



Mortalidad y Rendimiento Sostenible de la Cachama *Colossoma macropomum* en el Orinoco Medio en Venezuela

Angel González Suárez¹ & Aristide Márquez²

Recebido em 13/03/2021 – Aceito em 13/12/2021

¹ Universidad de Oriente, Venezuela. <angelgonzalez78@hotmail.com>.

² Venezuela. <aristd@gmail.com>.

RESUMEN – La importancia de *Colossoma macropomum* en la pesca artesanal del Orinoco medio en Venezuela ha disminuido considerablemente desde los años ochenta, cuando llegó a ser la especie más importante en los desembarcos; lo que motivó la realización del presente trabajo, sobre la evaluación del nivel actual de explotación de la especie, mediante estudios de mortalidad y del rendimiento y biomasa por recluta. La mortalidad total se determinó por tres métodos basados en las frecuencias de talla, mientras que la mortalidad natural se calculó por seis ecuaciones empíricas, para disminuir incertidumbres en la estimación de la mortalidad por pesca. El rendimiento y la biomasa por recluta se determinó por el modelo de Thompson y Bell para frecuencias de talla, el cual, junto con la evaluación de la tasa de explotación, demostró la existencia de dos escenarios de explotación que incluyeron la existencia de un recurso en el límite de su explotación, y un recurso en condición de sobrepesca. De estos dos escenarios, el más aceptado fue el que señaló la existencia de un recurso en condición de sobreexplotación, ocasionada por la captura excesiva de peces de pequeño tamaño. La simulación del modelo de rendimiento y biomasa por recluta para una talla mínima de captura mayor que la actual, evidenció la existencia de un recurso que estaría moderadamente explotado, pudiéndose concluir que entre las necesarias medidas que hay que tomar para la conservación del recurso, el incremento de la longitud de primera captura debe ser de suma importancia.

Palabras clave: Pesca continental; poblaciones de peces; evaluación de poblaciones; dinámica poblacional.

Mortalidade e Rendimentos Sustentáveis do Cachalote *Colossoma macropomum* no Orinoco Médio na Venezuela

RESUMO – A importância do *Colossoma macropomum* na pesca artesanal do Orinoco médio na Venezuela diminuiu consideravelmente desde os anos 80, quando se tornou a espécie mais importante nos desembarques, o que motivou o presente trabalho sobre a avaliação do atual nível de exploração da espécie, através de estudos de mortalidade e rendimento e biomassa por recruta. A mortalidade total foi determinada por três métodos baseados em frequências de comprimento, enquanto a mortalidade natural foi calculada por seis equações empíricas para reduzir as incertezas na estimativa da mortalidade por pesca. O rendimento e a biomassa por recruta foram determinados pelo modelo de Thompson e Bell, que, juntamente com a avaliação da taxa de exploração, demonstrou a existência de dois cenários que incluíam a existência de um recurso no limite da sua exploração, e um recurso em estado de sobrepesca. Desses dois cenários, o mais amplamente aceito foi o que indicou a existência de um recurso em estado de sobrepesca, causado pela sobre-exploração de pequenos peixes. A simulação do rendimento e biomassa por modelo de recrutamento para um tamanho mínimo de captura superior ao actual, mostrou a existência de um recurso que seria moderadamente explotado, podendo-se concluir que, entre as medidas necessárias a serem tomadas para a conservação do recurso, o aumento do tamanho de primeira captura deve ser da maior importância.

Palavras-chave: Pesca interior; populações de peixes; avaliação de stocks; dinâmica populacional.

Mortality and Sustainable Yields of the Blackfin Pacu *Colossoma macropomum* in the Middle Orinoco in Venezuela

ABSTRACT – The importance of *Colossoma macropomum* in the artisanal fishery of the middle Orinoco in Venezuela has decreased considerably since the 1980s, when it became the most important

species in the landings; which motivated the present work, on the evaluation of the current level of exploitation of the species, through studies of mortality and yield and biomass per recruit. Total mortality was determined by three methods based on length frequencies, while natural mortality was calculated by six empirical equations, to reduce uncertainties in the estimation of fishing mortality. Yield and biomass per recruit were determined by the Thompson and Bell length-frequency model, which, together with the evaluation of the exploitation rate, demonstrated the existence of two exploitation scenarios that included the existence of a resource at the limit of its exploitation, and a resource in an overfished condition. Of these two scenarios, the most widely accepted was the one that pointed to the existence of an overexploited resource, caused by the excessive capture of small fish. The simulation of the yield and biomass per recruit model for a minimum catch size greater than the current one, showed the existence of a resource that would be moderately exploited, and it can be concluded that among the necessary measures to be taken for the conservation of the resource, the increase in the length of the first catch should be of utmost importance.

Keywords: Inland fisheries; fish stocks; stock assessment; population dynamics.

Introducción

La cachama *C. macropomum* es un pez de agua dulce perteneciente a la Familia Characidae del Orden Characiformes, y es endémica de las cuencas del Orinoco y del Amazonas, donde también es conocida comúnmente con los nombres de pacú y tambaqui (Figura 1). Es una especie solitaria que durante sus etapas larvarias

y juveniles habitan en las lagunas de la llanura de inundación hasta que alcanzan la fase adulta y se trasladan a los canales principales de los ríos hasta la época de crecida cuando se reproducen (Campos *et al.*, 2015). Cuando adultas se alimentan de las frutas y semillas de algunos árboles, mientras que en su etapa juvenil se alimenta de zooplancton, insectos, caracoles y plantas en descomposición (Lovshin, 1995).



Figura 1 – Aspecto externo de la cachama *Colossoma macropomum*.
Fuente: Atlas de Peces de agua dulce de Venezuela.

En la producción nacional de la pesca continental, la contribución de *C. macropomum* es relativamente baja (<1%) en comparación con otras especies como *Phochilodus mariae* (38%), *Pseudoplatystoma* spp. (17%), *Mylossoma duriventre* (7%), *Brachyplatystoma vaillanti* (6%), *Plagioscion squamosissimus* (5%) y *Phractocephalus hemiliopterus* (4%)

(INSOPESCA, 2017); una baja producción que es consecuencia de la disminución de la importancia de *C. macropomum* en los desembarcos de algunos centros de producción como la parte media del Orinoco, donde llegó a ser la más importante hasta los años ochenta junto con *Pseudoplatystoma* spp. y *P. squamosissimus* (González, 2013).



La reducción de la importancia de *C. macropomum* en los desembarcos de la pesca artesanal de la región del Orinoco medio se supuso atribuida a una sobreexplotación ocasionada por la pesca de peces de tamaño relativamente pequeño y/o un incremento del esfuerzo pesquero, como ha ocurrido en algunas regiones de la cuenca del Amazonas (Isaac & Rufino, 1996; Campos *et al.*, 2015; Luque & Pinilla, 2019); algo que se trató de investigar en el presente trabajo, cuyo objetivo principal fue la evaluación de la población explotada a través de estudios de mortalidad y del rendimiento y biomasa por recluta.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en una muestra única de 412 peces no estratificados sexualmente, los cuales fueron medidos en su longitud total (cm) durante los desembarcos de la pesca artesanal del principal puerto pesquero de la región del Orinoco medio en Venezuela, ubicado en Cabruta, estado Guárico (7°38'58»N 66°14'47»W).

La mortalidad total (Z), definida como la suma de la mortalidad natural (M) o muertes por causas naturales, más la mortalidad por pesca (F) o muertes por las actividades pesqueras, se determinó utilizando los métodos de las frecuencias de talla de la curva de captura, el método de Beverton y Holt y el método de Ehrhardt y Ault; determinándose la mortalidad natural (M) por las fórmulas empíricas de Pauly, Alverson y Carney, Charnov *et al.*, Gislason *et al.* y Rikhter y Efanov's, mientras que la mortalidad por pesca (F) fue la diferencia entre la mortalidad total y la mortalidad natural ($F = Z - M$) (González *et al.*, 2012; González *et al.*, 2017; Ragonese & Bianchini, 2014).

Según el método de la curva de captura Z fue la pendiente b de la línea de regresión entre el logaritmo neperiano del número de peces capturados por clases de tallas y sus edades relativas ($\frac{\ln N}{\Delta t}$); estimándose la edad relativa (t) para las diferentes clases de tallas (L) usando la ecuación inversa de von Bertalanffy, representada por:

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln \left(1 - \frac{L}{L_\infty} \right)$$

donde t_0 , K y L_∞ fueron parámetros de crecimiento de *C. macropomum*, estimados por González *et al.* (2018) en respectivamente -0,358 años, 0,309 año⁻¹ y 74,3cm de longitud total.

El método de Beverton y Holt se aplicó utilizando la ecuación:

$$Z = K * \frac{(L_\infty - L_{media})}{(L_{media} - \bar{L})},$$

mientras que el método de Ehrhardt y Ault, se aplicó usando la ecuación:

$$\left[\frac{L_\infty - L_{máxima}}{L_\infty - \bar{L}c} \right]^K = \frac{Z(\bar{L}c - L_{media} + K(L_\infty - L_{media}))}{Z(L_{máxima} - L_{media}) + K(L_\infty - L_{media})};$$

donde $\bar{L}c$ fue la longitud de primera captura, considerada como la longitud correspondiente al 50% de la muestra, L_{media} fue el promedio de la longitud de los peces por encima de $\bar{L}c$ mientras que $L_{máxima}$ fue la longitud de los peces más grande en la muestra. Los métodos de la curva de captura, Beverton y Holt y Ehrhardt y Ault, fueron aplicados con ayuda del programa de pesquería FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994).

La fórmula empírica de Pauly estuvo representada por la ecuación:

$$\ln M = -0,0152 - 0,279 \ln L_\infty + 0,6543 \ln K + 0,4634 \ln T$$

donde T fue el promedio anual de la temperatura del agua (30°C) y K y L_∞ los parámetros de crecimiento; mientras que la ecuación de Alverson y Carney estuvo representada por la función:

$$M = \frac{3K}{e^{(t^* * K)}}$$

donde t^* fue la edad crítica en la que la especie alcanza su mayor biomasa, la cual se determinó a partir de la relación $t^* = 0,38 t_{max}$, donde t_{max} fue la edad máxima alcanzada por la especie, que en la región del Orinoco medio es de cinco años (González *et al.*, 2018).

La ecuación de Charnov *et al* estuvo representada por la función:

$$M = \left(\left(\frac{L_{media}}{L_\infty} \right)^{-1,5} \right) * K$$

mientras que el método de Gislason *et al* estuvo simbolizado por la ecuación

$$\ln M = 0,55 - 1,61 \ln(L_{media}) + 1,44 \ln(L_\infty) + \ln K$$

La ecuación de Rikhter y Efanov's se representó por la función:

$$M = \left[\frac{1,52}{(t \text{ masiva})^{0,72}} \right] - 0,16$$

donde $t \text{ masiva}$ fue la edad de maduración masiva de *C. macropomum*, que para el Orinoco es de entre 3,0 y 4,0 años de edad (Lasso & Sánchez-Duarte, 2011). Las ecuaciones de Pauly y de Rikhter y Efanov's fueron aplicadas con ayuda del FISAT, mientras que las ecuaciones de Alverson y Carney, Charnov *et al.* y Gislason *et al.*, fueron aplicadas con ayuda del EXCEL de Window.

La Tasa de explotación (E) se define como la fracción de la población muerta por las actividades pesqueras, y se determinó a partir del cociente entre la mortalidad por pesca (F) y la mortalidad total (Z) ($E = \frac{F}{Z}$) (González *et al.*, 2017).

La evaluación de la mortalidad por pesca actual (F) y la longitud de primera captura (\bar{L}_c) se hizo aplicando el modelo de del rendimiento y biomasa por recluta de Thompson y Bell, modificado para frecuencias de talla (González *et al.*, 2012; González *et al.*, 2017); analizando su sensibilidad para diferentes valores de M , F y \bar{L}_c . El modelo se aplicó siguiendo los siguientes pasos:

- 1 - Frecuencias de longitud
- 2 - Edad t de las clases de longitud según la ecuación inversa de von Bertalanffy
- 3 - Intervalos de edades: $\Delta t = t(L1) - t(L2)$
- 4 - Peso por clase de longitud: $w = a * L^b$ (González, 2013)
- 5 - Número de sobrevivientes por clases de longitud:

$$N_{t+1} = N_t * (\exp(-F+M)), \text{ cuando } t \geq t_c$$
 (edad de primera captura) y

$$N_{t+1} = N_t * \exp(-M), \text{ cuando } t < t_c;$$
 partiendo de un total de 1000 reclutas
- 6 - Captura por clases de longitud:

$$C_t = \left(\frac{F}{F+M} * (N_t - N_{t+1}) \right), \text{ cuando } t \geq t_c \text{ y}$$

$$C_t = 0 \text{ cuando } t < t_c$$
- 7 - Rendimiento (captura en peso) por clase de longitud:

$$Y = C_t * w_i$$

8 - Biomasa por clase de longitud:

$$B_t = N_t * w_i * dt$$

9 - Sumatoria del rendimiento por recluta (Y/R) y la biomasa por recluta (B/R) por clase de longitud dividida entre 1000 reclutas

10 - Simulación del rendimiento por recluta (Y/R) y la biomasa por recluta (B/R), para valores diferentes de M , F y \bar{L}_c .

El punto de referencia para el rendimiento por recluta (Y/R) fue el $F_{0.1}$, conocido como el valor de F donde la pendiente de la curva de rendimiento por recluta, como una función de F , es del 10% de su valor en el origen; mientras que para la biomasa por recluta (B/R) se utilizó el punto de referencia $F_{50\%}$, o el valor de F que produce la reducción de la biomasa por recluta en un 50% con relación a la biomasa por recluta virgen (González *et al.*, 2017). El modelo de Thompson y Bell se aplicó con ayuda del EXCEL de Windows.

Resultados

El tamaño de *C. macropomum* estuvo comprendido entre 18,0 y 60cm de longitud total, con predominio de las tallas de entre 25 y 45cm; estimándose una longitud de primera captura (\bar{L}_c) de 32,0cm de longitud total. La mortalidad total Z , estimada por los métodos de Beverton y Holt y Ehrhardt y Ault, fue de $1,8 \text{ año}^{-1}$; mientras que según la Curva de Captura fue de $1,5 \text{ año}^{-1}$, con un intervalo de confianza de entre 1,3 y $1,8 \text{ año}^{-1}$ (Tabla 1).

El valor de M , estimado por los métodos de Charnov *et al.* y Gislason *et al.* fue de $0,8 \text{ año}^{-1}$, aproximadamente igual al valor de $0,7 \text{ año}^{-1}$ estimado por la ecuación de Pauly (Tabla 1); mientras

Tabla 1 – Mortalidad Total (Z) y Mortalidad Natural (M) de *Colossoma macropomum* en el Orinoco Medio.

MÉTODOS	MORTALIDAD TOTAL (año^{-1})	MORTALIDAD NATURAL (año^{-1})
Curva de captura	1,5(1,3 - 1,8)	
Beverton y Holt	1,8	
Ehrhardt y Ault	1,8	
Pauly		0,7
Charnov <i>et al.</i>		0,8
Gislason <i>et al.</i>		0,8
Alverson y Carney		0,5
Rikhter y Efanov's		0,5



que el M estimado por los métodos de Alverson y Carney y Rikhter y Efanov's fue de $0,5\text{año}^{-1}$, menor que los estimados por los métodos de Charnov *et al.*, Gislason *et al.* y Pauly (Tabla 1).

La mortalidad total Z estimada por los tres métodos utilizados fue aproximadamente igual, sin embargo, para disminuir incertidumbres en cuanto a los estimados de la mortalidad por pesca F y la

tasa de explotación E , en el trabajo se usaron los valores de $Z = 1,5\text{año}^{-1}$ y $Z = 1,8\text{año}^{-1}$, más el valor inferior del intervalo de confianza estimado para la Curva de Captura ($Z = 1,3\text{año}^{-1}$). Igualmente, por lo de la incertidumbre, se utilizaron los valores de $M = 0,5\text{año}^{-1}$ y $M = 0,8\text{año}^{-1}$, para estimar F y E ; obteniéndose finalmente un total de seis estimaciones de F y de E , a partir de las diferentes combinaciones de Z y M (Tabla 2).

Tabla 2 – Componentes de Mortalidad (año^{-1}) y Tasa de explotación de *Colossoma macropomum* en el Orinoco Medio.

Mortalidad Total Z	Mortalidad Natural M	Mortalidad por pesca F	Tasa de Explotación E
1,3	0,5	0,8	0,6
	0,8	0,5	0,4
1,5	0,5	1,0	0,7
	0,8	0,7	0,5
1,8	0,5	1,3	0,7
	0,8	1,0	0,6

Un valor de E igual a 0,5 ($E = 0,5$) ha sido propuesto como indicativo de un recurso en el límite de su explotación, considerándose como sobreexplotado cuando E es mayor que 0,5 ($E < 0,5$); mientras que algunos autores señalan que un valor límite igual a 0,4 es más conservador (González *et al.*, 2017). Según estas propuestas, *C. macropomum* presenta dos escenarios de explotación en el Orinoco medio; uno que señala la existencia de un recurso en el límite de su explotación ($E = 0,4$ y $E = 0,5$), y otro, un recurso sobreexplotado ($E = 0,6$ y $E = 0,7$) (Tabla 2).

El modelo de Rendimiento y Biomasa por Recluta (Y/R y B/R) demostró que usando la longitud de primera captura actual de 32,0cm de longitud total y el valor de $M = 0,8\text{año}^{-1}$, el F actual, refiriéndose al estimado a partir del valor de $Z = 1,3\text{año}^{-1}$ ($F = 0,5\text{año}^{-1}$) (Tabla 2), el rendimiento estuvo por debajo del $F0.1$ ($0,9\text{año}^{-1}$) (Figura 2), al igual que el F actual estimado a partir de $Z = 1,5\text{año}^{-1}$ ($F = 0,7\text{año}^{-1}$); indicándose, que en ambos casos, el recurso se encuentra moderadamente explotado. Considerando el F actual estimado a partir de $Z = 1,8\text{año}^{-1}$ ($F = 1,0\text{año}^{-1}$) (Tabla 1), éste estuvo brevemente por encima del $F0.1$, e indicó la existencia de un recurso aproximadamente en el límite de su explotación.

Para las mismas condiciones de $\bar{Lc} = 32,0\text{cm}$ de longitud total y $M = 0,8\text{año}^{-1}$, los valores de la biomasa actual, indicados por los puntos de la curva de biomasa/recluta (B/R) que corresponden a los diferentes valores del F actual, estuvieron por debajo del F que produce la reducción de la biomasa en un 50% con relación a la biomasa virgen ($F 50\%$) (Figura 2); indicando también la existencia de un recurso moderadamente explotado. De allí que, según el escenario de $\bar{Lc} = 32\text{cm}$ y $M = 0,8\text{año}^{-1}$, *C. macropomum* se encuentra moderadamente explotado o en el límite de su explotación, en la región del Orinoco medio; tal como relativamente lo demostraron los valores de la tasa de explotación E (Tabla 2).

Conservando la talla de primera captura en 32,0cm de longitud total, pero utilizando el $M = 0,5\text{año}^{-1}$, el F actual, estimado a partir de $Z = 1,3\text{año}^{-1}$ ($F = 0,8\text{año}^{-1}$), fue igual al $F0.1$ ($0,8\text{año}^{-1}$), e indicó la existencia de un recurso en el límite de su explotación; mientras que el F actual, estimado desde $Z = 1,5\text{año}^{-1}$ ($F = 1,0\text{año}^{-1}$), y el determinado a partir de $Z = 1,8\text{año}^{-1}$ ($F = 1,3\text{año}^{-1}$), estuvieron por encima del $F0.1$ (Figura 3); indicando ambos la existencia de un recurso sobreexplotado. Para el valor de $M = 0,5\text{año}^{-1}$, según la

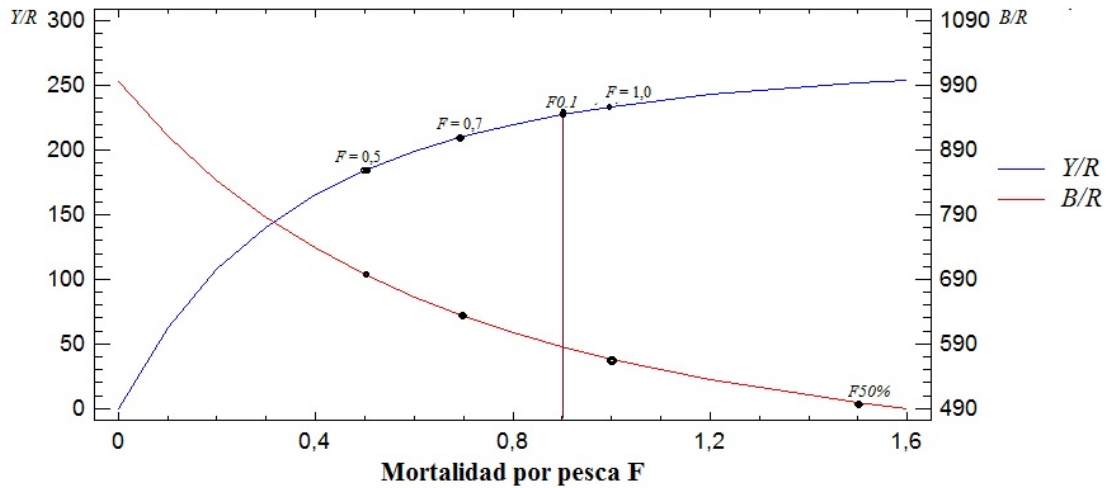


Figura 2 – Rendimiento por recluta (Y/R) y biomasa por recluta (B/R) de *Colossoma macropomum* en la región del Orinoco medio. $\bar{L}_c = 32,0\text{cm}$; $M = 0,8\text{año}^{-1}$.

curva de rendimiento por recluta (Y/R) solo la mortalidad por pesca más conservadora ($F = 0,8\text{año}^{-1}$) demostró la existencia de un recurso en el límite de su explotación, mientras que para los otros valores de F se encuentra sobreexplotada. Los valores de la biomasa para los diferentes valores del F actual, sobrepasaron al F que produce la reducción de la biomasa

en un 50 % con relación a la biomasa virgen ($F50\%$); indicando igualmente la existencia de un recurso sobreexplotado (Figura 3). De allí que, en general, para el valor de $M = 0,5\text{año}^{-1}$, *C. macropomum* se encuentra sobreexplotada en la región del Orinoco medio, tal como lo demostraron los valores de la tasa de explotación E (Tabla 2).

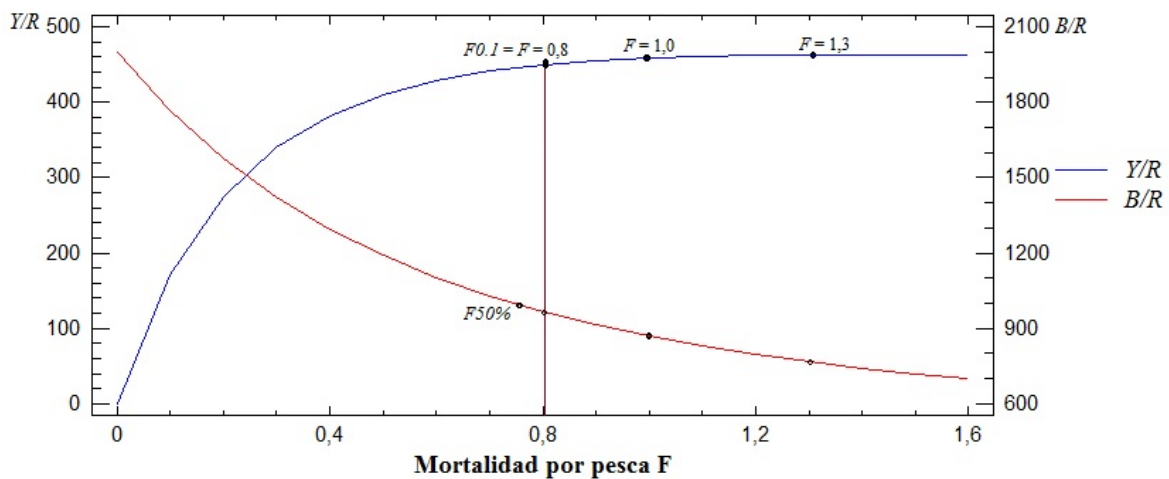


Figura 3 – Rendimiento por recluta (Y/R) y biomasa por recluta (B/R) de *Colossoma macropomum* en la región del Orinoco medio. $\bar{L}_c = 32,0\text{cm}$; $M = 0,5\text{año}^{-1}$.

Simulando la aplicación del modelo de Thompson y Bell para el valor de $M = 0,5\text{año}^{-1}$,

el cual demostró la existencia de un recurso sobreexplotado, pero para una mayor longitud de



primera captura ($\bar{L}c = 55,0\text{cm}$ de longitud total), los diferentes valores del F actual estarían por debajo del $F_{0.1}$ que indica el máximo rendimiento ($1,4\text{año}^{-1}$), mientras que la biomasa estaría por

debajo del F que produce la reducción de la biomasa en un 50% con relación a la biomasa virgen ($F_{50\%}$) (Figura 4); demostrándose la existencia de un recurso que estaría moderadamente explotado.

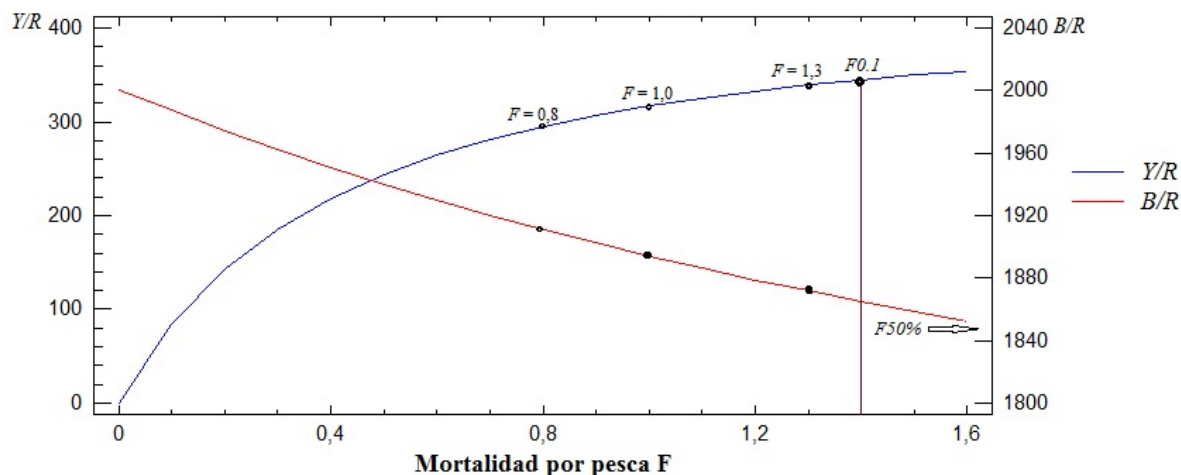


Figura 4 – Rendimiento por recluta (Y/R) y biomasa por recluta (B/R) de *Colossoma macropomum* en la región del Orinoco medio. $\bar{L}c = 55,0\text{cm}$; $M = 0,5\text{año}^{-1}$.

Discusión

El tamaño de *C. macropomum* desembarcados por el puerto pesquero de Cabruta, de entre 18 y 60cm de longitud total, fueron considerados relativamente pequeños en comparación con las tallas reportadas para los años ochenta en la región del Orinoco Medio, entre 21,5 y 87,2cm de longitud total, y en comparación con la longitud máxima observada para el río Orinoco, de 92,0cm de longitud total (González, 2013); siendo igualmente más pequeños que el tamaño reportado para el río Apure (Pérez & Barbarino, 2013), el bajo Amazonas (Isaac & Rufino, 1996), las cuencas del Iténez, Mamoré y Beni del Amazonas boliviano (Maldonado, 2004), y el área protegida de Iténez, también del Amazonas boliviano (Córdoba *et al.*, 2013), y aproximadamente igual al reportado para el sistema del lago Manacapuru de la cuenca del Amazonas en Brasil (Campos *et al.*, 2015). En cuanto a la longitud de primera captura, la estimada en 32cm de longitud total para el Orinoco medio fue aproximadamente igual a la reportada para el bajo Amazonas (Isaac & Rufino, 1996) y mayor que la señalada para el Sistema del lago Manacapuru, donde dicha longitud

fue considerada como el tamaño más pequeño observado en los desembarcos (Campos *et al.*, 2015).

La mortalidad total Z aplicada sobre *C. macropomum* en la región del Orinoco medio, de entre 1,3 y 1,8 año^{-1} , fue mayor que la estimada para el río Apure en 0,6 año^{-1} (Pérez & Barbarino, 2013), aproximadamente igual a la determinada para el bajo Amazonas entre 1,3 y 1,5 año^{-1} (Isaac & Rufino, 1996), y al valor 1,1 año^{-1} señalado para el Sistema del lago Manacapuru de la cuenca del Amazonas (Campos *et al.*, 2015).

En cuanto a la mortalidad natural M , el valor estimado para el Orinoco Medio de entre 0,5 y 0,8 año^{-1} fue mayor que el valor 0,24 año^{-1} determinado para el río Apure (Pérez & Barbarino, 2013), donde se aplicó una ecuación diferente a las utilizadas en el trabajo; sin embargo, simulando la misma ecuación para el Orinoco medio, se produjo un valor de $M = 0,32\text{año}^{-1}$, que se aproxima al valor 0,5 año^{-1} estimado para el Orinoco medio. Igualmente, la simulación de la ecuación de Pauly usando los valores de K y L_{∞} reportados para *C. macropomum* en el río Apure, así como la temperatura promedio de 27°C determinada para dicho río (Montoya *et al.*,

2017), resultó en la estimación de un valor de $M = 0,5\text{año}^{-1}$, igual al estimado para el Orinoco Medio; de allí que aparentemente, la mortalidad natural M es igual en estos dos ríos, así como igual al valor determinado para algunas regiones de la cuenca del Amazonas en $0,5\text{año}^{-1}$ (Isaac & Rufino, 1996; Campos *et al.*, 2015).

La igualdad del valor de $M = 0,5\text{año}^{-1}$ estimado en el trabajo para *C. macropomum*, con relación al calculado para otros ríos de las cuencas del Orinoco y del Amazonas, permite concluir que este valor es el más aceptado para el Orinoco medio, en comparación con los otros valores de $0,7$ y $0,8\text{año}^{-1}$ (Tabla 1); por lo que los resultados de la tasa de explotación E y del rendimiento y la biomasa por recluta también más aceptados, son los estimados a partir de este valor de M . Estos resultados indicaron la existencia de un recurso sobreexplotado, que según se demostró en el trabajo fue consecuencia de la relativamente pequeña longitud de primera captura que actualmente se aplica, por cuanto, considerando el esfuerzo de pesca como otra posible causa de la sobrepesca, éste se ha mantenido relativamente constante desde los años ochenta (González *et al.*, 2016). En este sentido, la simulación del modelo de Thompson y Bell para el mismo valor de M , pero para una longitud de primera captura de $55,0\text{cm}$ de longitud total, demostró la existencia de un recurso que estaría moderadamente explotado; evidenciándose que durante los últimos años *C. macropomum* ha sido capturada antes que se reproduzca y alcance un crecimiento que contribuya sustancialmente con el incremento de la biomasa de la población, y por lo tanto con una mayor disponibilidad del recurso para la pesca.

En la región del Orinoco medio ha ocurrido una sobrepesca de crecimiento de *C. macropomum*, la cual ha disminuido el tamaño de su población durante los últimos años; sin embargo, aun cuando no se ha demostrado, en esa reducción de la población también pudo haber influido la modificación de las condiciones geográficas y climáticas de la planicie inundable donde la especie se reproduce, alimenta y crece (Luque & Pinilla, 2019; De França Barros, 2019), afectando consecuentemente el reclutamiento de juveniles para la pesca (Castello *et al.*, 2019; Bayley *et al.*, 2019). Posiblemente, en el Orinoco un conjunto de factores que incluyen prolongados períodos de sequía (González *et al.*, 2016) y el efecto humano por la construcción de diques que evitan

la inundación de la planicie, y el drenaje de humedales para la agricultura entre otros usos de la tierra, han reducido el área inundada y destruido los bosques ribereños donde *C. macropomum* vive principalmente en sus etapas juveniles, y afectado la población adulta disponible para la pesca (Winemiller, 2017)

Actualmente la biomasa de *C. macropomum* tiende a mantenerse en equilibrio después de haber alcanzado su máximo rendimiento sostenible, y aparentemente el crecimiento y el reclutamiento solo compensan las pérdidas producidas por la mortalidad natural, como ocurre en las poblaciones no explotadas (Csirke, 1980); algo que podría conducir a la recuperación de la población, siempre y cuando se prohíba definitivamente la captura entre otras buenas medidas de conservación del recurso. Estas medidas deberían incluir establecer una talla mínima de captura que se adapte a la longitud real de primera madurez de la especie en la región del Orinoco medio, considerando que la talla de primera captura legalmente permitida en la actualidad, posiblemente se estableció en base a una longitud de primera madurez de $55,0\text{cm}$ de longitud estándar; la cual fue determinada hace mucho tiempo para todo el Orinoco (Novoa & Ramos, 1982), sin tomar en cuenta que se trata de un parámetro poblacional que tiende a variar geográficamente y con el tiempo (Maldonado, 2004).

Las medidas de manejo que se podrían adoptar para la conservación del recurso *C. macropomum*, serían más exitosa incluyendo un modelo participativo de uso y de gestión por parte de las comunidades e instituciones locales de la región media del Orinoco; como una forma de integrar las acciones gubernamentales con la sociedad civil, para hacer más sostenible la captura del recurso.

Conclusiones

La importante disminución de la participación de *C. macropomum* en las capturas de la pesca artesanal de la región del Orinoco medio, después de haber sido la especie más importante en los desembarcos de los años ochenta, es debido a una excesiva explotación de peces de tamaños relativamente pequeños, los cuales no llegaron a reproducirse y crecer como para contribuir sustancialmente con el incremento de la biomasa de la población, y



consecuentemente una mayor disponibilidad para la pesca; debiéndose establecer legalmente una longitud de primera captura superior a la que irresponsablemente se ha aplicado durante los últimos años, y que prácticamente ha conducido a una extinción del recurso desde el punto de vista comercial.

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, por el financiamiento del Proyecto CI-5-0308-1657-10 que dio lugar al presente trabajo; igualmente al Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente, por la logística prestada.

Referencias

Bayley PB, Castello L, Batista VS & Fabré NN. Response of *Prochilodus nigricans* to flood pulse variation in the central Amazon. *Royal Society Open Science*, 5(6): 172232. 2019.

Campos CP, Costa Sousa RG, Catarino MF, De Albuquerque Costa G & Freitas CEC. Population dynamics and stock assessment of *Colossoma macropomum* caught in the Manacapuru Lake system (Amazon Basin, Brazil). *Fisheries Management and Ecology*, 22(1): 400-406, 2015.

Castello L, Bayley PB, Fabre NN & Batista VS. Flooding effects on abundance of an exploited, long-lived fish population in river-floodplains of the Amazon. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29: 487-500, 2019.

Córdoba L *et al.* 2013. Pesca y manejo participativo del pacú (*Colossoma macropomum*) en el área protegida Iténez (Amazonía boliviana), p. 317-341. En: Van Damme PA, Maldonado M, Pouilly M & Carolina RC (Editores). Aguas del Iténez o Guaporé: Recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolivia y Brasil). IRD Ediciones. 420p.

Csirke J. 1980. Introducción a la dinámica poblacional de peces. FAO, Documento Técnico de Pesca n. 192. 82p.

De França Barros DA. 2019. Influência das características ambientais e pesqueiras sobre a pesca de área de várzea da Amazônia brasileira. Tese (Doutorado em Ecología Acuática e Pesca). Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciencias Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecología Acuática e Pesca. 87p.

Gayanilo Jr, Sparre FC & Pauly D. 1994. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) User's Guide.

FAO Computerized Information Series (Fisheries). 186p.

González SAR. 2013. Dinámica poblacional de la cachama *Colossoma macropomum* y del morocoto *Piaractus brachypomus* en la región del Orinoco medio. Proyecto CI-5-0308-1657-10. Consejo de Investigación, Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Venezuela. 68p.

González A, Mendoza J, Arocha F & Márquez A. Tasa de explotación y rendimiento sostenible de *Pseudoplatystoma fasciatum* en el eje Caicara-Cabruta del Orinoco. *Zootecnia Tropical*, 30(2): 155-169, 2012.

González A, Mendoza J, Arocha F & Márquez A. Caracterización de la pesca artesanal en el río Orinoco sector Caicara-Cabruta. *Zootecnia Tropical*, 34(1): 23-35, 2016.

González A, Mendoza J, Arocha F & Márquez A. Estado de explotación del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* en el Orinoco medio (Caicara-Cabruta), Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 35(3-4): 101-110, 2017.

González A, Mendoza J, Arocha F & Márquez A. Estimación de la edad y crecimiento de la cachama negra mediante la inferencia multimodal, en la región media del Orinoco en Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 35(3-4): 101-110, 2018.

INSOPESCA (Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura). 2017. Producción Pesquera Continental. <http://www.insopesca.gob.ve/?page_id=582>. Acceso en: 9/11/2020.

Isaac VJ & Rufino ML. Population dynamics of tambaqui *Colossoma macropomum* in the lower Amazon Brazil. *Fisheries management and ecology*, 3(4): 315-333, 1996.

Lasso CA & Sánchez-Duarte P. 2011. Orden Characiforme, Familia Characidae, *Colossoma macropomum*, p. 126-127. In: Lasso CA & Sánchez-Duarte P. (Editores). Los peces del delta del Orinoco. Diversidad, Bioecología, Uso y Conservación. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 504p.

Lovshin LL. 1995. The Colossomids, p. 153-159. In: Nash CE & Novotny AJ (editores). *World Animal Science, Production of Aquatic Animals, Fishes*. Elsevier Science, Amsterdam (The Netherlands). 405p.

Luque FI & Pinilla GA. Juveniles of the overexploited Amazonian fish *Colossoma macropomum* as potential seed dispersers of *Cecropia* spp. *Revista de Biología Tropical*, 67(3): 654-666, 2019.

Maldonado SLE. 2004. Biología de la reproducción y crecimiento de *Colossoma macropomum* en la Amazonía boliviana. Tesis (MSc. en Ecología Acuática). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica, La Paz, Bolivia. 91p.

Montoya JV, Osio A, Pérez MC & Pineda V. 2017. Los ríos de los llanos de Apure, Capítulo 4, p. 1-33. En: Rodríguez-Olarte D (Editor). Ríos en Riesgo de Venezuela, Colección Recursos Hidrológicos de Venezuela. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA), Barquisimeto (Lara). 190p.

Novoa D & Ramos F. 1978. Las pesquerías comerciales del río Orinoco. Corporación Venezolana de Guayana, Venegráfica CA. 165p.

Pérez A & Barbarino A. Parámetros poblacionales de los principales recursos pesqueros de la cuenca del río Apure, Venezuela (2000-2003). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3): 447-458, 2013.

Ragonese S & Bianchini ML. Is it time to discard the Rikhter & Efanov's natural mortality–age at maturity estimator from the stock assessment scientist's toolbox?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9(1): 58-65, 2014.

Winemiller KO. 2017. Food web dynamics when divergent life history strategies respond to environmental variation differently: a fisheries ecology perspective, p. 305-323. En: Moore JC, de Ruiter PC, McCann KS & Wolters V (Editors). *Adaptive Food Webs: Stability and Transitions of Real and Model Ecosystems*. 406p.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo

n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886