

## PUNTOS DE REFERENCIAS BIOLÓGICOS PARA LA ORDENACIÓN PESQUERA DE *Ageneiosus pardalis* (Auchenipteridae) EN EL EMBALSE URRÁ

### Biological Reference Points for the Fisheries Management of *Ageneiosus pardalis* (Auchenipteridae) in The Urrá Reservoir

Fredy SALAS GUZMÁN<sup>1</sup>, Mauricio VALDERRAMA BARCO<sup>1</sup>, Carlos BARRETO REYES<sup>1</sup>, Víctor ATENCIO GARCÍA<sup>2</sup>.

**For correspondence:** vatencio@correo.unicordoba.edu.co

<sup>1</sup>Fundación Bosque y Humedales. Carrera 4 No. 33-72, oficina 31. Montería, Colombia.

<sup>2</sup>FMVZ/DCA/Instituto de Investigación Piscícola CINPIC, Universidad de Córdoba. Carrera 6 No. 76-103. Montería, Colombia.

**Received:** 21<sup>st</sup> April 2017, **Returned for revision:** 15<sup>th</sup> September 2017, **Accepted:** 1<sup>st</sup> March 2018.

**Associate Editor:** Alan Giraldo.

**Citation/Citar este artículo como:** Salas Guzmán F, Valderrama Barco M, Barreto Reyes C, Atencio García V. Puntos de referencias biológicas para la ordenación pesquera de *Ageneiosus pardalis* (Auchenipteridae) en el embalse Urrá. Acta biol. Colomb. 2018;23(2):163-169. DOI:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n2.64195>

#### RESUMEN

Se estimaron puntos de referencias biológicas de la doncella *Ageneiosus pardalis* en el embalse Urrá y ríos aportantes como mortalidad por pesca máxima ( $F_{max}$ ), mortalidad por pesca a 10 % ( $F_{0,1}$ ), mortalidad por pesca actual ( $F_{2015}$ ), mortalidad por pesca a máximo rendimiento económico ( $F_{MRE}$ ), máximo rendimiento económico (MRE) y máximo rendimiento sostenible (MRS). Además, se analizó la situación de la doncella bajo tres escenarios: 1) estado actual, 2) prohibición de pesca con mallas por dos meses (abril y noviembre) y 3) prohibición de pesca con malla por dos meses más el cumplimiento de la zona de reserva (colas Sinú y Verde). Las estimaciones de  $F_{max}$  (1,1 año<sup>-1</sup>),  $F_{0,1}$  (0,6 año<sup>-1</sup>) y  $F_{2015}$  (1,2 año<sup>-1</sup>) sugieren que la especie está al límite de la sobrepesca. Para obtener un MRE (\$130,6 millones de pesos), la  $F_{MRE}$  debe ser de 0,6 año<sup>-1</sup> y un MRS de 28,8 tm. En 2015, el 81 % de la doncella capturada estuvo por debajo de la talla mínima legal vigente (32 cm LE) y 51 % por debajo la talla de media de madurez estimada (26,6 cm LE). Los resultados del presente estudio permiten concluir que la población de doncella se encuentra en etapa inicial de sobrepesca y se recomienda la prohibición de la pesca con redes agalleras y la veda permanente en las colas del embalse con los ríos Sinú y Verde como el mejor escenario para esta especie.

**Palabras clave:** bagres, doncella, mortalidad por pesca, pesquerías, rendimiento.

#### ABSTRACT

Biological reference points of the doncella *Ageneiosus pardalis* in the Urrá reservoir and tributaries rivers were estimated as maximum fishing mortality ( $F_{max}$ ), fishing mortality at level 10 % ( $F_{0,1}$ ), current fishing mortality ( $F_{2015}$ ), fishing mortality at maximum economic yield ( $F_{MEY}$ ), maximum economic yield (MEY) and maximum sustainable yield (MSY). In addition, the situation of the doncella was analyzed under three scenarios: (1) current status, (2) fishing ban with meshes for two months (april and november) and (3) fishing ban with mesh for two months plus fulfillment the reserve zone (tailings of the reservoir with Sinú and Verde rivers). Estimates of  $F_{max}$  (1.1 year<sup>-1</sup>),  $F_{0,1}$  (0.6 year<sup>-1</sup>) and  $F_{2015}$  (1.2 year<sup>-1</sup>); suggests that the doncella is at the limit of overfishing. To obtain a MEY (\$ 130.6 million), the  $F_{MEY}$  must be 0.6 year<sup>-1</sup> and the MSY of 28.8 mt. In 2015, 81% of the captured doncella was below the legal minimum size (32 cm SL) and 51 % below the average estimated maturity size (26.6 cm SL). The results of the present study allow us to conclude that the doncella population is an initial stage of overfishing and recommends the prohibition of gill net fishing and fishing ban in the dam tails with the Sinú and Verde rivers like best scenario for this species.

**Keywords:** catfishes, driftwood catfishes, fishing mortality, fisheries, yield.

## INTRODUCCIÓN

La construcción y operación del embalse de Urrá en Tierralta (Córdoba, Colombia), para la generación de energía eléctrica, fragmentó el río (aguas abajo, embalse, aguas arriba) y alteró el ensamblaje de peces en el alto Sinú. A finales de 1999 se inició el llenado del embalse de la hidroeléctrica Urrá y en el año 2000 entró en operación; después de seis años Valderrama *et al.* (2006) reportaron la presencia de 41 especies de peces en el embalse; de las cuales 30 se consideraron establecidas en este cuerpo de agua, entre ellas doncella *Ageneiosus pardalis*. La doncella, es un Siluriformes de la familia Auchenipteridae, de mediano tamaño, endémica del neotrópico (Ferraris, 2003) distribuida en Venezuela, Colombia y Panamá. En Colombia se encuentra reportada en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas como especie vulnerable a la extinción (Mojica *et al.*, 2012).

Rangel y Díaz (2009) consideraron que su amplio período reproductivo y su condición desovante parcial favorecieron su establecimiento en el embalse de Urrá. Su captura en el embalse y ríos tributarios, se incrementó 24,4 % entre 2008 (22,5 tm) y 2015 (28,0 tm), aportando 17,9 % de las capturas totales. En el alto Sinú, se captura en el embalse y en la confluencia de los ríos Sinú y Verde y en los ríos Manso y Tigre, con redes agalleras, líneas de mano, calandrios y atarrayas (Valderrama *et al.*, 2015). Es considerada una de las especies promisorias para el desarrollo pesquero del embalse de Urrá y aguas arriba (alto Sinú); por tanto, se ha recomendado para su ordenación, el establecimiento de puntos de referencia que permitan plantear estrategias de manejo y aprovechamiento sostenible (Valderrama *et al.*, 2015).

Los puntos de referencia son herramientas de manejo que cumplen diversos propósitos en la ordenación pesquera; orientados tanto a la conservación del recurso como a garantizar la sostenibilidad de la pesquería y por tanto son útiles en la adopción de decisiones, consulta, formulación y asignación de presupuesto de un plan de ordenación. Los puntos de referencia se clasifican en objetivos (PRO), cuando sugieren el estado deseable de una pesquería, y límites (PRL) cuándo el recurso está en riesgo, disminuyendo o sobreexplotado (Caddy y Mahon, 1996).

Brooks (2013), propuso la obtención de puntos de referencias a partir de las correlaciones entre la madurez y la fecundidad (potencial de desove), para predecir las probabilidades de un estado biológico futuro y la comprensión de la incertidumbre en las proyecciones de pesca sostenible. Haltuch *et al.* (2008) recomendaron utilizar modelos de simulación para estimar valores alternativos de puntos de referencias como la biomasa objetivo y la mortalidad por pesca y biomasa a máximo rendimiento con relación a la biomasa objetivo, que permitan disminuir la incertidumbre para implementar planes de manejo efectivos en la reducción de la mortalidad por pesca, bien

sea previniendo la sobrepesca o recuperando la población sobreexplotada.

El objetivo del estudio fue evaluar el estado de la pesca de doncella en el embalse de Urrá y ríos tributarios y determinar puntos de referencia objetivos (PRO) y límites (PRL) para un manejo sostenible como mortalidad por pesca a máximo rendimiento por recluta ( $F_{max}$ ), mortalidad por pesca a 10 % ( $F_{0,1}$ ), máximo rendimiento económico (MRE) y la relación de la talla media de madurez (TMM) con la talla media de captura (TMC). Además, se analizó la situación de la doncella bajo tres posibles escenarios de ordenación para la disminución del riesgo y la incertidumbre de este importante recurso pesquero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El río Sinú tiene una longitud de 380 km y una cuenca 13952,4 km<sup>2</sup>. Nace en Ituango (Antioquia) y desemboca en el Mar Caribe (San Bernardo del Viento, Córdoba). A 267 km de su desembocadura, el río fue embalsado con el propósito de generar energía eléctrica, formándose el embalse de Urrá, con un área de inundación máxima de 8038 Has y sus principales tributarios, aguas arriba del embalse, son los ríos Verde, Esmeralda y Manso (Kerguelén y Atencio, 2015).

Se utilizaron registros de longitud estándar (LE), peso total (g), sexo y madurez sexual de doncella capturadas en el embalse de Urrá y ríos tributarios (Verde, Esmeralda, Manso y Tigre) entre los años 2008 y 2015 (n=10784 datos) del monitoreo pesquero que realiza la Fundación Bosques y Humedales.

### Mortalidad por pesca a máximo rendimiento por recluta ( $F_{max}$ ) y mortalidad por pesca a 10 % de la pendiente al origen de la curva de rendimiento por recluta ( $F_{0,1}$ )

Se estimaron mediante el análisis de rendimiento por recluta (Y/R) (Sparre y Venema, 1997); para lo cual se utilizaron 2076 registros de LE de los años 2013 y 2014, pero previamente se calcularon los parámetros de crecimientos requeridos, con la ayuda del programa FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005), el método de análisis de cohortes de Bhattacharya (Sparre y Venema, 1997) y el modelo de Gulland y Holt (1959).

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

Donde F es mortalidad por pesca, K es el coeficiente de crecimiento de la curva de von Bertalanffy,  $A=(L_{\infty}-L_c/L_{\infty}-L_c)^{M/K}$ ,  $L_c$  es la longitud de primera captura (cuando  $F \geq 0,1$ ),  $W_{\infty}$  es el peso asintótico, estimado con la ecuación  $W_{\infty} = a * L_{\infty}^b$  (n = 10784, 2008-2015),  $L_{\infty}$  es la longitud asintótica del modelo de von Bertalanffy,  $L_r$  es longitud de reclutamiento (menor longitud en la captura),  $U=1-L_c/L_{\infty}$ , Z es la mortalidad total, estimada con la ecuación  $Z= M+F$ ; donde M es la mortalidad natural y F la mortalidad por pesca. La longitud de reclutamiento ( $L_r$ ) y de primera captura ( $L_c$ ) se

estimaron con 1126 registros de LE de doncella capturadas en 2015 en el embalse y ríos tributarios (Verde, Esmeralda, Manso y Tigre) con artes de pesca como redes agalleras (promedio de faena 12 horas), atarrayas (tres horas), líneas de mano (dos horas) y calandrios (12 horas).

Para la estimación de  $F_{\max}$  se consideraron valores de  $F$  que variaron entre 0,0 a  $2,5 \text{ año}^{-1}$  y los valores de  $Z=M+F$  dependieron del valor asignado a  $F$ .  $M$  fue estimada con la siguiente ecuación y se ajustó al 85 % de su valor según lo recomendado por Pauly (1983).

$$M = 0,85 * e^{-0,0152 - 0,279 * \ln L_{\infty} + 0,6543 * \ln K + 0,463 * \ln T}$$

Donde  $K$  es la tasa de crecimiento y  $T$  es la temperatura anual promedio del agua (29 °C, Valderrama *et al.*, 2015).

### Mortalidad por pesca para el año 2015 ( $F_{2015}$ )

Se estimó mediante análisis de población virtual (APV) y de cohortes de tallas (Jones, 1984), utilizando 1126 registros de LE de doncellas capturadas en el embalse Urrá y Alto Sinú entre enero y diciembre de 2015.

### Máximo rendimiento económico (MRE)

Se estimó mediante las ecuaciones del modelo de Thompson y Bell, basado en las tallas (Sparre y Venema, 1997).

$$Z_i = M + X * F_i$$

$$N_{(L_{i+1})} = N_{(L_i)} * \frac{\frac{1}{H_i} - X * (F_i/Z_i)}{H_i - X(F_i/Z_i)}$$

$$H_i = \left[ \frac{L_{\infty} - L_i}{L_{\infty} - L_{i+1}} \right]^{M/2K}$$

$$C_i = [N_{L_i} - N_{L_{i+1}}] * X * F_i/Z_i$$

$$\bar{w}_i = q * \left[ \frac{(L_i + L_{i+1})}{2} \right]^b$$

$$Y_i = C_i * \bar{w}_i$$

$$V_i = Y_i * \bar{v}_i$$

$$\bar{N}_i * \Delta t_i = [N_{L_i} - N_{L_{i+1}}]/Z_i$$

$$\bar{B}_i * \Delta t_i = \bar{N}_i * \Delta t_i * \bar{w}_i$$

Donde,  $H$  es el factor de mortalidad natural,  $C$  es la captura en número ( $n$ ),  $Y$  es el rendimiento o captura en peso por año (kg),  $N$  es la población en número ( $n$ ),  $V$  es el valor anual de la captura (\$) y  $w$  es la captura en peso (kg). Los valores se estimaron por intervalo de clases de LE; donde  $i$  se refiere a un intervalo de clase específico,  $L_i$  es el límite inferior del intervalo de clase y  $L_{i+1}$  al límite superior del mismo e incluye  $X$  como factor de mortalidad ( $F$ ).

### Talla media de madurez (TMM)

Para la estimación de TMM, se consideraron los registros LE de hembras y machos en todos los estados de madurez ( $n=1020$ ) en el periodo comprendido entre 2008 y 2015, utilizando la escala propuesta por Zaiden (2000). En ese mismo periodo se analizó si la proporción sexual estimada se ajustó a la esperada (1:1), mediante el test estadístico Chi-cuadrado (Sokal y Rohlf, 2009). La TMM se analizó por intervalo de clase, ajustando la curva de acuerdo a lo propuesto por King (1995):

$$S_{L_s} = \frac{1}{1 + e^{(S_1 - S_2 * L_s)}}$$

Donde,  $S_{L_s}$  es la frecuencia relativa acumulada suavizada,  $S_1$  y  $S_2$  corresponden a intercepto y pendiente, respectivamente, de la regresión lineal entre LE y  $\ln [1/S(LE)-1]$  (Sparre y Venema, 1997).

### Talla media de captura (TMC)

Se utilizaron 10784 datos de LE de doncellas capturadas entre 2008 y 2015 y se estimó con la siguiente ecuación:

$$TMC = \sum LE_i/n$$

### Evaluación de estado y análisis de riesgo e incertidumbre

Se analizó bajo tres posibles escenarios con la ayuda del modelo de Montecarlo (Programa Crystal Ball; Haddon, 2011): 1) estado actual; 2) prohibición de la pesca con redes agalleras durante los meses de abril y noviembre. En estos meses se incrementa la mortalidad por pesca; bien sea por la migración aguas arriba (noviembre) o por los bajos niveles de las aguas en el embalse (abril) (Valderrama *et al.*, 2006; Kerguelén-Durango y Atencio-García, 2015); 3) cumplimiento del escenario 2 más veda permanente de pesca con redes agalleras en las colas embalsadas de los ríos Sinú y Verde. Las colas de estos ríos, se consideran puntos críticos, porque son pasos obligados de los peces para entrar y salir del embalse y la pesca con estas redes, en estas áreas, afectan negativamente el recurso (Valderrama *et al.*, 2006). En cada escenario se estimó la captura total, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y los ingresos por pesca. La CPUE se estimó promediando todas las capturas diarias por unidad económica de pesca (kg/UEP/día). La UEP estaba conformada por una canoa y un pescador.

## RESULTADOS

### Parámetros de crecimiento y mortalidad

En el periodo 2013-2014 (n=2076), la LE de la doncella capturada osciló entre 7,2 y 50 cm, con promedio de 29,3±7,7 cm (±desviación estándar); mientras que en 2015 (n=1126), la LE osciló entre 12,4 y 47,8 cm (27,9±6,1 cm). Con los parámetros de crecimiento y mortalidad que se muestran en la tabla 1 se estimaron los diferentes puntos de referencia para la doncella.

### Mortalidades por pesca a máximo rendimiento por recluta ( $F_{max}$ ), mortalidad por pesca a 10 % de la pendiente al origen de la curva de rendimiento por recluta ( $F_{0,1}$ ) y mortalidad por pesca para el año 2015 ( $F_{2015}$ )

$F_{max}$  fue estimada en 1,1 año<sup>-1</sup>,  $F_{0,1}$  en 0,6 año<sup>-1</sup>; mientras que  $F_{2015}$  se calculó en 1,2 año<sup>-1</sup> con biomasa media instantánea de 34,4 tm. La figura 1 muestra la curva de rendimiento por recluta (Y/R).

### Máximo rendimiento económico (MRE)

Se estimó en \$130,6 millones pesos colombianos, con una  $F_{MRE}$  de 0,6; la cual genera un rendimiento máximo sostenible (MRS) de 28,8 tm; mientras que con  $F_{2015}$  de 1 se obtiene un rendimiento de 28,1 tm (Fig. 2).

### Talla media de madurez (TMM) y talla media de captura (TMC)

Entre 2008 y 2014 (n=948) las tallas oscilaron entre 9,2 y 45,5 cm (24,9±7,3 cm LE). La proporción sexual (hembra:macho) fue de 1:1,1; la cual no fue diferente a la esperada (1:1) ( $p < 0,05$ ); mientras que la TMM se estimó en 26,6 cm LE para sexos combinados (Fig. 3).

El porcentaje de ejemplares capturados por debajo de la talla mínima legal (TML, 32 cm LE, Resolución 720 de 2013

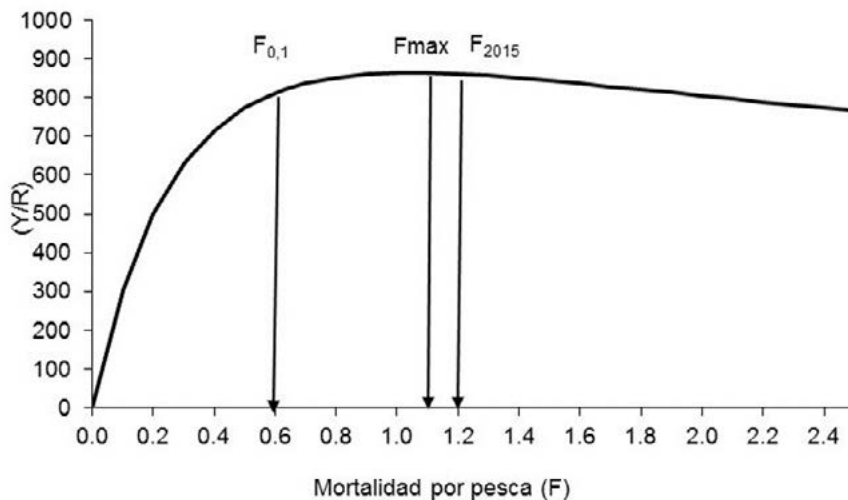
**Tabla 1.** Parámetros de crecimiento y mortalidad de *Ageneiosus pardalis* en el embalse de Urrá y ríos tributarios.

Parámetros	Valor
$L_{\infty}$	58,64 cm
K	0,324 año <sup>-1</sup>
M	0,6035 año <sup>-1</sup>
$t_0$	0,0057078 año
$L_c$	28 cm
$L_r$	16 cm
$W_{\infty}$	2377 g
M/K	1,863
$A = (L_{\infty} - L_c / L_{\infty} - L_r)^{M/K}$	0,54
$(L_{\infty} - L_c / L_{\infty} - L_r)$	0,72
$U = 1 - L_c / L_{\infty}$	0,523
F	0 a 2,5 año <sup>-1</sup>
A	0,0137
B	2,963

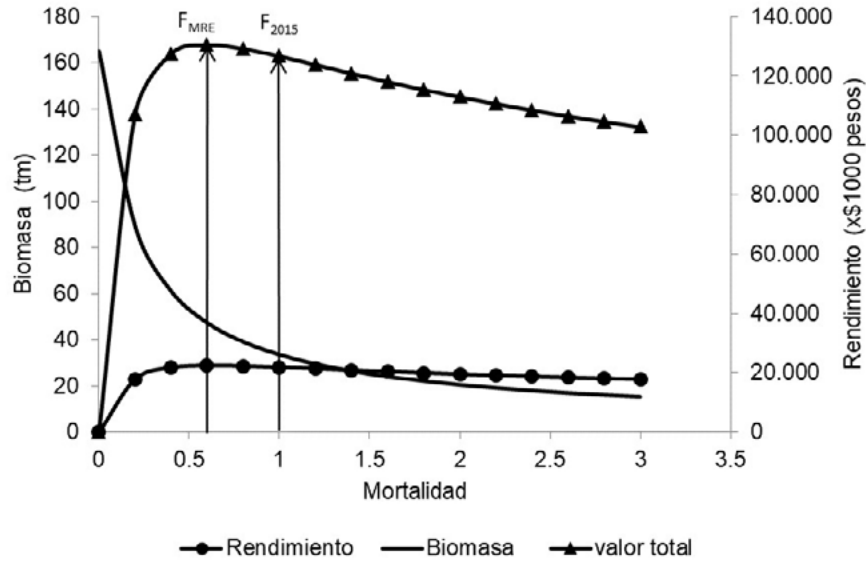
de la AUNAP) se incrementó; pasando de 64 % en 2008 a 81,6 % en 2015. Caso similar ocurrió con relación la TMM; la cual aumentó de 31,1 % en 2008 a 53 % en 2015; cifras que sugieren que la presión pesquera se está ejerciendo sobre ejemplares jóvenes. La TMC disminuyó de 30,6 cm en 2008 a 27,9 cm en 2015 con promedio multianual de 29,8 cm LE (2008-2015) con tendencia a la disminución.

### Evaluación de estado y análisis de riesgo e incertidumbre

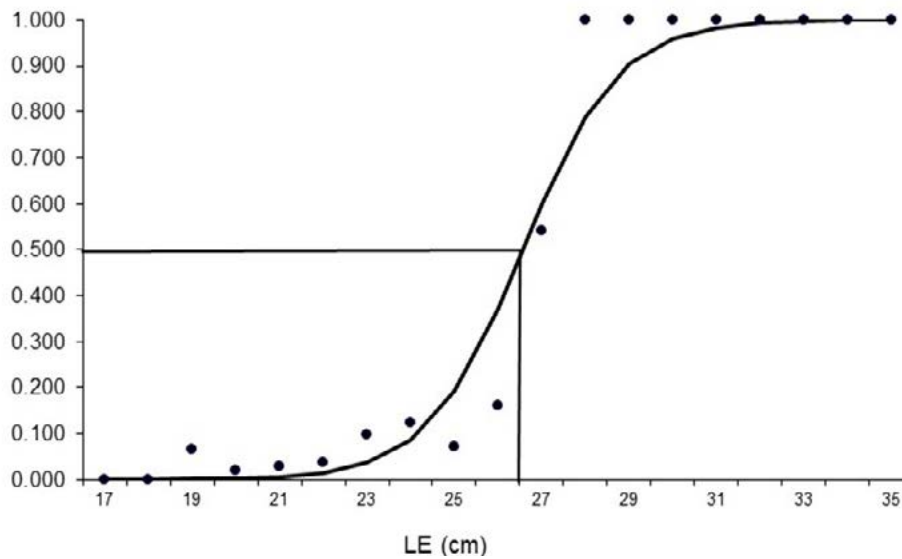
La tabla 2, muestra los ingresos, CPUE y captura total en los tres escenarios analizados; en la cual se aprecia que el mejor escenario para el manejo de la doncella es el escenario 3 (prohibición de pesca con redes agalleras durante dos



**Figura 1.** Curva rendimiento por recluta (Y/R) de doncella *Ageneiosus pardalis* en el embalse Urrá y ríos tributarios.



**Figura 2.** Mortalidad por pesca a máximo rendimiento económico ( $F_{MRE}$ ), rendimiento y curva de biomasa de doncella *Ageneiosus pardalis* en el embalse de Urrá y ríos tributarios.



**Figura 3.** Talla media de madurez de doncella *Ageneiosus pardalis* en el embalse Urrá y ríos tributarios. LE, longitud estándar.

**Tabla 2.** Valores de la pesquería de doncella *Ageneiosus pardalis* en el embalse Urrá y ríos aportantes en tres escenarios. 1) Estado actual (esfuerzo total anual 77050 faenas), 2) prohibición de la pesca con malla por dos meses (72990 faenas); 3) prohibición de la pesca con malla por dos meses y cumplimiento de la restricción en la zona de reserva (69032 faenas). UEP, unidades económicas de pesca; CPUE, captura por unidad de esfuerzo, prob, probabilidad de ocurrencia.

Escenarios	Ingresos		CPUE		Captura	
	(\$/UEP/día)	Prob (%)	kg/UEP/día	Prob (%)	(tm)	Prob (%)
1	8882,0	45,7	0,36	47,0	28	46,0
2	9486,0	46,6	0,38	48,0	29	48,3
3	9486,0	49,5	0,38	65,9	29	47,1

meses (abril y noviembre) y veda permanente en las colas embalsadas de los ríos Sinú y Verde. Este escenario tiene alta probabilidad de ocurrencia (65,9 %) y la CPUE se estimó en 0,38 kg/día/hombre y los ingresos son iguales que el escenario 2 (prohibición de la pesca con redes agaletras por dos meses) y mayores que en el escenario 1 (estado actual).

## DISCUSIÓN

Existen pocos reportes sobre parámetros de crecimiento y mortalidad de doncella. La constante de crecimiento estimada en el presente estudio ( $0,324 \text{ año}^{-1}$ ) es ligeramente mayor a la estimación de Rangel *et al.* (2011) ( $0,28 \text{ año}^{-1}$ ), pero los valores de esta constante sugieren que la especie es de crecimiento lento.

La TMM (26,6 cm LE) en el periodo 2008-2014, sugiere una edad de 2,2 años para ejemplares de esta talla. Rangel y Díaz (2009) estimaron una TMM en el embalse de 38,3 cm LE y Olaya *et al.* (2003) estableció 35,1 cm LE para aguas abajo del embalse; valores menores, pero que se podrían explicar por la metodología de estimación de TMM. El presente estudio involucró tanto ejemplares maduros como inmaduros; mientras que los estudios anteriormente citados, en la cuenca del río Sinú, sólo consideraron individuos maduros. Jaramillo-Villa (2005) estableció para la doncella del río Atrato una TMM de 28 cm LE; similar a la obtenida en el presente estudio.

Los puntos de referencias  $F_{\text{max}}$  ( $1,1 \text{ año}^{-1}$ ) y  $F_{\text{MRE}}$  ( $0,6 \text{ año}^{-1}$ ); resultaron por debajo de  $F_{2015}$ , bien sea estimada por análisis de población virtual ( $F_{2015}=1,2 \text{ año}^{-1}$ ) o por el modelo de Thompson y Bell descrito por Sparre y Venema (1997) ( $F_{\text{MRE}}=1,0$ ); sin embargo, el valor de  $F_{\text{MRE}}$  sugiere que para alcanzar un MRE (130,6 millones de pesos), la  $F_{\text{MRE}}$  debe disminuirse a 0,6 y lo cual generará un MRS de 28,8 tm.

La situación descrita anteriormente sugiere que la doncella ha iniciado una fase de sobreexplotación; como lo sugieren las estimaciones de TMM, TMC y los volúmenes de capturas en 2015 en el embalse Urrá y ríos aportantes. La TMC, estimada en el presente estudio, indica que el 53 % de los individuos están por debajo de la TMM; lo cual sugiere que la actividad pesquera recae principalmente sobre ejemplares jóvenes. Una posible causa de esta situación es el uso de artes de pesca con ojos de malla prohibidos (menores a 10 cm, Resolución 720 de 2013 de la AUNAP) para el embalse y ríos tributarios (Valderrama *et al.*, 2015). Esta situación podría estar afectando la biomasa reproductiva y por consiguiente el reclutamiento a la pesca.

Las capturas históricas en la zona de estudio (embalse y ríos tributarios) también permiten corroborar la situación de sobreexplotación. Los datos muestran que en 2015 (28 tm) hay una tendencia de disminución con relación a 2014 (30 tm). No obstante, la tendencia de disminución de las capturas se aprecia mejor al analizar por separado las

capturas del embalse y de los ríos tributarios. En el periodo 2013-2015, en el embalse, las capturas disminuyeron 25 %, cayendo de 16 tm (2013) a 12 tm (2015); mientras que en los ríos tributarios se estabilizó en 16 tm (Valderrama *et al.*, 2015). Esta situación permite sugerir que a partir de 2014 la pesca de la doncella alcanzó su máximo de producción y a partir de allí se evidencia una tendencia a la disminución.

El mejor escenario para el manejo de la doncella es el que sugiere el cumplimiento de la veda de la pesca con redes agalleras durante abril y noviembre y que se mantenga permanentemente la veda en las colas embalsadas de los ríos Sinú y Verde; ya que estas áreas son críticas, por ser paso obligados de los peces para salir y entrar al embalse. Es preciso anotar que estas medidas ya fueron planteadas en los acuerdos de buenas prácticas de pesca (Resolución 720 de 2013, AUNAP). En el escenario 3 para alcanzar una captura de 29 tm, la probabilidad de ocurrencia es de 47,1 %, lo cual es posible, si se tiene en cuenta que los puntos de referencia límites ( $F_{\text{max}}=1,1 \text{ año}^{-1}$  y  $F_{\text{MRE}}=0,6 \text{ año}^{-1}$ ) se alcanzan con un MRS de 28,8 tm. Además, en este escenario, existe buenas probabilidades de obtener niveles de rendimientos por unidad de pesca de 0,38 kg/UEP/día (65,9 %) e ingresos diarios de \$ 9500 pesos colombianos (49,5 %).

La doncella es una especie prioritaria en el embalse y ríos tributarios; sin embargo, las condiciones actuales de pesca muestran que se encuentra en un estado inicial de sobreexplotación, lo cual se refleja en los niveles de mortalidad por pesca que superan los puntos de referencia estimados ( $F_{\text{max}}$ ,  $F_{\text{MRE}}$ ). Los volúmenes de producción pesquera presentan tendencia a la disminución, la captura es realizada sobre ejemplares jóvenes con tallas inferiores a la TMM; lo cual permite sugerir la necesidad de implementar medidas de ordenación orientadas a elevar la edad de primera captura de la doncella.

## CONCLUSIONES

Los puntos de referencia estimados ( $F_{\text{max}}$ ,  $F_{0,1}$ , MRE, relación TMM y TMC) y la tendencia decreciente de las capturas, soportada en ejemplares jóvenes, sugieren que la doncella *A. pardalis* se encuentra en estado inicial de sobreexplotación; lo cual requiere de la implementación de un escenario que prevea la veda de pesca con redes agalleras durante los meses de abril y noviembre y la veda permanente en las colas embalsadas de los ríos Sinú y Verde como la mejor estrategia de ordenación para este recurso pesquero.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Urra S.A.-E.S.P. por la financiación del estudio y a la Fundación Bosque y Humedales por la información suministrada.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## REFERENCIAS

- AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca). Resolución 720 de junio de 2013. (Diario Oficial No. 48.834).
- Brooks E. Effects of variable reproductive potential on reference points for fisheries management. *Fish Res.* 2013;138:152-158. Doi:10.1016/j.fishres.2012.06.003
- Caddy JF, Mahon R. Puntos de Referencia para la ordenación Pesquera. Roma: FAO. Documento Técnico de Pesca (347); 1996. 109 p.
- Contreras CP, Zapata B, Rosado P. Aspectos preliminares del manejo reproductivo en cautiverio de la doncella (*Ageneiosus pardalis* Lütken, 1874). *Rev MVZ Córdoba.* 2012;17(3):3147-3153.
- Ferraris C. Family Auchenipteridae (Driftwood catfishes). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ Jr, editors. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS; 2003. p. 470-482.
- Gayanilo F, Sparre P, Pauly D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II). Revised version. User's guide. Roma: FAO. Computerized Information Series (Fisheries). revised version (8); 2005. 168 p.
- Gulland JA, Holt SJ. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *ICES J Mar Sci* 1959;25(1): 47-49. Doi:10.1093/icesjms/25.1.47
- Haddon M. Modelling and quantitative methods in fisheries. London: CRC Press; 2011. 443 p.
- Haltuch M, Punt A, Dorn M. Evaluating alternative estimators of fishery management reference points. *Fish Res.* 2008; 94(3):290-303. Doi:10.1016/j.fishres.2008.01.008
- Jaramillo-Villa U. Actividad pesquera en las ciénagas de Tumaradó (PNN Katio-Bajo Atrato) y aspectos sobre la biología de algunas de las especies de peces explotadas (Trabajo de pregrado). Medellín: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia; 2005. 87 p.
- Jones R. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). Roma: FAO Fish.Tech. Pap. (256); 1984. 118p.
- Kerguelén EA, Atencio VJ. Environmental characterization of the reproductive season of migratory fish of the Sinú river (Córdoba, Colombia). *Rev MVZ Córdoba.* 2015;20(3):4766-4778.
- King M. Fisheries biology assessment management. Oxford: Fishing News Book; 1995. 341 p.
- Mojica JI, Castellanos C, Alvarez-León R, Villa-Navarro F. *Ageneiosus pardalis* Lutken 1874. In: Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R, Lasso CA, editors. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia, Universidad de Manizales; 2012. p. 71-73.
- Olaya-Nieto C, Segura-Guevara F, Brú-Cordero SB, Blanco-Viellar HM. Biología reproductiva de la Doncella (*Ageneiosus pardalis* Lütken, 1874) en el Río Sinú, Colombia. II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA; 2003. p. 743-749.
- Pauly D. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Documento Técnico de Pesca No. 234, Roma: FAO; 1983. 49 p.
- Rangel B, Díaz R. Establecimiento de la doncella (*Ageneiosus pardalis* Lütken, 1874) en el embalse Urrá, Colombia (Trabajo de pregrado) Montería: Universidad de Córdoba; 2009. 43 p.
- Rangel B, Diaz R, Valderrama M, Salas F. Edad relativa y crecimiento de la Doncella (*Ageneiosus pardalis* Lütken, 1874) y análisis general del estado de su población en el embalse de Urrá (Alto Sinú, Córdoba, Colombia). Memorias del XI Congreso Colombiano de Ictiología y II Encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué: ACICTIOS/Universidad del Tolima; 2011. sp.
- Sokal RR, Rohlf FJ. Introduction to biostatistics. 2nd ed. Usa: Dover Publications; 2009. 363 p.
- Sparre P, Venema S. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1. Santiago de Chile, Chile: FAO. Documento Técnico de Pesca (306/1 rev. 2); 1997. 420 p.
- Valderrama M, Salas F, Rangel B, Diaz R. Monitoreo pesquero y evaluación de la efectividad del repoblamiento en el embalse de Urrá y área del resguardo Emberá Katio del alto Sinú (Informe Técnico). Montería: Fundación Bosques y Humedales/Empresa Urrá SA ESP; 2015.
- Valderrama M, Salas F., Solano D. Los peces y las pesquerías del embalse de Urrá 2001-2005. Bogotá: Fundación Bosques y Humedales, Empresa Urrá SA-ESP; 2006. 92 p.
- Zaiden SF. Morfología gonadal e metabolismo energético da Piraputanga *Brycon hilarii* (Cuvier e Valenciennes, 1849) (Pisces, Characidae), en Cautiverio, durante o ciclo reproductivo anual [Tesis de doctorado]. São Paulo: Universidade Estadual Paulista; 2000. 152 p.