

## CAPITULO IV

Este artículo será sometido a evaluación para publicación en la Revista Livestock for Rural Development. Los resultados preliminares fueron expuestos en el VIII encuentro nacional y I encuentro internacional de investigadores de ciencias pecuarias –ENICIP- (mayo 2005) y en el III seminario nacional de ingeniería de producción acuícola, Pasto-Nariño (agosto de 2006).

### **Caracterización del esqueleto axial de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), mantenida en cautiverio en condiciones de producción.**

<sup>1,2</sup>Martha Mesa-Granda. MV. Esp. <sup>2</sup>Mónica Botero-Aguirre. Zoot. Dr.  
GRUPO GICAUNAD. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia.

<sup>2</sup>GRUPO GRICA. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia  
Medellín-Colombia, 2006

### **Resumen**

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) es una especie nativa en la que se han realizado gran cantidad de investigaciones ecológicas y productivas, pero no existen estudios osteológicos que describan sus características merísticas óseas y la asociación entre estas. Estos datos son necesario para en un futuro determinar el impacto ocasionado al disminuir uno de estos parámetros, en su desempeño productivo. Con este fin se compararon dos grupos poblacionales de diferentes edades mediante la técnica de raxos X previamente estandarizada, en los cuales se cuantificaron 8 variables del esqueleto axial como número de espinas intramusculares (EIMT), número de vertebras (VERT), número de apófisis

dorsales (APOD), número de apófisis ventrales (APOV), radios de aleta caular (RAC), radios de aleta dorsal (RAD), radios de aleta anal (RAA) y número de costillas (CD).

Las variables merísticas presentaron desempeño similar en los dos grupos evaluados (reproductores y comerciales con edad, talla y peso diferentes), excepto para VERT que fueron menores en adultos que en comerciales, por osificación de las últimas 3 vértebras con la aleta caudal. Existe mayor número de EIMT en adultos que en comerciales, existiendo diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ), infiriéndose que los animales comerciales son descendientes de parentales con bajo número de EIMT, obteniéndose una ganancia genética en el grupo de comerciales.

Las variables óseas de mayor relevancia en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), fueron VERT, APOD y APOV que tuvieron relación directa con el sostén longitudinal, siendo éste de mayor importancia en individuos comerciales de menor talla que requieren solo desplazarse en su cuerpo de agua en la búsqueda de alimento, por lo tanto necesitan romper las fuerzas hidrostáticas transversales. En el sostén transversal se destacan CD, EIMT y RAA, de alta relevancia en animales reproductores de mayor talla que requieren equilibrar las fuerzas hidrostáticas longitudinales al nadar en contra de la corriente en la estación reproductiva.

**Palabras clave:** *esqueleto, características de sostén longitudinal, características de sostén transversal.*

## **Introducción**

El sistema esquelético es el conjunto de cartílagos y huesos que soportan el cuerpo del pez; se compone de tejidos conjuntivo, notocordial y óseo, con predominancia de uno u otro dependiendo el desarrollo del pez (Rojo, 1988). En los peces óseos o teleósteos, el esqueleto del embrión comienza por un predominio de tejido conjuntivo, seguido por tejido cartilaginoso en estado larval y termina con el tejido óseo predominante durante el estado adulto (Bird *et al.*, 2003).

En peces el sistema esquelético está dividido en 3 partes: Esqueleto axial derivado del mesodermo (Gilbert, 2003), está compuesto por cráneo, esqueleto faríngeo, columna vertebral, huesos paracordales, costillas y huesos intramusculares (EIMT) (Rojo, 1988); el esqueleto apendicular, compuesto por radios de aletas (pectorales, pélvicas, dorsales, anales y caudales) y esqueleto caudal compuesto por la cola del pez, la cual sufre muchas modificaciones de acuerdo a la actividad locomotora (Rojo, 1988; Lauder *et al.*, 2002).

El tejido óseo se caracteriza por la presencia de osteocitos rodeados por hidroxapatita ( $3\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2\text{Ca} (\text{OH})_2$ ); endurecida por la concentración de carbonatos de calcio, pero en especial por abundancia de fosfatos de calcio (Erts *et al.*, 1994). Los mecanismos moleculares de la formación de hueso involucran factores de crecimiento como BMP (proteína morfogenética de hueso) y MGP (Proteína de la matriz GLA) y la transcripción de factores como Cbfa1, los cuales regulan crecimiento y diferenciación de condroblastos y osteoblastos (González *et al.*, 2005, Kumar *et al.*, 2003; Simes *et al.*, 2003), Para los peces de agua dulce, el equilibrio mineral de sus tejidos, especialmente de calcio y fósforo es mantenido a través de la osmoregulación, siendo el tejido óseo una reserva de iones, especialmente el calcio (Hepher, 1993).

Algunos autores tratan aspectos osteológicos de lenguados (Chapleau,1988, Chapleau, 1993; Hoshino y Amaoka, 1997; Kobelkowsky, 2002), de ciprínidos (Tave, 1986; Meske, 1985; Moav *et al.*, 1975), pero no se han encontrado estudios osteológicos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818).

Esta especie presenta buen tamaño, rápido crecimiento, es un pez de escama, presenta una coloración grisácea con reflejos azulosos en el dorso y en los flancos, el abdomen es blanquecino con ligeras manchas anaranjadas; la aleta adiposa es carnosa (Espejo, 1984; Orozco, 1990). Los juveniles suelen tener un color más claro con tonalidades rojo intenso en la parte anterior del abdomen y en las aletas anal y caudal. Es la especie nativa en la que se han desarrollado mayor cantidad de investigaciones (Vásquez-Torres, 2004), demostrando su importancia ecológica y productiva.

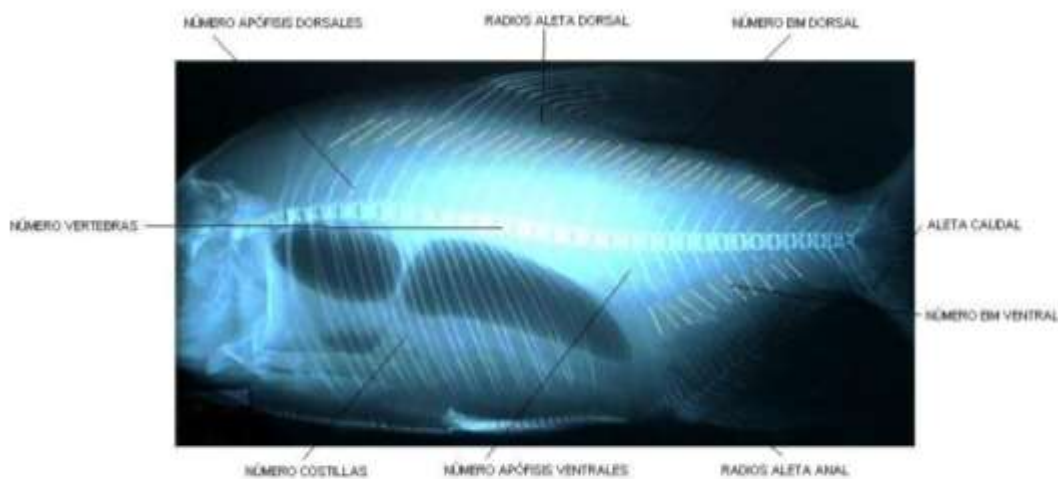
Debido a la importancia que ha demostrado la especie y a la escasez de estudios osteológicos de *Piaractus brachypomus*, se tiene como objetivo la descripción del esqueleto y determinar la asociación entre estas características, para en un futuro estimar el desempeño productivo ante la alteración de unas de las características correlacionadas, al aplicar selección.

## **Materiales y Métodos**

Fueron evaluadas 8 variables merísticas óseas del esqueleto axial y apedicular mediante radiografía (Ver figura 1), entre las que se encuentran: Número de vértebras (VERT), Número de apófisis hemales dorsales (APOD), Número de apófisis hemales ventrales (APOV), Número de pares de costillas (CD), Número de espinas intramusculares (EIMT), Número de radios de aleta dorsal (RAD), Número de radios de aleta anal (RAAN), número de radios de aleta caudal (RAC), Estas variables fueron cuantificadas en el grupo de animales comerciales (33) y en el grupo de reproductores (150), de la Estación Piscícola de San José del Nus

(Municipio de San Roque) adscrita al la dirección de Regionalización de la Universidad de Antioquia, ubicada en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), con una altitud de 830 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 23° C, precipitación de 2.200 mm anuales y unas condiciones limnológicas adecuadas.

Los individuos fueron identificados previamente con microchips, colocados en el músculo epiaxial, 5 cm debajo de la aleta dorsal y a 5 cm después del opérculo, a una profundidad de 1 cm, Para la caracterización ósea se utilizó la técnica de Rayos X, utilizando un equipo portátil (Poli-móvil Siemens III, colimador Kv 420 mAs 200, punto focal -1,5 mm), previamente estandarizada (Mesa-Granda *et al.*, 2004). El 20% aproximadamente de las radiografías fueron descartadas por presentar características de resolución deficientes para algunas variables.



**Figura 1.** Variables merísticas óseas, evaluadas en 2 poblaciones (reproductores, comerciales) de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*).

Se realizó un análisis descriptivo (moda, media, desviación estándar, mínimos y máximos) de variables como número de radios de aleta caudal (RAC), número de radios de aleta dorsal (RAD), número de radios de aleta anal (RAA), número de

vértebras (VERT), número de espinal intramusculares (EIMT), número de costillas (CD), número de apófisis dorsales (APOD) y número de apófisis ventrales (APOV), las cuales son elementos que se encuentran repetidos en serie, susceptibles a ser medidos y se denominan caracteres merísticos. Estos son los más utilizados para diferenciar grupos taxonómicos como especies, poblaciones o razas geográficas (Rojo, 1988).

Para definir la asociación entre características se usó la correlación de Spearman, ya que los datos no presentaron distribución normal; aún así, se aplicó transformación logarítmica y correlación de Pearson para visualizar la información desde otra perspectiva. Se realizó un análisis de componentes principales. El procesamiento de la información se hizo con el software SAS v.9.11.

Por último se hizo una comparación entre las características merísticas de dos grupos poblacionales de diferentes edades de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), como fueron reproductores comerciales).

## **Resultados y Discusión**

En la población de reproductores y de comerciales se encontró que las espinas intramusculares (EIMT) presentaron una forma de “Y” con una extensión lateral de mayor longitud que la extensión media (Figura 2), se distribuyeron a largo de la región dorsal; en la región abdominal solamente se encontraron en la región ventro-caudal (Mesa-Granda *et al.*, 2004).



**Figura 2.** Forma de las espinas intramusculares de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Como puede observarse en la tabla 1, los reproductores tienen mayor cantidad de EIMT que los comerciales, con una curva tirada hacia la derecha, siendo el intervalo más amplio en reproductores (64-88) que en comerciales (73-84).

**Tabla 1.** Distribución de frecuencias EIMT en reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores		
<i>EIMT</i> (#)	<i>Frecuencia</i>	%
64-68	2	1,61%
69-72	14	11,29%
73-76	31	25,00%
77-80	37	29,84%
81-84	27	21,78%
85-88	13	10,48%
total	124	100%

B. Comerciales		
<i>EIMT</i> (#)	<i>Frecuencia</i>	%
64-68	0	0,00%
69-72	0	0,00%
73-76	20	62,5%
77-80	7	21,87%
81-84	5	15,62%
85-88	0	0,00%
Total	32	100%

El 17% (26) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad.

El 3% (1) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

Los reproductores de la estación, fueron individuos extraídos directamente del medio natural, manteniendo su componente original y el equilibrio Hardy-Weinberg, como fue demostrado en el estudio del polimorfismo genético de esta población (Pineda-Santis *et al.*, 2004), por lo tanto está poco afectada por migración o selección artificial.

En los reproductores existe alta variabilidad fenotípica de la característica EIMT, al igual que en otras características morfométricas como las de talla (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006). Los comerciales fueron individuos descendientes de una sola familia, nacidos en cautiverio en las instalaciones de la estación piscícola de San José del Nus (San Roque-Antioquia), de la Universidad de Antioquia, por lo tanto ya existe cambio en la conformación genotípica, haciendo que el rango de presentación de la característica fuera más estrecho (11 EIMT), diferente que en reproductores que presentaron un rango más amplio (24 EIMT).

Los individuos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), presentaron 33 VERT en reproductores (67,8% de la población) y en comerciales fueron 36 (72,7% de la población) (Tabla 2); el número de estas tiene un valor evolutivo, ya que existe una tendencia a disminuirlas desde los peces más primitivos hasta los más avanzados. Son más numerosas en elasmobranquios que en peces óseos, entre los que se encuentra que los clupeiformes (45-65) tienen más que los perciformes (23-40) que son más evolucionados (Rojo, 1988). En *Danio rerio* se encontró un promedio de 31 VERT, incluyendo 3 VERT de la aleta caudal (Bird *et al.*, 2003), que se encontraron sin fusionarse en la población de comerciales y fusionadas en la población de reproductores.



**Figura 3.** Forma de las vértebras, APÓFISIS DORSALES Y VENTRALES de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

La columna vertebral sirve de apoyo a los músculos del tronco (ver figura 3), que son los más importantes en la locomoción del pez (Rojo, 1988).



**Tabla 2.** Distribución de frecuencias de VERTEBRAS en reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A: Reproductores			B. Comerciales		
VERT (#)	Frecuencia	%	VERT (#)	Frecuencia	%
31	2	1,65	33	1	3,03
32	20	16,53	34	1	3,03
33	82	67,77	35	7	24,24
34	17	14,05	36	24	72,73
Total	121	100%	Total	33	100%

El 19% (29) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad.

La columna vertebral presentó prolongaciones o apófisis (Ver figura 3) que son huesos delgados y largos que se añaden a los arcos neurales (apófisis dorsales o neurales) y a los arcos hemales (apófisis ventrales o hemales); el número de APOD y APOV en reproductores fue similar a las encontradas en comerciales (Ver tabla 3A, 3B, 3C, 3D).

**Tabla 3.** Distribución de frecuencias de APOFISIS DORSALES Y VENTRALES de reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores			B. Comerciales		
APOD (#)	Frecuencia	%	APOD (#)	Frecuencia	%
29	8	6,61	28	1	3,03
30	45	37,19	29	0	0
31	59	48,76	30	11	33,33
32	9	7,44	31	21	63,64
Total	121	100%	Total	33	100%

El 19% (29) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

C. Reproductores			D. Comerciales		
APOV (#)	Frecuencia	%	APOV (#)	Frecuencia	%
14	24	19,83	14	6	18,18
15	66	54,55	15	23	69,7
16	30	24,79	16	4	12,12
17	1	0,83	17		
Total	121	100%	Total	33	100%

El 19% (29) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

Las APOD se distribuyen en la línea media dorsal a lo largo de la columna vertebral, mientras que las APOV se distribuyen en la línea media ventral desde la zona de finalización de las costillas (CD), hasta la cola del pez.

Las costillas (CD) le sirven de protección a las vísceras (figura 4); se encontraron en número de 14 pares adheridas a un cartílago ventral, de las cuales las craneales fueron de mayor tamaño que las caudales, encontrándose dos pares de costillas caudales flotantes.



**Figura 4.** Forma de las COSTILLAS de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Como puede verse en la tabla 4, tanto en reproductores como en comerciales, la mayor proporción de la población presenta 14 pares CD.

**Tabla 4.** Distribución de frecuencias de COSTILLAS de reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores			B. Comerciales		
CD (#)	Frecuencia	%	CD (#)	Frecuencia	%
14	111	91,74	14	32	96,97
15	10	8,26	15	1	3,03
Total	121	100%	Total	33	100%

El 19% (29) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

Las aletas de los peces están sostenidas por estructuras en forma de varilla, dispuestas en serie y provistas en su base por músculos que les permiten toda clase de movimientos (radios), los cuales son de origen dérmico (Rojo, 1988). La aleta dorsal es impar, localizada en la región dorsal del cuerpo, compuesta por un exoesqueleto radiado y unos radios internos o Pterigioforos (Bird *et al.*, 2004) que se insertan a las apófisis dorales o neurales (Figura 5).



**Figura 5.** Forma de los radios de la aleta dorsal de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

**Tabla 5.** Distribución de frecuencias de los Radios de la aleta dorsal de reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores			B. Comerciales		
RAD (#)	Frecuencia	%	RAD (#)	Frecuencia	%
13	3	2,48	13	0	0%
14	20	16,53	14	1	3,03
15	40	33,06	15	25	75,76
16	43	35,53	16	7	24,24
17	12	9,92	17	0	0%
18	3	2,48	18	0	0%
Total	121	100%	Total	33	100%

El 19% (29) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

Los RAD en el 68,5% de los reproductores se encontraron entre 15 y 16; existiendo alta variabilidad (Rango 5), mientras que en comerciales el 75,8% de la

población presentaron 15 radios, no habiendo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ; prueba T Student) entre grupos poblacionales (Tabla 5).

La aleta caudal de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), es ahorquillada de tipo homocercal (Figura 6).



**Figura 6.** Forma de los radios de la aleta caudal de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

El número RAC, presentó un comportamiento irregular, encontrándose que los reproductores tuvieron 29-30 radios (31,7%) y 33-34 radios (24,4%), mientras que en el lote de comerciales presentó entre 25-28 radios (78,8%), siendo menor el número de radios que en reproductores (Tabla 6); lo cual es congruente con el reporte que la aleta caudal o uropterigio es la que mayor cambio morfológico tiene por la influencia del hábitat en el cual vive el pez (Rojo,1988). Esta da propulsión al cuerpo, actúa como timón cambiando de dirección, por lo tanto tiene que ser de mayor tamaño y desarrollo óseo en animales de mayor talla.

**Tabla 6.** Distribución de frecuencias de los Radios de la aleta caudal de reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores			B. Comerciales		
RAC (#)	Frecuencia	%	RAC (#)	Frecuencia	%
22-24	2	2,44	22-24	2	6,06
25-26	3	3,66	25-26	16	48,49
27-28	8	9,75	27-28	10	30,3
29-30	26	31,71	29-30	5	15,15
31-32	15	18,29	31-32	0	0
33-34	20	24,39	33-34	0	0
35-36	8	9,76%	35-36	0	0
Total	82	100%	Total	33	100%

El 45% (68) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

La aleta anal es impar, localizada en la región ventral del cuerpo, delimitada por el ano y el pedúnculo caudal, Sus radios se insertan a las apófisis ventrales o hemales (figura 7).



**Figura 7.** Forma de los radios de la aleta ANAL de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

El 71,3% de los reproductores presentaron 23-25 radios y el 84,9% de la población de comerciales presentaron 22-23 radios (Tabla 7). Existiendo diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ; prueba T Student) entre grupos poblacionales, posiblemente por provenir de diferentes grupos genéticos. Al ser los reproductores provenientes del medio natural, muestran alta variabilidad para la característica;

por el contrario los animales comerciales son nacidos en cautiverio y provienen de una sola familia, disminuyendo así la variabilidad fenotípica de la característica.

**Tabla 7.** Distribución de frecuencias de los Radios de la aleta ANAL de reproductores y comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

A. Reproductores			B. Comerciales		
RAA (#)	Frecuencia	%	RAA (#)	Frecuencia	%
22	9	7,56	21	3	9,09
23	27	22,69	22	13	39,39
24	39	32,78	23	15	45,46
25	26	21,84	24	2	6,06
26	12	10,09	25	0	0
27	3	2,52	26	0	0
28	3	2,52	27	0	0
Total	109	100%	Total	33	100%

El 27% (41) de las radiografías fueron desechadas por baja calidad

Se ha demostrado en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) que los radios de la aleta anal, es una característica que tiene alta heredabilidad ( $h^2=0,61$ ), por lo tanto ante factores de selección en el lote de comerciales, los individuos tienden a disminuir el rango de expresión de la característica (Tave, 1986).

En general las variables merísticas al ser evaluadas presentaron una tendencia similar en los dos grupos evaluados (reproductores y comerciales), excepto para VERT que fueron menores en adultos que en comerciales, con moda de 33 y 36 respectivamente (Tabla 8), por osificación de las últimas 3 vértebras con la aleta caudal (RAC), la cual igualmente presentó diferencias altamente significativas ( $p<0,001$ ; prueba T Student) en los dos grupos experimentales. Se encontró mayor número de EIMT en adultos que en comerciales, con moda de 78 y 74 respectivamente (Tabla 8) existiendo diferencias altamente significativas ( $p<0,001$ ; prueba T Student), lo que induce a pensar que los animales comerciales son descendientes de parentales con bajo número de EIMT, obteniéndose una ganancia genética en el grupo de comerciales.

**Tabla 8.** Características merísticas óseas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), de diferentes edades

Variable	Media $\pm$ SD		Mediana		Moda		Mínimo		Máximo	
	Reproductor	Comerciales	R	C	R	C	R	C	R	C
<b>**EIMDD</b>	27,13 $\pm$ 1,45	27,16 $\pm$ 1,05	27	27	27	27	24,	25	31	29
<b>**EIMVD</b>	11,16 $\pm$ 1,13	10,50 $\pm$ 0,88	11	10	11	10	8	9	14	12
<b>**EIMT</b>	76,59 $\pm$ 4,48	75,38 $\pm$ 3,11	76	74	78	74	64	72	88	84
<b>**VERT</b>	32,97 $\pm$ 0,60	35,64 $\pm$ 0,70	33	36	33	36	31	33	34	36
<b>RAD</b>	15,47 $\pm$ 1,16	15,18 $\pm$ 0,46	15	15	15	15	13	14	18	16
<b>**RAC</b>	28,57 $\pm$ 3,15	26,48 $\pm$ 1,75	28	26	28	25	22	22	36	30
<b>**RAA</b>	24,52 $\pm$ 1,38	22,48 $\pm$ 0,76	24	23	25	23	22	21	28	24
<b>APOD</b>	30,57 $\pm$ 0,70	30,58 $\pm$ 0,66	31	31	31	31	29	28	32	31
<b>APOV</b>	15,20 $\pm$ 0,70	14,94 $\pm$ 0,56	15	15	15	15	14	14	17	16
<b>CD</b>	14,04 $\pm$ 0,20	14,03 $\pm$ 0,17	14	14	14	14	14	14	15	15

EIMDD: espina intramuscular dorsal derecha, EIMVD: espina intramuscular ventral derecha; EIMT: espina intramuscular total; VERT: Vértebras; RAD: radios aleta dorsal; RAA: radios aleta anal; APOD: apófisis dorsal; APOV: apófisis ventral; CD: costillas derecha; R: reproductores; C: Comerciales.  
R: reproductores; C: Comerciales; J: juveniles.

\*\*diferencias altamente significativas, después de aplicar t student con 95% de confiabilidad,

Si se comparan estos resultados con lo obtenido por Moav *et al.*, 1975 que midió la variabilidad de las EIMT en carpa común (*Cyprinus carpio*), se encontró que la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) aunque tiene un tamaño superior a este ciprínido presentó un menor número de EIMT (77 en adulto frente a 99 en carpa), Igualmente presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ; prueba T Student)) en RAA, siendo mayor los radios en reproductores, sugiriendo que los comerciales fueron descendientes de parentales con una estructura genética de poca talla, pues es sabido que la longitud de la base de la aleta anal tiene una importancia amplia en el factor talla (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006).

Las variables óseas merísticas en el grupo poblacional de comerciales no presentaron ninguna asociación entre sus características por el método de correlación de Spearman comparado con el método de Pearson al utilizar variables transformadas con logaritmo en base 10 (Tabla 9); indicando que estas son características que sirven de sostén a la voluminosa contextura de la especie.

**Tabla 9.** Asociación entre características óseas en reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Variable	Reproductores							
	RAA		APOD		APOV		VERT	
	1	2	1	2	1	2	1	2
VERT	0,25**	0,26**	0,44**	0,09	0,50**	0,49**	1,0	1,0
RAA	1,0	1,0	-0,07	-0,17	0,24**	0,13**	0,25**	0,26**
CD	0,23**	0,52**	0,06	0,13	0,05	0,28**	0,31**	0,15**

1. Correlación de Spearman; 2, Correlación de Pearson con transformación logarítmica de datos.

\*\* correlación altamente significativa.

RAA: radios aleta anal; APOD: apófisis dorsales; APOV; apófisis ventrales; VERT: vértebras; CD: costillas.

En el grupo de reproductores se encontró por el método de correlación de Spearman, asociación media altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre VERT-APOD ( $r = 0,44$ ), VERT-APOV ( $r = 0,50$ ); las demás variables presentaron una relación baja (Tabla 9). A mayor número de vértebras, mayor número de apófisis dorsales y ventrales (relación positiva); estas estructuras son prolongaciones de la columna vertebral y sirven de sostén de la musculatura epiaxial e hipoaxial, por lo tanto, se puede concluir que sirven de sostén longitudinal del individuo. Al aplicar transformación logarítmica y correlación de Pearson, el coeficiente no tuvo ninguna alteración comparado con la correlación de Spearman, aunque para CD-RAA se pasó de una relación baja por el método de Spearman a una relación media por el método de Pearson.

Al evaluar las variables morfológicas óseas por medio de componentes principales (Tabla 10) se encontraron 5 factores que determinan las relaciones entre variables (99% en reproductores, y 90% en comerciales), los cuales se pueden agrupar en dos grandes conglomerados compuestos por las siguientes variables:

**Conglomerado 1.** Definido como SOSTÉN LONGITUDINAL, conformado por las variables VERT, APOD y APOV, las cuales presentaron una relación directa entre ellas.



**Conglomerado 2.** Definido como SOSTÉN TRANSVERSAL, conformado por las variables EIMT, RAA y CD, que igualmente presentaron una relación directa entre ellas.

**Tabla 10.** Valores propios de la matriz de correlación de variables óseas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), de diferentes edades.

Factor	Reproductores		Comerciales	
	Autovalor	Proporción	Autovalor	Proporción
1	2,53	0,42	1,63	0,27
2	1,56	0,26	1,33	0,22
3	1,02	0,17	0,94	0,15
4	0,44	0,07	0,87	0,14
5	0,38	0,07	0,63	0,10
Total	0,9891		0,90	

En los animales reproductores el conglomerado 1 de sostén longitudinal está conformado por los factores 2, 4 y 5 que representan el 40% de los componentes principales (Tabla 11), involucrando variables como EIMT y CD; mientras que el conglomerado 2 de sostén transversal está conformado por los factores 1 y 3, que representan el 59% de los componentes principales, siendo el factor 1 el que mayor peso presentó (42%), involucrando variables como CD y RAA que compensan las APOD (Ver tabla 10).

Los individuos adultos presentan desarrollo marcado de musculatura y además en su medio natural deben remontar ríos caudalosos lo que significa tener que luchar contra fuerzas hidrostáticas longitudinales, por lo tanto requieren de un sostén transversal poderoso que permita equilibrar estas fuerzas, lo que hace con sus CD y EIMT; esto se evidencia en la alta correlación que presentó CD ( $r=0,6$ ) en el factor 1, de la EIMT ( $r=0,96$ ) en el factor 3. Las RAA compensan el sostén longitudinal cuando las variables longitudinales (VERT, APOD y APOV) presentan correlaciones negativas como se evidenció en los factores 1, 4 y 5 (Tabla 11).

**Tabla 11.** Componentes principales de variables óseas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), de diferentes edades.

Variable	Reproductores		Comerciales	
	Factor	Valores propios	Factor	Valores propios
VERT				0,38
RAA	1. Sostén transversal	0,46	1. Sostén longitudinal	--
APOD		-0,57		0,57
APOV		--		0,57
CD		0,60		--
EIMT		--		0,53
VERT	2. Sostén longitudinal	0,70	2. Sostén transversal	--
RAA		--		0,67
APOV		0,59		--
CD		--		-0,39
EIMT	3. Sostén transversal	0,96	3. Sostén transversal	0,41
RAA		-0,20		--
CD		--		0,85
VERT	4. Sostén longitudinal	-0,66	4. Sostén longitudinal	0,84
RAA		0,52		--
APOD		--		-0,36
APOV		0,45		--
RAA	5. Sostén longitudinal	0,54	5. Sostén longitudinal	0,38
APOD		0,56		-0,48
APOV		-0,57		0,77

VERT: vértebras; RAA: radios aleta anal; APOD: apófisis dorsal; APOV: apófisis ventral; CD; costillas; EIMT: espina intramuscular.

En los animales comerciales de menor talla, el conglomerado 1, conformado por los factores 1, 4 y 5, representó el 51% de los componentes principales, siendo el factor 1 el que mayor peso tuvo (27%), involucrando variables como VERT, APOD y APOV. El conglomerado 2, conformado por los factores 2 y 3 representó el 37% de los componentes principales, involucrando variables como CD, EIMT y RAA (Tabla 11). En este grupo de individuos en su medio natural solo deben equilibrar las fuerzas hidrostáticas transversales, ya que solo requieren subir y bajar en el cuerpo de agua, por lo tanto requieren un sostén longitudinal fuerte para compensar la fricción. Igual que animales reproductores la EIMT tiene funciones de sostén transversal (Factor 3) o también como compensación cuando hay bajo desarrollo de características asociadas al sostén longitudinal, como se observó en el factor 2.

Las variables óseas de mayor relevancia en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), fueron las VERT, las APOD y las APOV que mostraron relación directa con el sostén longitudinal, siendo este de mayor importancia en individuos comerciales de menor talla que requieren solo desplazarse en su cuerpo de agua en la búsqueda de alimento, por lo tanto necesitan romper las fuerzas hidrostáticas transversales. En el sostén transversal se destacan las CD, RAA y EIMT, de alta relevancia en animales reproductores de mayor talla que requieren equilibrar las fuerzas hidrostáticas longitudinales al nadar en contra de la corriente en la estación reproductiva.

## **Conclusiones**

El esqueleto axial de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), está compuesto por alto número de EIMT, que presenta una forma de “Y” y se distribuyen en la musculatura epiaxial e hipoaxial, encontrándose mayor variedad fenotípica en reproductores que en comerciales.

En los reproductores se da fusión de las últimas tres vértebras, mostrando menor número que en comerciales. Las APOD y APOV son prolongaciones de la VERT, por lo tanto su número depende del número de estas.

En el grupo de reproductores se encontró que a mayor VERT, mayor APOD Y APOV (relación positiva); son estructuras que sirven de sostén longitudinal del individuo.

Las CD y RAA intervienen en equilibrar las fuerzas longitudinales y transversales en la especie cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Presentaron una relación inversa, por lo tanto a mayor APOD menor RAA.

Por análisis de componentes principales se definieron dos conglomerados: SOSTÉN LONGITUDINAL, conformado por las variables VERT, APOD y APOV y SOSTÉN TRANSVERSAL, conformado por las variables EIMT, RAA, CD.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a: John Jairo Arboleda Céspedes, Director Regionalización Universidad de Antioquia. Jaime Uribe Valencia, Coordinador técnico Estación Piscícola San José del Nús. Martha Olivera Ángel, Coordinadora Grupo de Biotecnología y Fisiología de la reproducción. Mario Cerón Muñoz, Jefe del Centro de Investigaciones Agrarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia.

## **Abstract**

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), is native specie on which many ecologic and productive researches have been done but there are not any osteological studies which describe its meristical osseous characteristics and the association among them thus in future the impact caused by the drop of one of these parameters in its productive performance could be determined. With this purpose two population grupos from different ages were compared using the X rays technique previously standardized, in which 8 variables were quantified from the axial skeleton: intramuscular bone (EIMT); vertebrae (VERT); dorsla apophysis (APOD); ventral apophysis (APOV); caudal fin radios (RAC); dorsal fin radios (RAD); anal fin radios (RAA) and ribs (CD).

The meristical varibles showed a similar perfomance on both evaluated groups (breeding and comercial with different age, size and wight) except with VERT which were less in adults than in commercials due to the ossification of the last 3 vertebrae with RAC. There is a greater EIMT in adults than in comercial animals

were descendants of a clan with a low EIMT, obtaining a genetic profit in the commercial group.

The osseous variables of main importance on the cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) are: VERT, APOD and APOV which have a direct relationship with the longitudinal support being this of a greater importance on commercial characters of minor size which just need to move in their corps of water to find food, so they need to break the transversal hydrostatic forces. In the transversal support the CD, EIMT and RAA are underlined which are very important on breeding animals of greater size that need to balance the longitudinal hydrostatic forces when swimming against the tide in the reproductive station.

**Key words:** *meristical variables, longitudinal support, transversal support, size.*

## Referencias

Bird N and Mabee P. Developmental morphology of the axial skeleton of the Zebrafish, *Danio rerio* (Ostariophysi: Cyprinidae). *Developmental dynamics* 2003; 228:337-367.

Chapleau F. Comparative osteology and intergenetic relationships of the tongue soles (Pisces; Pleuronectiformes; Cynoglossidae). *Canadian Journal of Zoology*. 1988; 66:1214-1232.

Chapleau, F. Pleuronectiform relationships: a cladistic reassessment. *Bulletin of Marine Science*. 1993; 52(1):516-540.

Erts D, Gathercole LJ, y Atkins A D. Scanning probe microscopy of crystallites in calcified collagen. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 1994; 5: 200–206.

Espejo C. Biología de la cachama. Revista de Veterinaria y Zootecnia de Caldas 1984; 3(2): 14 – 16.

Gilbert SF. Developmental biology. Sunderland. MA: Sinauer Associates. Inc. 749 p, 2003.

Fishbase. [www.fishbase.org.com](http://www.fishbase.org.com). Enero 2006.

González A, Díaz-Pardo E, Soria-Barreto M, Rodiles-Hernández E. Análisis morfométrico de los peces del grupo labiales, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: Profundulidae), en Chiapas, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2005; 76:55-64.

Hepher B. Nutrición en peces comerciales en estanques. Primera edición. México: Limusa. 1993, p 252-258.

Hoshino K y Amaoka, K. Osteology of the flounder, *Tephrinectes sinensis* (Lacepède) (Teleostei: Pleuronectiformes), with comments on its relationships. Ichthyological Research. 1998; 45(1):69-77.

Kobelkowsky A. Osteología del lenguado *Citharichthys spilopterus* (Pisces:Pleuronectiformes). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. 2002; 73(1): 53-65.

Kumar M, Joseph G, Kumar S. Fish bone as a foreign body. *J. of Laryng. and Otol.* 2003; 117(1):568-9.

Lauder GV, Naven JCM and Drucker EG, Experimental hydrodynamics and evolution: function of Median fins in ray-finned fishes. *Integr. Comp. Biol.* 2002; 42:1009-1017.

Mesa-Granda M, Botero-Aguirre M. Evaluación Morfométrica de 3 poblaciones de diferentes edades de cachama blanca "*Piaractus brachypomus*". En prensa, 2006.

Mesa-Granda M, Olivera-Angel M, Cerón M, Botero-Aguirre M. Rayos X: Como herramienta para la selección de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), en programas de mejoramiento genético de espina intramuscular. II Congreso Colombiano de acuicultura, Octubre de 2004; 101-102.

Meske Ch. Research into carp management, mechanical properties of C, carpio rib bone: Fish aquaculture: Technology and Experiments. Biomed Mater Res. Mar 15 1985;54(4):547-53.

Moav R, Finkel A y Wohlfarth G. Variability of intermuscular bones, vertebrae, ribs, dorsal fin rays and skeletal disorders in the common carp. Theoretical and Applied Genetics. 1975; 46: 33-43.

Orozco JJ. Estudio de crecimiento y de producción de cachama negra (*Colossoma macropomum*) y la cachama negra (*Colossoma bidens*) a densidades altas en tanques y jaulas flotantes. Informe CERER-U, de Lieje, Bélgica. 1990, 42 p.

Pineda-Santis H, Olivera-Angel M, Urcuqui-Inchima S, Builes-Gómez JJ; Trujillo-Bravo E. Polimorfismo genético en cachama blanca *Piaractus brachypomus* (Characidae, Serrasalminae) mantenida en cautiverio. II Congreso Colombiano de acuicultura, Octubre de 2004; 49-50.

Rojo AL. Diccionario enciclopédico de anatomía de peces. Madrid: Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, 1988, 310 p.

Simes dc, Williamson Mk, Ortiz-Delgado JB, Viegas CSB, Price PA and Cancela ML. Purification of Matriz Gla Protein from a Marine Teleost Fish, *Argyrosomus regius*: Caltilage and Not Bone as the Primary site of MGP accumulation in fish. Journal of bone and mineral research. 2003; 18(2):244-258,.

Tave D. Genetics of quantitative phenotypes. En: Genetic for fish hatchery managers. Avi Publishing company inc. Westpor Connecticut, USA. 1986, p 115-160.

Vásquez-Torres W. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio Octubre de 2004.