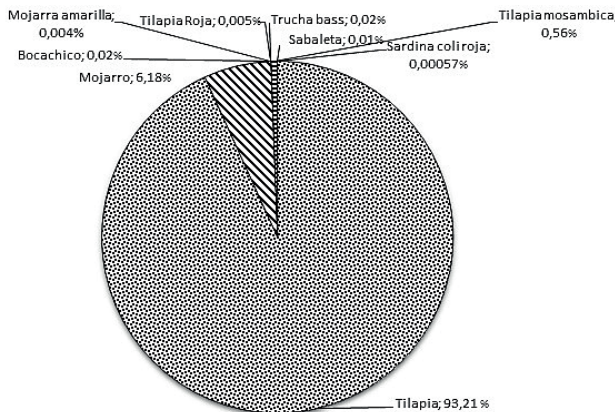


Figura 4. Composición ictica de la captura en el embalse Porce II (noviembre de 2011-octubre de 2012).

Comercialización. El 85% de las capturas obtenidas por los pescadores fue comercializado y el resto aprovechado para autoconsumo. De esta manera, el aporte a la seguridad alimentaria local fue del orden de 135 kg/pescador/año, siendo uno de los más altos del país. Las especies más representativas en las capturas fueron las destinadas a la comercialización; las demás especies: tilapia roja (*Oreochromis* sp.), mojarra amarilla (*Caquetaia umbrifera*), trucha bass (*Mycropterus salmoides*), sabaleta (*B. henni*) y sardina (*Astyanax microlepis*), fueron destinadas al autoconsumo (figura 5).

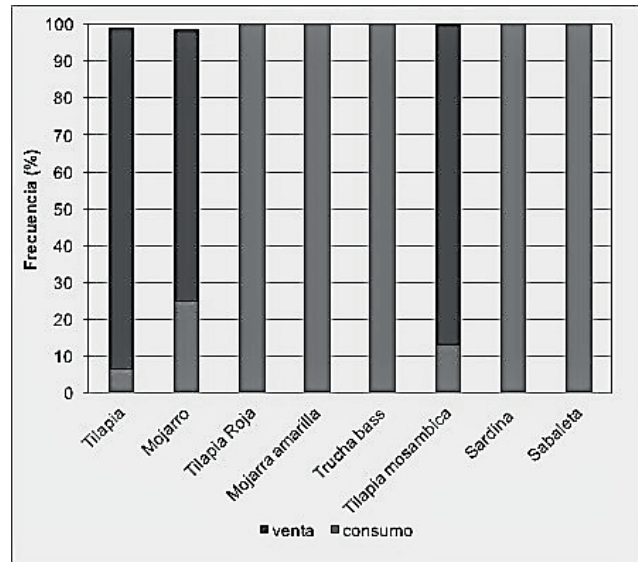


Figura 5. Proporción consumo y venta de las especies capturadas en el embalse Porce II (noviembre de 2011-octubre de 2012).

En relación con la manipulación del producto pesquero, se determinó que éste era eviscerado en la zona de pesca y los desechos arrojados directamente al embalse. La captura eviscerada se almacenó en recipientes de plástico reciclados (cuñetes de pintura de cinco galones), sin empleo de hielo, con precarios estándares de manufacturación y posteriormente fue trasladada a puntos circunvecinos de venta. En algunas ocasiones fue comercializada en los sitios de acceso al embalse (borde de carretera).

Por otra parte, la pesca recreativa fue ejercida por turistas que provenían de los municipios contiguos al embalse, incluido Medellín. Dentro de los aparejos de pesca utilizados por este grupo de personas se destacaron la caña y la línea de anzuelo, con el empleo esporádico de trasmallo, atarraya o chinchorro artesanal.

En lo que se refiere al destino del producto pesquero, generalmente fue comercializado en la misma región, principalmente en los municipios de Anorí, Amalfi, Vegachí, Yolombó, Segovia, Barbosa y Medellín. Los centros de acopio fueron las propias casas de los pescadores y en algunas ocasiones los comercializadores locales, que en la mayoría de los casos eran también pescadores, construyeron edificaciones temporales elaboradas con materiales rústicos y de forma artesanal. El producto que tenía como destino final la ciudad de Medellín fue

transportado en motos acondicionadas con neveras de poliestireno (icopor) con hielo y con una capacidad aproximada de 90 lb y en automóviles adaptados con cavas de icopor con capacidades de hasta 800 lb. Otro tipo de transporte fue a través de furgones refrigerados, aunque al momento de esta investigación no era muy común. No obstante, debido a los altos volúmenes de producción pesquera del embalse Porce II, la presencia de este tipo de comercializadores (que acopiaban y trasladaban entre dos y tres toneladas por semana y con destino a municipios de la Costa Atlántica) iba en aumento progresivo.

Estado del recurso pesquero. A lo largo de todo el año, la captura de tilapia plateada (*O. niloticus*) fue 222,3 t, de

las cuales el 71,4% provino del cuerpo del embalse y el 28,6 % de la cola. De igual manera la captura mostró un comportamiento mensual decreciente, con una captura máxima de 31,5 t (noviembre de 2011) y de 12,3 t (octubre de 2012) (figura 6).

Una situación similar sucedió con el mojarro (*Tilapia sp.*) ya que, durante el año de muestreo, se estimó su captura en 14,72 t (68,5% provino del cuerpo del embalse y el 31,5% de la cola). La captura durante el periodo de estudio reflejó un comportamiento decreciente con un máximo de 2,7 t en el mes de noviembre de 2011 y sin registros para el mes de octubre de 2013 (figura 7).

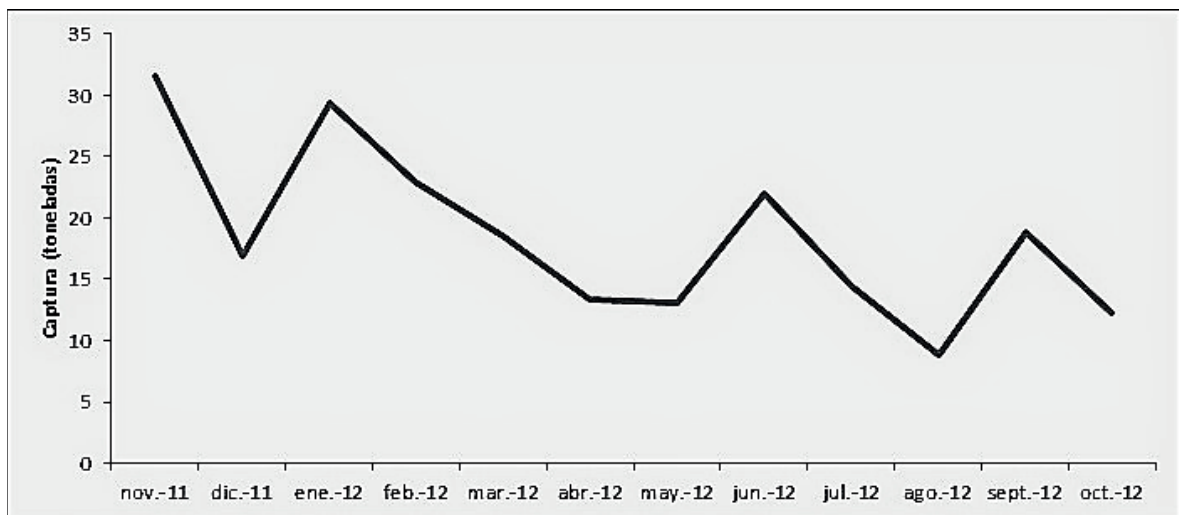


Figura 6. Comportamiento de la captura de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) entre noviembre de 2011 y octubre de 2012.

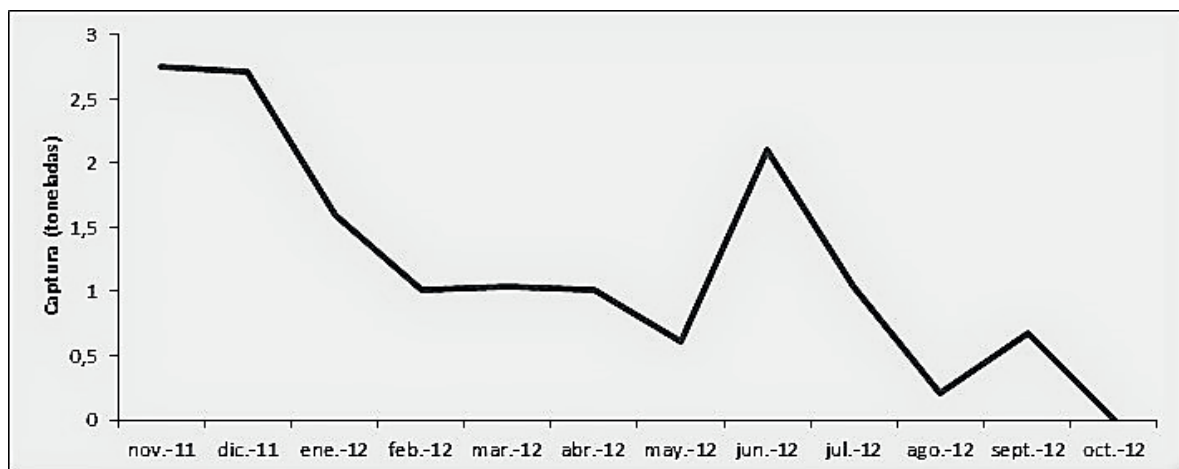


Figura 7. Comportamiento de la captura del mojarro (*Tilapia sp.*) entre noviembre de 2011 y octubre de 2012.

Por otra parte, se determinó que la tilapia plateada fue capturada entre 17,2 cm y 41,2 cm Ls (tabla 3), presentándose la mayor frecuencia de captura sobre ejemplares de 21,2 cm Ls. Se estimó su talla media de captura en 22,24 cm ± 3,9 (figura 8). Al evaluar su estado de explotación ($E= 0,61$), se evidenció que la especie permite un incremento del mismo al comparar sus niveles de rendimiento relativo por recluta (figura 9).

Tabla 3. Tallas medias de captura (TMC-cm Ls) y rangos respectivos de las principales especies en el embalse de Porce II (EPM y Fundación Humedales, 2013)

Especies	TMC	Mínima	Máxima
<i>Oreochromis niloticus</i>	22,34	17,2	41,2
<i>Tilapia sp.</i>	16,4	12,6	33,6
<i>Tilapia mosambica</i>	20	15	24
<i>Oreochromis sp.</i>	22,1	20,5	23,6
<i>Myropteris salmoides</i>	24	22	26
<i>Cichlassoma sp.</i>	19,8	16,4	23,1
<i>Prochilodus magdalenae</i>	24		
<i>Brycon henni</i>	18	14,2	21, 8
<i>Astyanax microlepis</i>	10,4		

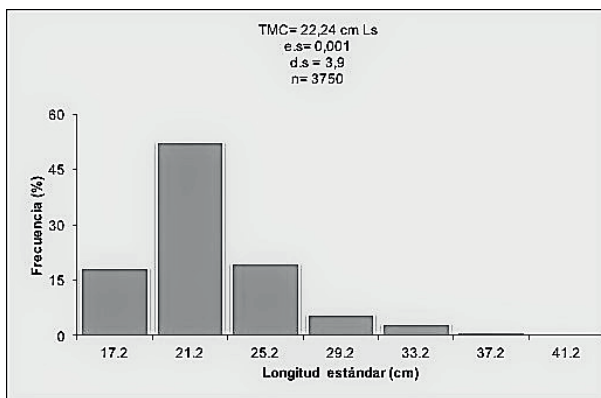


Figura 8. Estructura de las tallas (longitud estándar) obtenidas para la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el embalse Porce II.

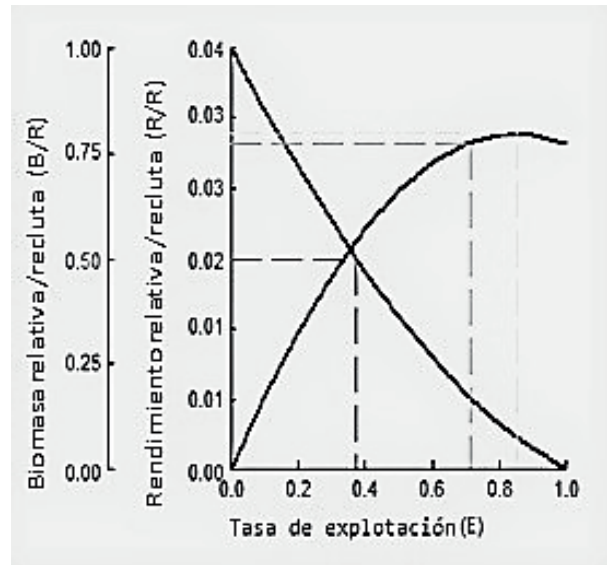


Figura 9. Estimación de la tasa de explotación (E) de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en relación con la biomasa relativa por recluta y el rendimiento relativo por recluta en el embalse Porce II.

En relación con el mojarro, se determinó que su reclutamiento a la pesca se presenta a partir de los 12,6 cm y hasta los 33,6 cm Ls. La talla de captura de mayor frecuencia correspondió a 21,6 cm de Ls. Para el embalse se estableció una talla media de captura de 16,4 cm ± 2,6 para la especie (figura 10). Al evaluar la tasa de explotación del mojarro ($E= 0,52$), se logró determinar que la especie (al igual que *O. niloticus*) permite mayores niveles de explotación (figura 11).

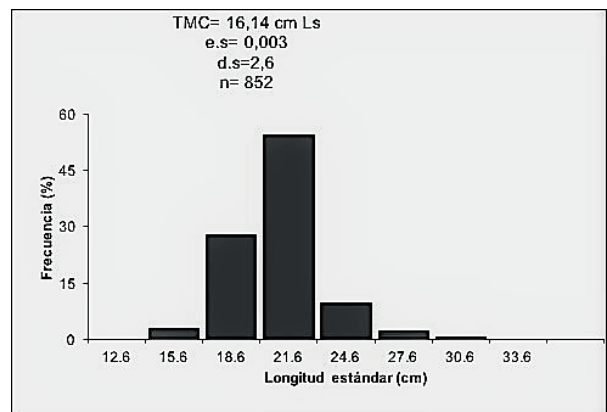


Figura 10. Estructura de las tallas (longitud estándar) obtenidas para el mojarro (*Tilapia sp.*) en el embalse Porce II.

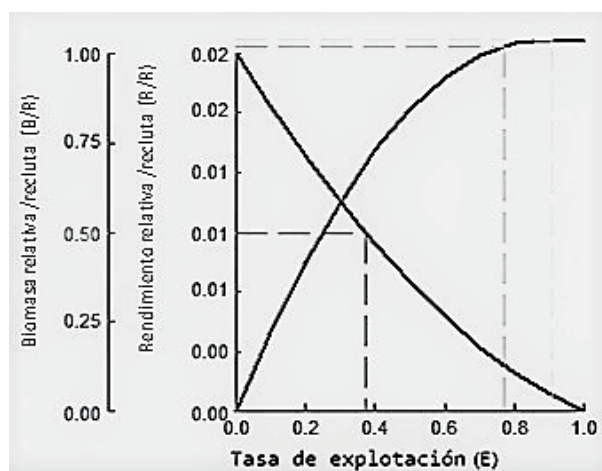


Figura 11. Estimación de la tasa de explotación (E) del mojarro (*Tilapia* sp.) en relación con la biomasa relativa por recluta y el rendimiento relativo por recluta en el embalse Porce II.

DISCUSION

Más de la mitad de la riqueza pesquera del embalse Porce II es sujeta de uso. En la tabla 4 se aprecian las especies de peces registradas además de una especie de camarón de agua dulce, destacándose la presencia de cinco especies exóticas. Estas últimas se logran establecer debido a que pueden completar su ciclo de vida y aprovechar los recursos alimenticios disponibles, alcanzando un máximo potencial de proliferación (Agostinho et al. 2007). Sin embargo, de acuerdo con estudios realizados en embalses de Brasil (Agostinho et al. 2016), el número de especies registradas para el embalse Porce II es bajo. Esta baja riqueza posiblemente es el resultado de filtros ambientales que eliminan gradualmente las especies fluviales preexistentes; los nuevos conjuntos están compuestos básicamente por especies que presentan adaptaciones previas para prosperar en aguas inestables, con una menor dependencia de los ambientes fluviales y la heterogeneidad del hábitat (Gomes y Miranda 2001).

Tabla 4. Listado de especies de recursos hidrobiológicos registrados para el embalse Porce II

Especie	Nombre común	Fuente
<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	EPM (1993), EPM y Fundación Humedales (2013), Jiménez et al 2014a
<i>Roeboides dayi</i>	Juan viejo	Jiménez et al 2014a
<i>Andinoacara latifrons</i>	Mojarra azul	EPM y Fundación Humedales (2013), Jiménez et al 2014a
<i>Astyanax microlepis</i>	Sardina	EPM y Fundación Humedales (2013), Jiménez et al 2014a
<i>Hyphessobrycon</i> sp.	Tetra	Jiménez et al 2014a
<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Poecilia caucana</i>	Guppy	Jiménez et al 2014a
<i>Hoplosternum magdalenae</i>	Chipichipe	Jiménez et al 2014a
<i>Macrobrachium</i> sp.	Camarón	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Hoplosternum magdalenae</i>	Chipe, carrache	EPM y Fundación Humedales (2013), Jiménez et al 2014a
<i>Caquetaia umbrifera</i>	Mojarra amarilla	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Cichlassoma</i> sp.	Mojarra	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	EPM (1993), EPM y Fundación Humedales (2013), Jiménez et al 2014a
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia mosambica	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Oreochromis</i> sp.	Tilapia roja	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Tilapia rendalli</i>	Tilapia	Jiménez et al 2014a
<i>Tilapia</i> sp.	Mojarro	EPM y Fundación Humedales (2013)
<i>Mycropterus salmoides</i>	Trucha bass	EPM y Fundación Humedales (2013)

En contraste con lo anterior y al analizar las capturas anuales en el embalse Porce II, es evidente el éxito adaptativo de las especies exóticas bajo las condiciones del embalse, al igual que su elevada importancia debido al alto grado de aprovechamiento pesquero. Dichas especies tienen un alto potencial de producción y corta longevidad y poseen una alta disponibilidad de recursos alimenticios (Agostinho et al. 1999, 2008, Hoeninghaus et al. 2009). A pesar que las especies exóticas aportaron cerca del 99% de las capturas, también se registró la presencia y aprovechamiento de especies nativas. Por lo tanto, se considera que incentivar el uso pesquero de las especies exóticas es la principal estrategia de manejo para la conservación de las especies nativas.

La actividad pesquera, sustentada en el aprovechamiento de especies exóticas, constituye una fuente económica fundamental para la comunidad de pescadores del embalse Porce II. Es común que especies como las tilapias, con hábitos fitoplanctófagos, sean dominantes en lagos y embalses, generalmente asociadas con áreas litorales, donde obtienen un adecuado sustrato para la alimentación y la reproducción; es el caso del lago Nasser en la represa de Aswan (Egipto) (Van Switen et al. 2011) donde las tilapias llegan a dominar hasta el 82% de las capturas y en embalses de Sri Lanka llegan a componer casi la totalidad de las capturas (Amarasinghe y Weerakoon 2006).

Ahora bien, posiblemente es a causa de los altos niveles de eutrofización y la presencia de especies exóticas adaptadas a esta condición, que Porce II se ha posicionado como uno

de los embalses con mayor producción pesquera tanto del país como de la región (tabla 5). De manera similar, a nivel mundial se registra la existencia de cuerpos de agua con altos rendimientos tales como el embalse Rajasthan (India) con una producción de 365 kg/ha/año, el lago Volta (Ghana) con una producción de 240 kg/ha/año (Van Switen et al. 2011) y en embalses de Sri Lanka con 283/kg/ha/año (Amarasinghe y Weerakoon 2006).

Por otro lado, históricamente en el campo de las pesquerías y de la acuicultura, se cuenta con un legado de cientos de años en donde las introducciones, las translocaciones (trasplantes) y el repoblamiento han sido esencialmente percibidos como acciones económicamente rentables y los embalses colombianos no fueron ajenos a este tipo de manejos. Es por esto que actualmente las especies exóticas están presentes en el 85% de los embalses (Jiménez-Segura et al. 2011).

Lo anterior fue reiterado por Álvarez (2014), quien encontró que la ictiofauna remanente en los embalses del río Porce (entre ellos Porce II), aunque conserva algunas de las especies del ensamblaje ribereño original, es pobre en especies y la presencia de especies exóticas es importante para el sostenimiento de la pesquería. Sin embargo, esta condición no se presenta necesariamente en todos los embalses; por ejemplo, el 84% de los desembarcos en siete embalses de la cuenca alta del río Paraná, corresponden a especies nativas aun cuando dichos embalses estuvieron durante 30 años bajo programas de repoblamiento con especies introducidas como las tilapias (Agostinho et al. 2004).

Tabla 5. Comparación de la captura y los rendimientos pesqueros del embalse de Porce II con otros embalses en Colombia y la región

Embalse	País	Captura anual (t)	Rendimiento (kg/ha/año)	Fuente
Porce II	Colombia	238	267	EPM-Fundación Humedales (2013)
Betania	Colombia	493	66,4	EMGESA-Fundación Humedales (2008)
Urrá	Colombia	140	19	Valderrama <i>et al.</i> (2006)
Balbina	Brasil	500	1,2-3,1	Agostinho <i>et al.</i> (2007)
Barra Bonita	Brasil	305	9,6	Agostinho <i>et al.</i> (2007)
Parancá	Brasil	200	48	Agostinho <i>et al.</i> (2007)
Ibitinga	Brasil	42	3,7	Petrere y Agostinho (1993)
Nova Avanhandava	Brasil	43	2,04	Agostinho y Gomes (2002)

Es importante considerar que la evaluación del estado de la pesquería del embalse Porce II se realizó durante un año bajo condiciones ambientales y poblaciones determinadas y, en este contexto, es fundamental mantener un monitoreo al recurso y verificar su dinámica y cambio. De acuerdo con Jiménez-Segura et al. (2014b), a medida que avanzan los años, dado que no hay reclutamiento de especies migratorias dentro del embalse, las especies objeto de pesca serán diferentes, estableciéndose aquellas a las que le son favorables las condiciones del sistema y aunque en el contexto pesquero sean especies poco valiosas, el balance económico se equilibra por la baja inversión de las UEP (v. g., redes de espera, movilidad a remo, ausencia de carnada) y la existencia de una oferta permanente de las mismas, ya que su disponibilidad no se asocia con los periodos hidrológicos.

No obstante, el tema se complica al ser las especies exóticas la base de la producción pesquera en el embalse Porce II, agravado por la carencia de líneas de acción efectivas que permitan establecer un manejo integral en términos de bioseguridad para este tipo de especies. En muchos casos, aspectos de este tipo impiden la formulación de estrategias reales de aprovechamiento que a su vez son componentes de la estrategia de ordenación pesquera (Cochrane 2005).

Es entonces fundamental tener en cuenta que, debido a la fuerte dependencia económica y social relacionada con el aprovechamiento económico y la seguridad alimentaria gestados alrededor de las especies exóticas, es a todas luces recomendable una ordenación integral del recurso pesquero, de lo contrario podría esperarse un colapso de esa pesquería en poco tiempo y con múltiples impactos sociales que podrían acarrear con esta situación.

La pesquería del embalse Porce II se caracteriza por carecer de una planificación inicial y su control es bastante complejo debido a la gran demanda de los recursos pesqueros. En embalses bajo esta situación, Agostinho et al. (2007, 2016) indican que la sobrepesca podría aparecer y actuar de manera sinérgica con otras perturbaciones (v. g., la inexistencia de especies migratorias de gran tamaño), lo que lleva a un grave agotamiento de las poblaciones. En respuesta a un manejo integral, Agostinho et al. (2004) brindan una alternativa de gestión promisoriosa basada en un nuevo paradigma, conocido como “biomanipulación”, que se sustenta en una visión holística de las pesquerías (ambiente + pescador + pez) acompañado de monitoreo y retroalimentación. Asimismo, sugieren la consideración del concepto de cuenca hidrográfica y el de uso múltiple, reconociendo las limitaciones biológicas, políticas y socioeconómicas en el proceso decisivo.

Si bien Agostinho y Gomes (2002) argumentan que la gestión pesquera en los embalses debe basarse en la conservación de la biodiversidad, sin desconocer las razones sociales (lo que requiere de un enfoque ecosistémico), para el caso del embalse Porce II su evaluación no estableció las condiciones ambientales, especialmente de calidad de agua y ecológicas; sin embargo, las estrategias de manejo propuestas por EPM y la Fundación Humedales (2013), buscaron que las especies nativas existentes se protegieran, centrandó la extracción en las exóticas. De igual forma, a través de los resultados de este trabajo, se considera pertinente que las quebradas que circundan el embalse, así como su biodiversidad, sean incluidas como ecosistemas de prioridad para la conservación.

De igual manera se debe aprovechar el conocimiento disponible acerca de los embalses y sus impactos sobre la fauna de peces, el cual ha aumentado sustancialmente en las últimas dos décadas. Con esto, la evaluación de los resultados de las prácticas de manejo será un paso esencial en la administración de los recursos pesqueros; contrariamente, ignorar dichos resultados aumentará la probabilidad de fracaso, se desperdiciarán los recursos financieros y se perderán grandes esfuerzos o, lo que es peor, se podrán causar nuevos y mayores impactos (Agostinho et al. 2016). Sin embargo, la información sobre la ictiofauna y la actividad pesquera en embalses colombianos es escasa, puntual y en la mayoría de los casos reposa en informes técnicos de las empresas que administran los embalses (Jiménez-Segura et al. 2011).

Aunque EPM y la Fundación Humedales (2013), con participación de la comunidad de pescadores y la AUNAP han formulado una propuesta de ordenación para el embalse Porce II, cuyos objetivos son garantizar la actividad productiva y la seguridad alimentaria además de fortalecer la gobernanza y promover una actividad pesquera recreativa ordenada, a la fecha no se generan procesos eficientes para implementar las medidas recomendadas. Sumado a esto, el plan considera algunos riesgos e incertidumbres para su aplicación, en especial derivados tanto de la calidad sanitaria del producto (GAIA 2011), como de los conflictos relacionados con la incipiente organización social de los pescadores, siendo este un factor tradicionalmente señalado como limitante por Hannesson y Kurien (1988).

Paul et al. (2017) dejan claro que en los embalses los desafíos implicados en la producción de peces son objeto de debate; para Colombia, el gran limitante recae especialmente en la falta de claridad de las autoridades competentes para definir su intervención cuando el recurso pesquero lo constituyen las especies exóticas.

Los embalses ofrecen un amplio margen para la optimización del rendimiento pesquero (Datta 2011, Paul et al. 2017) a través de la adopción de normas de manejo adecuadas, donde el establecimiento de futuras estrategias deben enmarcarse bajo una perspectiva ecológica (Weimin 2006), acompañadas de una supervisión permanente que constituya el soporte para que el plan no se convierta en otro mecanismo de gestión fallido, aumentando la incertidumbre para los usuarios del recurso pesquero.

En síntesis, la dependencia social y económica que conlleva el uso pesquero de especies exóticas como sucede en el embalse Porce II, amerita la toma de decisiones pertinentes e inmediatas, acogiendo el interés general y la realidad socioeconómica, sin perjudicar la riqueza de las especies nativas presentes en el embalse.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los técnicos de campo Julieth Tatiana Pérez y Cindy García, a los miembros de la Asociación de Pesqueros Porce-Amalfi (APPA) y la Asociación de Pescadores de Porce (ASOPOR), a los pescadores Enrique Gutiérrez Rojo, Fabián Chavarría y César Alfonso Hernández (QEPD), quienes apoyaron la recopilación de la información. Así mismo, extienden su gratitud a Úrsula Jaramillo, Sandra Ríos, Omar Herrera y Laura Arango, funcionarios de EPM. Finalmente, aunque no menos importante, agradecen a los funcionarios Raúl Pardo, Edgar Octavio Dávila y Roger Navarro de la AUNAP, así como a la Dra. Isabel Cristina Beltrán, funcionaria del entonces INCODER.

REFERENCIAS

- Agostinho AA, Miranda LE, Bini LM, Gomes LC, Thomaz SM, Suzuki HI. 1999. Patterns of Colonization in Neotropical Reservoirs and Prognoses on Aging. En: JG Tundisi, M Straškraba editores. Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, Backhuys Publishers. p. 227-265.
- Agostinho AA, Gomes LC. 2002. Biodiversity and fisheries management in the Paraná river basin: successes and failures. Blue Millennium–World Fisheries Trust CRDI-UNEP. Maringá (Paraná): Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Agostinho AA, Gomes LC, Latini JD. 2004. Fisheries management in Brazilian reservoirs: lessons from/for South America. *Interciencia*, 29(6): 334-338. <ftp://goldfish.nupelia.uem.br/users/agostinhoaa/publications/136-Inter-Agostinho-et-al.pdf>
- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. 2007. Ecología e manejo de recursos pesqueiros em Reservatórios do Brasil. Maringá (Paraná): Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4): 1119-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>
- Agostinho AA, Gomes LC, Santos NC, Ortega JC, Pelicice FM. 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173(Part I): 26-36. DOI:10.1016/j.fishres.2015.04.006
- Álvarez J. 2014. Ictiofauna en embalses en cascada: el caso del río Porce [Tesis de maestría]. [Medellín (Colombia)]: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.
- Amarasinghe US, Weerakoon DE. 2006. Present status and future strategies for the management of reservoir fisheries in Sri Lanka: En: SS De Silva, US Amarasinghe editores. Status of reservoir fisheries in five Asian countries. NACA Monograph No. 2. Bangkok (Thailand): Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. p. 69-98.
- AUNAP, Fundación Humedales. 2013. Procesos de ordenación pesquera en las cuencas Magdalena, Sinú y golfo de Urabá. Bogotá (Colombia): AUNAP, Fundación Humedales. Convenio 01-2012.
- Bhattacharya CG. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23(1): 115-135.
- Cochrane KL, editor. 2005. Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. Documento técnico de pesca 424.
- Csirke J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. Documento técnico de pesca 192.
- Cuellar W. 2009. Calidad del agua en embalses de EPM. Retos y oportunidades. Caso de estudio: embalses de Riogrande II y Porce II, Antioquia, Colombia. Ponencia. IV Congreso Iberoamericano sobre desarrollo y ambiente (CISDA IV). p. 12
- Datta S. 2011. Reservoir Fisheries of India. <http://www.scribd.com/doc/58883840/Reservoir-Fisheries-of-India#scribd>.
- EMGESA-Fundación Humedales. 2008. Evaluación pesquera y repoblamiento en el embalse de Betania. Bogotá (Colombia): Fundación Humedales. Informe final de contrato para EMGESASA.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM). 1993. Declaratoria de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Porce II (Componente fisicobiótico) Estudios De Evaluación Ambiental. Medellín (Colombia): EPM.
- Empresas Públicas de Medellín, Fundación Humedales. 2013. Formulación de planes de ordenación pesquera (POP) en los embalses de Porce II y Porce III. Desarrollo de acciones participativas para su implementación y manejo integral del recurso pesquero y acuícola. Bogotá (Colombia): EPM, Fundación Humedales. Documento Técnico Contrato CT-00087-2011.
- Food and Agriculture Organization of the United States. 1995. Code of conduct for responsible fisheries. Rome (Italia): FAO. <http://www.fao.org/3/a-v9878e.pdf>
- Fundación Humedales. 2007. Monitoreo participativo en la laguna de Fúquene. Una iniciativa para llenar el vacío entre información, conocimiento y gestión ambiental. En: L Franco, G Andrade, editores. Fúquene, Cucunubá y Palacio: conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Bogotá (Colombia): Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 301-316.

- Grupo Investigación de Gestión y Modelación Ambiental (GAIA). 2011. Calidad del producto pesquero del embalse Porce II. Determinación de Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo en tejido muscular, frecuencia de anomalías morfológicas mixtas y caracterización microbiológica de muestras mixtas de piel y tejido de *Oreochromis niloticus* y *Tilapia rendalli*. Medellín (Colombia): Grupo Investigación de Gestión y Modelación Ambiental GAIA, Universidad de Antioquia.
- Gayanilo FC, Sparre P, Pauly D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. Computerized information series Fisheries No. 8
- Gomes LC, Miranda LE. 2001. Riverine Characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoirs of the upper Paraná river basin. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17: 67-79. [https://doi.org/10.1002/1099-1646\(200101/02\)17:1<67::AID-RRR615>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/1099-1646(200101/02)17:1<67::AID-RRR615>3.0.CO;2-P)
- Haddon M. 2011. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. 2nd ed. Boca Raton (USA): Taylor and Francis Group.
- Hannesson R, Kurien J. 1988. *Studies on the role of fishermen's organizations in fisheries management*. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. FAO Fisheries Technical Paper No. 300. <http://www.fao.org/docrep/003/T0049E/T0049E02.htm#ch2.7>
- Hilborn R, Walters CJ, editores. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Berlin: Springer US. DOI: 10.1007/978-1-4615-3598-0
- Hoeninghaus DJ, Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM, Okada EK, Latini JD, Kashiwaqui EAL, Winemiller KO. 2009. Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conservation Biology*, 23(5):1222-31. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01248.x
- Jiménez-Segura LF, Álvarez-León R, Gutiérrez-Bonilla F, Hernández S, Valderrama-Barco M, Villa-Navarro F. 2011. La pesca y los recursos pesqueros en los embalses colombianos. En: CA Lasso, F Gutiérrez, M Morales-Betancourt, E Agudelo, H Ramírez-Gil, RE Ajiaco-Martínez editores. II. *Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y Vertiente del Pacífico*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá (Colombia): Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 233-281.
- Jiménez-Segura LF, Álvarez J, Ochoa LE, Loaiza A, Londoño JP, Restrepo D, Aguirre K, Hernández A, Correa JD, Jaramillo-Villa U. 2014a. Guía Ilustrada Peces Cañón del río Porce, Antioquia. Medellín (Colombia): EPM, Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia.
- Jiménez-Segura LF, Restrepo-Santamaría D, López-Casas S, Delgado J, Valderrama M, Álvarez J, Gómez D. 2014b. Ictiofauna y desarrollo del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena-Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*. [fecha de acceso junio 6, 2017]; 15(2): 3-24. DOI:<https://doi.org/10.21068/bc.v15i2.317>
- Kirkwood GP, Hoggarth DD. 2001. *Introductory guides to the FMSP stock assessment software*. [fecha de acceso mayo 9, 2017]. <http://www.mrag.co.uk/resources/lfa-version-50>
- Kirkwood GP, Hoggarth DD. 2001. *Introductory guides to the FMSP stock assessment software*. [fecha de acceso mayo 9, 2017]. <http://www.mrag.co.uk/resources/lfa-version-50>
- Maldonado-Ocampo JA, Ortega-Lara A, Usma JS, Galvis G, Villa-Navarro FA, Vásquez L, Prada-Pedrerros S, Ardila C. 2005. *Peces de los Andes de Colombia*. Bogotá (Colombia): Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32534/337.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). 1994. Resolución 00618 del 29 de diciembre de 1994. "Por la cual se otorga a Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Licencia Ambiental para la realización del Proyecto Hidroeléctrico Porce II, ubicado en jurisdicción de los municipios de Yolombó, Amalfi y Gómez Plata, departamento de Antioquia". Bogotá (Colombia): Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Paul T, Palaniswamy R, Manoharan S, Unnithan U, Uk S. 2017. *Management Strategies for Reservoirs Fisheries*. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 8(06). DOI: 10.4172/2155-9546.1000492
- Pauly D. 1984. *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*. ICLARM Studies and Reviews 8. Manila (Filipinas): International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Sierra RE. 2011. *Eutrofización de embalses: prevención y manejo [Tesis de posgrado]*. [Bucaramanga (Colombia)]: Especialización en Ingeniería Ambiental, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander.
- Petrere M, Agostinho AA. 1993. La pesca en el tramo brasileño del Río Paraná. En Informe de la sexta reunión del grupo de trabajo sobre recursos pesqueros, Montevideo. Roma (Italia): FAO. Informe de Pesca N°490. FAO/ COPESCAL. p. 52-57.
- Sparre P, Venema SC. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I: Manual*. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. FAO. Documento Técnico de pesca 306.1. Rev. 2.
- Valderrama M, Salas F, Solano D. 2006. *Los peces y las pesquerías en el embalse de Urrá 2001-2005*. Bogotá (Colombia): Urrá S.A. E.P.S.-Fundación Bosques y Humedales.
- Van Switen P, Béné C, Kolding J, Brummett R, Valbo-Jørgensen J, editores. 2011. *Review of tropical reservoirs and their fisheries*. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United States. FAO. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 557.
- Von Bertalanffy L. 1934. *Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums*. I. Teil: Allgemeine Grundlagen der Theorie; Mathematische und physiologische Gesetzlichkeiten des Wachstums bei Wassertieren. *Wilhelm Roux'Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 131(4): 613-652. DOI:10.1007/BF00650112
- Weimin M. 2006. *Development of Reservoir Fisheries in China*: 3-15. En: SS De Silva, US Amarasinghe editores. 2006. *Status of reservoir fisheries in five Asian countries*. NACA Monograph No. 2. Bangkok (Thailand): Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific.