

<i>Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación</i>	6	39-45	Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir"	Valencia (España)	ISSN 1888-8550
--	---	-------	---	-------------------	----------------

Morfometría externa de alevines de *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) (Pisces, Osteichthyes, Osteoglossidae)

Fecha de recepción y aceptación: 14 de diciembre de 2013, 10 de enero de 2014

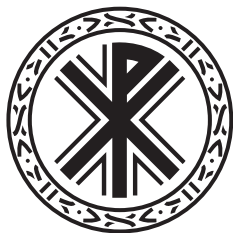
Jerónimo Chirivella Martorell^{1*}, Borja Del Campo Belvis¹, Rodolfo Barrera Orozco^{2*} y Germán Martín González¹

¹ Facultad de Veterinaria y CC. Experimentales, Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir".

^{1*} Correspondencia: Calle Guillem de Castro 94, 46003 Valencia. *E-mail*: jeronimo.chirivella@ucv.es

² Valenciana de Acuicultura, S. A.

^{2*} Correspondencia: P.O. Box 65 / 46530 Puzol-Valencia. *E-mail*: rodolfo.barrera@valaqua.com



ABSTRACT

A strategy for diversification of farmed fish takes in account fast growing and big size fish, with a profitable processing. Paiche or arapaima, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) is one of the biggest freshwater fish, up to 200 kg and 10 kg/year of growth rate. Its processing yields 57% of meat. Natural occurrence is in rivers and flooded areas of the Amazon basin, with temperatures of 24-32 °C. Natural and semi-extensive conditions are request for breeding. Fingerlings are recruited from basins and delivered in plastic bags filled with water and oxygen. It is important to check fingerlings degree of well-being after a starving long trip (coefficient condition) as well as an external biometric survey that lead to develop quality standards for arapaima fingerlings. Average coefficient condition was 0.64 in 3.92-31.3 gr fish, very uniform throughout the range studied. Measurements from different parts of its body were taken and referenced to the total length.

KEYWORDS: *Paiche, fish morphometrics, fish allometry.*

RESUMEN

Una estrategia de diversificación en la producción acuícola es optar por especies de rápido crecimiento y que alcancen gran tamaño individual, de modo que su procesado sea rentable. El paiche o arapaima, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), es uno de los mayores peces de agua dulce, de hasta 200 kg de peso y con crecimientos de hasta 10 kg/año. Su procesado rinde un 57% de carne. Habita cursos fluviales y áreas inundables de la cuenca del Amazonas, con temperaturas de 24-32 °C. Su reproducción en cautividad se hace en condiciones naturales semi-extensivas, de donde se reclutan los alevines, que pueden ser exportados en bolsas de plástico con agua y oxígeno. Resulta fundamental conocer las condiciones de bienestar con las que llegan estos alevines tras el ayuno y el largo viaje (índice de condición), así como estudiar la biometría externa que permita elaborar unos estándares de calidad de alevines de arapaima. El índice de condición encontrado para alevines de 3,92-31,3 gr ha sido de 0,64, muy uniforme en todo el rango estudiado; así mismo, se han tomado medidas de distintas partes del cuerpo y se han referenciado a la longitud total.

PALABRAS CLAVE: *Paiche, biometría en peces, alometría en peces.*

INTRODUCCIÓN

Una de las estrategias de diversificación de especies en acuicultura es la búsqueda de especies de rápido crecimiento que alcancen tamaños individuales grandes (4-6 kg) o muy grandes (20-50 kg), con una anatomía que permita su industrialización y procesado (Mañanos *et al.*, 2011).

Paiche, pirarucú o arapaima es el nombre que recibe en la cuenca amazónica uno de los peces de agua dulce más grandes del mundo, perteneciente a la familia Osteoglossidae: *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). Se trata de un recurso fundamental para las poblaciones indígenas y ribereñas, pero su interés ha traspasado fronteras, siendo una especie de alta demanda y con una fuerte presión pesquera, lo que ha llevado a incluirla como especie amenazada en el Apéndice II del CITES (Castello y Stewart, 2010).



Su estatus de protección, la calidad de su carne y sus características zootécnicas han despertado el interés por su cría en cautividad. Se trata de una especie que desarrolla un rápido crecimiento, que puede alcanzar los 10 kg/año, y acepta de buen grado alimento artificial granulado. Su rango térmico oscila entre los 24 y 32 °C. El procesado de su canal alcanza el 57% de rendimiento (Imbiriba, 2001). El ciclo biológico en cautividad está cerrado, si bien la obtención de alevines depende de las puestas naturales y posterior reclutamiento que se realiza en estanques de cría extensiva en países de su área de distribución natural.

El conocimiento de la especie, tanto en estado salvaje como en cautividad, relativo a distintos aspectos de su biología se va incrementando paulatinamente. Sin embargo, son pocos los trabajos publicados que se centran en los alevines, especialmente en su morfología y crecimiento, aspectos clave sobre los que asentar proyectos de cría industrial de la especie.

Franco (2005) elabora un mapa corporal donde fija las relaciones morfométricas de distintas partes externas del cuerpo, tanto de adultos como de alevines, expresadas en tanto por ciento de la longitud total. Sin embargo, no aporta datos que permitan conocer si el crecimiento es isométrico o alométrico entre las distintas partes y la longitud total. La evaluación morfométrica continúa siendo importante en la comprensión general de la variabilidad natural del crecimiento y la morfología (Karachle y Stergiou, 2012).

El interés de este trabajo es el estudio de la biometría externa de los alevines de arapaima obtenidos en cautividad y plantear modelos morfométricos que permitan elaborar en un futuro estándares de calidad para su comercialización. Asimismo, resulta interesante conocer las condiciones de bienestar con las que llegan estos alevines tras el ayuno y el largo viaje desde los criaderos en los países de su área de distribución natural hasta los países donde se realice su cría industrial en Europa, Asia o Norteamérica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio morfométrico se ha realizado sobre los ejemplares muertos durante el viaje de dos lotes de alevines de arapaima desde un criadero extensivo de la Amazonía peruana hasta Valencia (España). El material se congeló y posteriormente se descongeló para su estudio.

Treinta y siete ejemplares de alevines de *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), de entre 3,92 y 31,3 gr, han sido estudiados. Tras la descongelación se tomaron medidas de peso, longitud total (LT), longitud estándar, altura del cuerpo, anchura de la cabeza y altura de apertura de boca, así como de las aletas dorsal, anal y caudal.

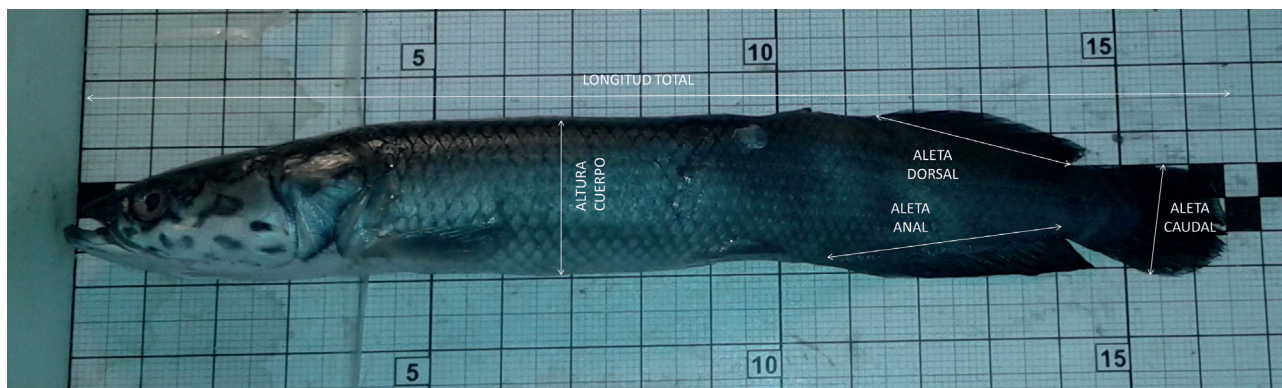


Figura 1. Mediciones realizadas sobre un alevín de *Arapaima gigas*.

Se ha calculado el índice de condición o factor de Fulton, así como se han relacionado las medidas obtenidas de las diferentes zonas del cuerpo. El tratamiento matemático y estadístico de los datos se ha realizado con los programas Microsoft EXCEL® y SPSS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las mediciones realizadas se muestran las siguientes tablas:

Tabla 1. Resultados de las mediciones realizadas para cada individuo. Peso en gramos (gr) y longitudes en centímetros (cm)

Ejemplar	Peso	LT	Longitud estándar	Longitud aleta caudal	Longitud aleta anal	Longitud aleta dorsal	Altura cuerpo	Anchura cabeza	Altura boca
Lote1.1	21,6	15	12,9	2,1	2,8	3,4	1,7	1,8	1,3
Lote1.2	20,9	14,7	12,7	2	2,6	3,2	1,7	1,7	1,2
Lote1.3	14,9	13,8	11,9	1,9	2,7	2,7	1,6	1,4	1
Lote1.4	15,7	13,6	11,6	2	2,7	2,7	1,8	1,4	1
Lote1.5	21,7	15,5	13,3	2,2	3,3	3,3	1,8	1,7	1,1
Lote1.6	20,33	14,2	12,1	2,1	3	3,2	1,9	1,6	0,9
Lote1.7	31,3	17	14,5	2,5	3,4	3,6	2,1	1,8	1,2
Lote1.8	24,3	15,5	13,1	2,4	3,2	3,7	2	1,7	1
Lote1.9	28,3	16,4	13,9	2,5	3,6	3,8	2,1	1,8	1,2
Lote2.1	7,97	10,5	8,9	1,6	2,2	2,4	1,4	1,1	0,7
Lote2.2	8,14	10,6	9	1,6	2,1	2,4	1,4	1,1	0,7
Lote2.3	10,2	11,4	9,7	1,7	2,3	2,6	1,4	1,2	0,9
Lote2.4	5,82	9,5	8,3	1,2	1,8	2,3	1,1	1	0,7
Lote2.5	7,88	10,6	8,8	1,8	2,4	2,5	1,2	1,1	0,7
Lote2.6	8,1	10,6	8,9	1,7	2,3	2,7	1,5	1,2	0,7
Lote2.7	4,54	9,5	8,4	1,1	1,7	2	1,2	1	0,6
Lote2.8	4,15	8,8	7,8	1	1,4	2,3	1	0,9	0,6
Lote2.9	7	10,5	8,7	1,8	2,4	2,4	1,3	1,2	0,7
Lote2.10	7,49	10,6	8,8	1,8	2,4	2,5	1,3	1,1	0,7
Lote2.11	6,25	10,2	8,5	1,7	2,2	2,1	1,2	1,1	0,7
Lote2.12	6,15	10,3	8,5	1,8	2,3	2,3	1,3	1,1	0,7
Lote2.13	8,46	11,1	11,1	-	2,3	2,4	1,2	1,2	0,9
Lote2.14	4,35	9,2	8	1,2	1,8	2	1	1	0,7
Lote2.15	4,56	9,1	7,9	1,2	2	2	1	1	0,6
Lote2.16	6,78	10,5	8,8	1,7	2,3	2,3	1,3	1,2	0,8
Lote2.17	5,88	9,7	8,1	1,6	2,2	2,3	1,1	1	0,7
Lote2.18	5,35	9,5	7,9	1,6	2,1	2,1	1	1	0,7
Lote2.19	5,93	9,8	8,1	1,7	2,1	2,2	1,2	1,2	0,8
Lote2.20	7,5	10	8,2	1,8	2,1	2,6	1,2	1,2	0,7
Lote2.21	6,8	10	8,3	1,7	2,2	2,5	1,2	1,1	0,7
Lote2.22	6,02	9,5	7,9	1,6	2	2,4	1	1,1	0,6
Lote2.23	5,68	8,8	7,4	1,4	2	2	0,9	0,9	0,5
Lote2.24	4,2	8,9	7,6	1,3	1,9	1,7	0,9	1	0,5
Lote2.25	5,35	9,1	7,6	1,5	2,1	1,8	1,2	1,2	0,6
Lote2.26	4,73	9,1	7,7	1,4	1,8	1,9	1	0,9	0,6
Lote2.27	5,8	9,5	8	1,5	2	2	1,1	1	0,7
Lote2.28	3,92	8,4	7,2	1,2	1,7	1,7	0,9	0,9	0,6



Se ha analizado la homogeneidad entre los individuos de cada uno de los lotes en cuanto a peso y LT mediante el coeficiente de variación. Se observa en ambos lotes resultados similares tanto en el peso, 24,02 y 24,96%, respectivamente, como en LT, 7,61 y 7,78%, respectivamente, siendo la magnitud LT más homogénea que el peso.

Hay que tener en cuenta que la magnitud peso de los ejemplares estudiados se ha tomado después de un proceso de muerte, congelación y descongelación, con la pérdida de líquidos corporales que ha podido producirse.

Tabla 2. Resumen de las mediciones realizadas por lote de peces. Peso en gramos (gr) y LT en centímetros (cm)

	N.º ejemplares	Peso medio	Desviación estándar	Rango (min.-máx.)	LT media	Desviación estándar	Rango (min.-máx.)	Índice de condición
Lote 1	9	22,11	5,31	14,9 - 31,3	15,08	1,15	13,6 - 17,0	0,65
Lote 2	28	6,25	1,56	3,92 - 10,2	9,83	1,56	8,4 - 11,4	0,66

El índice de condición para el conjunto de los alevines de ambos lotes es de 0,643, con un intervalo de confianza del 95% (0,624-0,663), siendo el mínimo y máximo observado de 0,529 y 0,833, respectivamente. Los valores encontrados responden perfectamente a la prueba de normalidad, con un $p = 0,209 > 0,05$. No se observan diferencias significativas entre los resultados encontrados en ambos lotes (figura 2).

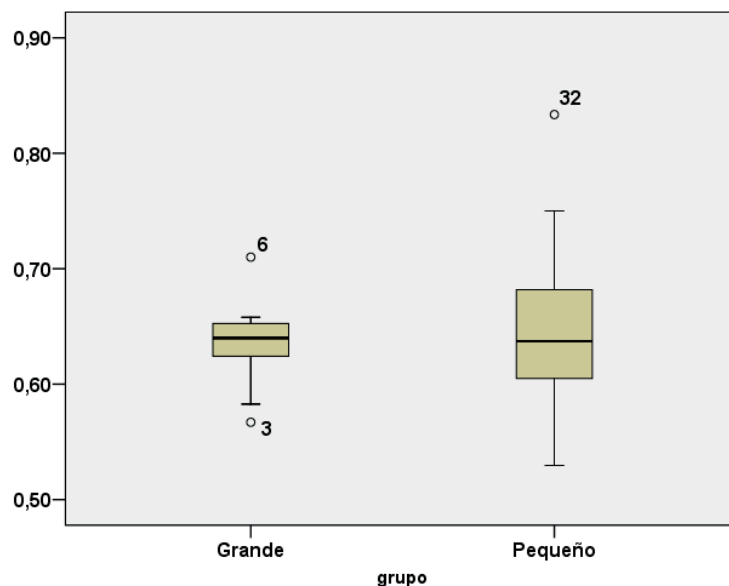


Figura 2. Representación del índice de condición conjunto para ambos lotes de ejemplares estudiados (lote 1= grupo grande; lote 2 = grupo pequeño). En el grupo grande se observan dos valores atípicos, mientras que en el grupo pequeño solo se observa uno.

El índice de condición viene a significar cuán gordos están los peces para una longitud dada; por tanto, no existe relación lineal entre LT e índice de condición, en tanto en cuanto este índice está condicionado por el peso del animal. La figura 3 muestra la falta de relación lineal entre las variables LT e IC.



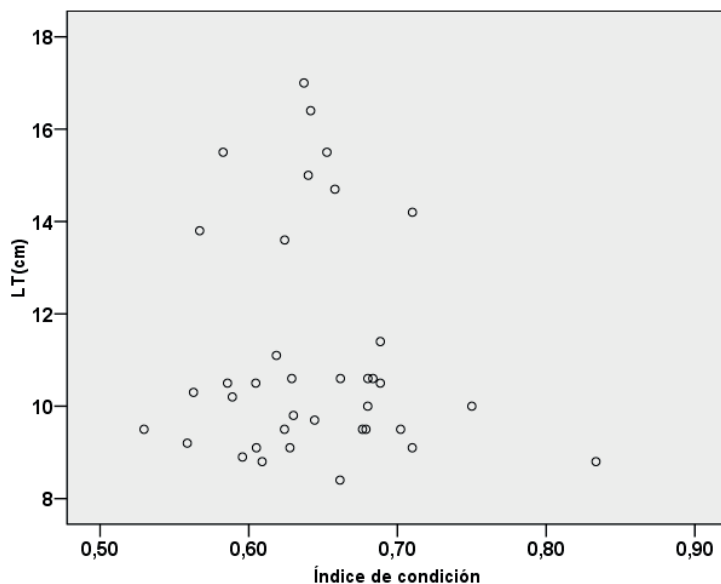


Figura 3. Representación de LT en función del índice de condición.

El análisis del peso frente a LT de ambos lotes en conjunto muestra que se adapta ligeramente mejor a una ecuación potencial (1) frente a un modelo lineal (2), como corresponde a un pez de elevada tasa de crecimiento. Alcántara *et al.* (2005) relatan resultados similares, si bien, las diferencias entre ambos modelos propuestos no se pueden considerar significativas (Wilcoxon: $p = 0,78 > 0,05$).

$$y = 5,4211x^{0,3299} ; R^2 = 0,9785 \quad (1)$$

$$y = 0,3211x + 7,8622 ; R^2 = 0,9674 \quad (2)$$

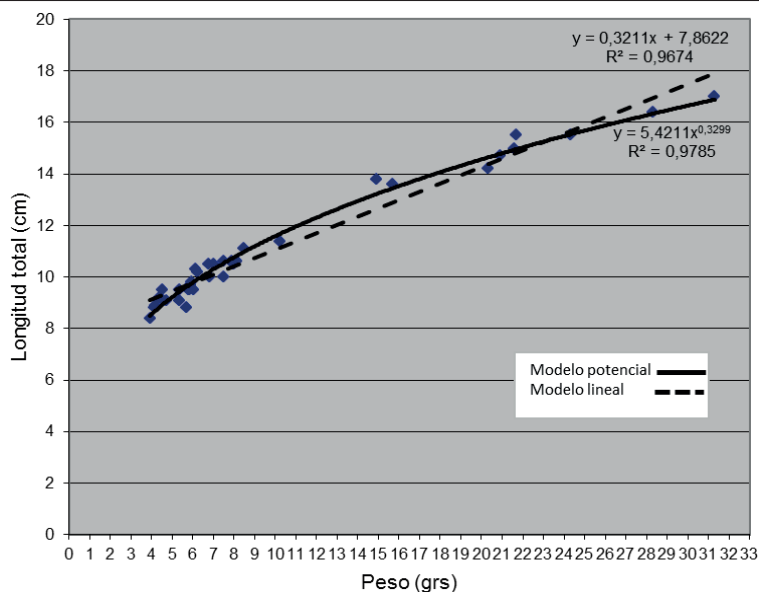


Figura 4. Representación de LT en función del peso.



Al relacionar las distintas mediciones como un porcentaje de LT encontramos los siguientes resultados:

Tabla 3. Morfometría externa de diferentes partes del cuerpo expresadas como porcentaje de LT

	Caudal/LT	Anal/LT	Dorsal/LT	Altura/LT	Cabeza/LT	Boca/LT
Lote 1	14,50%	20,09%	21,77%	12,31%	7,30%	14,50%
Desviación estándar	0,00649	0,01343	0,01453	0,00799	0,00739	0,00649
Lote 2	15,54%	21,07%	22,63%	11,76%	6,92%	15,54%
Desviación estándar	0,01816	0,01630	0,01842	0,01021	0,00622	0,01816

Se ha analizado si las relaciones entre las distintas partes del cuerpo y LT presentan alometría positiva, negativa o isometría. Para ello se ha estudiado la posible relación lineal entre ambas variables mediante ANOVA para la relación lineal. De esta forma se decide si el modelo lineal es adecuado o no. Para medir la adecuación del modelo a cada par de variables, se usa el coeficiente de variación en porcentaje.

Como se puede observar en la tabla 4, en la mayoría de casos (excepto altura de la apertura de boca para el lote 1), el p – valor de ANOVA para la regresión lineal es claramente menor que 0,05, lo que indica existencia de relación lineal entre ambas variables. La intensidad de la relación lineal queda medida mediante R^2 (corregida). La pendiente de la recta de regresión lineal mide lo que varía la variable (*) en función del cambio de una unidad en LT.

Tabla 4. Análisis alométrico de las distintas partes del cuerpo respecto de LT

(*)		P - valor ANOVA para la regresión lineal	Pendiente de la recta de regresión de (*) frente a LT	Coefficiente de variación corregido
Aleta caudal	Lote 1	0,000	0,181	0,823
	Lote 2	0,000	0,255	0,575
Aleta anal	Lote 1	0,004	0,623	0,671
	Lote 2	0,000	0,258	0,624
Aleta dorsal	Lote 1	0,000	0,302	0,734
	Lote 2	0,000	0,283	0,619
Altura	Lote 1	0,016	0,121	0,526
	Lote 2	0,000	0,186	0,725
Altura de boca	Lote 1	0,117	0,065	0,215
	Lote 2	0,000	0,098	0,622
Anchura de cabeza	Lote 1	0,004	0,117	0,670
	Lote 2	0,000	0,105	0,568

De este modo se puede explicar la variación existente en la proporción de cada parte corporal respecto a LT para cada lote de alevines. Los valores encontrados para la pendiente de la recta de regresión en todas las partes estudiadas frente a LT son inferiores a 1, lo que significa con los datos actuales que el crecimiento de estas partes se ralentiza con respecto al de LT, sugiriendo una relación alométrica negativa de estas partes respecto de LT.

Finalmente, la altura de la apertura de la boca respecto a LT no guarda relación lineal en el lote 1, por lo que no se puede establecer qué tipo de relación alométrica existe entre esta variable y LT.



CONCLUSIÓN

Se concluye que el crecimiento de las diferentes partes estudiadas de la morfología externa de los alevines de arapaima no es isométrico en ningún caso con respecto a la longitud total (LT), ya que por cada unidad de variación de LT, la variable estudiada varía de forma diferente en promedio en el lote 1 y en el lote 2.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo cuenta para su financiación con la ayuda precompetitiva UCV/2012-006-011 de la Universidad Católica de Valencia y con la ayuda GV/2013/A/102 para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la Comunitat Valenciana de la Generalitat Valenciana.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alcántara, F., Aldea, M., Ramirez, P., Chávez, C., Del Castillo, D., Tello, S. 2005. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas* en estanques de productores de Loreto, Perú. Coloquio internacional de la red de investigación sobre ictiofauna amazónica, 163-168.
- [2] Castello, L., Stewart, D. J. 2010. Assesing CITES non-detriment finding procedures for *Arapaima* in Brazil. J. Appl. Ichthyol. 26, 49-56.
- [3] Imbiriba, E. P. 2001. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazonica*, 31(2), 299-316.
- [4] Mañanós, E. L., Muñoz, J. L., Soler, E., Chirivella, J. 2011. Diversificación de las especies producidas. Diversificación en acuicultura: una herramienta para la sostenibilidad. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 25-33.
- [5] Karachle, P. K., Stergiou, K. I. 2012. Morphometrics and Allometry in Fishes, Morphometrics, Prof. Christina Wahl (Ed.), InTech.



