

CAPITULO V

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). Además fue aprobada como ponencia en el I Congreso internacional de genética en Peces y XI Simposio Brasileiro en citogenética y genética en peces (Octubre 2006), San Carlos-Brasil.

Desempeño fenotípico del número de espinas intramusculares (EIMT), en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

^{1,2}Martha Mesa-Granda. MV. Esp. ²Mónica Botero-Aguirre. Zoot. Dr.

¹GRUPO GICAUNAD. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

²GRUPO GRICA. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia
Medellín-Colombia, 2006

Resumen

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), aunque es una especie importante para centrar el desarrollo acuícola en Colombia, de ella no se conocen sus características cuantitativas esqueléticas, resultado indispensable para estimar el desempeño genético de algunas características como el número de espinas intramusculares (EIMT) que limitan su consumo. Este estudio pretendió caracterizar adultos de cachama blanca (*P. brachypomus*), para cuantificar el número de EIMT, distribución, variabilidad fenotípica, coeficiente de correlación

con otras variables óseas y variables morfométricas, que permitirán utilizar algunas características externas para selección de parentales con mejor desempeño.

La EIMT se encontró distribuida en la musculatura epiaxial e hipoaxial. Se obtuvo variabilidad fenotípica en el número de EIMT, pudiendo agrupar la población en 3 grupos (bajo, medio y alto número de EIMT): En el grupo “bajo número de EIMT”, tuvo un intervalo de 64-72, con un promedio de 70,37 y un coeficiente de variación de 0,37, lo cual permite pensar en un programa de mejoramiento genético mediante la selección artificial, partiendo del supuesto que es una característica de alta heredabilidad, factor que aún no ha sido estimado, aunque se espera en un futuro ensayo calcularla y hacer seguimiento de ganancia genética por selección divergente.

Las variables de talla, tuvieron alta asociación al número de EIMT; a mayor talla mayor número de EIMT. Estas se requieren para ayudar al sostén de masas musculares tan desarrolladas como son la musculatura epiaxial e hipoaxial. También se encontró que la EIMT no está asociada a los demás factores esqueléticos, por lo tanto podrían disminuirse algunas características óseas por selección artificial, sin correr el riesgo de pérdidas en la talla del animal, factor importantísimo en la producción de canal comercial, y podría entregarse al mercado un producto de mejor calidad, pues presentaría menos espinas que limitan el consumo por parte de la población humana.

Palabras clave: *variabilidad fenotípica, conglomerados de EIMT, variables métricas.*

Introducción

El potencial de la acuicultura para mantener la seguridad alimentaria, generar empleo y divisas en los países en desarrollo, está ampliamente demostrado por la rápida expansión de ésta, la cual ha crecido desde 1984 a una tasa anual del 10%. En Colombia, según estadísticas del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, en 1998 la producción creció hasta 46,000 toneladas métricas (INPA, 1998). Estadísticas de la FAO (año 1999) indican que la producción de alimentos provenientes del medio acuático es cercana a 137 millones de toneladas métricas, de las cuales casi el 31% provienen de actividades de cultivo. Se proyecta que para satisfacer las necesidades de la población humana del 2025, la producción total debería aumentar a 165 millones de toneladas métricas, obligando a incrementar la eficiencia productiva de los cultivos.

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), es considerada como la especie de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva, semiintensiva e intensiva de aguas cálidas continentales de América tropical; altamente resistentes al manejo (cultivo en cautiverio), por su docilidad y rusticidad; presentan alta resistencia a las enfermedades (Hernández, 1994) y fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos de tiempo no prolongados (Díaz y López, 1995). Es originaria de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas y afluentes que corresponden a los países de Colombia, Brasil, Venezuela y Perú (Orozco, 1990; Díaz y López, 1995).

Ya se realizó la caracterización morfométrica de la especie (*Piaractus brachypomus*) (Mesa-Granda y Botero-Agrirre, 2006), pero no se conocen sus características cuantitativas esqueléticas, resultado indispensable para estimar el desempeño genético de algunas características como el número de espinas intramusculares (EIMT) que limitan el consumo por parte de la población humana, que dificulta el fileteado a pesos bajos (300 – 500 g). La cachama es un pez que se sirve entero y la cantidad de carne que ofrece el filete, es limitada por la

configuración ósea de la especie, ya que las EIMT forman una especie de malla, que lo hace difícil de consumir, Si se lleva por encima de los 1000 g o más para mejor manejo de la EIMT, presenta también dificultades, debido a su sabor por la mayor proporción de grasa, que además de significar un mayor costo en la producción por la pérdida en la eficiencia alimenticia, genera un mayor deterioro de la canal y la hace poco apetecible en el mercado que demanda pescado en filete.

En estudios óseos en carpa común (*Cyprinus carpio*) se encontró, un intervalo de EIMT entre 94–105, con un promedio de 99 (Moav *et al.*, 1975); así mismo muchas de estas, se encuentran osificadas y conectadas al tejido por fuera del sistema esquelético (Meske, 1985), insinuando que es una característica propia de la familia, que cumple una función de sostén, aspecto que hace indispensable su aclaración mediante la caracterización de la especie.

Las EIMT son osificaciones membranosas (Bird *et al.*, 2003) que están ligados a los arcos hemales o apófisis de las vértebras, son únicas en los teleósteos (Patterson y Jonson, 1995; Gemballa y Britz, 1998). Pertenecen al esqueleto axial, el cual está compuesto por el cráneo, esqueleto faríngeo, la columna vertebral, huesos paracordales, costillas y huesos intermusculares (EIMT) (Rojo, 1988); además son derivadas del mesodermo (Gilbert, 2003).

Con este estudio se pretendió caracterizar adultos de cachama blanca (*P. brachypomus*), para cuantificar el número EIMT, distribución, variabilidad fenotípica, coeficiente de correlación con otras variables óseas y variables morfométricas, para así tener parámetros de selección mediante características externas. Adicionalmente conformar grupos fenotípicos de acuerdo al número EIMT que presenten. Estos resultados contribuirán al estudio fenotípico que permitirá posteriormente tomar decisiones alrededor de un programa de mejoramiento genético de disminución de EIMT.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 150 reproductores (entre machos y hembras) de la estación piscícola de San José del Nus (Municipio de San Roque) del departamento de Regionalización de la Universidad de Antioquia, la cual está ubicada a una altitud de 830 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 23° C y una precipitación de 2.200 mm anuales, ubicada en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y 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 la radiografía fue estandarizada con una prueba en donde se compararon resultados radiográficos de las variables óseas con resultados de disección (Mesa-Granda *et al.*, 2004). Igualmente a cada uno de los animales se les realizó morfometría con el protocolo Pineda *et al.*, 2002), para ser correlacionada con la variable EIMT. Las variables fueron medidas con un ictiómetro convencional.

En la variable EIMT se hizo un análisis estadístico descriptivo (media, desviación estándar, mediana, moda, mínimo, máximo, coeficiente de variabilidad); para buscar correlación entre variables óseas y morfométricas se aplicó el procedimiento de correlación de Spearman pues los datos no presentaron distribución normal. Igualmente se quiso tener el resultado por el método de correlación de Pearson, haciendo transformación logarítmica a los datos.

Se definieron 3 conglomerados de acuerdo a unos intervalos de confianza (“alto = 82-88 EIMT”, “medio = 73-81 EIMT” y “bajo = 64-72 EIMT”), en los cuales se

realizaron análisis de regresión multivariada con GLM, con el programa SAS v.9.11, teniendo como base los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales para las variables morfométricas y óseas merísticas (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006). Para la regresión múltiple se utilizaron los factores definidos por componentes principales, así:

Talla: compuesto por Peso (P), Longitud total (LT), Longitud estándar (LE), Ancho del cuerpo (ACPO), Longitud predorsal (LP), Longitud preanal (LPAN) (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006a).

Maniobrabilidad y desplazamiento: Compuesto por Variables de cabeza: Longitud de la cabeza (LC), Altura de la cabeza (AC), Altura del opérculo (AO) y por variables de aletas: Longitud base de la aleta dorsal (LBAD), Longitud aleta caudal (LAC), Longitud base aleta anal (LBAAN) (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006a).

Sostén longitudinal: compuesto por número de vértebras (VERT), número de apófisis hemales dorsales (APOD), número de apófisis hemales ventrales (APOV) (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006b).

Sostén transversal: Compuesto por número de radios de aleta anal (RAA), número de pares de costillas (CD) y número de espina intramuscular (EIMT) (Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2006b).

Con base en los procedimientos anteriores, pudo determinarse la variabilidad fenotípica en el grupo de parentales para la característica EIMT y la correlación de esta con las demás características morfométricas y óseas, para así poder establecer diferentes grupos poblacionales.

Resultados y discusión

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), presenta una musculatura epiaxial e hipoaxial bastante desarrollada (Figura 1C), en la cual se encontró incrustada la espina intramuscular (Figura 1B), que presenta una forma de “Y” con una extensión lateral de mayor longitud que la extensión media (Figura 1A), las cuales van adheridas mediante un tejido cartilaginoso a las Apófisis Neurales y Hemales de la columna vertebral. La EIMT en la musculatura epiaxial se distribuye desde la región dorso-craneal hasta la región dorso-caudal. Igualmente en la musculatura hipoaxial se distribuye desde la región abdominal hasta la región ventro-caudal (Figura 1 D).

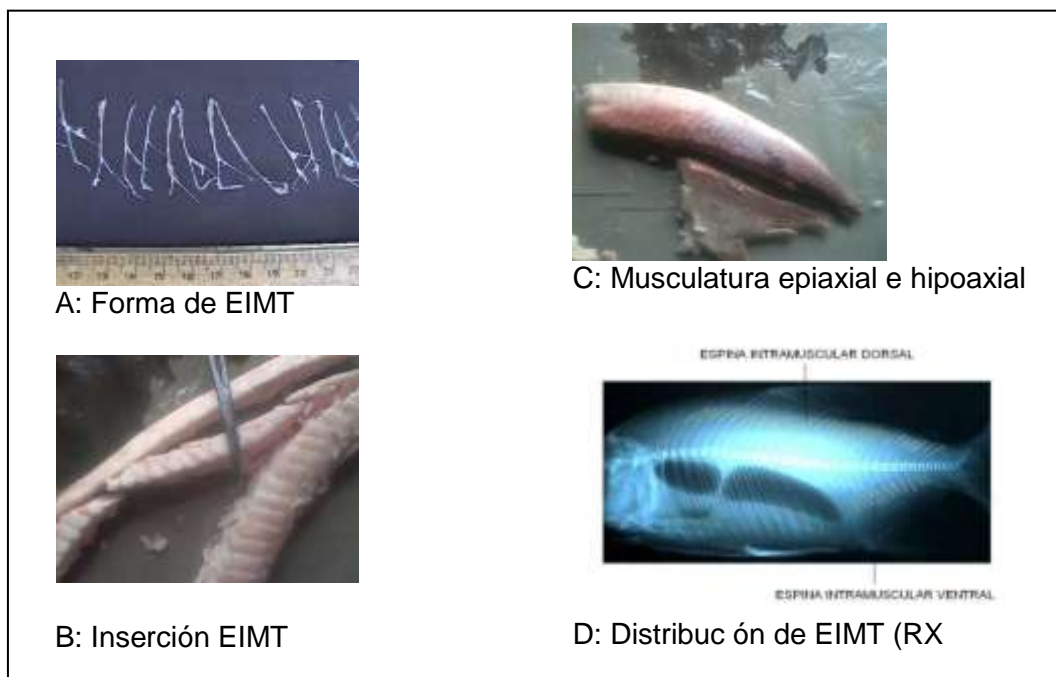


Figura 1. Distribución de EIMT en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Por la técnica de Rx se determinó un total de EIMT de $78,67 \pm 4,97$, con una moda de 78, teniendo mayor variabilidad en machos ($CV=6,62$). Un 71% de estas se encontraron distribuidas en la musculatura epiaxial y un 29% en la musculatura hipoaxial. Igualmente se encontró que existen en la población, animales con número EIMT entre 64 y 88, diferente a lo reportado en animales comerciales de un año en los cuales se halló un intervalo entre 68 y 80 EIMT (Mesa-Granda *et al.*, 2004).

Tabla 1. EIMT en reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

	Media	Mediana	Moda	Chef, Var,	Mínimo	Máximo	No, Individuos
*EIMDD	$27,88 \pm 1,72$	28	27	6,21	24	32	Total población (124)
*EIMVD	$11,46 \pm 1,04$	12	11	9,10	8	14	
EIMT	$78,67 \pm 4,98$	78	78	6,34	64	88	Total población (124)
	$78,72 \pm 3,49$	78	72	4,43	72	86	Hembra (11)
	$78,33 \pm 5,19$	78	76	6,62	70	86	Macho (18)

*Valores de plano de toma de la radiografía (Derecho). Equivalen a la mitad de los datos.

EIMDD: espina intramuscular dorsal derecha; EIMVD: espina intramuscular ventral derecha; EIMT: espina intramuscular total.

Aunque los animales pertenecen a la misma granja acuícola, existe mayor número de EIMT en adultos, al igual que su rango es mayor, lo que induce a pensar que los animales comerciales pudieron ser descendientes de parentales con bajo número de EIMT, obteniéndose una ganancia genética en el grupo de jóvenes (Cardelino, 1987), lo que hace disminuir el rango de presentación de los datos. Para determinar la ganancia genética es necesario estimar el coeficiente de heredabilidad y la intensidad de la selección, teniendo presente que si en la población se da variabilidad fenotípica y se tiene un coeficiente de heredabilidad alto se puede esperar mejorar la expresión de una característica (Falconer, 1996), que para este caso sería la disminución de la EIMT en cachama blanca (*P. brachypomus*).

Como puede observarse (Tabla 2) en el factor que se definió como talla (Gráfico 1B), solamente fue altamente significativa la asociación entre EIMT-LT y EIMT-LE ($r=0,307$ y $0,304$ respectivamente); el coeficiente para EIMT-PESO (Gráfico 1A) fue bajo. EIMT-LP (Gráfico 1D), EIMT-LPAN (Gráfico 1E) y EIMT-LPC (Gráfico 1F) la asociación fue significativa, pero el coeficiente de correlación fue mucho menor que para las variables anteriores ($r=0,207$; $0,280$; $0,223$ y $0,280$ respectivamente); la relación EIMT-ACPO no presentó asociación significativa (Figura 1C).

Tabla 2. Correlación de EIMT con otras variables óseas y morfométricas de reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Coeficiente de Correlación Spearman EIMT		
TALLA	Peso	0,207*
	LT	0,307**
	LE	0,304**
	ACPO	0,202
	LP	0,280*
	LPAN	0,223*
	LPC	0,280*
MANIOBRABILIDAD Y DESPLAZAMIENTO	AC	-,090
	AO	0,199
	LC	0,189
	LBAD	0,151
	LBAAN	0,296*
	LAC	0,115
SOSTEN LONGITUDINAL	VERT	0,149
	APOD	0,231*
	APOV	0,050
SOSTEN TRANSVERSAL	RAA	-0,030
	CD	0,138

*Significativo; ** Altamente significativo, valorado por método Spearman

Nota: se transformaron los datos con Log (y) y se les aplicó correlación de Pearson sin presentar cambios en los valores de las correlaciones.

Aunque la asociación fue baja como lo demuestra la Gráfica 1, aun así podría presumirse que la EIMT tiene una función en aquellos animales de talla grande, pero no se podría elegir alguna de estas variables como carácter correlacionado (Cardelino, 1987), que permitan seleccionar indirectamente aquellos animales que presenten bajo número de EIMT, ya que es una característica difícil y costosa de

medir, pues debe hacerse por medio de la radiografía estandarizada para la especie (Mesa-Granda *et al.*, 2004).

En el Gráfico 1 puede observarse que existe una asociación directa entre las características de talla, pudiendo concluir que animales adultos de talla grande, tendrán mayor cantidad de EIMT, lo cual puede estar determinado por su LE y su peso.

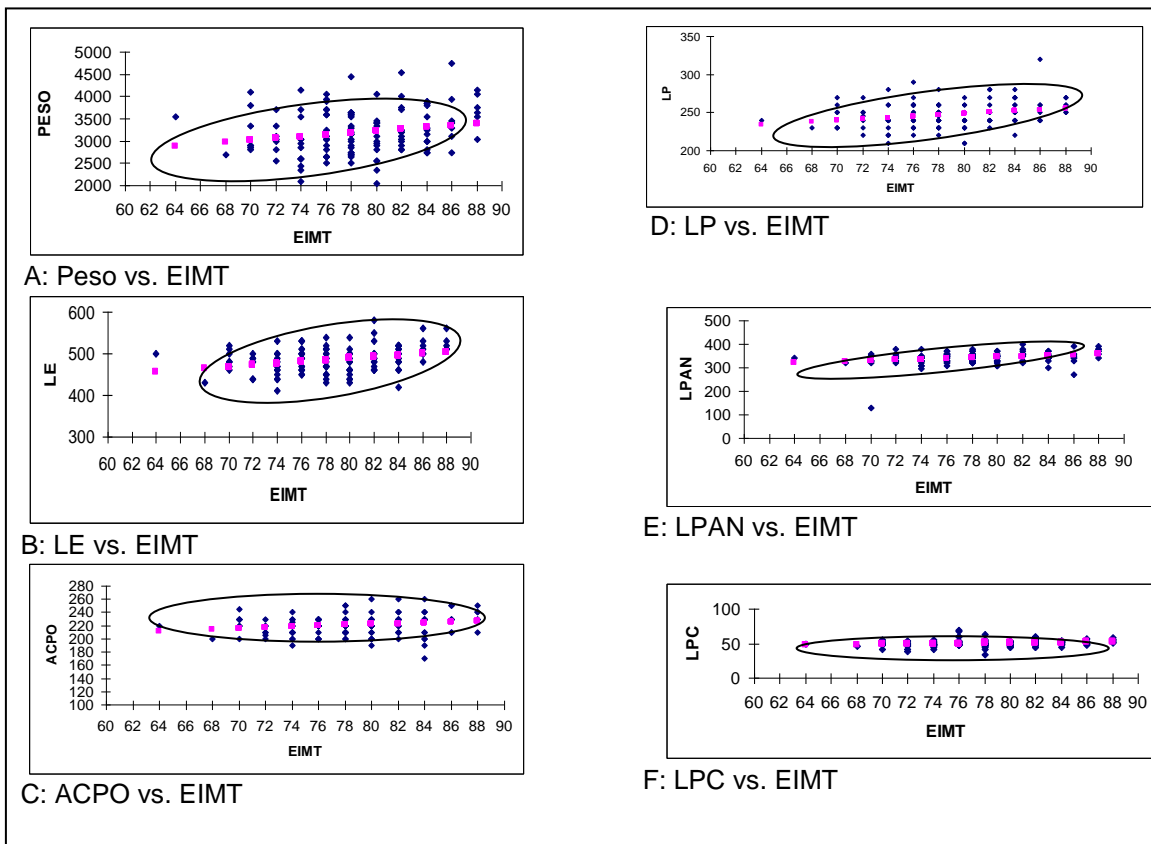


Gráfico 1. Correlación de EIMT con factor de talla en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

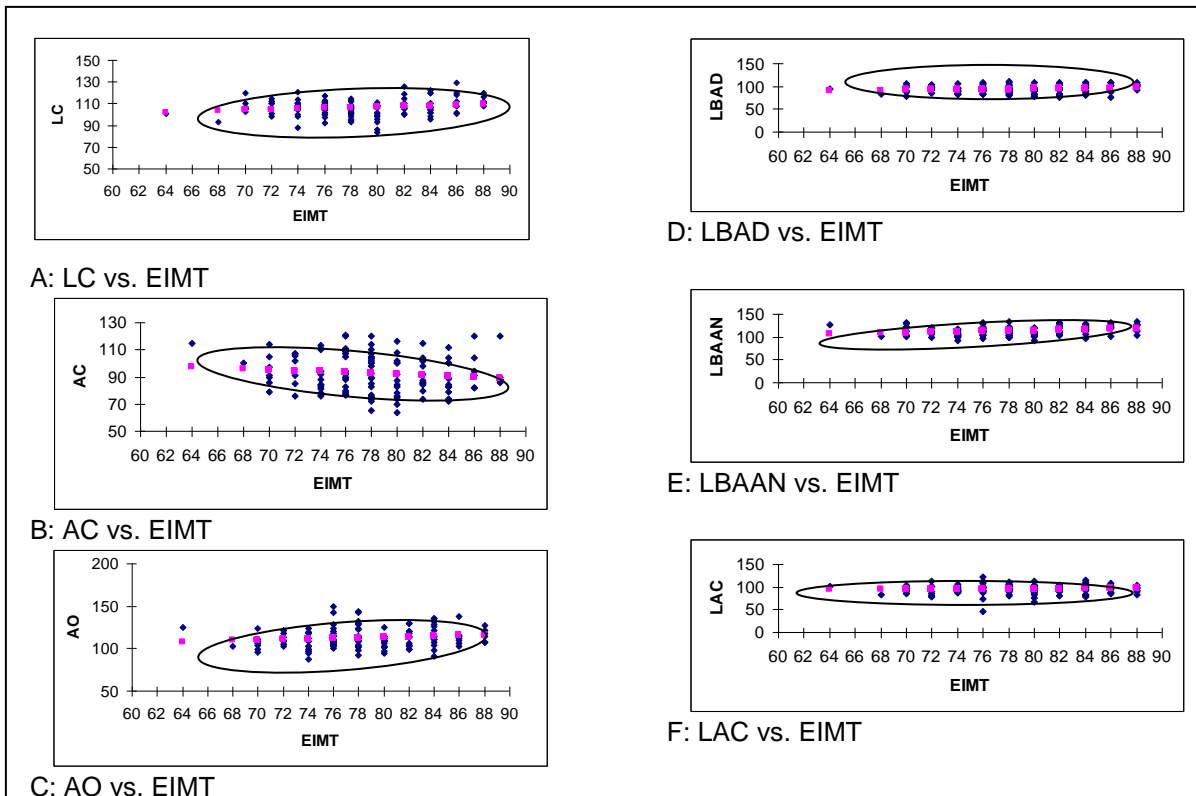


Gráfico 2. Correlación de EIMT con factor de maniobrabilidad y desplazamiento en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

El factor definido como maniobrabilidad mostró que la EIMT solo tuvo asociación significativa con LBAAN, aunque su coeficiente fue bajo ($r=0,296$); sugiriendo que la EIMT participa en la fuerza de locomoción, nado regular y maniobrabilidad propias de las aletas anal, dorsal y caudal (Alexander, 1967; Gray, 1968; Gosline, 1971). Aunque en este estudio no se haya encontrado asociación significativa con LBAD (Gráfico 2D) y LAC (Gráfico 2F), está demostrado en otros estudios que las fuerzas que involucran la propulsión tienen relación con subir y bajar en la columna de agua (Lauder *et al.*, 2002).

El pez para subir requiere de una fuerza perpendicular a la dirección de movimiento y para hundirse requiere de una fuerza lineal, involucrando

movimientos ondulatorios generados por el cuerpo y la cola (Lauder *et al.*, 2002), o sea utiliza su sistema esquelético y muscular y movimientos oscilatorios generados por aletas, principalmente por la aleta caudal.

La cachama blanca (*P. brachypomus*), es una especie que utiliza la columna media y profunda de agua para alimentarse (Torres, 1989), que la obliga a desarrollar movimientos ondulatorios y de oscilación para controlar las fuerzas hidrodinámicas de la propulsión para hundirse, por lo tanto requiere de un gran desarrollo óseo y muscular. La musculatura epiaxial e hipoaxial es la más desarrollada y es en donde se localiza la EIMT, lo cual sugiere que estos músculos son los encargados de dar movimiento a la columna vertebral, que está involucrada en la generación de movimientos ondulatorios necesarios para hundirse; por lo tanto la EIMT podría servir como sistema apendicular óseo para los movimientos ondulatorios.

En este mismo factor de maniobrabilidad y desplazamiento se encontró que no hubo asociación significativa entre EIMT-AC y se estimó un coeficiente de correlación muy bajo (Tabla 2); pero en el Gráfico 2B, se puede ver una distribución de datos que muestran una relación inversa entre estas dos variables, sugiriendo que animales con cabezas altas tendrán bajo número de EIMT.

Debe hacerse un seguimiento más detallado, en poblaciones más grandes y en otros hábitats para poder dilucidar si animales con cabezas altas presentarían menor número de EIMT. Si esta asociación resulta verdadera, se tendría dificultades en el mejoramiento de la característica espina intramuscular, porque se seleccionarían parentales con cabezas desarrolladas, lo cual sería un aspecto negativo para el rendimiento en canal del pez.

En el factor sostén longitudinal, la EIMT solo tuvo relación significativa con APOD (Gráfico 3B), teniendo un bajo coeficiente de correlación ($r=0,296$); pero su

asociación fue directa. Como puede observarse en las demás variables las asociaciones aunque no son significativas presentaron una relación igualmente directa (Gráfica 1A y 1C).

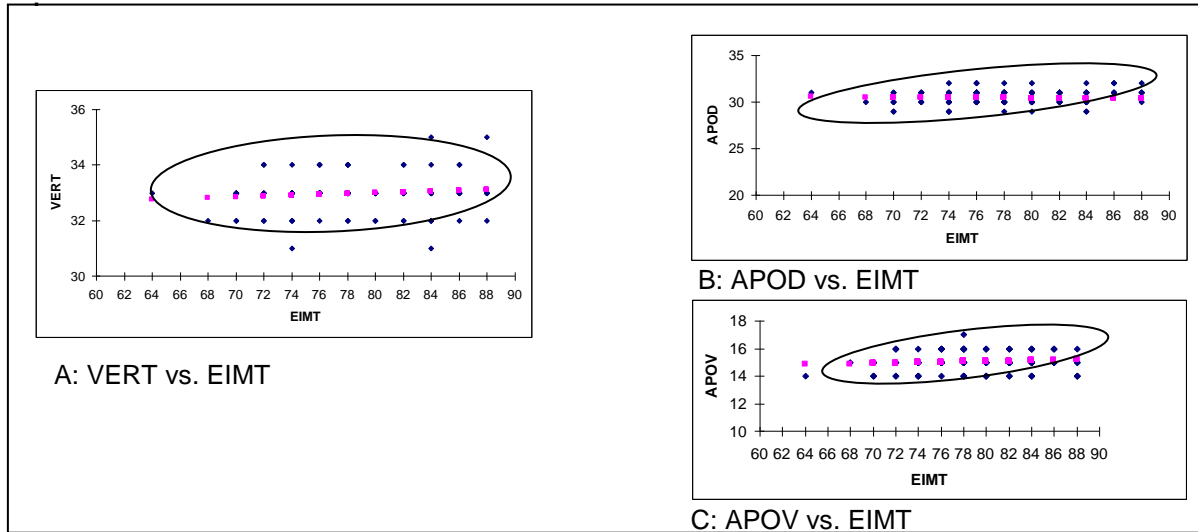


Gráfico 3. Correlación de EIMT con factor sostén longitudinal en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Aunque no presentan relaciones muy altas, se sabe que la apófisis neurales y hemales son prolongaciones de las vértebras (Bird *et al.*, 2003), y en el Gráfico 3B y 3C se visualiza la relación directa entre APOD con EIMT y de APOV con EIMT, sugiriendo importancia de la EIMT en el sostén longitudinal, ya que es la zona en la cual se encuentra la mayor masa muscular.

El factor de sostén transversal (Tabla 2), fue el que menor correlación presentó ($r=0,13$) no existiendo asociación significativa. En el gráfico 4 se puede observar la tendencia de los datos, resaltando la relación inversa que existe entre RAA y EIMT.

Igual que en la característica de AC, se recomienda que se haga un seguimiento más detallado de estas características en otras poblaciones de cachama, para determinar su verdadera asociación inversa entre RAA y EIMT, pues podría convertirse en una característica indirecta de selección para elegir aquellos animales que tengan bajo número de EIMT mediante la selección de individuos con alto número de RAA, cuantificados por Rx.

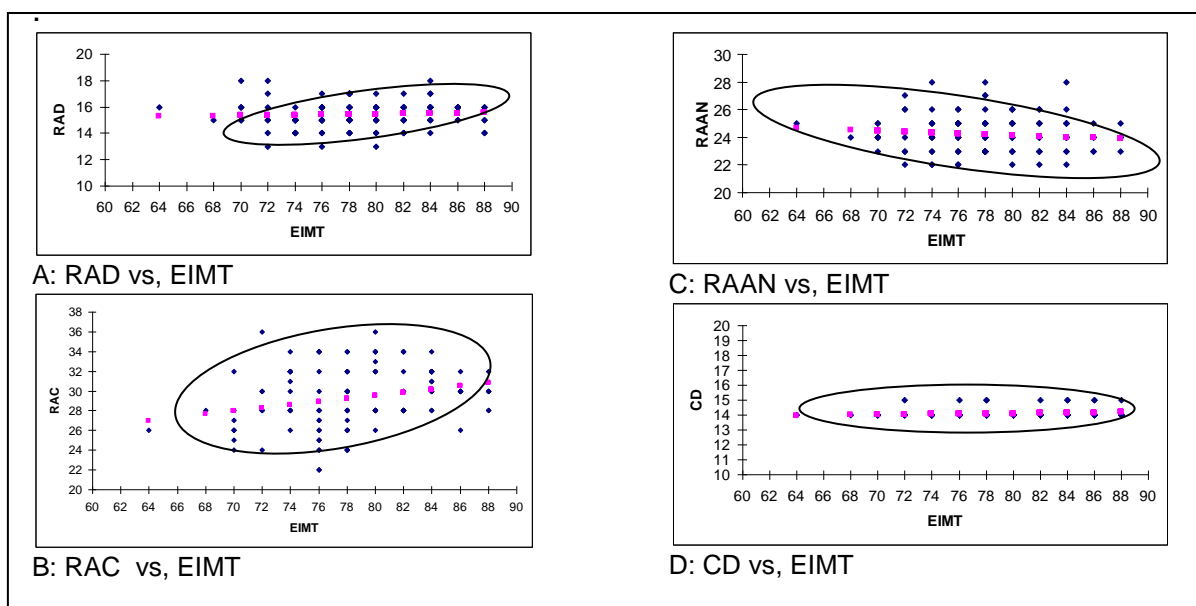


Gráfico 4. Correlación de EIMT con factor sostén transversal en cachama blanca (*Piaractus brachyomus*)

La aleta anal cumple funciones en el nado ondulatorio medio (Rojo, 1987), por lo tanto individuos con bajo número de EIMT tendrían alto número de RAA, lo que evitaría arriesgar el desempeño del animal en el estanque en la búsqueda de su alimento en la columna media de agua. Aunque los métodos de producción en cautiverio aseguran el desarrollo de los individuos, de todas maneras existen competencia por el alimento, lo cual exige que en el momento de tomar la decisión de seleccionar animales para mejoramiento genético de una característica se tenga particular cuidado en aquellas características que pueden tener una relación negativa con la característica de interés.

Aunque la asociación entre las variables de cada uno de los factores fue débil, se definieron 3 grupos poblacionales de acuerdo al número de EIMT así: animales con 64-72 (13,11%) como conglomerado con “bajo número de EIMT”; animales con 73-80 (54,06%) como conglomerado con “medio número de EIMT”; y animales con 81-88 (32,79%) como conglomerado con “alto número de EIMT”; encontrándose que la mayor frecuencia se distribuyó en el conglomerado “medio número de EIM” (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución de EIMT en reproductores de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Conglomerados	EIMT	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado/grupo
GRUPO 1:BAJO	64-66	2	1,63	13,11%
	67-68	1	0,82	
	69-70	7	5,73	
	71-72	6	4,93	
GRUPO 2:MEDIO	73-74	13	10,65	54,06%
	75-76	17	13,93	
	77-78	21	17,21	
	79-80	15	12,30	
GRUPO 3:ALTO	81-82	13	10,65	32,79%
	83-84	14	11,48	
	85-86	7	5,73	
	87-88	6	4,93	
TOTAL		122	100,00	100,00%

Se determinó el número de EIMT por Rx, de las cuales se desecharon el 19% (28) de radiografías por calidad de imagen deficiente.

Solo un 13,11% de los parentales de la Estación Piscícola presentaron bajo número de EIMT, los cuales podrían ser potenciales para un programa de mejoramiento genético de disminución de EIMT, siempre y cuando la característica presente un coeficiente de heredabilidad alto. Con un grupo poblacional tan pequeño, si se aplica selección, se tendría una intensidad de selección muy alta, que podría verse traducido en pérdida de variabilidad genética (Falconer *et al.*, 1996). Debe tenerse particular cuidado en las características correlacionadas en estos individuos, al igual que estimar el coeficiente de

heredabilidad para la característica (h^2) para finalmente poder sugerir el modelo más adecuado de programa de mejoramiento genético de disminución de EIMT.

En estos 3 grupos se realizó análisis de de regresión múltiple por medio de GLM para determinar la tendencia de la EIMT de acuerdo a las variables definidas anteriormente como Factores de talla (Gráfico 1), de maniobrabilidad y desplazamiento (Gráfico 2), de sostén longitudinal (Gráfico 3) y de sostén transversal (Gráfico 4).

Como puede observarse en la Tabla 4, el factor talla presentó una alta confiabilidad en el grupo de individuos con “bajo”, “medio” y “alto” número de EIMT ($R^2 > 97\%$, $p < 0,0001$); sin embargo para los otros factores de maniobrabilidad y desplazamiento, de sostén longitudinal y de sostén transversal se encontró baja confiabilidad y el modelo no estuvo explicado por las variables seleccionadas, pues el R^2 fue muy bajo, además las correlaciones de estas variables no presentaron asociaciones fuertes (Tabla 2), ni tendencias definidas (Gráfico 2, 3 y 4).

Por lo tanto se puede concluir que las variables que están asociadas a talla, están altamente asociadas al número de EIMT; a mayor talla mayor número de EIMT. Estas se requieren para ayudar al sostén de masas musculares tan desarrolladas como la musculatura epiaxial e hipoaxial en las cuales están distribuidas esta característica ósea (Mesa-Granda *et al.*, 2004), que juega un papel importante en el nado, especialmente en las migraciones de las poblaciones en invierno, pues es una especie que remonta ríos caudalosos como los propios de su hábitat (Orinoco y Amazonas), en épocas de reproducción en la búsqueda de un espacio propicio para su desove (Espejo, 1984).

Tabla 4. Anisis de factores asociados a la morfología y factores asociados al sistema óseo, en reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), pertenecientes a la estación piscícola de San José del Nus (Regionalización –Universidad de Antioquia).

Variable	Factor	“Bajo” número de espinas intramusculares (64-72 EIMT)				“Medio” número de espinas intramusculares (73-81 EIMT)				“Alto” número de espinas intramusculares (82-88) EIMT)			
		Media	R2	Pr > F	Pr > F	Media	R2	Pr > F	Pr > F	Media	R2	Pr > F	Pr > F
Peso	Talla	70,37	0,99	<,0001	0,0026	77,6	0,967	<,0001	0,4300	84,3	0,989	<,0001	<,0001
LE					0,0416				0,7200				<,0001
ACPO					0,0700				<,0001				0,2974
LBAD					0,0002				0,8067				<,0001
LBAAN					<,0001				0,8011				0,0369
APC					0,0003				0,0063				0,0011
LAC					0,0665				0,9110				<,0001
LP					0,0036				0,7825				0,0015
LPAN					0,0047				<,0001				<,0001
AO					Maniobrabilidad y desplazamiento				0,30				0,21
LC	0,0731	0,0200	0,2410										
AC	0,4556	0,3495	0,8233										
LBAD	0,4810	0,8516	0,1142										
LBAAN	0,0717	0,9399	0,2600										
LAC	0,8202	0,9379	0,1384										
VERT	Sostén longitudinal	C,V 0,37	0,16	0,5695	0,5831	CV 0,52	0,009	0,8962	0,5074	C,V 0,30	0,063	0,4955	0,5667
APOD					0,8613				0,7042				0,4768
APOV					0,2117				0,9247				0,2232
RAD	Sostén transversal	0,067	0,9814	0,7572	0,0524	0,6977	0,2076	0,028	0,9464	0,8901			
RAC				0,6579			0,9729			0,9711			
RAA				0,9962			0,7839			0,7098			
CD				0,8609			0,4858			0,4615			

La producción de la especie en cautiverio no requiere de estas migraciones, pues se tienen desarrollados protocolos de reproducción artificial y que permite tener un individuo con un esqueleto menos desarrollado (especialmente EIMT) e igual desempeño productivo. Además si la EIMT no está asociada a los demás factores esqueléticos, podrían disminuirse algunos parámetros óseos por selección artificial, sin correr el riesgo de pérdidas en la talla del animal, factor importantísimo en la producción de canal comercial, y podría entregarse al mercado un producto de mejor calidad.

Existe una amplia variabilidad en el número de EIMT para el total de la población, como puede observarse el conglomerado “bajo número de EIMT”, el cual tuvo un intervalo de 64-72 EIMT, presentó un promedio de 70,37 y un coeficiente de variación de 0,37; mientras que el conglomerado “alto número de EIMT” presentó un intervalo de 82-88 EIMT, con un promedio de 84,3 y un coeficiente de variabilidad de 0,30, lo cual permite pensar en un programa de mejoramiento genético mediante la selección artificial, partiendo del supuesto que es una característica de alta heredabilidad, factor que aún no ha sido valorado, aunque se espera en un futuro ensayo estimarla y hacer seguimiento de ganancia genética por selección divergente. Un parámetro indirecto de selección (Cardelino, 1987; Falconer *et al.*, 1996) sería elegir individuos de tallas pequeñas para convertirse en los reproductores de un programa de mejoramiento genético en disminución de EIMT, que de acuerdo a los resultados de este estudio fueron los que presentaron menor número EIMT.

Conclusiones y recomendaciones

La población de reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), de la estación piscícola de San José del Nus, estuvo caracterizada en mayor proporción por animales con medio número de EIMT

Las variables asociadas a talla, tuvieron una correlación baja y altamente significativa con el número de EIMT; a mayor talla mayor número de EIMT; igualmente por regresión lineal se confirmó la asociación directa entre estas con talla (peso, LE, ACPO, LBAD, LBAAN, APC, LP, LPAN), que se requieren para ayudar al sostén de masas musculares tan desarrolladas como son la musculatura epiaxial e hipoaxial en la cual está distribuida estas características óseas.

La EIMT no está asociada a los factores esqueléticos de maniobrabilidad y desplazamiento, por lo tanto podrían disminuirse algunas características óseas por selección artificial, sin correr el riesgo de pérdidas en la talla del animal, factor importantísimo en la producción de canal comercial, y podría entregarse al mercado un producto de mejor calidad, pues presentaría menos espinas que limitan el consumo por parte de la población humana.

En la población de reproductores de la Estación piscícola de San José del Nus de la Universidad de Antioquia, existe una amplia variabilidad fenotípica del número de EIMT, lo cual permitirá pensar en un programa de mejoramiento genético de disminución de esta mediante la selección artificial.

Debe tenerse particular cuidado en las características correlacionadas en estos individuos, al igual que estimar el coeficiente de heredabilidad para la característica (h^2) para finalmente poder sugerir el modelo más adecuado de programa genético.

Debe hacerse un seguimiento más detallado, en poblaciones más grandes y en otros hábitats para poder dilucidar si animales con cabezas altas presentarían menor número de EIMT. Si esta asociación resulta verdadera, se tendrían dificultades en el mejoramiento de la característica espina intramuscular, porque se seleccionarían parentales con cabezas desarrolladas, lo cual sería un aspecto negativo para el rendimiento en canal del pez.

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. Jairo Rivera Posada Médico Veterinario – Radiólogo Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia. 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

Although the cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) is an important specie to focus on the aquatic development in Colombia, its quantitative skeletal characteristics are unknown, this result is essential to considerer the genetic performance of some characteristics such as the number of intramuscular bones (IMB) which cut down its intake. This study intends to characterize on adults of the cachama to quantify the number IMB, distribution, phenotype variability, and coefficient correlation with other osseous and morphometrical variables to have parameters of artificial selection trough external characteristics.

It was found that the IMB was distributed in the Epiaxial and Hipoaxial musculature. There is a variability in the number of de IMB to the total of the population “low cluster number of IMB” has a interval of 64-72 IMB and it presents an average of 70,37 and coefficient correlation of 0,37, which allows thinking on a genetic improvement program through an artificial selection, starting with the supposition that it is a high heritage characteristic; this factor has not been taken into account although with a future essay it could be calculated monitoring its genetic profit by divergent selection. The variables which are related to the size were high associated to the number of IMB; the highest size the biggest number of

IMB. These are necessary to help the support of highly developed muscular masses such as the Epiaxial and Hipoaxial musculature. Besides the IMB is not related to the other skeletal factors, so some osseous parameters could be reduced by artificial selection without a risking losing of the size of the animal, this is a very important factor for the production of commercial tract and it could be sent a better product with high quality to the market because it would have less bones which cut sown its consumption by human beings.

Key words: *cluster of IMB, meristical variables, phenotypic variability, skeletal factors.*

Referencias

Alexander R. Functional desng in fish, Hutchinson, London, 1967.

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

Cardelino R, y Rovira, j. Mejoramiento genético animal. Montevideo: Hemisferio Sur, 1987, p 65-91.

Díaz FJ y López RA. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*): Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional del Pesca y Acuicultura (INPA). Rodríguez, Polo y Salazar Eds. Santafé de Bogotá, 1995. p. 207 – 221.

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

Falconer y Mackay. Introduction to Quantitative Genetics. Fourth Edition. Longman Group Ltd. Edinburgh Gate. England; 1996. 464 p.

FAO, 1998. (<http://www.ucm.es/info/genetvet/servicios-genetica.htm>), Octubre 2003.

Gemballa S, Britz R. Homology of intermuscular bones in Acanthomorph fishes. Am Mus Novit 1998; 3241:1-25.

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

Gray J. Animal locomotion. Weidenfeld and Nicolson. London, 1968.

Gosline WA. Functional morphology and classification of the teleostean fish. Univ. of Hawaii Press, Honolulu, 1971.

Hernández A. Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura. Acuicultura y Desarrollo Sostenible. Santafé de Bogotá, octubre 25 – 28. 1994, p. 9 – 23.

INPA. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Serie fundamentos N° 3. 1998. 342 p.

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, Olivera-Angel M, Cerón M, Botero-Aguirre M. Rayos X: Como herramienta para la selección de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*), en

programas de mejoramiento genético de espina intramuscular. II Congreso Colombiano de acuicultura. Octubre de 2004; 101-102.

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

Mesa-Granda M, Botero-Aguirre M. Caracterización del esqueleto axial de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), mantenida en cautiverio en condiciones de producción. En prensa, 2006b.

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.

Patterson C, Jonson GD. The intermuscular bones and ligaments of teleostean fishes. Smithsonian Contrib Zool 559:1-84, 1995.

Pineda-Santis H, Restrepo LF, Olivera-Angel M. Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818)

mantenidos en estanque. Artículo publicado en la Revista AquaTIC nº 17, octubre 2002.

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

Torres E. levante superintensivo de poslarvas de *Macrobachium rosenbergii* y engorde en policultivo con cachama blanca *Piaractus brachypomus* y Mojarra plateada *Oreochromis niloticus*. III Reunión Red Nacional de Acuicultura. Editores: Iván Rey C y Rocío Puente S, Cali, Nov 1989. p 201-214.