

Estudio fenotípico de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético de espina intramuscular

Mesa-Granda M1, Botero-Aguirre M2.

1 Grupo GICAUNAD, Universidad Nacional Abierta y A Distancia.
marthamesa@agronica.udea.edu.co

2 Grupo GRICA, Universidad de Antioquia. mobotero@agronica.udea.edu.co

Introducción

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 resistente 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). Son originarias 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).

La cachama blanca importante representante de la familia Characidae, ha demostrado sus ventajas zootécnicas en cuanto a buena conversión, alimentación, es omnívora y su periodo de ceba es corto (Vázquez-Torres, 2004); pero aún no se han realizado estudios de caracterización fenotípica, información indispensable para definir las estrategias del mejoramiento genético de la especie. Los esfuerzos de investigación en Colombia en esta especie, han sido orientados principalmente al conocimiento de su biología, anatomía, hematología básica, reproducción, sanidad, hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales, criopreservación de gametos y manipulación de su ciclo reproductivo bajo condiciones de cautiverio, pero muy pocos se han dedicado al conocimiento de su composición genética (Pineda-Santis et al., 2004) y ninguno ha evaluado la respuesta genética en programas de selección.

En el área de la alimentación se pueden mencionar estudios de sustitución de dieta con proteína vegetal (Murillo et al., 2003), como torta de soya (López, 1994) y Azolla (Sanabria, 1994); evaluación de las exigencias de proteína (32%), carbohidratos como fuente de energía y lípidos (4%) (Vásquez-Torres et al., 2002). Adicionalmente se han evaluado los efectos productivos en policultivo con otras especies (Torres, 1989). Los estudios morfológicos, solamente se han centrado en la descripción macro y microscópica del bazo (Herrera et al., 1996), la descripción del tejido sanguíneo (Eslava et al., 1995), la organización general del sistema circulatorio (Pardo-Carrasco, 1999) y establecer el comportamiento fenotípico de la característica espina intramusculares (Mesa-Granda et al., 2004). Las investigaciones en reproducción han generado conocimientos en la inducción de ovulación y desove (Muñoz et al., 1989), espermiación inducida y congelación de semen (Fresneda et al., 2004; Martino, 1994).

En nuestro medio aún no se ha realizado una caracterización morfométrica de la especie (*Piaractus brachypomus*), ni se conocen sus características cuantitativas esqueléticas, resultado indispensable para estimar el desempeño genotípico de algunas características como el número de espina intramusculares 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 del pescado, ya que las espina intramusculares (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 detección de las EIMT por el consumidor, presenta también dificultades, debido a su sabor por la mayor proporción 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.

Este estudio pretendió establecer el desempeño fenotípico de caracteres morfométricos y merísticos óseos, en animales de diferentes edades de cachama blanca; determinar las correlaciones entre características y definir la influencia de la edad en su comportamiento. Los resultados contribuirán al estudio taxonómico, genético y zootécnico de una especie promisoría para el desarrollo de nuestros sistemas de producción acuícolas.

Experiencias de investigación

Todas las poblaciones analizadas fueron obtenidas de las instalaciones de la Estación piscícola de San José del Nus (Municipio de San Roque), perteneciente a la Dirección 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 2200 mm anuales, ubicada en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque muy húmedo PreMontano (bmh-PM). Las condiciones de los estanques, con pocas variaciones durante el año, fueron: O₂: 6,5 mg/L CO₂: 11 mg/L; NH₃: 10,8 mg/L; pH: 7,5; alcalinidad: 4,2; turbidez: 25-30 cm.

Los trabajos realizados buscaban fundamentalmente responder a objetivos específicos de caracterización ósea y morfométrica de la cachama blanca. En el primer ensayo se planteó para estandarizar el método de Rayos X para la cuantificación de las variables óseas, incluida espina intramusculares totales (EIMT). Se tomaron 33 ejemplares comerciales de 12 meses de edad, con pesos promedio de 1341,03 ± 253,56 g. y oscilaciones entre 802 y 1807 g, los cuales fueron radiografiados para identificar los componentes esqueléticos y posteriormente diseccionados para

correlacionar los hallazgos de los dos métodos y establecer la confiabilidad de la técnica de Rx, encontrándose un 81% de confiabilidad quizá por el grado de osificación en ejemplares que no han adquirido su talla definitiva y por lo tanto los cristales de hidroxiapatita que es la que determina su mineralización y radiopacidad (Ascenzi et al., 1985; Erts et al., 1994; Bigi et al. 1998, Roy et al., 2001), ocasionando así un 19% de margen de error.

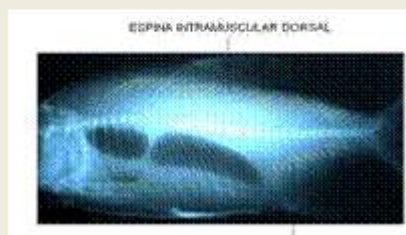
Este ensayo permitió estructurar las hipótesis de trabajo en cuanto a la variabilidad fenotípica de la característica EIMT y su correlación con otras variables óseas merísticas y morfométricas.

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

Variable	No ejemplares	Media	Mediana	Moda	Chef. Var.	Mínimo	Máximo
EIMDD*	Total población (124)	27,88 ± 1,72	28	27	6.21	24	32
EIMVD*		11,46 ± 1,04	12	11	9.10	8	14
EIMT	Total población (124)	78.67 ± 4,98	78	78	6.34	64	88
	Hembra (11)	78.72 ± 3.49	78	72	4.43	72	86
	Macho (18)	78.33 ± 5.19	78	76	6.62	70	86

Por la técnica de rayos X se determinó el número de EIMT en 78.67±4.97 con una moda de 78, teniendo mayor variabilidad machos que hembras (CV=6.62). Un 71% de éstas se encuentran distribuidas en la musculatura epiaxial y un 29% en la hipoaxial. Igualmente se encontró que existen en la población ejemplares con número de espinas entre 64 y 88, diferente a lo reportado en animales de un año donde el rango estuvo entre 68 y 80 EIMT (Mesa-Granda et al., 2004). Aun cuando los animales pertenecen todos a la misma granja, existe mayor número de espinas en adultos al igual que su rango, lo que induce a pensar que los animales comerciales fueron descendientes de parentales con bajo número de EIMT, obteniéndose una ganancia genética en el grupo de jóvenes (Cardelina, 1987), lo que explica el rango menor en la presentación de los datos. Por lo tanto es necesario estimar el coeficiente de heredabilidad y la intensidad de 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.

No se encontró diferencia significativa en cuanto al número de EIMT para machos y hembras (p>0.05) en la población evaluada. La diferenciación sexual para sexos se hizo durante el período de reproducción, con base en los ejemplares que fueron inducidos y que previamente habían sido identificados con microchip y evaluados morfométrica y merísticamente.



En un siguiente ensayo se pretendió caracterizar y correlacionar las variables morfométricas para definir factores fenotípicos de acuerdo a la talla y la edad, que permitieran la selección de ejemplares con mejor desempeño productivo. Se utilizaron 3 poblaciones de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) de diferentes etapas productivas (150 reproductores de 7 años, 33 ejemplares comerciales de 12 meses y 203 juveniles de 5 meses).

Para esto, se evaluaron 27 variables morfométricas Peso (P), LT (Longitud total), LE (Longitud estándar), ACPO (Ancho del cuerpo), LC (Longitud de la cabeza), AC (Altura de la cabeza), AO (Altura del opérculo), LP (Longitud predorsal), AAD (Altura de la aleta dorsal), LBAD (Longitud base de la aleta dorsal), DADAAD (Distancia de la aleta dorsal-aleta adiposa), AAAD (Altura aleta adiposa), LBAAD (Longitud base aleta adiposa), DAADAC (Distancia aleta adiposa-aleta caudal), LAC (Longitud aleta caudal) LPC (Longitud pedúnculo caudal), APC (Ancho pedúnculo caudal), DACAAN (Distancia aleta caudal-aleta anal), AAAN (Altura aleta anal), LBAAN (Longitud base aleta anal), DAANAP (Distancia aleta anal-aleta pélvica), AAP (Altura aleta pélvica), LBAP (Longitud base aleta pélvica), DAPAPE (Distancia aleta pélvica-aleta pectoral), AAPE (altura aleta pectoral), LBAPE (Longitud base aleta pectoral), LPAN (Longitud preanal). Las variables fueron medidas con un ictiómetro digital (0,001 mm), excepto para la Longitud Estándar, que se midió con un ictiómetro

convencional, de acuerdo al protocolo utilizado por Pineda et al.(2002) utilizado en Cachama Negra (*Colossoma macropomum*).

Se realizó un análisis descriptivo, se determinó la normalidad de los datos y se establecieron correlaciones entre las variables (correlación de Spearman), para definir la asociación entre características. Se agruparon las variables en 3 grupos: cabeza, aletas, talla lo cual fue definido de acuerdo a la correlación que presentaron las variables y se procedió a aplicar una prueba t para muestras con varianzas desiguales con p

Se relacionaron las variables de cabeza como son altura de la cabeza (AC) y Longitud de la cabeza (LC), altura de la cabeza (AC) y Longitud estándar (LE) encontrándose que en el lote comercial los ejemplares presentan 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 ($p > 0.05$). En los reproductores la longitud de la cabeza juega un papel importante para la época de reproducción (Rojo, 1988), ya que estos animales requieren remontar corrientes de ríos caudalosos como el Orinoco y el Amazonas (Espejo, 1984), para lo cual requieren una cabeza más larga que alta para romper la corriente, este aspecto se confirma al comparar la longitud de la cabeza (LC) con la longitud estándar (LE) en la cual se evidencia que en los reproductores esta proporción disminuye con relación a los lotes comercial y juvenil, concluyéndose que la longitud de la cabeza (LC) en los reproductores es mayor.

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), encontrándose diferencias significativas en los 3 grupos poblacionales, siendo más pequeña la proporción AO/LE en reproductores (0.24 ± 0.04), con relación a los juveniles (0.36 ± 0.03).

De acuerdo a los resultados de las correlaciones se definió que PESO está asociado con LT, LE, ACPO, LC, AC, AO, LP, APC, LPAN, LBAD, LBAAN, y todo el grupo de variables se podrían denominar talla del ejemplar, de lo cual se concluye que en un animal adulto en etapa de reproducción la LE equivale al 15% del peso vivo, mientras en juveniles se tienen ejemplares más largos que pesados, ya que es un animal que está desarrollando sus tejidos de sostén representados en sistema esquelético y tegumentos, desarrollo que va siendo menos importante hacia los 6 meses de vida, y donde la ganancia de músculo aún es significativa, acompañada de una buena conversión alimenticia.

La longitud total (LT) está definida por Longitud estándar (LE) y longitud de aleta caudal (LAC), encontrándose un desarrollo definitivo en adultos y en animales comerciales de 12 meses, mostrando una proporción de 90% LT sobre LT, el 10% corresponde al desarrollo de la aleta caudal que tiene como función la propulsión del pez. Un animal adulto y más pesado requiere un órgano propulsor de mayor desarrollo que un ejemplar que tiene más longitud que peso.

ACPO, LP, LPAN, son variables que se describen desde el plano transversal y diagonal, las cuales disminuyen en su proporción con relación a la longitud estándar (LE) en animales adultos, sugiriendo que animales adultos se muestran más anchos, ya que existe desarrollo de la musculatura epiaxial e hipoaaxial (Rojo, 1988) que da una apariencia de globo característica de los Charácidos como la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Las aletas cumplen funciones de maniobrabilidad y propulsión (Rojo, 1988). En los charácidos se tiene una aleta dorsal que es simétrica en su longitud como en su altura. En animales adultos esta tiene más longitud de su base que altura, encontrándose diferencia entre reproductores y animales comerciales y juveniles ($p < 0.05$), lo que evidencia que el ejemplar requiere tener una aleta con base que altura para tener mejor desempeño en la columna de agua en la búsqueda de alimento de acuerdo a su posición hidrostática.

La aleta anal ocupa la mitad del área ventral, que va desde el orificio urogenital hasta el pedúnculo, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en animales reproductores y animales juveniles sugiriendo que esta se va desarrollando a medida que el pez crece y gana talla. Las aletas pélvicas y pectorales con bilaterales, con una inserción subcutánea, las cuales le sirven al pez para dar equilibrio y para la actividad de nado. Estas son más altas que largas; en animales adultos son más incipientes que en animales jóvenes.

Para confirmar si verdaderamente existe una relación entre características y definir los diferentes factores de agrupación, se realizó un análisis de componentes principales, que de acuerdo al conocimiento biológico se puede definir cada factor (6 en total con un 87%, 95% y 91% en reproductores, comerciales y juveniles respectivamente).

Factor 1: Se define como TALLA DEL ANIMAL, la cual estará compuesta por las características de: PESO, LT (longitud total), LE (Longitud estándar), ACPO (Ancho del cuerpo), LC (Longitud de la cabeza), AC (Altura de la cabeza), AO (altura del opérculo), LP (Longitud predorsal), LBAAN (Longitud base de la aleta anal), LP (Longitud pre-anal), APC (Ancho pedúnculo caudal), LBAAN (Longitud base aleta anal), LPAN (Longitud preanal).

Entre estas variables existe una asociación directa, por lo tanto se podría concluir que a medida que el animal aumenta de talla, estas variables igualmente lo hacen.

Factor 2: Se define como INSTRUMENTOS DE DESPLAZAMIENTO Y EQUILIBRIO DEL ANIMAL, el cual está conformado por las variables: LC (Longitud de la cabeza), LAC (Longitud aleta caudal), LPC (Longitud pedúnculo caudal), LBAD (Longitud base aleta Dorsal), LBAAN (Longitud base aleta anal).

Factor 3: Se define como INSTRUMENTOS DE MANIOBRA, puede considerarse un subcomponente del factor anterior. Igualmente el factor 4, 5 y 6 tiene elementos que tienen que ver con las funciones de flotación o nado y maniobra. Por lo tanto se puede concluir que el tamaño de las aletas y la relación de distancia entre ellas permiten un comportamiento de movimiento en el animal. De acá es necesario en otro análisis buscar relaciones entre talla del animal e Instrumentos de desplazamiento y equilibrio.

Auder et al, 2002, sostienen que las aletas dorsal, anal, caudal y medias cumplen un importante papel en la locomoción, durante el nado y la maniobra en el agua en la búsqueda de alimento.

Como resultados de esta fase de investigación se encontró que había diferencia significativa (p

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).

En un tercer propósito fueron evaluadas 8 variables merísticas óseas del esqueleto axial mediante radiografía, 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). Del esqueleto apendicular se evaluaron: Número de radios de aleta dorsal (RAD), Número de radios de aleta anal (RAAN), número de radios de aleta caudal (RAC). Estas variables fueron evaluadas en el grupo de animales comerciales (33) y en el grupo de reproductores (150).

Las variables merísticas al ser evaluadas por análisis de componentes principales presentaron desempeño similar en los dos grupos evaluados (reproductores y comerciales), excepto para número VERT que fueron menores en adultos (con moda de 33 y 36 respectivamente) por osificación de las últimas 3 vértebras con la aleta caudal. Existe mayor número de EIMT en adultos (con moda de 77 y 74 respectivamente) y mayor coeficiente de variación, 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. Si se comparan estos resultados con lo obtenido por Moav et al., 1975 que midió la variabilidad de las espinas intramusculares en carpa común (Ciprino Carpio), se encuentra que la cachama blanca aunque tiene un tamaño superior a este ciprinido presenta menor cantidad de número de EIMT (77 en adulto frente a 99 en carpa).

En los ejemplares de mayor talla, las variables óseas tienen mayor relación que en los ejemplares de menor talla como los comerciales, indicando que estas son características que sirven de sostén de la voluminosa contextura de la especie, resaltando el valor de $r=0.33$ de la EIMT con relación a la LE. Las demás variables merísticas presentaron igualmente asociaciones entre ellas con un coeficiente de correlación entre $0.3 < r < 0.5$, que permitirían indicar la función el sostén longitudinal y/o transversal en los cuales participan.

Al evaluar las variables merísticas óseas por medio de componentes principales se encontraron 6 factores que determinan las relaciones entre variables (87% en reproductores, y 71% en comerciales) compuestos por las siguientes variables:

Factor 1. Definido como SOSTÉN LONGITUDINAL, conformado por las variables VERT, APOD y APOV, las cuales presentan una relación directa entre ellas. El factor 2 igualmente presenta una relación similar, pudiéndose concluir que puede ser clasificado como sostén longitudinal.

Factor 3. Definido como SOSTÉN TRANSVERSAL, conformado por las variables RAD, RAA, RAC, CD, que igualmente presentan una relación directa entre ellas. El factor 4, 5 y 6 tienen el mismo comportamiento. Se puede definir entonces dos grandes factores que tienen relación con el sostén longitudinal y sostén transversal.

En la variable EIMT, con los ejemplares reproductores se definieron 3 conglomerados de acuerdo a unos intervalos de confianza ("alto", "medio" y "bajo" número de EIMT), en los cuales se realizaron análisis de cluster teniendo presente los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales para las variables morfométricas y óseas merísticas. Se definieron entonces animales con 64-72 (13.11%) como conglomerado con "bajo" número de EIMT; animales con 73-81 (54%) como conglomerado con "medio" número de EIMT; y animales con 82-88 (32.79%) como conglomerado con "alto" número de EIMT; encontrándose que la mayor frecuencia se encuentra en el conglomerado "medio" número de EIM.

En estos 3 grupos se realizó análisis de cluster por medio de GLM para así determinar el comportamiento de la EIMT de acuerdo a los factores definidos anteriormente como talla, desplazamiento y maniobrabilidad (cabeza, aletas), de sostén longitudinal y de sostén transversal (ver cuadro resumen).

Como puede observarse en el cuadro siguiente, el factor talla presenta una alta confiabilidad en el cluster creado ($R^2=99\%$, $p < 0.0005$) para ejemplares con "bajo", "medio" y "alto" número de EIMT; sin embargo para los otros dos factores cabeza y aletas, las correlaciones no presentaron asociaciones fuertes, ni tendencias definidas. Por lo tanto se puede concluir que las variables que están asociadas al cluster están altamente asociadas al número de EIMT; a mayor talla mayor número de EIMT.

Para las variables óseas merísticas donde se definieron dos grandes factores mediante análisis de componentes principales (sostén longitudinal y sostén transversal), se encontró para la misma clasificación de EIMT, que las asociaciones sólo fueron altamente significativas para las referidas al factor de sostén longitudinal en el caso de "bajo" número de EIMT ($R^2=97\%$, p

Tabla 2 (Resumen). Análisis de cluster 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 (>81 EIMT)		
		Media	R2	Pr > F	Pr > F	Media	R2	Pr > F	Pr > F	Media	R2	Pr > F
Peso	Talla	70.37	0.99	0.0001	0.0026	77.6	0.967	<.0001	0.4300	84.3	0.989	<.0001
LE					0.0446				0.72000			
ACPO					0.0700				<.0001			
LBAD					0.0002				0.8067			
LBAAN					<0.0001				0.8011			
APC					0.0003				0.0063			
LAC					0.0665				0.9110			
LP					0.0036				0.7825			
LPAN					0.0047				<.0001			
AO					0.4213				0.7859			
LC	Cabeza	0.30	0.21	0.0731	77.6	0.09	0.0948	0.0200	84.3	0.047	0.6169	
AC				0.4656				0.3495				
LBAD				0.4810				0.8516				
LBAAN	Aletas	0.27	0.266	0.0717	77.6	0.0007	0.9942	0.9399	84.3	0.14	0.1207	
LAC				0.8202				0.9379				
VERT				0.5831				0.5074				
APOD	Sostén longitudinal	0.16	0.5695	0.8613	77.6	0.009	0.8962	0.7042	84.3	0.063	0.4955	
APDV				0.2117				0.9247				
RAD				0.7572				0.2076				
RAC	Sostén transversal	0.067	0.9814	0.6579	77.6	0.0524	0.6977	0.9729	84.3	0.028	0.9464	
RAA				0.9962				0.7839				
CD				0.8609				0.4858				

Conclusiones

Se podría concluir entonces que la EIMT es necesaria para sostener la musculatura desarrollada que juega un papel importante en las migraciones de la especie remontando ríos caudalosos como los propios de su hábitat (Orinoco y Amazonas) y por lo tanto si se tienen estos ejemplares en cautiverio no sería necesario un esqueleto tan desarrollado (especialmente EIMT). Por lo tanto 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, pues presentaría menos espinas que limitan el consumo por parte de la población humana.

Igualmente se concluye que existe variabilidad en el número de EIMT, 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 calcularla y hacer seguimiento de ganancia genética por selección divergente.

Bibliografía

- Ascenzi A, Bigi A, Koch MH, Ripamonti A y Roveri N. A low angle X-ray diffraction analysis of osteonic inorganic phase using synchrotron radiation. *Calcif. Tissue Int.* 1985;37:659-664.
- Auder G, Nauen J y Drucker E. Experimental Hydrodynamics and Evolution: Function of Median Fins in Ray-finned Fishes. *Integr.Comp.Biol.*, 42:1009-1017 (2002).
- Bigi A, Cacchioli A, Fichera AM, Gabbi C, Koch MH et al. X-ray diffraction and polarizing optical microscopy investigation of structural organization of rabbit tibia. *J. Biomed. Mater. Res.* 1998;41:289-295.
- 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.
- 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.
- Eslava et al. Hematología básica de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista MVZ, Unillanos.* 1995;1(1):3-5.
- 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.
- Fresneda A, Lenis G, Agudelo E, Olivera-Angel M. Espermiación inducida y crioconservación de semen de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev. Col. Cienc. Pec.* Vol 17: Suplemento, 2004; 46-52.
- 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.
- Herrera DC, Eslava PE, legui CA. Aspectos de anatomía macro y microscópica del bazo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista ACOVEZ.* 1996;21(1):16-21 Torres, 1996.
- López I. evaluación de la digestibilidad aparente de la torta de soya *Glycine max (L)* como ingrediente principal para

cachama blanca *Piaractus brachypomus*. VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura. V Seminario nacional de Acuicultura. La acuicultura y el desarrollo sostenible. Santa Fe de Bogotá. Colombia. Octubre 25-28. 1994, p 357-365.

Martino G. Ensayos preliminares sobre criopreservación de esperma de cachama *Colossoma macropomum* y Morocoto *Piaractus brachypomus*. 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. 354 – 356.

Mesa-Granda, M; Cero, M, Olivera-Angel Martha and Botero-Aguirre, M. Rayos X: Herramienta de cuantificación de espinas intramusculares en Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). II Congreso Nacional de Acuicultura. Villavicencio-Meta 28 de Octubre de 2004.

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.

Muñoz D, Vásquez W, Cruz PE. Inducción de la ovulación y el desove de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con buserelina LH-RH análogo. III Reunión Red Nacional de Acuicultura. Editores: Iván Rey C y Rocío Puente S. Cali, Nov 1989, p 111-117.

Murillo R, Guevara S, Ortiz A. Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, Villavicencio – Meta. rimupa@yahoo.com. (30 de octubre de 2003).

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.

Pardo-Carrasco S, Atencio V, Arias A. Contribución al conocimiento del aparato circulatorio de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev. Asoc. Colombiana de Ictiología*. 1999; 3:63-68.

Pineda H, Restrepo L, Olivera M. Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. *Revista AquaTIC* nº 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.

Roy ME, Nishimoto SK, Rho JY, Bhattacharya SK, Lin JS, et al. Correlations between osteocalcin content, degree of mineralization in fish and shellfish. *Aquaculture* 2001; 33:51-72.

Sanabria AI. Evaluación de la digestibilidad aparente de la Azolla foliculoides como ingrediente principal en la formulación de dietas en alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura. V Seminario nacional de Acuicultura. La acuicultura y el desarrollo sostenible. Santa Fe de Bogotá. Colombia. Octubre 25-28. 1994, p 365-377.

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.

Vásquez-torres W, Pereira M, Arias A. Exigencias de proteínas, carbohidratos y lípidos en dietas para juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. VIII jornadas de Acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio. 1 Noviembre 2002, p 7-23.

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