

CAPITULO III

Este artículo será sometido a evaluación para publicación en la Revista Livestock for Rural Development; aún no se ha organizado con los parámetros de publicación de esta. 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.

Evaluación Morfométrica de 3 poblaciones de diferentes edades de 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, Medellín.

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

Resumen

Piaractus brachypomus, es una especie íctica recomendada por el Programa de Cadenas productivas de Colombia, para producciones intensivas, semiintensivas y extensivas, siendo de alto interés en el desarrollo acuícola. De esta especie aun no se tiene un conocimiento sobre su morfología externa, aspecto que permitiría

identificar características discriminantes para ser utilizadas como parámetros de elección de especímenes con los mejores desempeños productivos.

Con este propósito se analizaron 27 características morfométricas en 3 poblaciones de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), de diferentes edades (reproductores, comerciales, juveniles), pertenecientes a la Estación Piscícola de San José del Nus de la Universidad de Antioquia. Se realizaron análisis de componentes principales, de cluster y análisis de regresión lineal, para determinar las características morfométricas relacionadas entre sí, como también definir los elementos que se asocian fuertemente, que puedan constituirse parámetros discriminantes; encontrándose que características como Longitud Estándar (LE), Longitud de la cabeza (LC) y Longitud de la base de aleta anal (LBAAN), son características que pueden ser utilizadas para comparar el desempeño productivo de individuos en crecimiento, pues presentan buenos parámetros discriminatorios con relación a la talla del individuo.

Se hace necesario realizar experimentos de estimación de heredabilidad de estas características, así como estudios moleculares que permitan correlacionar la expresión fenotípica de estas, con su estructura molecular y así definir el programa de mejoramiento genético más adecuado de características de interés comercial en cachama blanca.

Palabras clave: *morfometría en peces, parámetros discriminantes de talla, fenotipo peces.*

Introducción

Entre la política agropecuaria colombiana y en el marco del programa de cadenas productivas –Proagro- se ha definido que la piscicultura se debe enfocar en tres especies económicamente promisorias, entre las cuales la cachama blanca

(*Piaractus brachypomus*), ha sido considerada una buena alternativa para ser utilizada en programa de seguridad alimentaria (Minagricultura, 2005).

Piaractus brachypomus, es una de las especies recomendables a ser explotada con estos fines; hace parte de los peces nativos de las regiones de la Amazonia y la Orinoquia de Sur América (Díaz y López, 1995; Orozco, 1990); pertenece a la Familia Characidae, de la Subfamilia Serrasalminae (Fishbase, 2006), la cual junto con la cachama negra (*Colossoma macroporum*) comparten igual número de cromosomas ($2n=54$) (García, 2000).

Es una especie de gran rusticidad, adaptable a condiciones limnológicas desfavorables (Hernández, 1994); presenta buenos parámetros productivos y buena palatabilidad. Aunque se han desarrollado investigaciones alrededor de sus parámetros productivos (Vásquez-Torres, 2004), aun no se tiene un conocimiento sobre su morfología externa, aspecto que permitiría identificar características discriminantes propias de grupos de individuos con desempeños productivos óptimos, generando información sobre caracteres a ser utilizados como parámetros de comparación en las poblaciones.

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 (Pineda *et al.*, 2002). 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 (Robinson y Wilson, 1996; Calvalcanti *et al.*, 1999), al igual que permite definir la relación entre caracteres externos y relaciones filogenéticas mediante el empleo de marcadores moleculares (Craig *et al.*, 2003; González-Díaz *et al.*, 2005, Trapani, 2003)) y la utilización de la estadística multivariada.

Para la comprensión de las ciencias biológicas se ha utilizado el análisis multivariado como herramienta que facilita la interpretación de las relaciones entre características, ya que las variables se consideran en forma simultánea y se analizan los efectos de las variables correlacionadas (Jonson, 1998); este permite una buena evaluación de las diferencias de forma en peces (Rohlf y Marcus, 1993, Rolf *et al.*, 1996).

Con este estudio se pretende determinar en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), cuales características morfométricas se relacionan entre sí y definir los elementos que se asocian fuertemente, que puedan constituir los componentes de un factor morfométrico determinado, y así contribuir al conocimiento taxonómico y fenotípico de la especie; aspectos importantísimos para continuar con estudios de desempeños productivos, reproductivos, de parámetros genéticos y conformación de su genoma, que permitan implementar mejoramiento tradicional y/o biotecnológico.

Materiales y Métodos

Se evaluaron 27 características morfométricas en 3 poblaciones de cachama blanca *Piaractus brachypomus* de diferentes etapas productivas, compuestas por machos y hembras indiscriminadamente (150 reproductores de 11 años, 33 comerciales de 12 meses y 203 juveniles de 5 meses), mantenidas en un mismo estanque y con edad similar, en las instalaciones de la Estación piscícola de San José del Nus (Municipio de San Roque), 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 muy húmedo PreMontano (bmh-PM) (Holdridge, 1996) y condiciones limnológicas aptas para el cultivo de peces.

Las características evaluadas fueron (ver figura 1): PESO, Longitud total (LT), Longitud estandar (LE), Ancho del cuerpo (ACPO), Longitud de la cabeza (LC), Altura de la cabeza (AC), Altura del opérculo (AO), Longitud predorsal (LP), Altura de la aleta dorsal (AAD), Longitud base de la aleta dorsal (LBAD), Distancia de la aleta dorsal-aleta adiposa (DADAAD), Altura aleta adiposa (AAAD), Longitud base aleta adiposa (LBAAD), Distancia aleta adiposa-aleta caudal (DAADAC), Longitud aleta caudal (LAC) Longitud pedúnculo caudal (LPC), Ancho pedúnculo caudal (APC), Distancia aleta caudal-aleta anal (DACAAN), Altura aleta anal (AAAN), Longitud base aleta anal (LBAAN), Distancia aleta anal-aleta pélvica (DAANAP), Altura aleta pélvica (AAP), Longitud base aleta pélvica (LBAP), Distancia aleta pélvica-aleta pectoral (DAPAPE), altura aleta pectoral (AAPE), Longitud base aleta pectoral (LBAPE), Longitud preanal (LPAN).

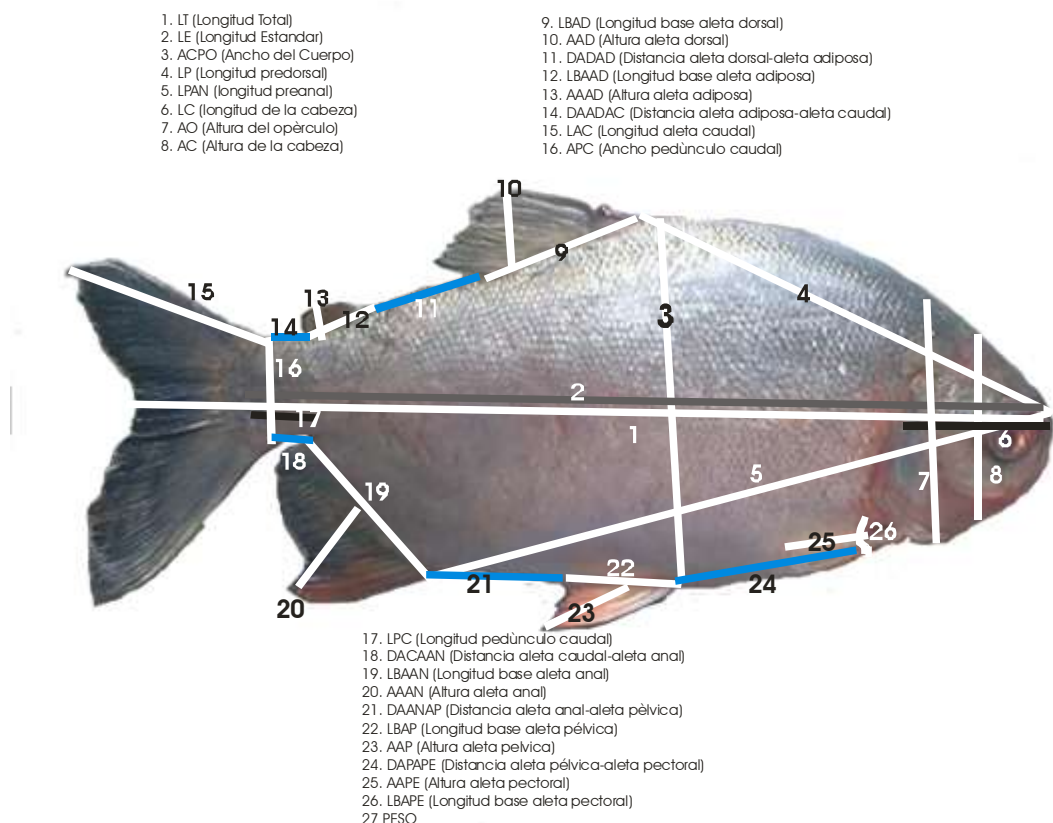


Figura 1. Variables morfométricas analizadas en 3 poblaciones de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*).

Las variables fueron medidas con un ictiómetro digital (0,001 mm), excepto para la LE, que se midió con un ictiómetro convencional.

Se realizó un análisis descriptivo (media, desviación estándar, coeficiente de variación), se determinó la normalidad de los datos y se establecieron correlaciones entre las variables (correlación de Spearman), para definir la relación entre características. Se aplicó un análisis de componentes principales para seleccionar las variables asociadas al factor y conglomerar los animales.

De acuerdo al análisis de componentes principales se agruparon las variables en 3 grupos: cabeza, aletas y talla lo cual fue definido de acuerdo a la correlación que presentaron. Se calcularon proporciones entre las características de cada uno de los factores para determinar la relación existente de la variable más importante con respecto a las demás y se procedió a aplicar una prueba t para muestras con varianzas desiguales con $p < 0,05$, para comparar los grupos poblacionales y determinar diferencias entre grupos de variables. Finalmente se realizó un análisis de cluster mediante el procedimiento average utilizando una pseudoestadística T^2 de Hotelling con el fin de comparar las medias de dos poblaciones normales multivariadas (Jonson, 1998), estandarizando los datos en media 0 y varianza 1).

En ninguno de los análisis estadísticos se realizó diferenciación sexual para la entrega de los resultados, pues la cachama es una especie que solo presenta dimorfismo sexual en épocas reproductivas.

Los cluster fueron graficados mediante dendrogramas utilizando el método del vecino más cercano, el cual inició con N agrupamientos, en donde cada uno de estos contenía una observación y se continuó combinando los puntos y agrupamientos hasta que todas las observaciones estuvieran dentro de un agrupamiento (Jonson, 1998). Los datos fueron procesados en el software SAS 9.11.

Resultados y Discusión

La Cachama blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818), anatómicamente está conformada por cabeza grande, cuerpo en forma de globo, aleta dorsal, aleta caudal y aleta anal bien desarrolladas (Figura 1); además presenta un par de aletas pectorales y un par de aletas pélvicas las cuales son de color rojizo-naranja; una aleta adiposa gruesa y pequeña, característico de los miembros más primitivos de los teleósteos (Rojo, 1988).

La población de reproductores estuvo conformada por 150 individuos de 11 años de edad entre machos y hembras, con un peso promedio de 3.202 g, \pm 549,68 que osciló entre 1.900 g, y 4.750 g, siendo una de las características que mostró mayor variabilidad, acompañada por algunas distancias entre aletas, como fueron DACAAN, DAADAC y DAPAPE que estuvieron directamente asociadas con el peso del pez, al igual que variables de aletas como, LBAAD, AAAD; LAC, y las aletas pélvica y pectoral en su longitud de la base, como también LPC, LC; sugiriendo que todas estas características tienen una asociación con la talla del individuo (tabla 1).

Presentaron una LE de 190mm a 580 mm, teniendo en promedio 485,27 \pm 39,51; estos son individuos con su desarrollo corporal concluido en los cuales la diferencia de edades no tiene relevancia para interpretar la variabilidad en el tamaño de los individuos. Por tanto, esta puede deberse al factor sexo, a la competencia por alimento; como también a la diversidad genética existente en la especie, ya que la población proviene del medio silvestre y no han tenido ninguna práctica de selección, conservando su potencial genético como fue concluido en el estudio "Polimorfismo genético en cachama blanca *Piaractus brachypomus* (Characidae, Serrasalminae) mantenida en cautiverio. II" (Pineda-Santis *et al.*, 2004).

Tabla 1. Análisis descriptivo de variables morfométricas de 3 poblaciones de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Característica	Media ± desv, (Reproductores)	Media ± desv, (Comerciales)	Media ± desv, (Juveniles)	Coef,var (Reproductores)	Coef,var (Comerc)	Coef,var (Juven)
Peso	3202,00 ± 549,68	1341,03 ± 253,56	23,29 ± 7,99	17,07	18,90	34,34
LT	531,33 ± 32,37	386,36 ± 24,47	95,97 ± 10,51	6,10	6,33	12,21
LE	485,27 ± 39,51	348,03 ± 25,31	81,83 ± 9,39	8,21	7,27	11,49
ACPO	219,83 ± 15,82	166,36 ± 14,54	43,69 ± 5,18	7,16	8,73	11,82
DADAAD	78,55 ± 7,06	55,45 ± 8,14	11,35 ± 2,36	9,77	14,67	20,80
DAADAC	48,55 ± 6,57	28,94 ± 3,25	8,52 ± 2,28	13,83	11,22	26,86
DACAAN	35,51 ± 6,65	28,94 ± 3,25	5,72 ± 1,79	25,54	11,22	31,30
DAANAP	111,95 ± 8,88	89,15 ± 6,69	17,80 ± 2,94	8,13	7,49	16,49
DAPAPE	99,85 ± 7,88	77,88 ± 5,59	17,65 ± 2,90	20,36	7,18	16,44
LP	246,93 ± 16,94	193,64 ± 13,54	47,30 ± 5,90	6,89	6,99	12,49
LPAN	342,03 ± 27,62	250,03 ± 16,38	59,00 ± 6,98	11,12	6,55	41,00
LPC	51,17 ± 28,68	47,58 ± 3,98	8,37 ± 1,75	56,05	8,35	20,91
APC	49,90 ± 5,01	48,18 ± 3,02	8,70 ± 1,36	10,03	6,25	15,44
LC	106,57 ± 7,99	85,30 ± 7,28	25,13 ± 2,78	7,58	8,53	14,10
AC	93,40 ± 13,21	97,88 ± 6,62	22,60 ± 3,15	14,14	6,76	13,90
AO	115,39 ± 14,35	100,30 ± 7,06	29,40 ± 3,31	12,18	7,04	11,28
AAD	81,61 ± 8,80	72,88 ± 6,38	16,18 ± 4,21	10,78	8,75	26,09
LBAD	93,55 ± 9,01	73,03 ± 6,95	16,80 ± 2,28	9,70	9,52	13,57
AAAD	26,82 ± 6,48	SD	4,79 ± 1,13	24,17	SD	23,67
LBAAD	13,86 ± 9,20	SD	2,16 ± 0,53	66,36	SD	24,61
LAC	95,81 ± 10,28	81,21 ± 8,57	19,24 ± 3,63	14,10	10,55	18,84
AAAN	74,45 ± 10,24	SD	13,10 ± 3,20	13,75	SD	24,49
LBAAN	113,57 ± 9,72	84,24 ± 8,30	20,62 ± 2,68	11,62	9,85	12,98
AAP	65,75 ± 6,91	53,03 ± 5,72	11,38 ± 2,10	10,50	10,78	18,46
LBAP	12,86 ± 3,47	15,30 ± 2,78	1,78 ± 0,48	27,5	18,15	27,27
AAPE	81,57 ± 7,29	65,15 ± 7,12	11,68 ± 2,72	8,94	10,93	23,90
LBAPE	15,09 ± 3,57	19,85 ± 1,52	3,69 ± 0,94	38,11	7,67	111,67
Número datos	150	33	203	150	33	203

LT: Longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho del cuerpo; DADAAD: distancia aleta dorsal-aleta adiposa; DAADAC: distancia aleta caudal-aleta anal; DACAAN: distancia aleta caudal-aleta anal; DAANAP: distancia aleta anal-aleta pélvica; DAPAPE: distancia aleta pélvica-aleta pectoral; LP: longitud prdorsal; LPAN: longitud preanal; LPC: longitud pedúnculo caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; AAD: altura aleta dorsal; LBAD: Longitud base aleta dorsal; AAAD: altura aleta adiposa; LBAAD: longitud base aleta adiposa; LAC: longitud aleta caudal; AAAN; altura aleta anal; LBAAN: longitud base aleta anal; AAP: altura aleta pélvica; LBAP: longitud base aleta pélvica; AAPE: altura aleta pectoral; LBAPE: longitud base aleta pectoral,

La población de comerciales conformada por 33 individuos de 12 de meses de edad, procedentes de una única familia, presentaron un peso promedio de 1.341,03 ± 253,56 g, que osciló entre 802 y 1.807 g. Igual que los reproductores, presentaron un alto coeficiente de variabilidad para la característica peso, algunas

distancias entre características, LAC y aleta pectoral; siendo en general en el resto de sus características más homogéneos, lo cual puede explicarse por provenir del mismo grupo familiar. En el grupo de juveniles se presentó un alto coeficiente de variabilidad en todas las características, lo cual puede atribuirse a que se encuentran en desarrollo, provienen de dos grupos familiares, tienen edades diferentes (un mes de diferencia) y además han sido expuestos a condiciones experimentales que han ocasionado desempeños erráticos.

En general en las 3 poblaciones se encontró mayor variabilidad en características como peso, en las aletas pélvicas y aleta caudal (LAC), estas últimas tienen que ver con la maniobrabilidad del pez (Gosline, 1971) para la toma del alimento en el cuerpo de agua (Lauder *et al.*, 2002) y tienen alta variabilidad dependiendo del medio en el cual se desempeña; como ha sido demostrado en diferentes peces (Lauder *et al.*, 2002).

Para buscar asociación entre características se aplicó correlación de Spearman, pues no todas presentaron distribución normal. En la tabla 2, se muestran las correlaciones obtenidas para cada una de las variables, considerando correlación baja ($r < 0,35$), correlación media ($0,35 < r < 0,65$) y correlación alta ($r > 0,65$).

Como puede observarse en la tabla 2, todas las características, en las 3 poblaciones presentaron correlaciones positivas. Así se obtuvo que a mayor peso, mayor LE y LT, ACPO, cabeza más grande (LC y AC), aletas dorsal y anal de mayor longitud. La aleta caudal (LAC) no tuvo ninguna relación con el peso del animal, solamente en animales comerciales y juveniles existió correlación con LE. Las variables de longitud del cuerpo (LT y LE) se relacionaron directamente con peso, aletas, cabeza y pedúnculo caudal. Por lo tanto animales de tallas grandes presentan cabeza grande y pedúnculo caudal grande que necesitan para poder desplazarse adecuadamente en aguas con grandes caudales.

Tabla 2. Asociación entre características morfométricas de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*), de diferentes edades productivas.

Variable	Lot e	LT	LE	ACP O	LC	AC	AO	LP	APC	LPA N	LBA D	LBAA N	LAC
PESO	R	0,88**	0,87**	0,68*	0,63**	0,29**	0,48**	0,79**	0,65**	0,71**	0,61*	0,68**	0,24*
	C	0,91**	0,89**	0,91*	0,65**	0,63**	0,88**	0,80**	0,67**	0,74**	0,67*	0,87*	0,29
	J	0,88**	0,87**	0,84*	0,75**	0,67**	0,66**	0,82**	0,72**	0,82**	0,71*	0,74**	0,42**
LT	R		0,96**	0,65*	0,66**	0,18	0,39**	0,76**	0,67**	0,73**	0,67*	0,74**	0,13
	C		0,83**	0,77*	0,72**	0,59**	0,83**	0,80**	0,59**	0,77**	0,56*	0,83**	0,14
	J		0,91**	0,84*	0,73**	0,70**	0,68**	0,80**	0,70**	0,84**	0,68*	0,79**	0,45**
LE	R			0,67*	0,67**	0,14	0,39**	0,77**	0,67**	0,74**	0,63*	0,72**	0,08
	C			0,86*	0,66**	0,63**	0,83**	0,74**	0,72**	0,69**	0,54*	0,81**	0,21
	J			0,82*	0,75**	0,73**	0,72**	0,84**	0,73**	0,84**	0,68*	0,83**	0,40**
ACPO	R				0,42**	0,02	0,23*	0,54**	0,50**	0,64**	0,37*	0,42**	0,09
	C				0,51**	0,68**	0,80**	0,77**	0,49*	0,59**	0,61*	0,78**	0,34*
	J				0,75**	0,61**	0,65**	0,81**	0,67**	0,77**	0,69*	0,76**	0,50**
LC	R					0,10	0,25*	0,58**	0,50**	0,53**	0,46*	0,48**	0,14
	C					0,56**	0,68**	0,77**	0,49*	0,68**	0,34*	0,61**	0,002
	J					0,52**	0,57**	0,73**	0,56**	0,73**	0,60*	0,64**	0,42**
AC	R						0,52**	0,35**	0,07	0,04	0,29*	0,27*	0,25*
	C						0,68**	0,57**	0,67**	0,47*	0,33*	0,63**	0,02
	J						0,72**	0,63**	0,58**	0,67**	0,57*	0,57**	0,31**
AO	R							0,53**	0,30*	0,25*	0,38*	0,43**	0,25*
	C							0,68**	0,61**	0,62**	0,55*	0,81**	0,16
	J								0,54**	0,65**	0,54*	0,59**	0,31**
LP	R								0,54**	0,44**	0,53*	0,57**	0,20*
	C								0,50*	0,74**	0,52*	0,79**	0,44*
	J								0,63**	0,78**	0,62*	0,75**	0,37**
APC	R									0,48**	0,47*	0,55**	0,04
	C									0,54*	0,27	0,60**	0,26
	J									0,65	0,59*	0,60**	0,39

		**	*		
LPAN	R		0,44*	0,41**	0,11
	C		0,22	0,65**	0,23
	J		0,68*	0,71**	0,38
LBAD	R			0,57**	0,14
	C			0,59**	0,44
	J			0,62**	0,36
LBAA N	R				0,19
	C				0,05
	J				0,35

** : Relación altamente significativa

* : Relación Significativa

R: reproductores; C: comerciales; J: juveniles

LT: Longitud total; LE: longitud estándar; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; LBAD: Longitud base aleta dorsal; LBAAN: longitud base aleta anal; APC: ancho pedúnculo caudal, ACPO: ancho del cuerpo; LPAN: Longitud preanal; LAC: longitud aleta anal.

Mediante análisis de componentes principales, se identificaron 6 factores en cada uno de los grupos experimentales (reproductores, comerciales y juveniles), los cuales explicaron para reproductores el 87% de las agrupaciones, para individuos comerciales el 94,65% y para juveniles el 90,76% de los datos evaluados (tabla 3).

Tabla 3. Valores propios de la matriz de correlación de variables morfométricas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Factor	Reproductores		Comerciales		Juveniles	
	Autovalor	Proporción	Autovalor	Proporción	Autovalor	Proporción
1	6,10	0,46	8,54	0,71	8,58	0,71
2	1,82	0,14	0,86	0,07	0,60	0,05
3	1,27	0,09	0,75	0,06	0,52	0,04
4	0,85	0,06	0,54	0,04	0,47	0,04
5	0,73	0,05	0,39	0,03	0,38	0,03
6	0,51	0,03	0,25	0,02	0,30	0,02
Total	0,8699		0,9465		0,9076	

En el grupo de comerciales y juveniles el mayor porcentaje de explicación de los factores puede atribuirse a que pertenecen a una sola familia o dos familias respectivamente, disminuyéndose la variabilidad fenotípica; mientras que los reproductores son individuos extractados del medio silvestre, lo cual permite que exista diversidad genética y por ende mayor variabilidad fenotípica. Como puede

verse claramente en los 3 grupos poblacionales evaluados, el factor 1 tiene mayor peso en el análisis de componentes principales, encontrándose para reproductores un valor de 6,10, equivalente al 47%; para los comerciales y juveniles de 8,54, equivalente al 71% en ambas poblaciones (tabla 3).

En la tabla 4 se muestran los valores propios de cada una de las características, estratificadas de acuerdo a los factores definidos. Se omitieron los valores propios de aquellas variables que tuvieron menos de 0,20, ya que se consideró que no existe ninguna relevancia para el análisis. Con base en el conocimiento biológico se pudo definir cada factor de la siguiente manera (Tabla 4):

Factor 1: Se definió como TALLA DEL ANIMAL, compuesta por las características de: PESO, LT, LE, ACPO, LC, AC, AO, LP, LBAAN, LP, APC, LBAAN, LPAN; teniendo mayor peso en reproductores las características PESO (0,37), LT (0,37), LE (0,34), ACPO (0,27), pues son animales que tienen su desarrollo corporal definitivo (gráfico 1).

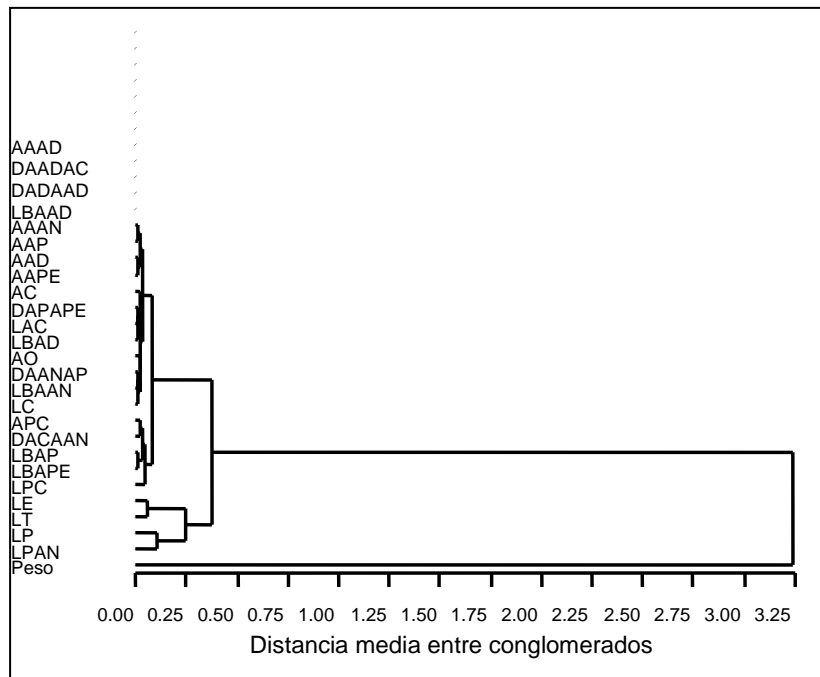
Tabla 4. AutoValores de los Componentes principales de las variables morfométricas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Factor	Variable	Reproductores	Comerciales	Juveniles
1. TALLA	PESO	0,37	0,33	0,31
	LT	0,37	0,32	0,29
	LE	0,34	0,32	0,32
	ACPO	0,27	0,31	0,31
	LC	0,28	0,26	0,24
	AC	--	0,25	0,27
	AO	0,21	0,30	0,28
	LBAD	0,27	0,21	0,27
	APC	0,23	0,27	0,26
	LBAAN	0,25	0,29	0,29
	LPAN	0,20	0,28	0,31
	LP	--	0,30	0,28
	LC	--	-0,24	0,62
	AC	--	--	-0,53
2. DESPLAZAMIENTO	AO	--	--	-0,43
	LBAD	--	0,79	--
	APC	0,55	-0,29	0,22
	LBAAN	-0,33	--	--
	LPAN	-0,47	-0,41	--
	LC	--	--	0,37
3. DESPLAZAMIENTO	AC	0,72	0,51	--
	AO	0,52	--	--
	LBAD	--	--	-0,31
	APC	-0,19	0,52	-0,66

	LPAN	- 0,19	-0,30	--
	LP	--	-0,33	0,53
	ACPO	--	-0,28	--
	LC	-0,31	0,58	0,57
	AC	--	0,58	0,44
4. MANIOBRABILIDAD	AO	0,36	0,23	0,29
	LBAAN	0,52	--	-0,43
	LPAN	0,38	-0,20	--
	LP	--	--	-0,33
	LC	-0,45	0,48	--
	AC	--	-0,26	--
5. MANIOBRABILIDAD	LBAD	-0,54	0,28	-0,82
	APC	--	0,34	0,40
	LAC	0,26	--	0,30
	LT	--	--	-0,59
	ACPO	-0,53	--	--
	AC	--	--	--
	AO	--	-0,63	--
6. MANIOBRABILIDAD	LP	--	0,52	0,47
	LBAD	0,63	--	--
	APC	--	--	0,49
	LBAAN	--	--	-0,26
	LAC	--	-0,35	--

LT: Longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho del cuerpo; DADAAD: distancia aleta dorsal-aleta adiposa; DAADAC: distancia aleta caudal-aleta anal; DACAAN: distancia aleta caudal-aleta anal; DAANAP: distancia aleta anal-aleta pélvica; DAPAPE: distancia aleta pélvica-aleta pectoral; LP: longitud prdorsal; LPAN: longitud preanal; LPC: longitud pedúnculo caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; AAD: altura aleta dorsal; LBAD: Longitud base aleta dorsal; AAAD: altura aleta adiposa; LBAAD: longitud base aleta adiposa; LAC: longitud aleta caudal; AAAN: altura aleta anal; LBAAN: longitud base aleta anal; AAP: altura aleta pélvica; LBAP: longitud base aleta pélvica; AAPE: altura aleta pectoral; LBAPE: longitud base aleta pectoral.

Gráfico 1. Variables morfométricas asociadas a talla, en reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

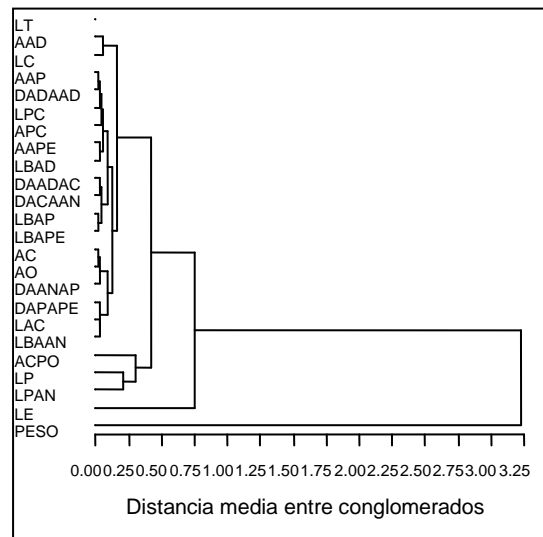


Cluster de 120 individuos reproductores.

LT: Longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho del cuerpo; DADAAD: distancia aleta dorsal-aleta adiposa; DAADAC: distancia aleta caudal-aleta anal; DACAAAN: distancia aleta caudal-aleta anal; DAANAP: distancia aleta anal-aleta pélvica; DAPAPE: distancia aleta pélvica-aleta pectoral; LP: longitud prdorsal; LPAN: longitud preanal; LPC: longitud pedúnculo caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; AAD: altura aleta dorsal; LBAD: Longitud base aleta dorsal; AAAD: altura aleta adiposa; LBAAD: longitud base aleta adiposa; LAC: longitud aleta caudal; AAAN; altura aleta anal; LBAAN: longitud base aleta anal; AAP: altura aleta pélvica; LBAP: longitud base aleta pélvica; AAPE: altura aleta pectoral; LBAPE: longitud base aleta pectoral,

En el grupo de comerciales y de juveniles (gráfico 2 y 3), además de estas variables, en el factor talla influyen AO (0,30; 0,28 respectivamente), LBAAN (0,29 para ambos), LPAN (0,28; 0,31 respectivamente), LP (0,30; 0,28 respectivamente). Entre estas variables existe una relación directa, por lo tanto se podría concluir que a medida que el animal aumenta de talla, estas variables igualmente lo hacen (tabla 4).

Gráfico 2. Variables morfométricas asociadas a talla, en comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

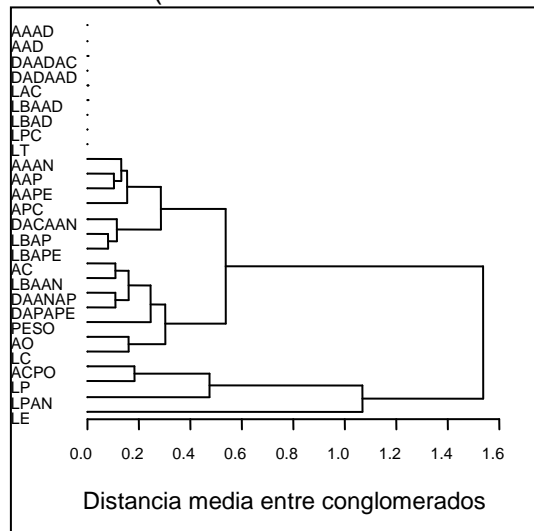


Cluster de 33 individuos comerciales

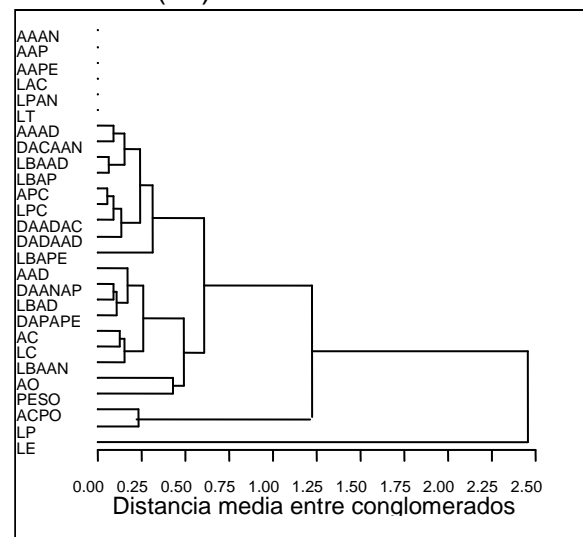
LT: Longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho del cuerpo; DADAAD: distancia aleta dorsal-aleta adiposa; DAADAC: distancia aleta caudal-aleta anal; DACAAN: distancia aleta caudal-aleta anal; DAANAP: distancia aleta anal-aleta pélvica; DAPAPE: distancia aleta pélvica-aleta pectoral; LP: longitud prdorsal; LPAN: longitud preanal; LPC: longitud pedúnculo caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; AAD: altura aleta dorsal; LBAD: Longitud base aleta dorsal; AAAD: altura aleta adiposa; LBAAD: longitud base aleta adiposa; LAC: longitud aleta caudal; AAAN: altura aleta anal; LBAAN: longitud base aleta anal; AAP: altura aleta pélvica; LBAP: longitud base aleta pélvica; AAPE: altura aleta pectoral; LBAPE: longitud base aleta pectoral,

Gráfico 3. Variables morfométricas asociadas a talla, en dos familias de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Familia A (112 individuos)



Familia B (91) individuos



Cluster de 203 juveniles, divididos en dos familias (A=112; B=91)

LT: Longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho del cuerpo; DADAAD: distancia aleta dorsal-aleta adiposa; DAADAC: distancia aleta caudal-aleta anal; DACAAN: distancia aleta caudal-aleta anal; DAANAP: distancia aleta anal-aleta pélvica; DAPAPE: distancia aleta pélvica-aleta pectoral; LP: longitud prdorsal; LPAN: longitud preanal; LPC: longitud pedúnculo caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LC: longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AO: altura del opérculo; AAD: altura aleta dorsal; LBAD: Longitud base aleta dorsal; AAAD: altura aleta adiposa; LBAAD: longitud base aleta adiposa; LAC: longitud aleta caudal; AAAN: altura aleta anal; LBAAN: longitud base aleta anal; AAP: altura aleta pélvica; LBAP: longitud base aleta pélvica; AAPE: altura aleta pectoral; LBAPE: longitud base aleta pectoral.

Factor 2: Se definió como INSTRUMENTOS DE DESPLAZAMIENTO Y EQUILIBRIO, conformado por las variables: LC, LAC, LBAD, LBAAN, APC. En reproductores se encontró que APC (0,55) equilibra a LBAAN (-0,33) y LPAN (-

0,47) sugiriendo que estos individuos equilibran las fuerzas hidrostáticas con el pedúnculo caudal cuando son animales cortos y presentan una aleta anal pequeña (tabla 4); mientras que la población de comerciales mostró que LBAD (0,79) equilibra a LPAN (-0,41), sugiriendo que estos presentan aleta dorsal desarrollada cuando los individuos son cortos. En juveniles LC (0,52) y LP (0,53), juegan un papel importante en equilibrar AO (-0,53), AC (-0,43), APC (-0,66). Como puede observarse en los factores que tienen que ver con desplazamiento y maniobrabilidad para todas las poblaciones, el tamaño de la cabeza es importante cuando el animal es de talla pequeña o tiene un pedúnculo demasiado estrecho.

Factor 3: Se definió como INSTRUMENTOS DE MANIOBRABILIDAD, se consideró un subcomponente del factor anterior, como también el factor 4, 5 y 6, ya que tienen elementos relacionados con funciones de flotación o nado y maniobra. Conformado por características como LBAAN, LBAD, LAC, ACPO, LPAN Y LC. Como puede observarse en la tabla 4 las aletas tienen importancia en reproductores, LBAAN (0,52) tuvo una relación positiva, al igual que LPAN (0,38) sugiriendo que la aleta anal permite maniobrar al pez en el desplazamiento transversal, mientras que LBAD (0,63) está desarrollada en animales estrechos (ACPO=-0,53). LAC es importante cuando se tienen animales con cabezas pequeñas (LC=-0,45) y aleta dorsal pequeña (LBAD=-0,54). Por lo tanto el tamaño de las aletas permite una actividad propia de la especie en el movimiento del animal. Se hace necesario realizar otros análisis, para buscar relaciones entre talla del animal e Instrumentos de desplazamiento y equilibrio. Las aletas dorsal, anal, caudal y medias cumplen un importante rol en la locomoción, durante el nado y la maniobra en el agua en la búsqueda de alimento (Lauder *et al.*, 2002).

En las variables que mayor asociación presentaron en los 3 grupos poblacionales, se calculó la proporción de cada una ellas con LE, por ser la característica de talla de mayor valor comercial, dividiendo el pez en 3 partes denominadas: Variables de cabeza (AC, LC y AO), variables de talla (Peso, LT, LE, ACPO, LP, LPAN) y

variables aletas (LBAD, LBAAN, LAC, APC). Se compararon los promedios por medio de una prueba t para muestras con varianzas desiguales con $p < 0,05$.

Al relacionar las variables de cabeza (tabla 5) se encontró que en el lote comercial los individuos presentaron una cabeza más alta que larga, debido quizá a parámetros genéticos, ya que el lote proviene de una sola familia; aún así no se encuentran diferencias entre el lote de juveniles y el lote comercial ($p > 0,05$).

Tabla 5. Proporción entre variables de CABEZA, para los 3 grupos poblacionales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

	Media \pm DE (Reproductores)	Media \pm DE (Comerciales)	Media \pm DE (Juveniles)
AC/LC	0,88 \pm 0,13 ^a	1,15 \pm 0,09 ^b	0,90 \pm 0,11 ^{bc}
AC/AO	0,82 \pm 0,13 ^a	0,98 \pm 0,06 ^b	0,77 \pm 0,07 ^c
AC/LE	0,19 \pm 0,03 ^a	0,28 \pm 0,02 ^b	0,28 \pm 0,03 ^{bc}
LC/LE	0,22 \pm 0,03 ^a	0,25 \pm 0,02 ^b	0,31 \pm 0,02 ^c
AO/LE	0,24 \pm 0,04 ^a	0,29 \pm 0,01 ^b	0,36 \pm 0,03 ^c

Letras diferentes entre columnas se interpreta como diferencia significativa ($p < 0,05$)

LC: longitud cabeza; AC: ancho cabeza; AO: ancho opérculo; LE: longitud estándar

En los reproductores la longitud de la cabeza juega un papel importante para la época de reproducción, ya que al remontar corrientes de ríos caudalosos como el Orinoco y el Amazonas (INPA, 1998), requieren que esta sea más larga que alta para romper la corriente. El opérculo igualmente es más desarrollado en adultos, pues requiere mayor desarrollo, ya que alberga las branquias que cumplen una función de intercambio gaseoso y de homeostasis (Espejo, 1984; Hepher, 1993), encontrándose diferencias significativas en los 3 grupos poblacionales (tabla 5), siendo más pequeña la proporción en reproductores ($0,24 \pm 0,04$), con relación a los juveniles ($0,36 \pm 0,03$).

Al comparar las variables de cabeza (LC, AC y AO) con la longitud estándar (LE) se encontró que en los reproductores esta proporción disminuye con relación a los lotes comercial y juvenil, concluyéndose que a medida que el animal gana talla, la cabeza como órgano de propulsión, pierde efectividad requiriendo de órganos

como las aletas caudal y anal para su desplazamiento. En animales adultos esta proporción cabeza-longitud estándar fue en promedio de 22%, aumentado en comerciales y juveniles (25% y 31% respectivamente), viéndose los animales en crecimiento con cabezas protuberantes, que les sirven para equilibrar las fuerzas hidrostáticas (Lauder *et al.*, 2002). Se ha demostrado que la presión causada por el flujo de agua alrededor del cuerpo del pez, es mayor en la cabeza; una de las maneras de minimizar esta fricción es poseer una forma fusiforme, la viscosidad, las aletas que se doblan y generar vortex (Lauder *et al.*, 2002).

La talla de pez (tabla 6), está conformada por variables de plano longitudinal como LT, LE y variables de plano transversal como ACPO, y plano diagonal como LP y LPAN (Figura 1).

Tabla 6. Proporción entre variables de TALLA, para los 3 grupos poblacionales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

	Media ± DE (Reproductores)	Media ± DE (Comerciales)	Media ± DE (Juveniles)
LE/PESO	0,15 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,04 ^b	3,91 ± 0,98 ^c
LE/LT	0,91 ± 0,04 ^a	0,90 ± 0,03 ^{ab}	0,85 ± 0,04 ^c
ACPO/LE	0,45 ± 0,07 ^a	0,48 ± 0,02 ^b	0,54 ± 0,04 ^c
LP/LE	0,51 ± 0,08 ^a	0,56 ± 0,03 ^b	0,58 ± 0,05 ^c
LPAN/LE	0,71 ± 0,09 ^a	0,72 ± 0,04 ^a	0,72 ± 0,04 ^a

Letras diferentes entre columnas: diferencia significativa ($p < 0,05$)
 LE; longitud estándar; LT: longitud total; ACPO: ancho cuerpo; LP: longitud predorsal; LPAN: longitud preanal,

En animales adultos en etapa de reproducción LE equivale al 15% del peso vivo, mientras en juveniles se observaron individuos más largos que pesados, ya que son animales que están desarrollando sus tejidos de sostén, representados en sistema esquelético y tegumentos, desarrollo que va hasta los 1,5 años de vida, dándose una mejor conversión alimenticia entre los 6 y 7 meses de edad.

En LT conformada por LE y LAC, se encontró un desarrollo definitivo en adultos y en animales comerciales de 12 meses (no diferencia significativa $p < 0,05$), arrojando una proporción de 90% sobre LT (tabla 6), el 10% corresponde al

desarrollo de la aleta caudal que tiene como función la propulsión del pez (Rojo, 1998). Puede inferirse entonces, que un animal adulto y más pesado requiere un órgano propulsor de mayor desarrollo que un individuo que tiene más longitud que peso.

ACPO, LP, LPAN, son variables que describen el plano transversal y diagonal, las cuales disminuyen en su proporción con relación a LE en animales adultos (tabla 6). Sin embargo la LPAN no presenta diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,05$). Los animales jóvenes presentaron una forma más de globo que los animales adultos, por lo tanto se presume que requieren de una cabeza mucho más grande que los animales adultos para su mejor desplazamiento en los cuerpos de agua. Los individuos adultos utilizan posiblemente su longitud para equilibrar las fuerzas hidrostáticas, lo que hace presumir que no requieren de una cabeza y unas aletas tan desarrolladas.

Las aletas cumplen funciones de maniobrabilidad y propulsión (Rojo, 1988); tanto en adultos, comerciales y juveniles la aleta anal fue más desarrollada en su longitud que la aleta dorsal (tabla 7). A medida que el individuo ganó más talla estas tuvieron mayor desarrollo, pero su proporción con relación a LE fue disminuyendo, de lo cual se puede inferir que en los animales jóvenes las aletas son más importantes que en adultos para defenderse en los cuerpos de agua, ya que el tamaño y forma del cuerpo no les permite romper la presión del agua. La forma de las aletas varían con el movimiento y la forma de nado del animal (Walker *et al.*, 2002), por lo tanto, individuos de mayor talla tienen nado y movimientos diferentes a los animales que presentan menor tamaño.

Tabla 7. Proporción entre variables de ALETAS, para los 3 grupos poblacionales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE
----------------	----------------	----------------

	(Reproductores)	(Comerciales)	(Juveniles)
LBAD/LE	0,19 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,02 ^c
LBAAN/LE	0,24 ± 0,03 ^a	0,24 ± 0,02 ^{ab}	0,25 ± 0,02 ^c
*LAC/LE	0,20 ± 0,03 ^a	0,23 ± 0,02 ^b	0,24 ± 0,04 ^{bc}
APC/LE	0,10 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,01 ^c

*Correlaciones bajas a medias

Letras diferentes entre columnas: diferencia significativa ($p < 0,05$)

LBAD: longitud base aleta dorsal; LBAAN: longitud base aleta anal; LAC: longitud aleta caudal; APC: ancho pedúnculo caudal; LE: longitud estándar.

En los charácidos se tiene una aleta dorsal (Ver figura 1), también denominada notopterigio, que es simétrica en su longitud como en su altura. Esta le sirve al pez para mantener la estabilidad, ayuda en la locomoción (Rojo, 1988), y el equilibrio. En animales adultos tuvo más longitud de su base que altura, encontrándose diferencia entre reproductores y animales comerciales y juveniles (tabla 7), lo que evidencia que el individuo requiere una aleta más larga que alta para poderse desempeñar en el cuerpo de agua en búsqueda de su alimento, ya que es una especie que vive en la mitad de la columna de agua y requiere suspenderse por largos períodos (INPA, 1998).

La aleta anal o proctopterigio (Ver figura 1) ocupa la mitad del área ventral, que va desde el orificio urogenital hasta el pedúnculo; esta le sirve al individuo para estabilizarse, evitando el balanceo (Rojo, 1988). No existieron diferencias significativas en animales reproductores y animales juveniles (tabla 7) sugiriendo que esta se va desarrollando a medida que el pez crece y gana talla.

Las aletas pélvicas o Isquiopterigios y pectorales u omopterigio son bilaterales (Ver figura 1), con una inserción subcutánea, las cuales intervienen en la propulsión, equilibrio, estabilización, frenado y cambio de dirección (Rojo, 1988). Estas fueron más altas que largas; en animales adultos fueron más incipientes que en animales jóvenes.

La aleta caudal o uropterigio (Ver figura 1) da propulsión al cuerpo. Actúa como timón para permitir cambiar de dirección. Junto con la región craneal es la que

mayor cambio morfológico tiene por la influencia del hábitat en el cual vive el pez (Rojo, 1988). En animales comerciales y juveniles no hubo diferencia significativa en la proporción de LAC y LE, mientras en animales adultos se encontró que fue menor la proporción (tabla 7); por lo tanto se confirma que los animales en desarrollo utilizan estos órganos para el desplazamiento y propulsión, mientras que los adultos se sirven de su grande talla y desarrollada musculatura desarrollada para romper las corrientes de agua.

La clasificación de individuos dentro de los grupos, se realizó mediante un análisis de cluster en cada una de las poblaciones. Para el primer cluster denominado talla se compararon los datos frente a una distancia cuadrática de 3,16, para el cluster cabeza de 2,82 y para el cluster aletas de 2,45.

El cluster que mayor porcentaje de explicación presentó fue talla (tabla 8), encontrándose que tiene mayor explicación en el grupo poblacional de los comerciales (83.4%), ya que pertenecen al mismo grupo familiar; igualmente en los juveniles (82%) que solo pertenecen a dos familias; aunque la edad podría ser un factor que influyó en el resultado. En los adultos aunque solo se tuvo un 69% para el primer factor, se podría pensar que las variables que conforman este grupo son discriminatorias para agrupar individuos. Por lo tanto queda confirmada que la talla está definida por variables como LT, LE, ACPO, LP y LPAN. Los demás cluster tienen un porcentaje menor de agrupación, aún así se ha encontrado una relación entre cabeza y aletas como instrumentos de desplazamiento y maniobrabilidad.

Tabla 8. Características de los clusters en cada una de las poblaciones de *Piaractus brachypomus*.

Cluster talla

	Reproductores		Comerciales		Juveniles	
LT	531,2±32,33		386,4±24,47		95,62±11,65	
LE	485,1± 39,69		348,0 ± 25,3		81,83±9,47	
ACPO	220 ± 15,72	69,01%	166,4±14,53	83,39%	43,73±5,22	82,07%
LP	247,1±16,97		193,6±13,53		47,30±5,96	
LPAN	342,2±27,71		250,±16,38		58,98±7,03	
Cluster cabeza						
	Reproductores		Comerciales		Juveniles	
LC	106,6 ± 8,05		85,0±7,28		25,27±3,56	
AC	93,31 ± 13,24	53,14%	97,87±6,61	74,88%	22,60±3,15	73,36%
AO	115 ± 13,99		100,3±7,06		29,40±3,31	
Cluster aletas						
	Reproductores		Comerciales		Juveniles	
LBAD	93,39 ± 9,03		16,80±2,28		7,03±6,95	
LBAAN	113,5 ± 9,8		84,24±8,30		20,60±2,69	
LAC	95,12 ± 11,47	50,08%	81,21±8,57	55,40%	19,23±3,62	65,73%
APC	50,56 ± 5,91		48,18±3,01		8,69±1,36	

LT: longitud total; LE: longitud estándar; ACPO: ancho cuerpo; LP: longitud predorsal; LPAN: longitud preanal; LC: longitud cabeza; AC: ancho cuerpo; AO: alto opeculo; LBAD: longitud base aleta dorsal; LBAAN: longitud base aleta anal; LAC: longitud aleta caudal; APC: ancho pedúnculo caudal.

Los cluster fueron representados en dendrogramas y como puede observarse en cada una de las gráficas (4A, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 6A, 6B, 6C), el cluster de aletas es el que menor poder discriminatorio tiene en las poblaciones. En la población de reproductores (gráfica 4), se evidenciaron dos grandes grupos para talla y para cabeza, confirmando la alta relación que existe entre estos dos cluster; ya que la cabeza juega un papel importante en el desplazamiento de animales adultos que presentan hábitos reófilos; aquellos individuos de tallas grandes presentaron cabezas más grandes.

Para el cluster de aletas no se evidenciaron unos grupos bien definidos.

A. Talla

B. Cabeza

C. Aletas

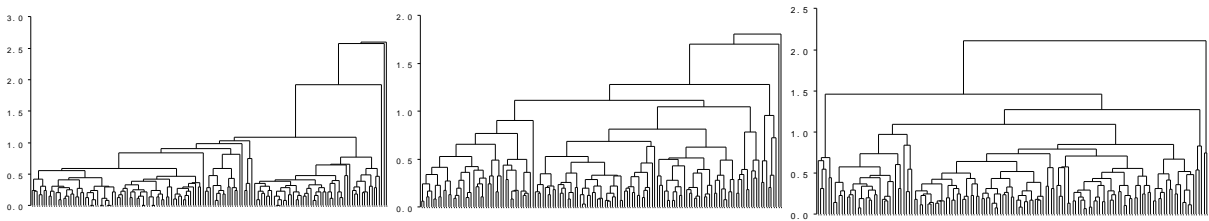


Gráfico 4. Dendrogramas para reproductores de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

En el grupo de comerciales se encontró para el cluster talla, dos grandes grupos y para el cluster cabeza tres grupos; mientras que para aletas no se ve una estructura bien definida, ya que posiblemente el comportamiento de estas depende de la talla del animal y del tamaño de su cabeza (gráfico 5). Por lo tanto, podría pensarse que estas son estructuras adaptativas de acuerdo a las condiciones medioambientales, teniendo poca influencia de la herencia, especialmente en la aleta caudal.

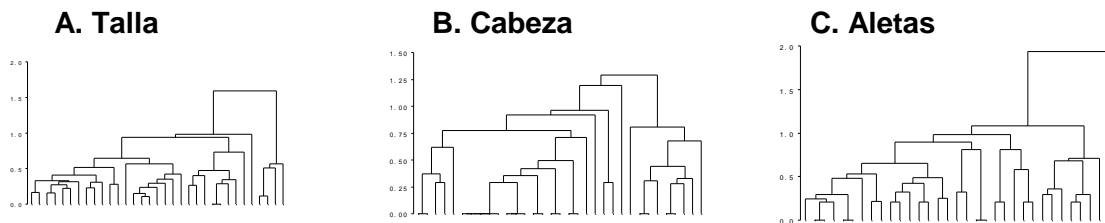


Gráfico 5. Dendrogramas para comerciales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

En los juveniles para cada uno de los cluster se muestra una distribución similar, identificándose dos grandes grupos (gráfico 6), que coinciden con las dos familias evaluadas. Por lo tanto estos clusters son suficientemente discriminatorios para la clasificación de individuos.

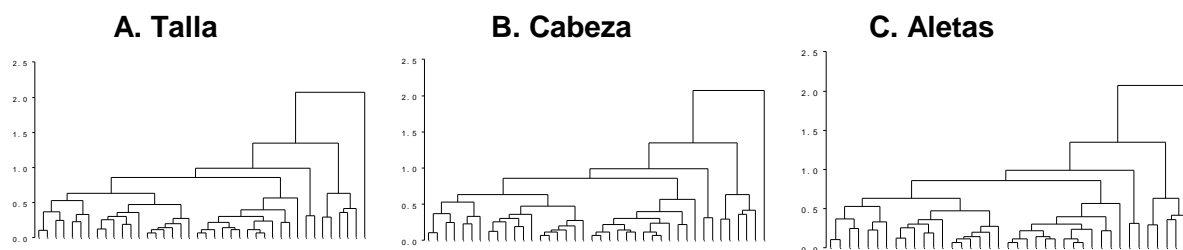


Gráfico 6. Dendrogramas para juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

De acuerdo a todos los análisis anteriores se observó, que animales en desarrollo con tallas más pequeñas, presentaron cabeza grande y aletas desarrolladas; mientras que en los animales adultos se encontraron relaciones compensatorias entre cabeza y aletas que permiten un mejor desempeño en el cuerpo de agua de su medio natural. Para confirmar este supuesto, mediante análisis de regresión se buscaron ecuaciones predictoras entre longitud del animal (LE) con cabeza, aleta anal y aleta caudal, encontrándose que en los 3 grupos poblacionales existe una relación entre LE y LBAAN. Para reproductores se obtuvo una relación exponencial ($R^2=0,99$; $y=261,63e^{0,0054x}$), para comerciales una relación lineal ($R^2=0,56$; $y=2,28x+156,11$) y para juveniles una relación lineal ($R^2=0,70$; $y=2,94x+21,32$) entre las variables LE y LBAAN; por lo tanto, a medida que el individuo adquiere su talla, las fuerzas de locomoción cambian y requiere de una aleta anal de mayor tamaño; esta se convierte entonces en un parámetro discriminatorio, igual que lo encontrado en el análisis morfométrico en *Profundulus* (González-Díaz, 2005), pudiéndose convertir en una característica que permita evaluar individuos jóvenes en su desempeño productivo para talla, por su alta dependencia encontrada.

En la relación de talla (LE) con cabeza, solamente en el grupo de los juveniles se encontró una relación lineal ($R^2=0,60$; $y=2,62x+15,83$), haciendo presumir que para los animales en crecimiento es importante el tamaño de la cabeza de

acuerdo al tamaño del individuo, la que utilizan para poder desempeñarse en los cuerpos de agua.

Para las relaciones de cabeza (LC) con aletas (LAC, LBAD, LBAAN), en ninguno de los 3 grupos se encontraron relaciones lineales o de cualquiera otra índole (cuadrática o exponencial). Por lo tanto, estas características tienen poco poder discriminatorio para la conformación de grupos en una población, como se había concluido en el análisis de cluster.

La evaluación morfométrica de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de diferentes edades, permitió definir Longitud Estándar (LE), Longitud de la cabeza (LC) y Longitud de la base de aleta anal (LBAAN), como características que pueden ser utilizadas para la selección de individuos en crecimiento, pues presentan buenos parámetros discriminatorios con relación a la talla del individuo.

Conclusiones

En general en las 3 poblaciones (reproductores, comerciales y juveniles) de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) se encontró mayor variabilidad en características como peso, distancias entre aleta caudal (DAADAC y DACAAN), aleta caudal (LAC) y aletas pélvicas, sugiriendo que son caracteres adaptativos a su hábitat.

En el grupo de juveniles se presentó alto coeficiente de variabilidad en todas las características, atribuible a que se encuentran en desarrollo, provienen de dos grupos familiares y tienen edades diferentes (un mes de diferencia).

En las tres poblaciones, las variables de talla presentaron correlaciones altas, encontrándose que a mayor peso, mayor LE y LT, mayor ACPO, cabeza más grande (LC, AC), aletas dorsal y anal de mayor longitud.

La aleta caudal (LAC) no tuvo ninguna asociación con el peso del animal, solamente en animales comerciales y juveniles presentó una correlación con la LE del animal; esta probablemente le sirve para su desplazamiento en el cuerpo de agua.

Mediante análisis de componentes principales, se definieron 3 factores: Talla (PESO, LT, LE, ACPO, LC, AC, AO, LP, LBAAN, LP, APC, LBAAN, LPAN); Instrumentos de Desplazamiento y Equilibrio (LC, LAC, LBAD, LBAAN, APC) e instrumentos de maniobrabilidad, considerado un subcomponente del factor anterior. La talla fue el factor en las tres poblaciones que mayor relevancia tuvo, siendo la LE, LBAAN y LC las características de mayor poder discriminatorio, útiles en la selección de individuos en crecimiento.

A medida que el animal gana talla, la cabeza como órgano de propulsión pierde efectividad requiriendo de órganos como las aletas caudal y anal para su desplazamiento.

Se hace necesario que se puedan realizar experimentos de estimación de heredabilidad de estas características, así como estudios moleculares que permitan correlacionar la expresión fenotípica de estas con su estructura molecular y determinar su verdadero poder discriminatorio.

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

Piaractus brachypomus is a specie recommended by Proagro (Colombia) for intensive, semiintensive and extensive productions; the external morphology of this specie is known, this aspect would allow its differentiate characteristics to be used as paramenters of selection. 27 morphological characteristics were analyzed on three populations of cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) from different ages (breeding, comercial and young) belonged to the pisciculture station from San Jose del Nus of the University of Antioquia. A descriptive statistics was applied, and a multivaried statistics (análisis of the principal components and cluster) and also a linear regresión análisis to determine the morphological characteristics related to themselves and also to define the elements which are strong associated that could differentiate characteristics of selection.

The morphological evaluation of the cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) from different ages allowed to define that the standard lenght (LE), the length of the head (LC) and the length of the anal fin (LBAAN) are characteristics which could be used for the artificial selection of the growing individuals because they have good differentiate characteristics related to the size of the individual.

It is necessary, if it posible to do some estimate experiments of heritage of these characteristics and also meolecular studies that would allow to correlate the phenotype expresión with their molecular structure and to determine its posible differentiate power.

Key Words: *discriminate parameter of size, morphometric in fish, phenotype of fish.*

Referencias

Cavalcanti M, Monteiro L R y Duarte P R. Landmark-based Morphometric Analysis in Selected Species of Serranid Fishes (Perciformes: Teleostei). *Zoological Studies* 1999; 38(3):287-294.

Craig R, Streelman J and Kocher T. Directional selection has shaped the oral jaws of Lake Malawi cichlid fishes. 2003; 100(9):5252-5257. www.pnas.org/cgi/doi. Octubre de 2005.

Díaz FJ y López RA. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) 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.

García-Parra W, Citogenética comparativa de peces de la subfamilia Myleinae (Serrasalminae, Characiformes) de la Amazonia Central. *Boletín Electrónico Científico de Investigadores Colombianos del Nudo Brasileiro* Número 2 (Artículo 14), 2000.

González-Díaz A, Días-Pardo E, Soria-Barreto M y Rodiles-Hernández R. Análisis morfométrico de los peces del grupo *Labiales*, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: Profundulidae), en Chiapas; México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 2005; 76:55-61.

Gosline WA. Functional morphology and classification of the teleost 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.

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

Holdridge LR. Ecología basada en zonas de vida. 5ª edición, San José de Costa Rica. IICA. 1996, 216 p.

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

Jonson D. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional Thomson Editores S.A. Buenos Aires Argentina. 1998, 566 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.

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 H, Restrepo LF y Olivera M. Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. Revista Aquatic n° 17, octubre 2002.

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.

Robison BW y Wilson DS. Genetic variation and phenotypic plasticity in a trophically polymorphic population of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). *Evol. Ecol.* 1996;10:631-352.

Rolf FJ, Marcus LF. A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.* 1993; 8:129-132.

Rolf FJ, Loy A, Corti M. Morfometric analysis of Old World Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warp scores. *Syst. Biol.* 1996; 45:344-362.

Trapani J. Geometric morphometric analysis of body-form variability in *Cichlasoma minckleyi*, the Cuatro Ciénegas cichlid. *Environmental Biology of Fishes* 2003; 68:57–369.

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

Taxonomía peces. www.fishbase.org/search.cfm. Marzo de 2005.

Vásquez-Torres W. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos. Villavicencio. Octubre de 2004. p 71.

Walter J and Westneat M. Performance limits of labriform propulsion and correlatos with fin shape and motion. Journ. De Exper. Biol. 2002; 205: 177-187.