

Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque

Hermes Pineda Santis¹, Luis Fernando Restrepo², Martha Olivera Ángel^{1,2}

¹Fisiología y Biotecnología de la Reproducción, Corporación Biogénesis (Colombia)

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226 Medellín (Colombia)

hpinedas@agronica.udea.edu.co

Artículo publicado en:

Revista AquaTIC, N°17, Octubre 2002 <http://www.revistaaquatic.com/aquatic>

Tomado con autorización de:

Revista Aquatic <aquatic@posta.unizar.es>

Doctor Ignacio de Blas

Resumen

*La Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) no presenta dimorfismo sexual, y solamente se reconoce su sexo cuando alcanzan la madurez sexual a los tres años de edad. El poder sexarlos antes de la primera maduración sería de gran importancia en la acuicultura como forma de disminuir costos y seleccionar apropiadamente las hembras por su mayor valor reproductivo. El objetivo de este estudio fue buscar asociaciones entre el sexo y algunos parámetros morfológicos externos que permitieran el reconocimiento de las hembras. Se estudiaron 46 reproductores, (12 machos y 34 hembras) situados en estanques de la Estación piscícola de la Universidad de Antioquia. 29 características fenotípicas se midieron con un calibrador vernier (0.001 mm), y la longitud estándar con un ictiómetro convencional (0.1 mm). Se aplicó la prueba de Mann-Whitney a cada una de las variables sin encontrarse diferencias significativas ($p > 0.05$) entre machos y hembras, confirmando la ausencia de características claras de dimorfismo sexual. El análisis descriptivo mostró una tendencia mayor en los promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación en machos, observándose mayor homogeneidad en las hembras. El análisis de correlación de Spearman reportó en general, una relación entre las variables ($p < 0.01$). El Análisis de Componentes Principales entre los dos sexos no presentó diferencias significativas en las variables que hacen parte del primer componente (CP1), pero si se encontraron diferencias entre los demás componentes (CP2 y CP3) que indican una diferencia entre machos y hembras con variables informativas en la zona de la cabeza para los machos, y en la zona de las bases de las aletas del abdomen en las hembras. Esta asociación entre el sexo y los parámetros morfológicos externos en este grupo de individuos hace posible un seguimiento de algunas características secundarias que podrían ser evaluados desde etapas juveniles para ser considerados como marcadores de selección.*

Palabras clave: morfometría, cherna, gamitana, characidae, dimorfismo sexual.

Introducción

La subfamilia *Serrasalminae* incluye peces caracoideos ampliamente distribuidos en América del Sur, siendo abundantes en las cuencas de los ríos

Amazonas, Paraná-Paraguay y Orinoco. El género *Colossoma* en donde se incluye la Cachama Negra (*C. macropomum*, Cuvier 1818), cuenta con grandes

posibilidades comerciales en la acuicultura colombiana para resolver problemas de alimentación y de bienestar social. Las bases para la promoción e impulso en ambientes controlados de esta especie se inició hacia el año 1983, debido a ventajas tales como fácil adaptación al consumo de alimentos concentrados, excelente conversión alimenticia, rápido crecimiento, fácil reproducción artificial, producción masiva de alevinos y la posibilidad de hacer varios desoves durante el año, atributos todos que la convierten en una especie promisoría para el manejo en estanques (4).

En la Cachama Negra (*C. macropomum*), la selección de reproductores a temprana edad es importante para separar los individuos que serán utilizados en los programas de reproducción y de mejoramiento genético. En esta especie no existe dimorfismo sexual, el sexaje y separación se realiza cuando alcanzan la madurez gonadal a los tres o cuatro años de edad (13). El objetivo de este trabajo fue determinar algunos parámetros morfométricos en adultos, que pudieran servir de guía en juveniles, para separar machos de hembras. Un estudio anterior sobre características morfométricas en esta subfamilia fue realizado por Machado-Allison (8), en el cual se describieron patrones de coloración, morfometría, merística, anatomía y osteología de ciertas regiones del cuerpo con importancia ecológica y taxonómica entre dos especies de los géneros *Colossoma* y *Piaractus* tomados del medio natural. A pesar de su valiosa descripción en el cual se define, claramente, la identificación de caracteres externos en los individuos de cada especie, Machado-Allison incluye juveniles que no han alcanzado la madurez sexual, y adultos para los cuales no describe diferencias sexuales. Para esta especie no se tiene un patrón de cromosomas característico que permita su identificación por medios genéticos (i.e. citogenética, técnicas moleculares) o fenotípicos (i.e. caracteres externos) capaces de discriminarlos desde edades tempranas (2, 14). En este sentido, son pocos los estudios genéticos y fenotípicos realizados en la Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) para determinación del sexo.

Actualmente, las técnicas analíticas numéricas proveen un acercamiento operacional objetivo para el estudio de abundantes datos. La morfometría, medida y análisis de la forma (3), ha proporcionado a través de los programas de computador, las herramientas necesarias para el análisis de múltiples caracteres. El

análisis de componentes principales ha sido ampliamente utilizado como una técnica de exploración para examinar las relaciones entre variables, ya que no asume una división a priori y se concentra sobre la relación entre variables y entre individuos dentro de una sola muestra, reduciendo la dimensionalidad de los datos originales a otro nuevo grupo de variables con ejes o componentes ortogonales. Estos componentes son simplemente, combinaciones lineales de las variables originales. Adicionalmente, es una herramienta de bajo costo y de un alto valor informativo que permitiría conocer la relación entre las variables comparadas entre ambos sexos.

El objetivo de este estudio fue buscar asociaciones entre el sexo y algunos parámetros morfológicos externos en individuos adultos que permitan el reconocimiento de las hembras en la Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) mantenidas en estanque mediante el uso del análisis morfométrico.

Materiales y métodos

Material biológico

Se estudiaron 46 reproductores (12 machos y 34 hembras) de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*), que habían sido mantenidos en estanques rectangulares en tierra (200 m²) durante cuatro años en la estación piscícola de la Universidad de Antioquia (6°29'14"N y 76°1'21"O). El sexo de los individuos fue determinado a través de biopsia ovárica o por presión abdominal para conocer la presencia de semen u oocitos. Todos los individuos que hacen parte del estudio provienen de un mismo grupo de reproductores.

Condiciones ecológicas y del cultivo

La estación piscícola se encuentra localizada a una altura de 830 msnm, con una temperatura promedio de 35-37°C, una humedad relativa de 75%, precipitación de 2200 mm anuales y una zona de vida que corresponde, según Holdridge, a bosque húmedo tropical (bh-T) (13). Las condiciones del estanque, con pocas variaciones durante el año, fueron: O₂: 6,5 mg/l; CO₂: 11 mg/l; NH₃: 10,8 mg/l; pH: 7,5; alcalinidad: 4,2; turbidez: 25-30 cm.

Variables morfométricas

Se tomaron 29 variables morfométricas. Las medidas fueron tomadas con un calibrador vernier (0.001 mm), excepto para la longitud estándar, que se midió con un ictiómetro convencional (0.1 mm). Las variables tomadas en cuenta fueron: 1) longitud estándar, 2) ancho del cuerpo, 3) longitud de la cabeza, 4) altura de la cabeza, 5) altura del opérculo, 6) diámetro del ojo derecho, 7) longitud de la cobertura óptica derecha, 8) apertura de la boca, 9) grosor labio superior, 10) grosor labio inferior, 11) longitud pre-dorsal, 12) longitud base aleta dorsal, 13) altura aleta dorsal, 14) distancia aleta dorsal - adiposa, 15) longitud base de la aleta adiposa, 16) altura aleta adiposa, 17) distancia aleta adiposa - caudal, 18) longitud pedúnculo caudal, 19) ancho pedúnculo caudal, 20) longitud aleta caudal, 21) distancia aleta caudal - anal, 22) longitud base aleta anal, 23) longitud pre-anal, 24) distancia aleta anal - pélvica, 25) longitud base aleta pélvica, 26) longitud aleta pélvica, 27) distancia aleta pélvica - pectoral, 28) longitud base de la aleta pectoral, 29) longitud aleta pectoral (véase Figura 1).

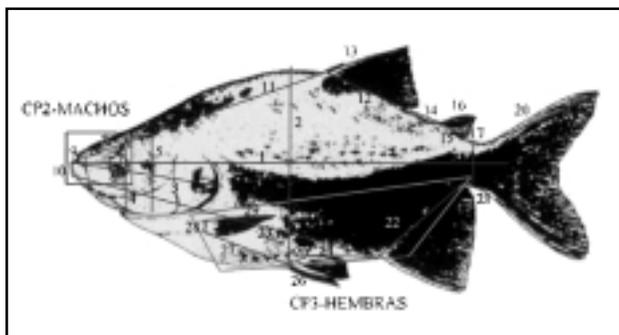


Figura 1. Variables morfométricas analizadas entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*)

Análisis estadístico

Con base en la información recolectada, se aplicaron las siguientes técnicas estadísticas: análisis descriptivo univariado, prueba de comparación no paramétrica de Mann-Whitney, análisis de correlación método de Spearman y análisis de componentes principales por el método R. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS v. 8.0.

Resultados

Al aplicar la prueba de Mann-Whitney a las diferentes variables, no se encontraron diferencias

significativas ($p > 0.05$) entre machos y hembras (véase Tabla 1), confirmando la ausencia de dimorfismo sexual entre los individuos de la Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). El análisis descriptivo mostró una tendencia mayor en los promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación en machos, y se observó mayor homogeneidad en las hembras (véase Tabla 2). El análisis de correlación de Spearman reportó en general, una relación entre las variables ($p < 0.01$). El Análisis de Componentes Principales no presentó diferencias significativas en las variables que hacen parte del primer componente (CP1) entre los sexos lo que sugiere una respuesta similar del genoma a los factores ambientales, sin embargo, existen diferencias entre los demás componentes (CP2 y CP3) que indican una diferencia entre machos y hembras con variables informativas en la zona de la cabeza para los machos, y en la zona de las bases de las aletas del abdomen en las hembras (véase Tabla 3).

Tabla 1. Prueba Mann-Whitney para cada una de las variables comparando machos y hembras.

Nº	Variables	p
1	Longitud estándar	0.51
2	Ancho del cuerpo	0.69
3	Longitud de la cabeza	0.57
4	Altura de la cabeza	0.99
5	Altura del opérculo	0.83
6	Diámetro del ojo derecho	0.84
7	Longitud de la cobertura Ocular derecha	0.75
8	Apertura de la boca	0.93
9	Grosor labio superior	0.83
10	Grosor labio inferior	0.99
11	Longitud pre-dorsal	0.80
12	Longitud base aleta dorsal	0.64
13	Altura aleta dorsal	0.24
14	Distancia aleta dorsal/adiposa	0.23
15	Longitud base aleta adiposa	0.44
16	Altura aleta adiposa	0.90
17	Distancia aleta adiposa/caudal	0.76
18	Longitud pedúnculo caudal	0.55
19	Ancho pedúnculo caudal	0.90
20	Longitud aleta caudal	0.85
21	Distancia aleta caudal/anal	0.53
22	Longitud base aleta anal	0.86
23	Longitud pre-anal	0.64
24	Distancia aleta anal/pélvica	0.66
25	Longitud base aleta pélvica	0.28
26	Longitud aleta pélvica	0.68
27	Distancia aleta pélvica/pectoral	0.94
28	Longitud base aleta pectoral	0.79
29	Longitud aleta pectoral	0.58

Tabla 2. La media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación de las variables estudiadas por sexo.

Nº	Parámetros	Machos (n = 12)		Hembras (n = 34)	
		m ± DS	C.V.	m ± DS	C.V.
1	Longitud estándar	37.08 ± 2.64	7.11	36.34 ± 2.33	6.40
2	Ancho del cuerpo	16.31 ± 1.52	9.33	16.11 ± 1.58	9.78
3	Longitud de la cabeza	12.86 ± 0.91	7.06	12.67 ± 0.88	6.91
4	Altura de la cabeza	6.93 ± 0.60	8.62	6.94 ± 0.56	8.00
5	Altura del opérculo	8.62 ± 0.86	9.94	8.54 ± 0.50	5.90
6	Diámetro del ojo derecho	1.63 ± 0.08	4.98	1.62 ± 0.12	7.53
7	Longitud cobertura ocular derecha	0.83 ± 0.28	33.96	0.91 ± 0.36	39.62
8	Apertura de la boca	3.21 ± 0.59	18.33	3.20 ± 0.56	17.56
9	Grosor labio superior	3.76 ± 0.43	11.38	3.74 ± 0.28	7.51
10	Grosor labio inferior	3.66 ± 0.26	7.12	3.65 ± 0.22	6.15
11	Longitud pre-dorsal	20.65 ± 1.50	7.28	20.48 ± 1.26	6.16
12	Longitud base aleta dorsal	6.87 ± 0.52	7.61	6.75 ± 0.48	7.13
13	Altura aleta dorsal	6.82 ± 0.60	8.83	6.58 ± 0.55	8.37
14	Distancia aleta dorsal-adiposa	4.52 ± 0.56	12.31	4.42 ± 0.48	10.77
15	Longitud base aleta adiposa	1.78 ± 0.26	14.88	1.74 ± 0.24	14.11
16	Altura aleta adiposa	3.01 ± 0.46	15.48	2.99 ± 0.38	12.89
17	Distancia aleta adiposa-caudal	3.66 ± 0.58	15.88	3.52 ± 0.45	12.90
18	Longitud pedúnculo caudal	5.50 ± 0.45	8.17	5.36 ± 0.40	7.44
19	Ancho pedúnculo caudal	4.15 ± 0.28	6.71	4.16 ± 0.41	9.73
20	Longitud aleta caudal	19.02 ± 1.30	6.83	18.84 ± 1.23	6.55
22	Longitud base aleta anal	8.29 ± 0.73	8.83	8.21 ± 0.67	8.21
23	Longitud pre-anal	26.28 ± 1.72	6.54	26.00 ± 1.70	6.53
24	Distancia aleta anal-pélvica	7.80 ± 0.63	8.07	7.54 ± 0.70	9.22
25	Longitud base aleta pélvica	1.38 ± 0.13	9.72	1.46 ± 0.22	14.95
26	Longitud aleta pélvica	5.33 ± 0.68	12.73	5.22 ± 0.44	8.49
27	Distancia aleta pélvica-pectoral	6.45 ± 0.50	7.69	6.48 ± 0.51	7.80
28	Longitud base aleta pectoral	1.79 ± 0.21	11.92	1.79 ± 0.16	8.66
29	Longitud aleta pectoral	7.04 ± 0.85	12.07	6.86 ± 0.60	8.72

Tabla 3. Análisis de componentes principales entre sexos de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*).

	Sexo	
	Hembras	Machos
Componente Principal 1		
Ancho pedúnculo caudal	0.92	0.91
Longitud estándar	0.95	0.96
Ancho del cuerpo	0.95	0.91
Distancia pre-dorsal	0.95	0.97
Variación explicada (%)	54.97	54.58
Componente Principal 2		
Longitud de la cobertura ocular derecha	-0.34	0.71
Diámetro del ojo derecho	-0.20	0.58
Grosor labio superior	0.01	-0.67
Variación explicada (%)	7.10	13.95
Componente Principal 3		
Longitud base aleta pélvica	-0.52	0.16
Longitud base aleta anal	-0.48	-0.13
Longitud base aleta pectoral	-0.37	0.04
Variación explicada (%)	5.46	8.75
Variación explicada total (%)	67.52	77.29

Discusión

No se encontraron variables morfométricas externas que permitiera discriminar entre los individuos de los dos sexos. El análisis de componentes principales (análisis multivariado) entre los sexos, no presentó diferencias significativas en las variables que hacen parte del primer componente (CP1), lo que sugiere una influencia ambiental homogénea sobre el tamaño de los individuos. En líneas generales, la adaptación de los individuos al medio léntico, sugiere plasticidad de sus cuerpos hacia una habilidad natatoria carente de velocidad en el estanque, un evento en el cual se observó una mejor adaptación hidrodinámica en las hembras. Al contrario del CP1, los componentes (CP2 y CP3) presentaron variables informativas que marcan diferencia en la zona de la cabeza para los machos (longitud de la cobertura ocular derecha, diámetro del ojo derecho y grosor del labio superior), y en la zona de las bases de las aletas del abdomen en las hembras (bases de las aletas pélvica, anal y pectoral). Esto podría sugerir que los machos están mejor adaptados a las condiciones de luz en el estanque, posibilitando una mejor visión del alimento. La turbidez promedio en el estanque de San José de Nus es menor de 30 cm (disco de Sechi) considerado como el límite inferior de estrés para esta especie (13). En condiciones bajas de oxígeno, esta especie, realiza una prolongación del labio inferior para aumentar su capacidad de succión de agua de la superficie, siempre saturado con moléculas de oxígeno. Los estanques en la estación piscícola poseen un promedio de oxígeno adecuado (promedio: 6.5-7.5 mg/l), lo cual sugiere que no hubo presión fuerte para realizar esta modificación labial en todos los individuos del grupo. Por el contrario, el labio superior en los machos presentó un retroceso respecto a las hembras que lo coloca en desventaja para la captura de alimento, el CP3 presentó una relación negativa de las bases de las aletas pélvica, anal y pectoral

en las hembras, lo cual afecta su habilidad natatoria para mantener el equilibrio y maniobrar en el agua, imposibilitando una rápida respuesta a estímulos externos.

La morfometría es un importante indicador ecológico en peces porque mide la adaptación de una especie a su ambiente, y se puede utilizar para potenciar su eficacia biológica en ambientes cerrados. Varios autores han estudiado aspectos tales como la forma de alimentación y posición de los peces ante la corriente de los ríos teniendo en cuenta las diferencias en la orientación y estructura de la cabeza (5, 11), las habilidades natatorias asociadas a la resistencia, fuerza y velocidad según la forma del cuerpo (12), anomalías congénitas y del desarrollo como un indicador sensitivo de estrés (6) e identificación del umbral de crecimiento mediante caracteres morfométricos (7). Tradicionalmente, los peces tienen variaciones fenotípicas más grandes pero caracteres heredables más bajos comparados con mamíferos y aves, debido a que son fuertemente afectados por las fluctuaciones ambientales (1), estas bajas heredabilidades son presumiblemente un reflejo de los peces, que siendo poiquiloterms, regulan su fisiología interna en respuesta a la temperatura externa y otros cambios ambientales (10).

En los peces, existe clara relación entre la forma y la función, permitiendo que la morfología, refleje la adaptación al hábitat y al nicho de alimentación (9). En este caso, las características externas de los peces mantenidos en estanque, son el resultado de condiciones homogéneas que hacen posible un seguimiento de variables morfométricas para identificar el sexo, por lo que se propone realizar un Análisis Discriminante a un grupo de juveniles de esta especie para validar las variables descritas en este estudio.

Agradecimientos

Agradecemos al biólogo Carlos Mario Marín, Director Técnico de la estación piscícola en San José del Nus, biólogo Gustavo Lenis Sucerquia y zootecnista Camilo Prieto Mojica por su colaboración con este proyecto.

Summary

The Cachama Negra (Colossoma macropomum, Cuvier 1818) does not display sexual dimorphism, and its sex is only recognized when they reach the sexual maturity after three years old. To sex them before their first sexual maturity would be of great importance in aquaculture in order to decrease cost and focus on females, which have a major reproductive value. The aim of this study was to look for associations among the sex and some external morphometric features that will allow the females recognition. 46 adults, (12 males and 34 females), were studied in the Universidad de Antioquia fishery station. 29 phenotypic features were measured with a vernier caliper (0.001 mm), and the Standard Length with a conventional ichthyometer (0.1 mm). The Mann-Whitney test does not find significant differences ($p>0.05$) on each variable between male and female, confirming the features absence of sexual dimorphism. The descriptive analysis showed a greater trend of averages, standard deviations and variation coefficient on males, pointed out a homogeneity on females. The Spearman correlation test showed a general correlation among all variables ($p<0.01$). The Principal Component Analysis does not showed significant differences between male and female on the first component (CP1), but some differences were found in the others (CP2 and CP3), that pointed out informative variables on head zone in males and belly fin-base in females. This association among the sex and external morphological features in this group makes possible a follow up of these traits from juveniles to adulthood to be considered such early selection markers.

Referencias

- Allendorf, F.; Ryman, N.; Utter, F. (1987) Genetics and fishery management: past, present and future. In: Ryman, N. and Utter, F., eds. *Population Genetics and Fishery Management*. Seattle and London: Washington Sea Grant Publications/Univ. Washington Press, 1-19 pp.
- Arai, K. (2000) Chromosome manipulation in aquaculture: recent progress and perspective. *Suisanzoshoku* 48(2):295-303.
- Daly, H.V. (1985) Insect morphometrics. *Ann. Rev. Entomol.* 30:415-38
- Díaz-Guzman, F.J., R.A. López-Briceño (1995) El cultivo de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) y de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*).
- Gatz, A.J. (1979) Community organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology* 60:711-718.
- Hard, J.J., G.A. Winans, J.C. Richardson (1999) Phenotypic and genetic architecture of juvenile morphometry in Chinook salmon. *J. Hered.* 90 (6):597-606.
- Kovac, V., G.H. Copp, M.P. Francis (1999) Morphometry of the stone loach, *Barbatula barbatula*: Do mensural characters reflect the species' life history thresholds?
- Machado-Allison, A. (1982) Estudio sobre la subfamilia *Serrasalminae* (Teleostei, Characidae). Parte 1. Estudio comparado de los juveniles de las cachamas de Venezuela (Géneros: *Colossoma* y *Piaractus*). *Acta Biol. Venezuélica* 11(3):1-101.
- Robinson, B.W., D.S. Wilson (1996) Genetic variation and phenotypic plasticity in a trophically polymorphic population of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Evol. Ecol.* 10:631-652.
- Ryman, N., F. Utter, L. Laikre (1995) Protection of intraspecific biodiversity of exploited fishes. *Rev. Fish Biol. and Fisheries* 5:417-446.
- Watson, D.J., E.K. Balon (1984) Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Biol.* 25:371-384.
- Webb, P.W., D. Weihs (1986) Functional locomotor morphology of early life history stages of fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 115:115-127.
- Wedler, E. (1998) Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Ed. Litoflash. Santa Marta. 388pp.
- Yamazaki, F. (1983) Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture* 33:329-354.