

HEMATOLOGÍA Y QUÍMICA SANGUÍNEA DE JUVENILES DE RUBIO (*Salminus affinis* PISCES: CHARACIDAE) DEL RÍO SINÚ

Hematology and Blood Chemistry of Juveniles Rubio (*Salminus affinis* Pisces: Characidae) Captured in the River Sinú

VÍCTOR ATENCIO-GARCÍA¹, M.Sc.; FERNANDO GENES LÓPEZ¹, Profesional en Acuicultura; DIANA MADARIAGA MENDOZA¹, Profesional en Acuicultura; SANDRA PARDO CARRASCO^{2*}, Ph. D.

¹Centro de Investigación Piscícola, Universidad de Córdoba, CINPIC, Montería, Córdoba, Colombia.

²FCA/DPA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

*Autor para correspondencia: sandrapardocarrasco@hotmail.co

Carrera 59A No. 36-20, bloque 50, Medellín, Antioquia, Colombia.

Presentado 28 de mayo de 2007, aceptado 22 de julio de 2007, corregido 29 de agosto de 2007.

RESUMEN

Rubio *Salminus affinis* es un pez reofílico, distribuido en ríos de Colombia y Ecuador. Se estudiaron características hematológicas y química sanguínea buscando generar información básica para desarrollar tecnologías de producción piscícola. Fueron examinados diez rubios juveniles aparentemente sanos ($117,5 \pm 38,6$ g de peso y $17,6 \pm 3,3$ cm de longitud total) capturados en el río Sinú. Los peces se tranquilizaron durante cinco minutos en agua a 18°C y se tomaron 2 mL de sangre por vacutecnia con EDTA (Vacuette®, Greiner Bio-one, USA). La química se determinó utilizando reactivos para cada parámetro (ByoSystems SA, España) y el hemograma se desarrolló con técnicas tradicionales, a excepción del recuento total de leucocitos y trombocitos en el que se utilizó el reactivo de Natt y Herricks. Los frotis sanguíneos fueron teñidos con Wright y en ellos se determinaron las dimensiones celulares. El recuento total de eritrocitos fue $2,2 \pm 0,4 \times 10^6/\text{mm}^3$, los trombocitos $25,4 \pm 4,4 \times 10^3/\text{mm}^3$ y los leucocitos fueron estimados en $6,1 \pm 2,0 \times 10^3/\text{mm}^3$. El conteo diferencial de leucocitos fue $68,8 \pm 5,9\%$ linfocitos, $28,5 \pm 5,2\%$ neutrófilos, $2,1 \pm 0,9\%$ monocitos, $0,4 \pm 1,3\%$ basófilos y $0,2 \pm 0,4\%$ eosinófilos. La hemoglobina en $12,53 \pm 2,2$ g/dL y el hematocrito $36,2\%$. Los índices eritrocitarios: volumen corpuscular medio (VCM) $163,8 \pm 22,6$ fL, concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) $35,0 \pm 7,5$ g/dL y hemoglobina corpuscular media (HCM) de $58,5 \pm 19,7$ pg. Las proteínas totales fueron $3,8 \pm 5,9$ g/dL, glucosa $128,9 \pm 21,9$ mg/dL, colesterol $277,8 \pm 92,7$ mg/dL, triglicéridos $192,0 \pm 109,1$ mg/dL y albúmina $2,0 \pm 0,3$ g/dL. Los resultados sugieren que las características hematológicas de rubio están en el rango reportado para peces neotropicales aparentemente sanos.

Palabras clave: hematología, química sanguínea, *Salminus affinis*, peces neotropicales, leucocitos.

ABSTRACT

Rubio *Salminus affinis* is distributed in Colombia and Ecuador rivers. To develop new technologies of fishery production, hematological and blood chemistry of 10 juvenile Rubios captured in Sinú river, apparently healthy were examined (117.5+38.6 g of weight and 17.6+3.3 cm of total length). Fishes were calmed during five minutes in water at 18 °C and 2 mL of blood samples were taken in EDTA (Vacuette®). The chemistry was determined using ByoSystems INC (Spain), reagents and blood count were developed with traditional techniques with the exception of total leukocyte and thrombocyte for which the reagent of Natt and Herricks was used. The blood smears were dyed with Wright and cellular dimensions were determined. The total erythrocytes were of $2.2+0.4 \times 10^6/\text{mm}^3$, thrombocytes $25.4+4.4 \times 10^3/\text{mm}^3$ and leukocytes were estimated in $6.1+2.0 \times 10^3/\text{mm}^3$. The differential count of leukocytes were of 68.8+5.9% Lymphocytes, 28.5+5.2% neutrophils, 2.1+0.9% monocytes, 0.4+1.3% basophils and 0.2+0.4% eosinophils. The hemoglobin in 12.53+2.2 g/dL, and the hematocrit 36.2%. The erythrocyte index: Mean corpuscular volume (MCV) 163.8+22.6 fL; mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) 35.0+7.5 g/dL and mean corpuscular hemoglobin (MCH) 58.5+19.7 pg. Total proteins were 3.8+5.9 g/dL, glucose 128.9+21.9 mg/dL, cholesterol 277.8+92.7 mg/dL, triglycerides 192.0+109.1 mg/dL and albumin 2.0+0.3 g/dL. The results suggest that the hematological characteristics of Rubio are in range for neotropical apparently healthy fishes.

Key words: *Salminus affinis*, haematology, blood chemistry, freshwater fish; hematocrit; leucocytes.

INTRODUCCIÓN

El rubio (*Salminus affinis* Steindachner 1880) se distribuye en Colombia en las cuencas de los ríos Magdalena, San Jorge, Sinú, Cauca, Cesar y Ranchería y en Ecuador en el río Santiago (Lima *et al.*, 2003). Mojica *et al.* (2002) lo catalogaron como una especie vulnerable a la extinción en la cuenca del río Magdalena por la fuerte presión pesquera que ha sufrido este recurso y anotaron que su situación en la cuenca del río Sinú merece especial atención en virtud de los cambios introducidos por la construcción y operación de la Hidroeléctrica Urrá (HU). Entre los principales impactos ocasionados por la HU, sobre las especies reofílicas, se destacan: interrupción de la migración reproductiva, pérdida de las áreas de maduración y desove aguas arriba, alteración de la calidad del agua en las áreas de maduración y desove aguas abajo y pérdida del potencial reproductivo (Atencio-García, 2000). En atención a esta situación, es de interés estudiar los aspectos básicos de su biología para avanzar en el desarrollo de tecnologías de producción en cautiverio, intentando su recuperación y cultivo (Mejía y Navarro, 2006; Pardo-Carrasco *et al.*, 2007; Hernández-Muñoz, 2007; Lozano-Pérez, 2007); aunque desde inicios de la década del 70 Dahl (1971) la señaló como una especie con potencialidad para la piscicultura continental colombiana. Conocer la hematología de los peces es de importancia para el conocimiento del estado sanitario de las poblaciones naturales de peces (Adhikari *et al.*, 2004) pero

también resulta de interés para el manejo nutricional en cautiverio; ya que puede ser evaluada la interacción entre los nutrientes buscando los mejores beneficios para la especie; así como en toxicología la presencia de tóxicos y sus efectos hematológicos (Lim *et al.*, 2000). Affonso *et al.* (2002) señalan su uso en estudios ambientales para la determinación de sustancias contaminantes como agentes estresantes para peces y Martins *et al.* (2000) reportan que en sangre puede ser medido el estrés generado durante los procesos de confinamiento, captura y manipulación, contribuyendo a establecer protocolos menos perturbadores para los peces. Todo lo anterior se constituye en valiosa información para el desarrollo de tecnologías de producción en los campos de la nutrición, la reproducción y la sanidad. La escasez de información sobre las constantes hematológicas básicas en peces tropicales de América del Sur limita su uso en todas las áreas relacionadas anteriormente. Por tanto este estudio tiene como propósito ofrecer información sobre la hematología y algunos valores de química sanguínea de juveniles de rubio como una herramienta valiosa para el establecimiento de los controles sanitarios que favorezcan el desarrollo piscícola de esta especie, así como información básica de la especie que contribuya con futuros estudios ambientales.

METODOLOGÍA

Los peces analizados fueron capturados con atarraya en la parte baja del río Sinú entre marzo y diciembre de 2005 y trasladados en una hora en un tanque con aireación, al laboratorio de Sanidad Acuícola del Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba (CINPIC, Montería, Colombia) donde permanecieron en tanques de concreto de 2.000 L entre 48 y 72 horas, con agua del río Sinú, con el propósito de reducir los efectos del estrés generado por la manipulación y cambio de ambiente. Las condiciones del agua en los tanques de adaptación al cautiverio, como oxígeno disuelto (7 ± 1 mg/L), temperatura (28 ± 2 °C), pH ($7\pm0,5$), dureza (50 ± 10 mg/L), alcalinidad (80 ± 10 mg/L) y amonio total (menor de 0,1 mg/L) se mantuvieron dentro del rango confort para las especies de la cuenca del río Sinú (Atencio-García, 2001). Para la extracción de la sangre los animales fueron tranquilizados en agua a 18 °C durante cinco minutos. Se utilizó vacutecnia, puncionando el paquete vascular caudal a una altura media entre la línea lateral y la base media de la aleta anal, se extrajeron 2 mL de sangre y fue recibida en tubos para vacutecnia con anticoagulante EDTA (Vacuette®, Greiner Bio-one, USA). Posteriormente la sangre fue dividida en dos porciones, una de ellas se dejó completa para hacer el hemograma y la otra porción se centrifugó a 12.000 rpm durante cinco minutos para la extracción del plasma en el cual se determinó la química sanguínea.

El recuento total de eritrocitos, leucocitos y trombocitos se realizó en cámara de Neubauer de $0,0025\text{ mm}^2$ (Optic Labor, Alemania), para el conteo de eritrocitos se utilizó como diluyente solución salina fisiológica y para trombocitos y leucocitos se utilizó el reactivo de Natt-Herrick (Conroy, 1998), en ambos casos la dilución fue de 1:200. Se determinaron hematocrito (Ht) en microcentrifuga; hemoglobina (Hb) con el reactivo de Drabkin siguiendo la metodología de la cianometahemoglobina y leyendo en espectrofotómetro a 546 nm y los índices eritrocíticos volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina

corpuscular media (CHCM), aplicando las fórmulas descritas por Conroy y Conroy (1987). Para realizar el recuento diferencial de leucocitos se hicieron frotis sanguíneos teñidos con coloración tipo Romanowsky (Wrighth) (Conroy y Conroy, 1987). Se tomaron fotografías de cada tipo celular con ayuda de un microscopio óptico (Carl Zeiss, Axioestar 4.3, Alemania) con cámara fotográfica digital incorporada (Canon Power Shot G5, Japón) y las mediciones celulares se realizaron con un analizador de imágenes (Carl Zeiss, AxioVisión 4.3, Alemania). Glucosa, proteína total, triglicéridos, colesterol y albúmina fueron determinados utilizando reactivos para cada parámetro del laboratorio Biosystem SA (España). Las lecturas, por separado para cada parámetro, se realizaron por medio de un analizador de química (Awareness Technology Inc. Stat Fax 3300, Alemania) a longitudes de onda de 500 nm para glucosa, colesterol y triglicéridos, 545 nm para proteína total y 630 nm para albúmina, de acuerdo con las indicaciones del fabricante para cada parámetro.

RESULTADOS

Solo fue posible examinar diez rubios juveniles debido a la dificultad para capturar ejemplares de esta especie en la cuenca del río Sinú, los cuales presentaron valores promedio de $19,63 \pm 3,3$ cm de longitud total y $117,5 \pm 38,6$ g de peso. El sexo no fue determinado por cuanto los ejemplares no fueron sacrificados y no se observó dimorfismo sexual en la talla analizada. Los ejemplares analizados se observaron aparentemente sanos presentando nado en línea horizontal y equilibrada, color de la piel normal, aletas caudal y anal roja y branquias de color rojo brillante. En la tabla 1 se presentan los resultados del hemograma para rubio. Los eritrocitos son las células sanguíneas más abundantes representando el 98,8%. Estas células se caracterizaron por presentar forma ovoide y núcleo de igual apariencia; el cual se encontró en el centro de la célula formado por una masa compacta de cromatina; el citoplasma es homogéneo, acidófilo y ocupa gran parte de la célula, presentando una relación en área de 4,5 (citoplasma/núcleo). El área celular se estimó en $73,2 \mu\text{m}^2$ por lo que se puede considerar una célula de tamaño medio con respecto a las otras (Fig. 1A).

Los trombocitos fueron el 1,1% del total de las células sanguíneas. Son usualmente pequeños con formas que varían de redondas a fusiformes, pero con predominancia de estas últimas. El núcleo es frecuentemente largo siguiendo el contorno de la célula y esparcido en el citoplasma; el cual fue escaso, poco visible y sin granulaciones. La relación citoplasma/núcleo fue de 0,8 y el tamaño celular se estimó en $41,7 \mu\text{m}^2$ considerándose la célula sanguínea más pequeña (Fig. 1B). Los linfocitos representaron el mayor porcentaje del grupo de las células blancas (68,8%); son células de tamaño y forma variables, observándose pequeñas, grandes, redondas y ligeramente redondas; citoplasma escaso agranular, frecuentemente irregular y basófilo. El núcleo es grande, ocupa gran parte de la célula y la relación citoplasma/núcleo fue de tres. El área celular se estimó en $50,5 \mu\text{m}^2$ (Fig. 1C). Los monocitos representaron el 2,1% de las células blancas, de mayor tamaño que los linfocitos, son células esféricas cuyo núcleo presenta forma variable entre redonda y ovalada y es frecuente observar una ligera invaginación en forma de riñón; la cromatina se encontró un poco dispersa.

Parámetros	Promedio	Máximo	Mínimo	DS	CV
Eritrocitos (cel $\times 10^6/\text{mm}^3$)	2,2	2,9	1,5	0,4	17,8
Hemoglobina (g/dL)	12,5	17,2	10,5	2,2	17,7
Hematocrito (%)	36,2	43	30	4,0	11,0
VCM (fL)	163,8	197,4	136	22,6	13,8
HCM (pg)	58,5	94,1	38,6	19,7	33,7
CHCM (g/dL)	35,0	47,8	26,3	7,5	21,5
Trombocitos (cel $\times 10^3/\text{mm}^3$)	25,4	31,0	18,0	4,4	17,1
Leucocitos (cel $\times 10^3/\text{mm}^3$)	6,1	9,0	3,9	2,0	32,2
Linfocitos (%)	68,8	79	62	5,9	18,1
Neutrófilos (%)	28,4	34	19	5,2	18,1
Monocitos (%)	2,1	4	1	0,9	41,7
Basófilos (%)	0,4	4	0	1,3	316,2
Eosinófilos (%)	0,3	1	0	0,5	210,8

Tabla 1. Hemograma de juveniles de rubio *S. affinis* capturados en el río Sinú (DS, desviación estándar; CV, coeficiente de variación).

Se estimó una relación citoplasma/núcleo de dos. El citoplasma presentó aspecto basófilo y vacuolas en su interior fueron evidentes. El área celular fue de $85,9 \mu\text{m}^2$ (Fig. 1D). Los basófilos representaron el 0,4% de los leucocitos, de forma redonda, con citoplasma basófilo debido a la presencia de gránulos esféricos oscuros que generalmente cubren el núcleo; el cual se mostró excéntrico y presentó una relación citoplasma/núcleo de 3,7. Presentaron un área de $103,7 \mu\text{m}^2$ resultando en las células de mayor tamaño (Fig. 1E). Los neutrófilos son el segundo grupo de leucocitos más abundante (25,8 %), se presentaron de forma redonda y semirredonda; el núcleo se encontró excéntrico, redondo, segmentado, generalmente bilobulado, con cromatina ligeramente compactada. La relación del citoplasma/núcleo fue de 1,7. El citoplasma presentó basofilia y gránulos redondos que se tiñeron poco. El área celular se estimó en $89,4 \mu\text{m}^2$ (Fig. 1F). Los eosinófilos fueron las células sanguíneas de menos abundancia (0,2%), morfológicamente se observaron redondas y relativamente grandes, su núcleo es excéntrico, a menudo bilobulado. Se caracterizaron por un citoplasma con presencia de gránulos alargados numerosos y eosinofílicos (Fig. 1G). La Tabla 2 muestra las mediciones de largo, ancho y área de la célula del núcleo y del citoplasma de cada una de los diferentes tipos de células de *S. affinis*; mientras que la Tabla 3 registra los valores de los parámetros químicos en la sangre periférica del rubio en condiciones aparentemente normales y procedentes de su ambiente natural.

DISCUSIÓN

Los estudios hematológicos de las diferentes especies de peces son de interés fisiológico y ecológico, en virtud que posibilitan entender la relación entre las características sanguíneas con variables como sexo, estadio gonadal, estrés, filogenia, actividad física, hábitat y adaptabilidad al ambiente (Larson *et al.*, 1976; Rambhaskar y Srinivasa-Rao, 1987).

Estos factores provocan que cada especie presente sus propios parámetros hematológicos; es sabido que existen diferencias sanguíneas entre especies de distintos medios

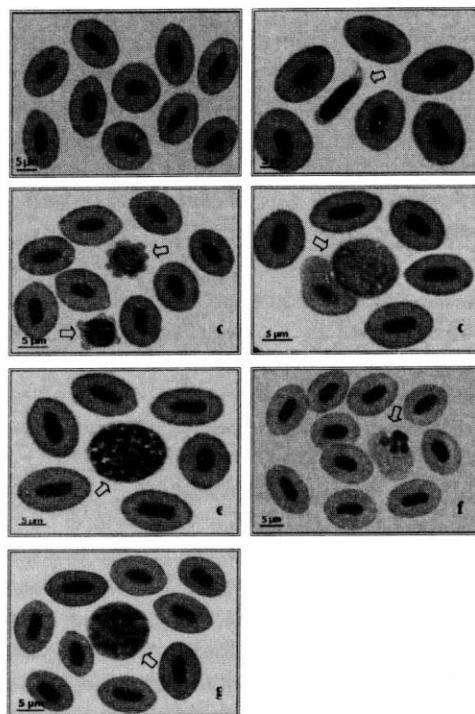


Figura 1. Células sanguíneas de rubio *Salminus affinis*. Eritrocitos (a) Trombocitos (b) Linfocitos (c). Monocitos (d). Basófilos (e). Neutrófilos (f). Eosinófilos (g). Tinción Wrigth, 1000X).

osmóticos como las encontradas entre peces marinos y estuarinos, los cuales presentan una mayor cantidad de hemoglobina y eritrocitos en comparación con los de agua dulce (Romestend *et al.*, 1982). Igualmente, la temperatura es otro parámetro que afecta los índices hematológicos; especies de un mismo medio osmótico pero en diferentes grados térmicos presentan grandes diferencias en el cuadro hemático, debido al efecto inversamente proporcional de la temperatura con la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua.

	Célula (μm)		Núcleo (μm)		Área (μm ²)		
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Célula	Citoplasma	Núcleo
Eritrocitos	12,0±0,6	7,9±0,4	5,7±0,4	2,8±0,2	73,2±6,9	59,9±1,1	13,3±6,7
Trombocitos	11,4±1,6	4,7±0,9	7,5±0,9	3,9±0,7	41,8±9,2	18,5±4,6	23,2±6,9
Linfocitos	8,4±0,9	7,9±0,8	5,5±0,5	5,2±0,7	50,5±8,9	28,4±4,4	22,1±9,8
Monocitos	10,7±0,8	10,2±0,7	6,5±0,8	5,6±1,0	85,9±10	57,9±5,5	28,1±7,9
Basófilos	11,9±0,9	11,1±1,1	5,6±0,5	5,4±0,4	103,7±14	81,4±3,1	22,3±13
Neutrófilos	11,2±0,7	10,2±0,9	7,7±0,9	6,0±1,0	89,4±12	56,5±8,2	32,9±9,8

Tabla 2. Dimensiones de las células sanguíneas de juveniles de rubio *S. affinis* (Promedio ± desviación estándar).

Debido a la amplia relación de estas variables con los valores hematológicos; es importante considerar que, los resultados del presente estudio fueron comparados con especies de teleósteos que comparten preferencias térmicas y osmóticas, en particular con otros carácidos. El valor promedio de eritrocitos en juveniles de *Salminus affinis* fue de $2,2 \times 10^6/\text{mm}^3$, valor similar al reportado para *Salminus maxillosus* ($2,1 \times 10^6/\text{mm}^3$) capturado en ambiente natural (Ranzani-Paiva *et al.*, 2001), para *Prochilodus scrofa* ($2,1 \times 10^6/\text{mm}^3$; Ranzani-Paiva *et al.*, 1999) y *P. magdalena* ($1,8 \times 10^6/\text{mm}^3$; Argel-Borja y Quintero-Díaz, 2007), estos dos últimos procedentes de cautiverio. También hay reportes de valores inferiores a los obtenidos en el presente trabajo, para *Galaxias maculatus*, especie que habita en aguas frías. Jaramillo-Schadebrodt (2005) reportó $1,1 \times 10^6/\text{mm}^3$, quien justificó este valor por la conducta sedentaria de la especie y consideró que los parámetros hematológicos son directamente proporcionales a la actividad del pez. De la misma manera, Martins *et al.* (2004a) reportaron $1,7 \times 10^6/\text{mm}^3$ para *Oreochromis niloticus*. Valores superiores se reportaron para *Piaractus mesopotamicus* ($2,9 \times 10^6/\text{mm}^3$) por Tavares-Dias y Mataqueiro (2004) y para *Brycon amazonicus* (=*B. siebenthalae*; $3,8 \times 10^6/\text{mm}^3$) por Benavides (2002). Además de tratarse de especies diferentes, estas variaciones pueden ser explicadas por diferencias en las condiciones ambientales, el origen (cautiverio versus natural) y los procedimientos a los que fueron sometidos.

En el presente estudio no fueron incluidos los trombocitos en el recuento diferencial de glóbulos blancos; a cambio, el reactivo Natt y Herrick permitió en una misma dilución diferenciar leucocitos y trombocitos permitiendo el recuento total de estas dos células. El recuento total de trombocitos encontrado en *S. affinis* fue de $25,4 \times 10^3/\text{mm}^3$, similar al reportado por Tavares-Dias *et al.* (2004) en *Cyprinus carpio* ($28,2 \times 10^3/\text{mm}^3$). En ambos trabajos el conteo de trombocitos fue excluido del conteo diferencial de leucocitos y se utilizó la misma tinción, por lo que es posible que no se haya presentado confusión entre linfocitos pequeños y trombocitos redondos. Sin embargo, Tavares-Dias y Mataqueiro (2004), reportaron para *P. mesopotamicus* trombocitos en cantidades superiores ($56,6 \times 10^3/\text{mm}^3$) realizando el conteo de esta célula en la misma forma. Esto sugiere que es posible que estas variaciones estén asociadas a factores de tipo interespecífico. Tavares-Dias *et al.* (2002a) y Tavares-Dias *et al.* (2003) incluyendo los trombocitos en el recuento diferencial, encontraron en *Piaractus mesopotamicus* porcentajes de trombocitos entre 67,8 y 74,8 en cada publicación respectivamente y no reportaron valores de recuento total por lo cual se imposibilita su comparación. El número de leucocitos en teleósteos tropicales de aguas continentales se ha reportado muy variable, con valores entre $6,4$ a $72,5 \times 10^3/\text{mm}^3$ (Tandon y Joshi, 1976; Ranzani-Paiva *et al.*, 1999) presentándose incluso variaciones intraespecíficas en los teleósteos (Ueda *et al.*, 1997; Tavares-Dias *et al.*, 1999a; Tavares-Dias *et al.*, 1999b; Tavares-Dias *et al.*, 1999c; Tavares-Dias *et al.*, 2000). En el presente estudio, el valor promedio de leucocitos para *S. affinis* fue de $6,1 \times 10^3/\text{mm}^3$, valor que se encuentra en el límite inferior del rango anotado anteriormente; sin embargo, para *P. mesopotamicus*, se han reportado valores mucho menores ($4,6 \times 10^3/\text{mm}^3$; Tavares-Dias *et al.*, 2002a). Los índices hematológicos calculados para *S. affinis* presentaron datos compatibles con los reportados en peces neotropicales.

Parámetros	Promedio	Máximo	Mínimo	DS	CV
Proteínas totales(g/dL)	3,8	5,9	2,1	1,1	27,95
Glucosa (mg/dL)	128,9	172,9	100,4	21,9	16,95
Colesterol (mg/dL)	277,8	457,1	89,5	92,7	33,37
Triglicéridos (mg/dL)	192,0	405,5	67,8	109,1	56,8
Albúmina (g/dL)	2,0	2,4	1,4	0,3	15,14

Tabla 3. Química sanguínea de juveniles de rubio *S. affinis* (DS, desviación estándar; CV, coeficiente de variación).

El hematocrito para la especie en estudio fue de 36,2 %, valor superior a los reportados para *C. carpio* 34,3 % (Tavares-Dias et al., 2004) y para *P. mesopotamicus* 31,9 % (Tavares-Dias y Mataqueiro, 2004); las tres especies mencionadas son de ambientes lóticos y fueron evaluadas en condiciones aparentemente saludables. En general existe una correlación entre la hemoglobina y el hematocrito puesto que sus valores también están relacionados con la actividad y el hábitat de los peces. Se ha encontrado que los valores menores se han registrado en peces primitivos, en peces que habitan ambientes léticos, sedentarios y bentónicos; mientras que los mayores ocurren en especies marinas, pelágicas (Larson et al., 1976) y activas (Tavares-Dias y Moraes, 2004). Molnár y Tamassy (1970) anotaron que los peces predadores (carnívoros), poseen mayor concentración de hemoglobina cuando se comparan con herbívoros y omnívoros. Sin embargo, la hemoglobina en *S. affinis* fue de 12,5 g/dL valor similar al reportado para omnívoros como *B. amazonicus* 13,7 g/dL (Benavides, 2002); *B. hilari* 12,2 g/dL, y *P. mesopotamicus* 12,8 g/dL (Tavares-Dias et al., 2003). El VCM para *S. affinis* fue 163,8 fL similar al encontrado para *P. mesopotamicus* 163,1 fL (Ranzani-Paiva et al., 1999); la CHCM fue de 35,0 g/dL similar a lo reportada para *B. hilari* 33,9 g/dL (Tavares-Dias et al., 2003) y el valor de la HCM fue de 58,5±19,7 pg.

En el conteo diferencial de leucocitos fueron observados linfocitos, neutrófilos, monocitos, basófilos y eosinófilos; siendo los linfocitos y los neutrófilos las células más frecuentes en los frotis de *S. affinis*, situación que coincide con lo reportado en *S. maxillosus* (Ranzani-Paiva et al., 2003); *P. mesopotamicus* (Tavares-Dias et al., 2002a; Tavares-Dias y Mataqueiro, 2004) y *B. amazonicus* (Benavides, 2002). El porcentaje de linfocitos y neutrófilos fue de 68,8±5,9 y 28,4±5,2% respectivamente. Estos resultados y los reportados en la literatura muestran que la cantidad de estos dos tipos de células es muy variable. En *Leporinus macrocephalus* fue establecido 29,4 % linfocitos (Martins et al., 2004b), 11,61% para *Rhamdia quelen* (Tavares-Dias et al., 2002a); para neutrófilos se encontró 92,3% para *Prochilodus scrofa* (Ranzani-Paiva et al., 1999); y 1,1% para *Piaractus mesopotamicus* (Tavares-Dias et al., 2002b). Esta variabilidad puede atribuirse a que la presencia de las mismas está sujeta a variaciones interespecíficas de cada individuo (Tavares-Dias y Moraes, 2004). También es posible atribuir esta variabilidad en el conteo de leucocitos, a procesos patológicos. Se ha reportado por diversos autores que la linfopenia en los peces es consecuencia de estrés por déficit de oxígeno, septicemias bacteriales e infecciones por hongos (Conroy, 1972; Satchell, 1991; Stoskopf, 1993). La neutrofilia es habitual en diversas patologías, observándose en inflamaciones, situaciones de estrés, infecciones bacterianas y protozoarias (Stoskopf, 1993;

Olabuenaga, 2000; Fernández *et al.*, 2002). Sin embargo, los peces analizados en el presente estudio provenían de su medio natural, se mostraron aparentemente sanos, y para reducir el estrés fueron adaptados al cautiverio; para lo cual se mantuvieron en recipientes con agua con características similares a las del ambiente natural. Los monocitos fueron las células seguidas en abundancia con 2,1%, resultado algo similar al reportado para *B. amazonicus* (Benavides, 2002) con 1,4%; Fernández *et al.* (2002) señalaron que estas células se incrementan cuando existen tejidos inflamados. La abundancia de basófilos y eosinófilos puede estar relacionada con enfermedades, puesto que en condiciones normales (peces sanos), son escasas y en algunos casos ausentes. Los basófilos en los extendidos de *S. affinis* fueron de 0,4 %, resultados similares a los reportados por Martins *et al.* (2004a) para *O. niloticus* y Benavides (2002) para *B. amazonicus*, con 0,5 % para ambas especies. También se reporta la ausencia de estas células en el coespecífico *S. maxillosus* (Veiga *et al.*, 2000; Ranzani-Paiva *et al.*, 2003). Los eosinófilos fueron las células menos frecuentes (0,3 %), lo cual sugiere un buen estado de salud de los animales analizados. La eosinofilia está asociada a la ocurrencia parasitaria en peces, como lo registran los reportes de Martins *et al.* (2004b) en *Leporinus macrocephalus* (13,3%) y Ranzani-Paiva *et al.* (1999) en *Colossoma macropomum* y *Piaractus mesopotamicus* con 13,6 y 55,7% respectivamente. En *S. affinis* el coeficiente de variación (CV) de leucocitos, permite sugerir que el Cv de linfocitos (8,6%) mostró homogeneidad de los valores de estas células en los ejemplares analizados; mientras que los resultados de neutrófilos (18,1%) y monocitos (41,7%) se podrían considerar heterogéneos, sin que aún signifiquen enfermedad. Pero el coeficiente de variación en basófilos (316,2%) y eosinófilos (210,8 %) se consideraría extremadamente variable. Se sugiere como explicación la presencia escasa de estas células en los ejemplares analizados y cuando se observa causa una elevación considerable del coeficiente de variación. Valores elevados del CV en eosinófilos y basófilos también fueron observados por Tavares-Dias y Mataqueiro (2004), quienes señalaron que estos valores son habitualmente encontrados en peces.

MORFOLOGÍA CELULAR SANGUÍNEA

La morfología de los diferentes tipos celulares sanguíneas en *S. affinis* coincide con la reportada para otros carácidos. Las características morfológicas de los eritrocitos y trombocitos es similar a la reportada para *S. maxillosus* (Veiga *et al.*, 2000; Ranzani-Paiva *et al.*, 2003) y *B. amazonicus* (Benavides, 2002). En los trombocitos predominaron las formas fusiformes sobre las ovaladas y redondas; aunque según Ellis (1977), estudiando las células sanguíneas en *Pleuronectes platessa*, encontró que las formas fusiformes en los trombocitos representaron células inmaduras y no tan abundantes como las ovaladas y redondas, en forma contraria a lo observado en este rubio. La morfología de los linfocitos y eosinófilos para *S. affinis* coincide con la reportada para *B. amazonicus* (Benavides, 2002); para *S. maxillosus* (Veiga *et al.*, 2000; Ranzani-Paiva *et al.*, 2003); de igual manera las características de los basófilos coinciden con las de *B. amazonicus* (Benavides, 2002). Registros morfométricos de células sanguíneas en especies neotropicales (Carácidos) son escasos en la literatura. Se destaca el reporte reciente de mediciones de largo y ancho total de la célula y del núcleo en los eritrocitos, trombocitos y leucocitos para *Galaxias maculatus* (Jaramillo-Schadebrodt, 2005). La mor-

fometría de las células sanguíneas de rubio se podría considerar el primer registro en peces reofílicos de una cuenca colombiana. En términos generales el tamaño de las células sanguíneas de *S. affinis* es mayor que las reportadas para alevinos de *G. maculatus* (Jaramillo-Schadebrodt, 2005). Esta diferencia de tamaño podría estar asociada a diferencias interespecíficas, de ambiente o al estado de desarrollo biológico del pez.

QUÍMICA SANGUÍNEA

Los estudios de química sanguínea en peces tropicales suramericanos son muy escasos, a pesar de que estos permiten realizar evaluaciones diagnósticas con fines preventivos cuando se refiere al planeamiento de medidas de control de patologías. La concentración de proteínas está altamente relacionada con el estado nutricional y la calidad del alimento. La concentración de proteína para la especie en estudio fue de 3,8 g/dL, concentración similar a la reportada para *Oreochromis niloticus* 3,1 g/dL (Bittencourt et al., 2003); mientras que para *B. amazonicus* (Benavides, 2002) se reportó una concentración de 7,2 g/dL en animales mantenidos en cautiverio y alimentados con dos raciones diarias de alimento con 24% de proteína bruta. Para *S. affinis* la albúmina se encontró en 2 g/dL, mientras que en juveniles en cautiverio de *P. brachypomus* fue de 0,9 g/dL (Sakamoto et al., 2001) y trucha arco iris presentó valores más similares de 1,65 g/dL (Miller et al., 1983). Los niveles de glucosa pueden presentar variaciones intraespecíficas, como consecuencia de talla, edad, peso, temperatura, estado nutricional, estado reproductivo y estrés. El valor de la glucosa en rubio fue de 128,9 mg/dL para esta especie; mientras que en otras especies se han reportado valores que van desde 147,6 mg/dL para *B. amazonicus* (Benavides, 2002); 108,23 mg/dL para *P. brachypomus* (Eslava y Hernández, 1995); 74,8 mg/dL para *P. mesopotamicus* (Tavares-Dias et al., 2002a); hasta 60,32 mg/dL para *O. niloticus* (Bittencourt et al., 2003). Generalmente los niveles de lípidos decrecen en el plasma después del desove y de períodos de ayuno; pero se incrementan cíclicamente con la alimentación en la época no reproductiva y son especialmente elevados antes del desove. Por esta razón, se presentan niveles altos de fosfolípidos asociados con gametogénesis, debido a la movilización de reservas de grasas para el desarrollo gonadal (Groff y Zinkl, 1999). El nivel de colesterol para juveniles de *S. affinis* fue de 277,8 mg/dL similar al reportado para juveniles *B. amazonicus* 299,5 mg/dL (Benavides, 2002); ambos estudios se realizaron en animales juveniles con gónadas inmaduras. Los niveles de triglicéridos para *S. affinis*, *P. brachypomus* (Eslava y Hernández, 1995) y *B. amazonicus* (Benavides, 2002) fueron de 192,0, 203,5 y 328,3 mg/dL respectivamente, el valor relativamente bajo de los triglicéridos en *S. affinis* puede atribuirse a que son animales mucho más jóvenes que las otras dos especies. Los resultados del presente estudio permiten concluir que las características hematológicas y los parámetros químicos de juveniles de *S. affinis* están dentro de los rangos reportados para teleósteos neotropicales evaluados en condiciones ambientales normales y aparentemente saludables.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la profesora Piedad Osorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba su colaboración en los análisis

sanguíneos. Este estudio fue financiado en su totalidad por la Unidad de Investigación y Extensión de la Universidad de Córdoba (proyecto FMZ-02-04, 1120143).

BIBLIOGRAFÍA

- ADHIKARI S, SARKAR B, CHATTERJEE A, MAHAPATRA CT, AYYAPPAN S. Effects of Cypermethrin and Carbofuran on Certain Hematological Parameters and Prediction of their Recovery in a Freshwater Teleost; *Labeo rohita* (Hamilton). Ecotoxicol Environ Saf. 2004;58:220-226.
- AFFONSO EG, POLEZ VLP, CORREA CF, MAZON AF, ARAUJO MRR, MORAES G, RATIN FT. Blood Parameters and Metabolites in the Teleosts Fish *Colossoma macropomum* Exposed to Sulfide or Hypoxia. Comp Biochem Physiol. 2002;133:375-382.
- ARGEL-BORJA EL, QUINTERO-DIAZ CP. Caracterización de los parámetros hematológicos del bocachico *Prochilodus magdalena* en cultivo [trabajo de grado]. Montería (Colombia): Departamento de Ciencias Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba; 2007.
- ATENCIO-GARCÍA VJ. Impactos de la hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. Rev. Temas Agrarios. 2000;5(9):29-40.
- ATENCIO-GARCÍA VL. Producción de alevinos de especies nativas. Rev MVZ Córdoba. 2001;6(1):9-19.
- BENAVIDES C. Valoración hematológica y química sanguínea en el Yamú *Brycon amazonicus* [trabajo de grado]. Villavicencio (Colombia): Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de los Llanos; 2002.
- BITTENCOURT NL, MOLINARI LM, SCOARIS DO, PEDROSO RB, NAKAMURA CV, UEDA-NAKAMURA T, *et al.* Haematological and Biochemical Values for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Cultured in Semi-Intensive System. Acta Sci Biol Sci. 2003;25(2):385-9.
- CONROY DA, ARMAS DE CONROY G. Manual de métodos de diagnóstico en ictiopatología, con especial referencia a los salmónidos. Brasilia (Bra): FAO. Documento de campo 4 (Esp); 1987.
- CONROY DA. Manual de métodos y técnicas de laboratorio de uso común en la hematología piscaria. Maracay (Venezuela): Pharma-fish S.R.L. 1998; p.25.
- CONROY DA. Studies on the Hematology of the Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Z S L. 1972;(30):101-27.
- DAHL G. Los peces del norte de Colombia. Bogotá (Colombia): INDERENA; 1971.
- ELLIS AE. Leucocytes and Related cells in the Plaice *Pleuronectes platessa*. J Fish Biol. 1977;8:143-156.
- ESLAVA LA, HERNÁNDEZ CP. Hematología básica de la cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Rev MVZ Universidad de Los Llanos. 1995;1(1)3.
- FERNÁNDEZ AB, RUIZ I, DE BLAS I. El sistema inmune de los teleósteos. (I): Células y órganos. Rev Aquatic 2002; (16). Disponible en: URL : <http://www.revistaaquatic.com/>
- GROFF JM, ZINKL JG. Hematology and Clinical Chemistry of Criprinid Fish: Veterinary Clinics of North America: Exotic animal practice. California 1999; 2(3):741.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ J. Descripción morfológica del tubo digestivo de rubio (*Salminus affinis*) en la cuenca del río Sinú [trabajo de grado]. Montería (Colombia): Universidad de Córdoba; 2007.

JARAMILLO-SCHADEBRODT N. Estudio hematológico del puye *Galaxias maculatus* en estado postlarval y adulto [trabajo de grado]. Temuco (Chile): Universidad Católica de Temuco; 2005.

LARSON A, JOHANSSON-SJOBECK MJ, FANGE R. Comparative Study of some Haematological Blood Parameters in Fishes from the Skagerrak: J Fish Biol. 1976;9:425-40.

LIM C, KLESIUS PH, LI MH, ROBINSON EH. Interaction Between Dietary Levels of Iron and Vitamin C on Growth, Hematology, Immune Response and Resistance of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) to Edwardsiella Ictalury Challenge. Aquaculture. 2000;185:313-327.

LIMA FC, MALABARBA LR, BUCKUP PA, DA SILVA JF, VARI RP, HAROLD A, et al. Genera Incertae Sedis in Characidae. En: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, editores. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre (Brasil): Edipucrs 2003; p. 106-169.

LOZANO-PEREZ R. Aspectos preliminares del desarrollo ovocitario en rubio (*Salminus affinis*) [trabajo de grado]. Montería (Col): Universidad de Córdoba; 2007.

MARTINS ML, MORAES FR, MORAES JRE, MALHEIROS EB. Falha na resposta do cortisol estresse por captura e por carragenina em *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae). Acta Sci Ani Sci. 2000;22:545-552.

MARTINS ML, TAKAHASHI D, YAMAGUCHI D, PILARSKY F, RIBEIRO K, CASTRO M, et al. Physiological and Haematological Response of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) Exposed to Single and Consecutive Stress of Capture. Acta Sci Anim Sci. 2004a;26(4):449-56.

MARTINS ML, TAVARES-DIAS M, FUJIMOTO R, ONAKA EM, NOMURA DT. Haematological Alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) Naturally Infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in Fish Pond. Arq Bras Med Vet Zootec. 2004b;56(5):640-646.

MEJÍA KE, NAVARRO YP. Determinación de parásitos en rubio (*Salminus affinis* Steindachner, 1880) de las cuencas de los ríos Sinú y San Jorge [trabajo de pregrado] Montería (Colombia): Universidad de Córdoba; 2006.

MILLER WR III, HENDRICKS AC, CAIRNS JJR. Normal Ranges for Diagnostically Important Hematological and Blood Chemistry Characteristics of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Can J Fish Aquat Sci. 1983;40:420-425.

MOJICA JI, CASTELLANOS C, USMAS J, ÁLVAREZ R. Libro rojo de peces dulce acuáticos de Colombia: La serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia; 2002.

MOLNÁR G, TAMASSY E. Study of the Haemoglobin Content of a Single Erythrocyte (M index) in Various Cultured Fish Species. J Fish Biol. 1970;2:267-171.

OLABUENAGA E. Sistema inmune de peces. Gayana. 2000;64(2):205-15.

PARDO S, MEJÍA K, NAVARRO Y, ATENCIO V. Prevalencia abundancia de *Contraaecum* sp. en rubio *Salminus affinis* en el río Sinú y San Jorge: Descripción morfológica. Rev MVZ Córdoba 2007;12(1):887-896.

- RAMBHASKAR B, SRINIVASA-RAO K. Comparative Haematology of Ten Species of Marine Fish from Visakhapatnam Coast. *J Fish Biol.* 1987;30:59-66.
- RANZANI-PAIVA MJ, SALLES F, EIRAS J, EIRAS A, MASSATOSHI C, ALEXANDRINO A. Analises hematologicas de Curimbatá (*Prochilodus scrofa*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do instituto de pesca, estado de São Paulo. *Bol. Inst. de Pesca*; 1998/1999, 25(unico): 77-83.
- RANZANI-PAIVA MJ, RODRIGUEZ E, VEIGA ML, EIRAS AC. Association Between the Hematological Characteristics and the Biology of the Dourado *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840 from Mogi-Guaçu River, state of São Paulo, Brazil. *Acta Sci Anim Sci.* 2001;23(2):527-33.
- RANZANI-PAIVA MJ, RODRIGUEZ EL, VEIGA ML, EIRAS AC, CAMPOS BE. Differential Leukocyte Counts in Dourado *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840, from the mogi- guaçu river, Pirassununga, SP. *Rev Braz J Biol.* 2003; 517-25.
- ROMESTEND B, HALSBAND E, BRAGONI G, KNEZEVIC G, MARIC B, PROCHOW F. Haematological Study of Erythrocytic Constants in Some Marine and Freshwater Fishes. *Rev Trav Inst Peches Marit Nante.s* 1982;46(2):147-56.
- SAKAMOTO K, LEWBART GA, SMITH II TM. Blood Chemistry Values of Juvenile Red Pacu (*Piaractus brachypomus*). *Vet. Clin. Path.* 2001;30(2).
- SATCHELL G. *Physiology and Form of Fish Circulation*. Cambridge, editor. Univ. Press. Australia; 1991.
- STOSKOPF M. *Fish Medicine*. Philadelphia (Usa): Saunders; 1993.
- TANDON RS, JOSHI BD. Total Red and White Blood Cell Count of 33 Species of Fresh Water Teleosts. *Z. Tierphysiol. Tierernaehr. Futtermittelkd.* 1976;37:293-97.
- TAVARES-DIAS M, SWANDRIM EF, CAMPOS FE. Características hematológicas do tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, Osteichthyes, Characidae) em sistema de monocultivo intensivo. II. Leucocitos. *Rev Braz Zool.* 1999a;16(1):84-175.
- TAVARES-DIAS M, FRASCÁSCORVO CM, CAMPOS FILHO E, MORAES F. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Parâmetros eritroleucométricos, trombométricos e glicemia do matrinxã *Brycon cephalus* Günther, 1869 (Osteichthyes:Characidae). *Ars Veterinaria.* 1999b;15:149-53.
- TAVARES-DIAS M, TENANI RA, GIOLI LD, FAUSTINO C. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. II. Parâmetros sanguíneos do *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) em Policultivo Intensivo. *Rev Bras Zool.* 1999c;16(2):423-31.
- TAVARES-DIAS M, SCHALCH HC, MORAES F, ONAKA EM, MARTINS ML. Haematological Characteristics of Brazilian Teleosts. III. Parameters of the Hybrid Tambacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 x *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) (Osteichthyes: Characidae). *Rev Bras Zool.* 2000;17(4):899-926.
- TAVARES-DIAS M, MARTINS ML, SCHALCH SHC, ONAKA EM, Moraes JRE, Quintana CIF, MORAES FR. Alterações hematológicas e histopatológica em pacus *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) tratados com sulfato de cobre (CuSO₄). *Acta Sci Anim Sci.* 2002a;24(2):547-554.
- TAVARES-DIAS M, MELO F, MORAES G, MORAES F. Haematological Characteristics of Brazilian Teleosts: IV. Parameters of Jundiá *Rhamdia Quelen* (Pimelodidae): *Cienc Rural.* 2002b;32(4):693-98.

TAVARES-DIAS M, HENRIQUE S, SCHALCH C, MORAES F. Hematological Characteristics of Brazilian Teleosts: VII. Parameters of Seven Species Collected in Guariba, São Paulo State, Brazil. B. Inst Pesca. 2003;29(2):109-15.

TAVARES-DIAS M, MATAQUEIRO M. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo: Acta Sci Biol Sci. 2004;26(2):157-62.

TAVARES-DIAS M, MORAES F. Hematologia de Peixes Teleósteos. Ribeirão Preto (Brasil); 2004.

TAVARES-DIAS M, RIZZI F, FERREIRA S, CAMPOS-FILHO E, MORAES F. Células sanguíneas, eletrólitos séricos, relação hepato e esplenossomática de *carpacomum*, *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) na primeira maturação gonadal: Acta Sci Anim Sci. 2004;26(1):73-80.

UEDA IK, MATUSHIMA E, EGAMI MI. Estudos hematológicos do sangre periférico de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei). Braz J Vet Res Anim Sci. 1997;34(Pt1):270-75.

VEIGA MI, EGAMI MI, RANZANI-PAIVA MJ, RODRIGUES E. Aspectos morfológicos y citoquímicos de las células sanguíneas de *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840 (Characiformes, Characidae). Rev Chil Anat. 2000;18(2):245-50.