



UNIVERSIDAD DEL ZULIA
REVISTA CIENTÍFICA



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN

MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA



EDAD Y CRECIMIENTO DEL MOROCOTO *Piaractus brachypomus* EN LA REGIÓN DEL ORINOCO MEDIO EN VENEZUELA

Age And Growth Of Morocoto *Piaractus Brachypomus* In The Venezuela Orinoco Medium Region

Ángel González*¹, Jeremy Mendoza², Freddy Arocha² y Aristide Márquez³

¹ Instituto Limnológico Universidad de Oriente (UDO) Caicara del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela. ² Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Biología Pesquera, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. ³ Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Oceanografía Química, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Autor de Correspondencia 1angelgonzalez78@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la edad de *Piaractus brachypomus* descomponiendo la distribución de frecuencias de talla en cohortes que representaron edades, utilizando el método de Battacharya; mientras que el estudio del crecimiento se hizo por la inferencia de múltiples modelos, usando el criterio de la información de Akaike (AIC) para seleccionar el de mejor ajuste. Los modelos propuestos fueron las versiones unificadas del modelo de Richards (U-Richards), von Bertalanffy (U-von Bertalanffy), Logístico (U-Logístico) y Gompertz (U-Gompertz). La edad estuvo comprendida entre uno y tres años (a) de edad, con los peces de un a midiendo $13,0 \pm 1,9$ centímetro (cm) de longitud total, los de dos a $25,2 \pm 3,0$ cm de LT, y los de tres a $36,3 \pm 2,8$ cm de LT. Desde el punto de vista estadístico, forma de la curva, AIC y biológico, el modelo de mejor ajuste fue el U-Gompertz, el cual produjo una curva sigmoidea determinada por una longitud asintótica de $L_{\infty} = 71,9$ cm de LT, una tasa de crecimiento relativo $K = 0,148 \text{ a}^{-1}$, un punto de inflexión en la curva $T_i = 2,02$ a y un punto inicial de la curva $W_0 = 8$ cm de LT. *P. brachypomus* presentó un crecimiento relativamente lento que la hace vulnerable a la explotación pesquera, y por lo tanto, debe ser adecuadamente administrada.

Palabras clave: Peces de agua dulce; biología pesquera; recursos pesqueros; Characidae; río Orinoco

ABSTRACT

The age of *Piaractus brachypomus* was determined by decomposing the distribution of length frequencies in cohorts that represented ages, using the Battacharya method; while the growth study was done by inference of multiple models, using the Akaike information criterion (AIC) to select the best fit. The models proposed were the unified versions of the model of Richards (U-Richards), von Bertalanffy (U-von Bertalanffy), Logistic (U-Logistic) and Gompertz (U-Gompertz). The age was between one and three year of age (y), with fish from one y measuring 13.0 ± 1.9 centimeter (cm) of (TL), those from two y 25.2 ± 3.0 cm of total length, and those from three 36.3 ± 2.8 cm of total length. From the statistical point of view, shape of the curve, AIC and biological, the best fit model was the U-Gompertz, which produced a sigmoidal curve determined by an asymptotic length of $L_{\infty} = 71.9$ cm of TL, a relative growth rate $K = 0.148 \text{ y}^{-1}$, a point of inflection in the curve $T_i = 2.02$ y and an initial point of the curve $W_0 = 8$ cm of TL. *P. brachypomus* presented a relatively slow growth that makes it vulnerable to fishing exploitation, and therefore, must be properly managed.

Key words: Freshwater fish; fishing biology; fishing resources; Characidae; Orinoco river

INTRODUCCIÓN

Piaractus brachypomus es una especie de agua dulce perteneciente a la Familia Characidae, ampliamente distribuida en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas; de nombre común en Venezuela como morocoto, cachama blanca en Colombia, pirapitinga en Brasil y pacú en el Perú [1]. En el Orinoco es una de las especies más importante en los desembarcos de la pesca artesanal y es muy solicitada por la exquisitez de su carne; constituyendo, además, una fuente importante de minerales nutritivos [10] y proteínas, además de que su contenido graso es bajo [11]. En Venezuela es una de las especies más utilizadas en la piscicultura junto con la cachama *Colossoma macropomum* y el híbrido obtenido del cruce de estas dos especies, conocido como cachamoto [1].

La participación de *P. brachypomus* en la composición por especie de la captura de la pesca artesanal del Orinoco ha disminuido en los últimos años (a) hasta un 1% aproximadamente, al igual que el tamaño de los peces desembarcados [13], por lo que fue necesario hacer estudios de la población explotada comenzando por la edad y el crecimiento, un aspecto biológico de la especie desconocido para el Orinoco. La edad y el crecimiento es una información básica para determinar los cambios biológicos que sufre el recurso por influencias ambientales [9], así como por efecto de la actividad pesquera, sirviendo los parámetros de crecimiento estimados en el trabajo para posteriores estudios de mortalidad, y la aplicación de modelos analíticos de evaluación de la población explotada [12].

En el estudio se utilizaron varios modelos de crecimiento para seleccionar el de mejor ajuste siguiendo el criterio de la información de Akaike, enfoque considerado recientemente como mejor alternativa en el estudio del crecimiento de peces, en comparación con el uso a priori del modelo único de von Bertalanffy [2, 3, 5, 7]. Con el uso de múltiples modelos y el criterio de la información de Akaike (AIC) se buscó una estimación robusta de los parámetros de crecimiento de *P. brachypomus*, con miras una determinación posterior precisa de las tasas de mortalidad, y evaluación del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

La edad se determinó indirectamente a partir de la distribución de frecuencias de talla de una muestra única unisexual de 98 peces, obtenida a partir de un muestreo aleatorio estratificado por mes (entre enero y diciembre) durante el año 2011. Los sitios de muestreos fueron la laguna Castellero, La Teja y el canal principal del río Orinoco medio, en la región de Caicara del Orinoco, estado Bolívar (7°39'00"N 66°10'00"O). Los muestreos se hicieron utilizando redes de enmalle de diferentes aberturas de malla, midiendo los peces capturados utilizando un ictiómetro artesanal de un centímetro (cm) de apreciación; incluyendo también medidas de los peces capturados por pescadores artesanales de la región, en los mismos sitios de muestreo.

La distribución de las frecuencias de talla fue separada en cohortes que representan edades utilizando el método de Bhattcharya, con ayuda del software de pesquería FISAT [8] que promedió las tallas de cada cohorte (edad), para finalmente obtener una combinación de datos de talla-edad necesaria para la estimación de los parámetros de crecimiento [23].

Los datos de talla-edad fueron adaptados a cuatro modelos de crecimiento mediante un ajuste no lineal con ayuda del Statgraphic 4.1 [23]. Los modelos utilizados fueron el modelo unificado de Richard (U-Richards), el unificado de von Bertalanffy (U-von Bertalanffy), el Logístico unificado (U-Logístico) y el unificado de Gompertz (U-Gompertz):

$$\text{Modelo U-Richard: } L_{(t)} = L_{\infty} \left(1 + (d - 1) * \exp \left(\frac{-K(t-T_i)}{d^{1-d}} \right) \right)^{\frac{1}{1-d}} \quad [24]$$

$$L_t = L_{\infty} \left(1 + \left(\left(\frac{W_0}{L_{\infty}} \right)^{(1-d)} - 1 \right) \exp \left(\frac{-Kt}{d^{1-d}} \right) \right)^{\frac{1}{1-d}}$$

Modelo U-Logístico: Se ajustó haciendo a $d = 2$ en el modelo U-Richards.

$$\text{Modelo U-Gompertz: } L_{(t)} = L_{\infty} \exp(-\exp(-e * K(t - T_i))) \quad [25]$$

$$W_0 = L_{\infty} \exp(-\exp(e * K T_i))$$

Donde $L_{(t)}$ = Longitud teórica; L_{∞} = Longitud asintótica; t = Edad; K = Máxima tasa de crecimiento relativo en la inflexión de la curva; T_i = Edad en la inflexión; d = Exponente o parte del mismo que controla el valor en la inflexión; W_0 = Valor inicial de la curva ($t = 0$); e = Número neperiano.

La clasificación y comparación de los modelos propuestos se hizo utilizando el criterio de información de Akaike (AIC) para muestras pequeñas (AICc) [2, 6, 7], según las siguientes ecuaciones:

$$AICc = n * \log(\sigma^2) + 2k + \frac{2k * (k + 1)}{n - k - 1};$$

$$\Delta AIC_c = AICc - AIC_{min}$$

Donde $\sigma^2 = RSS/n$; RSS fue la suma de cuadrado residual de cada modelo, n el tamaño de la muestra, k el número total de parámetros de regresión estimados en cada modelo (incluyendo a σ^2), $AICc_i$ fue el AIC de cada modelo, AIC_{min} fue el valor más pequeño del AIC y ΔAIC_c el grado de separación de cada AICc con relación al AIC_{min} . El AICc utiliza la función original que define el criterio de la información de Akaike (AIC), más un término adicional de corrección de sesgo que se usa generalmente cuando la relación $\frac{n}{K}$ es pequeña (< 40) [6].

TABLA I
ESTIMADOS DE LOS MODELOS DE CRECIMIENTO U-RICHARDS, U-VON BERTALANFFY, U-LOGÍSTICO
Y U- GOMPERTZ EN *Piaractus brachyomus*

MODELO	L_{∞}	K	T_i	W_i	d	W_0	RSS	R^2
Richards	113,5(-89,6 – 316,5)	0,030			0,067	1,3	793	84,1
Von Bertalanffy	40,8(32,5 – 49,2)	0,029			2/3	0,2	1102	77,8
Logístico	53,1(36,5 – 69,6)	0,793	2,02	28,0	2	7,3	792	84,1
Gompertz	71,9(26,0 – 117,8)	0,148	2,02	28,0		8,0	792	84,1

L_{∞} = Longitud asintótica; K_U = Tasa máxima de crecimiento relativo; T_i = Edad en el punto de inflexión; d = Exponente o parte del mismo que controla el valor en la inflexión; W_0 = Valor inicial en $t = 0$; RSS = Suma de cuadrado residual; R^2 = Coeficiente de determinación

El ΔAIC_c comparó la separación relativa de cada modelo con relación al modelo más parsimonioso o moderadamente más preciso, el cual correspondió al que produjo el menor valor del $AIC (AIC_{min})$. Mientras más grande es ΔAIC_c menos plausible es el modelo como el de mejor ajuste; considerándose, como regla general, que los modelos para los cuales ΔAIC_c es menor que dos ($\Delta AIC_c < 2$) tienen un apoyo sustancial de los datos y deben ser considerados al hacer las inferencias, además de indicar una correspondencia con el modelo más preciso (AIC_{min}). Cuando los modelos alcanzan un ΔAIC_c entre 4 y 7 ($4 \leq \Delta AIC_c \leq 7$) tienen considerablemente menos soporte de los datos, mientras que cuando $\Delta AIC_c > 10$ esencialmente no tienen soporte o no explican alguna variación sustancial en los datos [3,6].

Para tener una mayor certeza en cuanto a la selección del mejor modelo, se calculó la plausibilidad de cada uno utilizando la ponderación de Akaike (W_i), según la ecuación $w_i = \frac{e^{(-1/2 \cdot \Delta i)}}{\sum e^{(-1/2 \cdot \Delta i)}}$; donde Δi fue el ΔAIC_c de cada modelo. De acuerdo con el valor del peso ponderado W_i de Akaike, se consideró como el modelo más plausible o de mejor ajuste aquel cuyo valor fue mayor que 0,9 ($W_i > 0,9$); mientras que cuando los valores de W_i fueron menor que 0,9 ($W_i < 0,9$) se supuso que ningún modelo fue superior a otro y se determinó un modelo promedio [6,7].

En el modelo promedio, la longitud asintótica ($L_{\infty prom}$) se calculó utilizando la ecuación $L_{\infty prom} = \sum W_i \cdot L_{\infty i}$, mientras que el error estándar se estimó mediante la ecuación $E.S L_{(\infty prom)} = \sum W_i \cdot (Var L_{\infty i} + (L_{\infty i} - L_{\infty prom})^2)^{1/2}$; donde $Var L_{\infty i}$ fue la varianza del L_{∞} estimada del ajuste de los datos longitud-edad con cada modelo i [7]. De la misma manera se puede hacer para K y los otros parámetros de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación de la edad mediante el análisis de frecuencia de tallas de una población se basa en que las tallas de los peces en los diferentes grupos de edad tienden a distribuirse normalmente, mostrándose en la figura de distribución de frecuencias máximos modales que pueden interpretarse como la talla media de los peces a una edad determinada, la cual puede estimarse, junto con la desviación estándar, utilizando el método de Bhattacharya; siempre y cuando no se interponga una cohorte con otra [23].

El método de Bhattacharya dividió las frecuencias de talla de *P. brachyomus* en tres distribuciones normales o cohortes de tallas que representaron edades, cuyos promedio de longitud fueron de 13,0±1,9 cm de LT para los peces de un a de edad (Edad I), 25,2±3 cm de LT para los peces de dos a de edad (Edad II) y 36,3±2,8 cm de LT para los peces de tres a de edad (Edad III). Las curvas normales que describen cada corte (líneas continuas) fueron trazadas por el programa FISAT, y dibujadas aproximadamente en el trabajo manualmente (FIG.1).

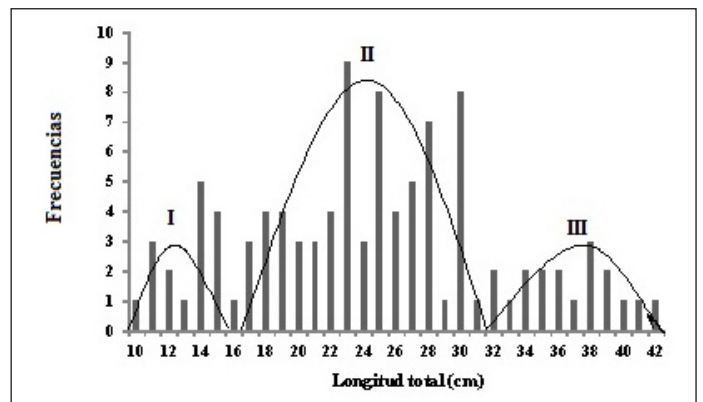


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA Y COHORTES DE TALLA DE *Piaractus brachyomus* EN LA REGIÓN DEL ORINOCO MEDIO.

En el uso de modelos múltiples y el AIC para el estudio del crecimiento en peces, datos talla-edad han sido ajustados a las versiones tradicionales de los modelos Logístico, Gompertz y von Bertalanffy [2, 3, 4, 7]; con el inconveniente de ser incomparables, y los parámetros de crecimiento no se pueden promediar, excepto el L_{∞} , cuando el valor del peso ponderado de Akaike (W_i) así lo requiera [5, 7, 24, 25]. De allí que en el trabajo se consideró utilizar la familia de modelos unificados de Richards (U-Richards), para sustituir y unificar estos modelos tradicionales, etiquetados ahora como versiones unificadas, por cuanto estiman un conjunto unificado de parámetros que miden lo mismo. De esta forma, se simplificó la interpretación de las tasas de crecimiento y la comparación de las curvas de una manera más sistemática y precisa [24,25].

El ajuste no lineal de los datos demostró que estadísticamente los modelos U-Richards, U-von Bertalanffy, U-Logístico y U-Gompertz produjeron relativamente un buen ajuste de los datos según el coeficiente de determinación R^2 , aunque el estimado por el modelo de U-von Bertalanffy fue relativamente menor (TABLA I).

Igualmente, los modelos utilizados describieron curvas de crecimiento de tipo asintótico característico de los peces (FIG. 2), tendiendo la del modelo U-von Bertalanffy a su forma típica exponencial inversa y las de los modelos U-Richards, U-Logístico y U-Gompertz sus formas sigmoideas tradicionales. Las formas de las curvas de estos modelos dependen del valor que adquiere d en el modelo general de Richards (U-Richards), excepto el modelo de Gompertz [24, 25].

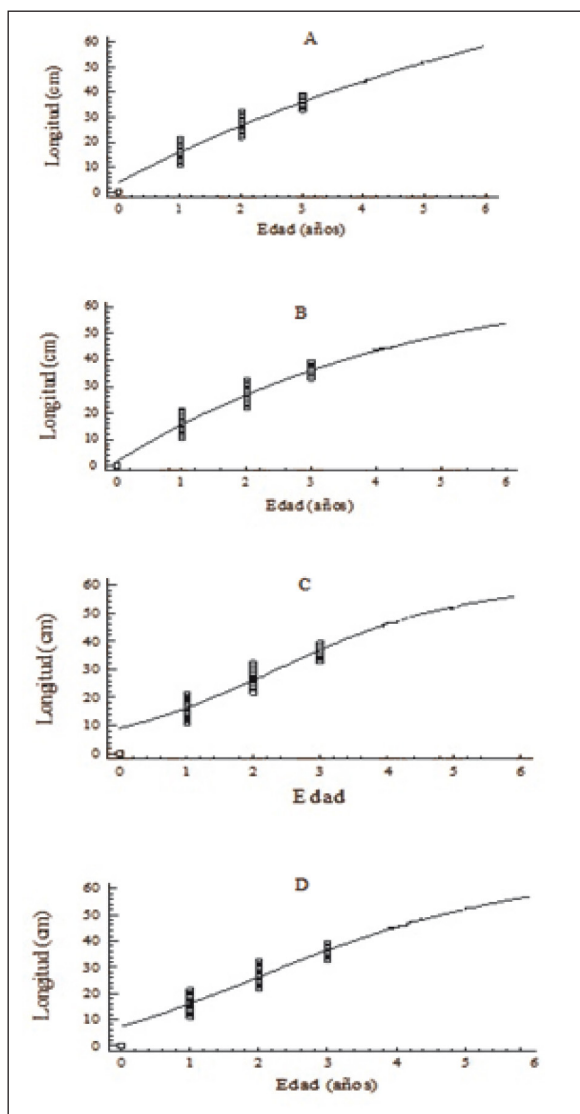


FIGURA 2. CURVAS DE CRECIMIENTO DE *Piaractus brachypomus* SEGÚN LOS MODELOS U-RICHARDS (A), U-VON BERTALANFFY (B), U-LOGÍSTICO (C) Y U_GOMPERTZ (D).

Según el coeficiente de determinación (R^2) y las formas de las curvas, los cuatro modelos propuestos produjeron un buen ajuste de los datos [2]; sin embargo, el criterio de la información de Akaike (AIC), un método reciente de selección de modelos matemáticos que utiliza la información *Kullback-Leibler* (distancia $K-L$) como medida conceptual de la distancia relativa de un modelo dado con relación al que en la realidad describe la información de los datos [6], demostró que los modelos más parsimoniosos y precisos en el arreglo de los datos fueron los modelos U-Richards, U-Logístico y U-Gompertz, por presentar los valores mínimos del $AICc$ (TABLA II). Estos modelos, al presentar los valores más bajo del AIC ($AICc_{min}$) fueron los que estuvieron más cerca del modelo desconocido que en la realidad generó los datos [6].

El $\Delta AICc$ estimado en el modelo U-von Bertalanffy fue de 14,1 (TABLA II), el cual, por ser mayor de 10 ($\Delta AICc > 10$) indicó nulo soporte de los datos, con apenas un W_i de 0,3 % de ajuste (TABLA II); de allí que dicho modelo fue descartado como el de mejor ajuste. Según los valores del $AICc_{min}$ y el $\Delta AICc$, los modelos de mejor ajuste fueron los modelos U-Richards, U-Logístico y el U-Gompertz; sin ninguna diferencia entre ellos según los valores del W_i (TABLA II), y por lo tanto, había la necesidad de estimar un modelo promedio.

Sin embargo, considerando que la selección del mejor modelo en la inferencia de modelos múltiples también debe incluir suposiciones biológicas [2], el modelo U-Richards fue descartado por el valor negativo del límite inferior del intervalo de confianza del L_{∞} (TABLA I), lo cual es considerado como biológicamente irreal. Igualmente, fue descartado el modelo U-Logístico por estimar un valor de L_{∞} [$L_{\infty} = 53,1(36,5 - 69,6)$; TABLA I] no acorde con el tamaño que la especie realmente alcanza en la naturaleza; tomando en cuenta que en el Orinoco medio la longitud máxima de *P. brachypomus* ha sido de 79 cm de longitud total [17,18], en el río Apure 97,7 cm de longitud total [20] y en la cuenca del río Mamoré del Amazonas boliviano 88 cm [16]. Estos modelos, al subestimar la precisión del conjunto de datos disponibles, estimaron parámetros de crecimiento biológicamente no plausible con lo observado en la naturaleza y hubo que descartarlos para evitar posibles alteraciones en los estimados reales [2,7].

De allí que desde el punto de vista estadístico, forma de la curva, valor del AIC y biológicamente, el modelo que mejor se ajustó a los datos longitud-edad de la especie fue el modelo U-Gompertz. El valor del L_{∞} estimado por este modelo sí se adapta a la longitud máxima observada en la naturaleza (TABLA I).

En algunas lagunas de inundación de la confluencia de los ríos Solimões y Japurá del estado de Amazonas, Brasil, los modelos Logístico y Gompertz, en sus versiones tradicionales, fueron los que produjeron el mejor ajuste en el estudio del crecimiento de *Colossoma macropomum* debido a una mayor cantidad de peces juveniles [7]. De allí que, posiblemente, el mejor ajuste proporcionado por estos modelos en el presente trabajo, principalmente el modelo U-Gompertz, fue debido igualmente

TABLA II
CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE EN LOS MODELOS DE CRECIMIENTO U-RICHARDS, U-VON BERTALANFFY, U-LOGÍSTICO Y U-GOMPERTZ DE *Piaractus brachypomus*

MODELOS	RSS	K	AICc	$\Delta AICc$	W_i	W_i (%)
Richards	793,0	4	97,3	0,1	0,327	32,7
Von Bertalanffy	1102,0	4	111,3	14,1	0,003	0,3
Logístico	792,0	4	97,2	0,0	0,336	33,6
Gompertz	792,0	4	97,2	0,0	0,336	33,6

RSS = Suma de cuadrado residual; k = Número de parámetros, incluyendo σ^2 ; AICc = Criterio de información de Akaike; $\Delta AICc$ = Separación de cada modelo con relación al más preciso; W_i = "Peso ponderado de Akaike; W_i (%) = Peso ponderado de Akaike en %.

a que los datos estuvieron constituidos por peces juveniles; considerando que la longitud máxima observada para el Orinoco medio fue de 79 cm de longitud total [17] y la máxima observada en el trabajo fue de 42 cm de longitud total. La presencia de peces de tamaños relativamente pequeños puede ser efecto de la actividad pesquera, que ha conducido a una sobreexplotación de crecimiento de la especie; sin descartar efectos de alteraciones del ambiente que ha reducido la disponibilidad del alimento natural, aunque científicamente no se ha demostrado.

Según el criterio de la información de Akaike (AIC), la selección del modelo de mejor ajuste no sólo depende del patrón de crecimiento de la especie, sino también de la calidad y las características de los datos en cuanto a la información que contienen [15], una información que determina el modelo de mejor ajuste [5, 6]. Cuando la información incluye en su mayoría peces juveniles, los datos no soportan bien el modelo U-von Bertalanffy y se ajustan mejor a otros modelos como el U-Logístico y el U-Gompertz; modelando mejor el U-von Bertalanffy a datos que contienen una información relativamente completa en cuanto a la presencia de peces juveniles y adultos [2,7], como se determinó para *C. macropomum* en algunas regiones del Amazonas [22].

De acuerdo con el modelo U-Gompertz, *P. brachypomus* presentó un crecimiento asintótico sigmoideo (FIG. 3), donde la tasa de crecimiento fue relativamente baja a edades tempranas y luego se incrementó hasta alcanzar un máximo en el punto de inflexión, que ocurrió a la edad de aproximadamente dos años ($T_i = 2,02$ a; TABLA I). Según la proyección del punto de corte de esta edad en la curva sobre el eje de las longitudes (FIG. 3), el punto de inflexión correspondió a una longitud de aproximadamente 26,0 cm de longitud total; más o menos igual al valor esperado de 26,5 cm equivalente a un 36,8 % del L_∞ , y al cociente entre el L_∞ y el número neperiano [14, 25].

El punto de inflexión en el modelo U-Logístico también fue $T_i = 2,02$ a y correspondió también aproximadamente a una longitud de 26,0 cm de LT; contrario a lo esperado para este modelo, en cuanto a una longitud equivalente al 50 % del L_∞ , que en este caso, correspondió a 36,0 cm aproximadamente [14, 24]. El valor inicial (W_0) de la curva del modelo U-Gompertz fue 8,0 cm de LT, mientras que en el modelo U-Logístico fue 7,3 cm de LT (TABLA I; FIGS. 2 y 3).

La tasa máxima de crecimiento relativa fue de $0,148 \text{ a}^{-1}$, con un intervalo de confianza comprendida entre $0,054$ y $0,232 \text{ a}^{-1}$; con una curva de crecimiento representada por la ecuación.

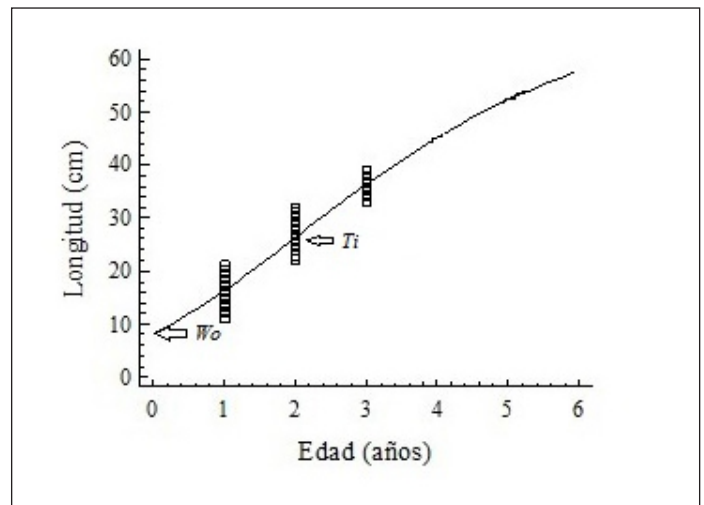


FIGURA 3. CURVA DE CRECIMIENTO DE *Piaractus brachypomus* SEGÚN EL MODELO DE GOMPERTZ.

En el río Apure se ha estimado un L_∞ para *P. brachypomus* de 102,9 cm de longitud total, y una tasa de crecimiento $K = 0,230 \text{ año}^{-1}$ [20]; ambos valores aproximadamente igual al estimado para el Orinoco medio, según los intervalos de confianza [$K = 0,148(0,054 - 0,255) \text{ a}^{-1}$], y aun considerando que en el río Apure dichos parámetros no fueron estimados por modelación de datos de longitud-edad, sino a partir de ecuaciones empíricas. Analizando frecuencias de talla de la especie *Piaractus mesopotamicus* en el Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil, usando el software FISAT [8], se obtuvo un L_∞ de 87,0 cm de longitud a la furca y un valor de K de $0,340 \text{ a}^{-1}$ [19]; valores que no pudieron ser usados para compararlos con los estimados para *P. brachypomus*, tomando en cuenta la diferencia en el tipo de medida de longitud utilizado.

Según la máxima tasa de crecimiento relativo ($0,148 \text{ a}^{-1}$), estimada por el modelo de Gompertz, *P. brachypomus* tuvo un crecimiento relativamente lento en la región media del Orinoco, como se señaló para el río Apure [20]. En este sentido, haciendo retornar una tasa de crecimiento absoluto en lugar de la tasa de

crecimiento relativo [25], esta tasa de crecimiento absoluto en el punto de inflexión ($T_i = 2,02$ a) fue aproximadamente igual a 10 a; con un crecimiento de apenas de 1,0 cm/a, tomando en cuenta el valor inicial de la curva de crecimiento (W_0) que fue de 8 centímetro (cm) de LT (TABLA I; FIG. 3).

Desafortunadamente, no se conocen trabajos previos sobre la edad y el crecimiento de *P. brachypomus* en el río Orinoco, y los resultados no pudieron utilizarse para indagar sobre posibles efectos de la intensidad de la pesca sobre el crecimiento relativamente lento de la especie. Sin embargo, el valor de K aproximadamente igual a $0,1 \text{ a}^{-1}$, indicó que se trata de una especie vulnerable a la explotación pesquera e incluso susceptible a posibles riesgos de extinción [4]. De allí la necesidad de complementar este resultado con estudios de evaluación del rendimiento sostenible de la especie, donde el uso de los parámetros de crecimiento estimados en el trabajo es una información básica [21].

CONCLUSIONES

Al igual que en la mayoría de las especies de peces comercialmente importantes del Orinoco, son muy pocos los datos disponibles sobre la historia de vida de *Piaractus brachypomus*, a pesar de ser una especie muy explotada, viéndose obstaculizado un posible manejo para la conservación de la especie, por la falta de conocimientos a nivel de la población, así como por la falta de información biológica básica como la talla de primera madurez sexual.

Los parámetros de crecimiento estimados en el estudio, por ser los primeros para *P. brachypomus* en el Orinoco, no pudieron utilizarse para inferir sobre posibles cambios en la población por efectos de la pesca o cualquier otra causa; sin embargo, el crecimiento relativamente lento estimado indicó que se trata de una especie particularmente vulnerable a la explotación pesquera e incluso con riesgos de una extinción comercial.

AGRADECIMIENTO

A la Comisión de Investigación de la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, por el financiamiento del proyecto que dio origen al presente trabajo; igualmente, a la Dirección del Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente, Caicara del Orinoco, estado Bolívar, por la logística prestada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABAD, D.; RINCON, D.; POLEO, G. Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachypomus* cultivado en sistemas Biofloc. **Zoot. Trop.** 32(2): 119-130. 2014.
- [2] ARAGÓN-NORIEGA, E.A.; ALCANTARA-RAZO, E.; VALENZUELA-QUIÑONEZ, W.; RODRIGUEZ-QUIROZ, G. Multi-model inference for growth parameter estimation of the bigeye croaker *Micropogonias megalops* in the upper gulf of California. **Rev. Biol. Mar. y Ocean.** 50(1): 25-38. 2015.
- [3] ARZOLA-SOTELO, E.A. Aplicación de la teoría de modelos múltiples en la evaluación del crecimiento individual del chano (*Micropogonias megalops*, Gilbert 1890) en el norte del Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México. Tesis de Grado. 81 pp. 2013.
- [4] BA, A.; DIOUF, K.; GUILHAUMON, F.; PANFILI, J. Slow growth of the overexploited milk shark *Rhizoprionodon acutus* affects its sustainability in West Africa. **J. Fish Biol.** 87(1): 912-929. 2015.
- [5] BUCKLAND, S.T.; BURNHAM, K.P.; AUGUSTIN, N. Model selection: an integral part of inference. **Biomet.** 53(1): 603-618. 1997.
- [6] BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. Model selection and multi model inference: A practical information-theoretic approach. New York: Springer. 488pp. 2002.
- [7] COSTA, L.R.F.; BARTHEM, R.B.; ALBERNAZ, A.L.; BITTENCOURT, M.M.; VILLACORTA-CORREA, M.A. Modelling the growth of tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in floodplain lakes: model selection and multimodel inference. **Braz. J. Biol.** 73(2): 397-403. 2013.
- [8] GAYANILO Jr, F.C.; SPARRE, P.; PAULY, D. The FAO-ICLARM stock assessment tools 10 (FISAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 6. 186 pp. 1996.
- [9] GHERARD, K.E.; ERISMAN, B.E.; ABURTO-OROPEZA, O.; ROWELL, K.; ALLEN, L.G. Growth, development, and reproduction in Gulf Corvine (*Cynoscion othonopterus*). **Bull. South. California Academy Sci.** 112(1): 1-18. 2013.
- [10] GONZÁLEZ, A.; MÁRQUEZ, A.; SENIOR, W.; MERTINEZ, G. Constituyentes minerales del morocoto *Piaractus brachypomus* en el Orinoco medio de Venezuela. **Rev. Científ. FVC-LUZ.** XVII(4): 325-329. 2007.
- [11] GONZÁLEZ, A.; MÁRQUEZ, A.; SENIOR, W.; MERTINEZ, G. Contenido de grasa y proteína en *Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachypomus* e *Hypostomus plecostomus*, en una laguna de inundación del Orinoco medio. **Rev. Científ. FVC-LUZ.** XIX(1): 15-21. 2009.
- [12] GONZÁLEZ, A.; MENDOZA, J.; AROCHA, F.; MÁRQUEZ, A. Edad y crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxi* del Orinoco medio, según anillos de la espina pectoral. **Zoot. Trop.** 33(2): 2015.
- [13] GONZÁLEZ, A.; MENDOZA, J.; AROCHA, F.; MÁRQUEZ, A. Caracterización de la pesca artesanal en el río Orinoco sector Caicara-Cabruta. **Zoot. Trop.** 34(1): 23-35. 2016.

- [14] KARKACH, A.S. Trajectories and models of individual growth. **Demograph. Res.** 15(12): 347-400. 2006.
- [15] KATSANEVAKIS, S.; MARAVELIAS, D. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. **Fish and Fisheries.** 9(1): 178-187. 2008.
- [16] LOUBENS, G.; PANFILI, J. Biologie de *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrasalminidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). **Ichthyol. Explor. Freshwat.** 12(1):51-64. 2001.
- [17] NOVOA, D.; RAMOS, Y.F. Aspectos generales de la biología de las principales especies de peces de importancia comercial en el río Orinoco. En: **Los recursos pesqueros del río Orinoco y su explotación.** CVG. Pp. 107-128. 1982.
- [18] NOVOA, D. F. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: Presente y Futuro. Ministerio de Agricultura y Tierra, INAPESCA, Caracas. 148 pp. 2002.
- [19] PEIXER, J.; CATELLA, A.C.; PETRERE-JÚNIOR, M. Yield per recruit of the pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) in the pantanal of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 67(3): 561-567. 2007
- [20] PEREZ-LOZANO, A.; BARBARINO, A. Parámetros poblacionales de los principales recursos pesqueros de la cuenca del río Apure, Venezuela (2000-2003). **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 41(3): 447-458. 2013.
- [21] PENNA, J.M.F.; MATEUS, L.A.F.; BARBIERI, G. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim lima*) in the Pantanal. **Braz. J. Biol.** 64(1): 125-134. 2004.
- [22] PENNA, M. A. H.; VILLACORTA-CORRÊA, M. A.; WALTER, T.; PETRERE-JR, M. Growth of the tambaqui *colossoma macropomum* (cuvier) (characiformes: characidae): which is the best model?. **Braz. J. Biol.** 65(1): 129-139. 2005.
- [23] SPARRE, P.; VENEMA, S.C. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. **Manual FAO. Doc. Tec.Pesca** 306 (1): 420.1995.
- [24] TJØRVE, E.; TJØRVE, K.M.C. A unified approach to the Richards-model family for use in growth analyses: Why we need only two model forms. **J. Theoretical Biol.** 267(3): 417-425. 2010.
- [25] TJØRVE, K.M.C.; TJØRVE, E. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. 2017. PLOS ONE. On Line: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>. 05/06/2017.



REVISTA CIENTÍFICA

Vol, XXVIII, N° 5 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en
Octubre de 2018, por La Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela.*