

Componentes ponderales en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Cuvier, 1818) (Teleostei: Characidae) en la sabana inundable de Arauca, Colombia

Weight components in pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (Cuvier, 1818) (Teleostei: Characidae) in the floodplain of Arauca, Colombia

Pere M. Parés-Casanova¹, A. Salamanca Carreño², J. Bentez Molano²,
R.A. Crosby Granados²

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue estimar los parámetros alométricos de distintas partes de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), así como establecer si el crecimiento de estos componentes son alométricos o isométricos. Se utilizaron 60 ejemplares colectados al azar en una granja en Arauca (Colombia). Se determinaron los pesos vivos, peso de canal y pesos de escamas, vísceras y branquias. Se testearon tres algoritmos para cuantificar las relaciones entre el peso corporal vivo y cada uno de los componentes: Cuadrados mínimos ordinarios (*Ordinary Least Squares*), Eje Mayor Reducido (*Reduced Major Axis*) y Eje Mayor (*Major Axis*). Los datos fueron transformados logarítmicamente a fin de ajustar las ecuaciones a la función alométrica $y=10^bx^a$, donde y representa el componente corporal en cuestión y x es la variable independiente relacionada con ese componente en cuestión. Los tres métodos proporcionaron coeficientes de regresión que son, desde un punto de vista teórico, distintos, por lo que proporcionan

¹ Institució Catalana d'Història Natural, Catalunya, España

² Grupo de Investigaciones Los Araucos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, Colombia

* E-mail: pmpares@gencat.cat

Recibido: 15 de agosto de 2022

Aceptado para publicación: 19 de enero de 2023

Publicado: 27 de febrero de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

estimaciones diferentes de una misma cantidad. El algoritmo de Cuadrados mínimos ordinarios, con la mínima pendiente, parecería ser el modelo que más se ajusta al comportamiento alométrico real de esta especie.

Palabras clave: alometría, ictiofauna, isometría

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the allometric parameters of different parts of *pirapitinga* (*Piaractus brachipomus*), as well as to establish if the growth of these components is allometric or isometric. In total, 60 specimens collected at random from a farm in Arauca (Colombia) were used. Live weights, carcass weights and weights of scales, viscera and gills were determined. Three algorithms were tested to quantify the relationships between live body weight and each of the components: Ordinary Least Squares, Reduced Major Axis, and Major Axis. The data were logarithmically transformed in order to fit the equations to the allometric function $y=10bxa$, where y represents the body component in question and x is the independent associated variable. The three methods provided regression coefficients that are, from a theoretical point of view, different, thus providing different estimates of the same quantity. The Ordinary Least Squares algorithm, with the minimum slope, would appear to be the model that best fits the real allometric behavior of this species.

Key words: allometry, ichthyofauna, isometry

INTRODUCCIÓN

Las dinámicas del crecimiento corporal, incluyendo la velocidad del crecimiento y la forma de las curvas de incremento de las dimensiones de cada parte del cuerpo son características inherentes de cada especie animal. En los peces, esta caracterización se ha realizado tradicionalmente a través de medidas de peso y longitud y de la relación peso-longitud, recurriendo al coeficiente de alometría, mayormente mediante modelos no lineales (Abad *et al.*, 2012; García *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2015). La estimación de los coeficientes de alometría permite evaluar la relación entre la evolución de la longitud y el peso en los peces, lo que permite precisar el crecimiento, aspecto importante que podría utilizarse como un índice práctico para evaluar la condición de los peces (Abad *et al.*, 2012).

La palabra alometría tiene dos significados: (1) el crecimiento de una parte de un organismo con relación al crecimiento del organismo completo o alguna otra de sus partes, y (2) el estudio de las consecuencias de tamaño sobre la forma orgánica y el proceso (Klingenberg, 2016). El análisis alométrico únicamente busca determinar posibles cambios entre la relación de las variables, como pudiese ser el cambio en alguna parte del cuerpo, siendo la fórmula general la ecuación: $Y=aXb$ donde Y = variable dependiente (tamaño o actividad de alguna parte), a = coeficiente de proporcionalidad, el cual es el intercepto de la línea de regresión sobre el eje de las y cuando $X=0$, X = variable independiente, y b = pendiente de la línea de regresión o también conocida como el coeficiente de alometría (Voje *et al.*, 2014; Anzai *et al.*, 2017). Así pues, la pendiente b es la indicadora de la relación que se da entre las variables. Su importancia biológica radica en

que permite determinar si el crecimiento es isométrico o isogónico ($b=1$) respecto al parámetro de referencia (Reiss, 1989; Slater y Van Valkenburgh, 2009), o si es heterogónico (b not equal to 1) constituyendo una alometría positiva ($b>1$) o una alometría negativa ($b<1$).

En Colombia, la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*), especie nativa de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, es la segunda especie piscícola en el ámbito nacional y la principal en el programa de seguridad social alimentaria (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2007). Su importancia comercial radica en la excelente calidad y sabor de su carne, que le da buena aceptación en el mercado. Asimismo, su valor productivo depende de sus hábitos omnívoros con tendencia a consumo de frutos y semillas que le permite aceptar diferentes tipos de alimentos naturales, logrando altas tasas de conversión alimenticia (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2007). Por otro lado, se desconoce sus características morfométricas, óseas y productivas, información que podría servir para el diseño de un programa de mejoramiento genético.

Ante esto, el objetivo del presente estudio fue describir los cambios en los componentes corporales en la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) y cuantificar las relaciones entre cada uno de ellos, mediante acercamientos sistémicos, con el uso de ecuaciones alométricas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Granja «El Picure» de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Cooperativa de Colombia, localizada en el municipio de Arauca, departamento de Arauca, Colombia. La granja se ubica sobre los 128 msnm, y cuenta con estanques en tierra que son abastecidos con agua de origen subterráneo mediante la succión con motor a gasolina y electrobomba. El recargue de agua se hace con periodicidad semanal.

Las características fisicoquímicas del análisis del agua son: hierro total = 0.77 mg/l, dureza total = 13.04 mg/l CaCO_3 , dureza cálcica = 4.96 mg/l CaCO_3 , alcalinidad = 7.67 mg/l CaCO_3 , pH = 5.88, oxígeno disuelto = 7.6 mg/l y temperatura promedio = 21.3 °C.

Se utilizaron 60 ejemplares de cachama blanca (*P. brachipomus*) procedentes de una población de 400 animales, que fue muestreada al azar. Los peces tenían una edad promedio de seis meses. Los ejemplares fueron extraídos del estanque utilizando un chinchorro y depositados en un recipiente con agua a una temperatura de -2 °C. Se realizó la insensibilización de los especímenes y se determinó el peso fresco o peso corporal. Los peces fueron sacrificados y, seguidamente, se retiraron de forma comercial las escamas, todas las vísceras (órganos internos que forman parte del aparato digestivo) y branquias (agallas) para determinar el rendimiento en canal. Los órganos fueron pesados de inmediato sin recibir proceso de secado. Las vísceras se pesaron incluyendo sus contenidos. Además, se pesaron las escamas y diversos órganos. Los pesajes fueron realizados con una balanza digital de máximo 1000 g y nivel de precisión de 0.01 g.

Se aplicó estadística descriptiva para los componentes anatómicos: peso corporal vivo, peso corporal vacío (sin vísceras), peso de las escamas, peso de las vísceras y peso de las branquias. Las correlaciones se estudiaron mediante el coeficiente de Spearman, puesto que las distribuciones de los valores no eran normales ($p<0.05$).

Se evaluaron tres algoritmos para cuantificar las relaciones entre el peso corporal vivo y cada uno de los componentes: Cuadrados mínimos ordinarios (*Ordinary Least Squares*), Eje Mayor Reducido (*Reduced Major Axis*) y Eje Mayor (*Major Axis*). Los datos fueron transformados logarítmicamente a fin de ajustar las ecuaciones a la función alométrica $y=10^bx^a$, donde y representa el componente corporal en cuestión y x es la variable independiente relacionada con el

Cuadro 1. Principales estadísticos descriptivos para los componentes anatómicos estudiados en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (n=60)

	Peso vivo (g)	Peso de canal (g)	Peso de escamas (g)	Peso de vísceras (g)	Peso de agallas (g)
Mínimo	400	240	10	27	13
Máximo	950	825	90	125	8
Promedio	656,3	505,3	39,5	70,9	40,5
D.E.	137,28	159,99	16,03	17,36	16,75
Mediana	625	490	45	75	50
C.V.	20,9	31,6	40,5	24,4	41,3

D.E.: desviación estándar

C.V.: Coeficiente de Variación (%)

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Spearman entre el peso corporal vivo y el peso corporal vacío (sin vísceras), peso de las escamas, peso de las vísceras y peso de las agallas en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (n=60)

	Peso vivo	Peso de canal	Peso de escamas	Peso de vísceras	Peso de agallas
Peso vivo		1.19E-38	1.08E-06	0.15038	2.04E-06
Peso de canal	0.9730		1.09E-09	0.00426	5.09E-10
Peso de escamas	-0.5818	-0.6897		0.00018	1.13E-07
Peso de vísceras	-0.1879	-0.3638	0.4644		9.48E-08
Peso de agallas	-0.5695	-0.6994	0.6220	0.6248	

Valores *p* en la diagonal superior y coeficientes de correlación en la diagonal inferior

componente en cuestión. Un valor *a* entorno de 1 indica en este caso una línea recta (isométrica). Este tipo de función es ampliamente utilizada para establecer relaciones alométricas (Anzai *et al.*, 2017; Ávila, 2017).

Los modelos se calcularon con intercepto y los valores logarítmicamente transformados a fin de aumentar el coeficiente de determinación y sobreestimar de esta forma la bondad del ajuste de los modelos. Los autores asumen que los modelos deben utilizarse dentro de los intervalos de magnitud de las variables predictoras con que se calcularon y que, a variables predictoras nulas, corresponden masa corporal cero. Para el ajuste de los modelos y el análisis estadístico se utilizó el

programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). El nivel de significación para las pruebas de hipótesis de efectos nulos fue $\alpha = 0.95$.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los principales estadísticos descriptivos para los componentes anatómicos. Los valores del coeficiente de correlación mostraron una relación significativa del peso corporal vivo con el resto de los componentes corporales ($p < 0.0001$), excepto para las vísceras (Cuadro 2). Los resultados para cada uno de los tres algoritmos utilizados muestran un crecimiento isométrico únicamente para el peso de ca-

Cuadro 3. Resultados (valores de pendiente *b*) de los tres algoritmos utilizados (datos transformados logarítmicamente)

	Peso de canal	Peso de escamas	Peso de vísceras	Peso de agallas
<i>Ordinary Least Squares</i>	0,95544	0,55461	0,65333	0,55731
<i>Reduced Major Axis</i>	0,95570	-0,55964	-0,55964	-0,56267
<i>Major Axis</i>	0,95568	0,55699	0,55699	0,55987
Status alométrico	0	-	-	-

0: isometría; -: alometría negativa

nal (Cuadro 3). Los tres métodos proporcionan coeficientes de regresión que son, desde un punto de vista teórico, distintos, por lo que proporcionarían estimaciones diferentes de una misma cantidad.

Para el peso de canal se observaron comportamientos isométricos en todos los casos, mientras que el crecimiento fue claramente hipoalométrico para el resto de los componentes; es decir, un crecimiento desproporcionadamente bajo con el peso corporal, indicando que la tasa de incremento para cada componente es mucho menor que el incremento en peso.

DISCUSIÓN

Determinar la evolución de la longitud y el crecimiento en los peces es importante para conocer su biología y el comportamiento que puedan presentar en condiciones de cultivo; además de aportar elementos para desarrollar mejores programas de manejo y alimentación.

Los cambios alométricos durante el crecimiento con relación a otros componentes corporales genera el proceso de crecimiento diferencial para cada uno de ellos. En este estudio, los cambios detectados en la cachama blanca reflejan un crecimiento isométrico para el peso de canal, que al fin y al cabo es rendimiento en carne. Esto podría indicar una buena condición de estos peces,

determinada por unas favorables condiciones de cultivo. La hipoalometría para el resto de los componentes (escamas, vísceras y agallas) no sería de importancia comercial, puesto que se trata de partes sin interés económico. Las vísceras, por otro lado, no guardan ninguna relación, evidentemente porque su masa se encuentra influenciada por la carga alimenticia en el momento del pesaje.

CONCLUSIONES

- Los cambios detectados en la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) reflejan un crecimiento isométrico para el peso de canal, en tanto que para otros componentes (escamas, vísceras y agallas) se refleja una hipoalométrico.
- El algoritmo de Cuadrados mínimos ordinarios, con la mínima pendiente, parecería ser el modelo que más se ajusta al comportamiento alométrico real de esta especie.

LITERATURA CITADA

1. **Abad D, Esteve M, Mora JA. 2012.** Crecimiento de alevines de cachama blanca *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818) (Teleostei: Characidae) alimentados con dietas de inclusión variable de harina de camarón de agua dulce *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1872)

- (Crustacea: Palaemonidae). En: XVI Congreso de la Asociación Venezolana de Producción e Industria Animal (AVPA). Maracaibo, Venezuela.
2. **Anzai H, Oishi K, Kumagai H, Hosoi E, Nakanishi Y. 2017.** Interspecific comparison of allometry between body weight and chest girth in domestic bovinds. *Sci Rep* 7:4817. doi: 10.1038/s41598-017-04976-z
 3. **Ávila D. 2017.** Variaciones alométricas durante el crecimiento en siete especies de garzas (Aves: Ardeidae). *Rev Biol Trop* 65: 1347-1357. doi: 10.15517/rbt.v65i4.26608
 4. **García A, Tume J, Juárez V. 2012.** Determinación de los parámetros de crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. *Ciencia y Desarrollo* 15: 47-55.
 5. **Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** PAST v. 2.17c. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
 6. **Klingenberg CP. 2016.** Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric-morphometrics. *Dev Genes Evol* 226: 113-137. doi: 10.1007/s00427-016-0539-2
 7. **Mesa-Granda MN, Botero-Aguirre MC. 2007.** La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Rev Col Cienc Pec* 20: 79-86. doi: 10.4270/ruc.2010216
 8. **Pérez M, Sáñez M, Martínez E. 2015.** Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. *Rev. Cient UNAN-León*, 6: 72-79.
 9. **Reiss MJ. 1989.** The allometry of growth and reproduction. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 182 p.
 10. **Slater GJ, Van Valkenburgh B. 2009.** Allometry and performance: the evolution of skull form and function in felids. *J Evol Biol* 22: 2278-2287. doi: 10.1111/j.1420-9101.2009.01845.x
 11. **Voje KL, Hansen TF, Egset CK, Bolstad GH, Pélabon C. 2014.** Allometric constraints and the evolution of allometry. *Evolution* 68: 866-885. doi: 10.1111/evo.12312