

Parámetros hematológicos de reproductores de *Brycon amazonicus* (Bryconidae) en cultivo

Hematological parameters of *Brycon amazonicus* (Bryconidae) broodstock in captivity

Anaí Gonzales^{1,2,4}, Giana Curto^{1,3}, Christian Fernández-Mendez¹

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar los valores hematológicos de reproductores de *Brycon amazonicus* bajo cultivo en Iquitos, Perú. Se tomaron muestras de sangre de 12 ejemplares (1.62 ± 0.45 kg y 51.38 ± 2.93 cm) mantenidos en estanques de tierra y alimentados dos veces al día con una dieta comercial extruida al 22% de proteína bruta. Los peces fueron colectados con una red y anestesiados con eugenol. La extracción de sangre se realizó con jeringas descartables conteniendo EDTA (10%). Los valores obtenidos de la serie eritrocítica fueron: hematocrito $53.3 \pm 4.8\%$; hemoglobina 20.1 ± 3.2 g/dl; eritrocitos $2.8 \pm 0.5 \times 10^6/\mu\text{l}$; VCM 194.4 ± 54.4 fl; CHCM 37.7 ± 4.8 g/dl; HCM 72.6 ± 17.7 pg. El número de leucocitos fue de $8.1 \pm 6.0 \times 10^3/\mu\text{l}$. En el recuento diferencial de leucocitos, los linfocitos y monocitos fueron las células de mayor proporción en comparación con los neutrófilos, eosinófilos y basófilos. La proteína total sérica fue de 3.7 ± 0.4 g/dl y la glucosa de 60.2 ± 39.1 mg/dl. Los valores encontrados para *B. amazonicus* fueron comparados con otras especies del género *Brycon* mostrando algunas variaciones, pero dentro del rango reportado para peces teleósteos.

Palabras clave: Amazonía; acuicultura; hematología; sanidad

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the hematological values of *Brycon amazonicus* broodstock under culture in Iquitos, Peru. Blood samples were taken from 12 specimens (1.62 ± 0.45 kg and 51.38 ± 2.93 cm) maintained in earthen ponds and fed twice

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos-AQUAREC, Iquitos, Perú

² Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO), Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá, Brasil

³ Dirección Regional de la Producción de Loreto, Gobierno Regional de Loreto, Iquitos, Loreto, Perú

⁴ E-mail: anaigonzalesf@gmail.com

Recibido: 25 de julio de 2018

Aceptado para publicación: 2 de enero de 2019

a day with a commercial diet with 22% crude protein. The fish were collected with a net and anesthetized with eugenol. Blood extraction was performed with disposable syringes containing EDTA (10%). The values obtained from the erythrocytic series were: hematocrit $53.3 \pm 4.8\%$; hemoglobin 20.1 ± 3.2 g/dl; erythrocytes $2.8 \pm 0.5 \times 10^6/\mu\text{l}$; VCM 194.4 ± 54.4 fl; CHCM 37.7 ± 4.8 g/dl; HCM 72.6 ± 17.7 pg. The number of leukocytes was $8.1 \pm 6.0 \times 10^3/\mu\text{l}$. In the differential count of leukocytes, the lymphocytes and monocytes had greater proportion in comparison with neutrophils, eosinophils and basophils. The total serum protein was 3.7 ± 0.4 g/dl and the glucose was 60.2 ± 39.1 mg/dl. The values found for *B. amazonicus* were compared with other species of the genus *Brycon* showing some variations, but within the range reported for teleost fishes.

Key words: Amazonia; aquaculture; hematology; health

INTRODUCCIÓN

Brycon amazonicus Spix y Agassiz, 1829, es un pez nativo de la cuenca del Amazonas (Lima, 2017), presenta características migratorias y régimen alimenticio omnívoro (Blanco-Parra *et al.*, 2006). La alimentación en el medio natural está relacionada con el ciclo hidrobiológico del agua, siendo que en la época de creciente del cauce de los ríos se alimentan de insectos adultos y restos de peces y en la época de vaciante se alimentan de vegetales (Val y Almeida-Val, 1995; Pizango-Paima *et al.*, 2001). La carne de esta especie es apreciada por parte de los pobladores amazónicos y, por lo tanto, es una de las especies de mayor desembarque en los mercados de Iquitos, Perú, superadas solo por especies como *Arapaima gigas*, *Colossoma macropomum* y *Brachyplatystoma rousseauxii* (García-Vásquez *et al.*, 2012).

Actualmente se viene realizando el cultivo de esta especie con potencial piscícola a fin de reducir la presión de pesca, además que posee características favorables como la reproducción por inducción hormonal, aceptación al alimento balanceado y rápido crecimiento (Romagosa *et al.*, 2001; Zaniboni *et al.*, 2006; Nuñez, 2009). Sin embargo, exis-

ten factores que limitan el desarrollo de la crianza como es el intenso canibalismo en los primeros estadios de vida (Zaniboni *et al.*, 2006; Leonardo *et al.*, 2008). Se han desarrollado estudios de la respuesta fisiológica del estrés ante la densidad, manipulación y transporte (Carneiro y Urbinati, 2001, 2002; Urbinati *et al.*, 2004; Rocha *et al.*, 2004).

Los parámetros hematológicos son una herramienta útil para medir el estado fisiológico de los peces (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013) frente a diversas condiciones; entre ellas, la respuesta al estrés, enfermedades y desnutrición, que pueden alterar el patrón característico del eritrograma y de los valores bioquímicos (Tavares-Días y Moraes, 2004). Es poco lo que se conoce sobre los parámetros hematológicos de *B. amazonicus*, tanto en el medio natural como en cautiverio. Por lo tanto, se requiere investigar en esta área porque se ha encontrado variaciones dentro de especies del género *Brycon*, pudiendo deberse a la localidad de distribución o la especie estudiada (Tavares-Días *et al.*, 1999; Arias *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2015). De esta manera, el objetivo del presente estudio fue determinar los parámetros hematológicos de reproductores *B. amazonicus* mantenidos en condiciones de cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de Cultivo

Se utilizaron 12 ejemplares adultos de *B. amazonicus* (peso: 1.62 ± 0.45 kg; longitud total: 51.38 ± 2.93 cm), cultivados en un estanque de tierra, a una densidad de 1 pez/26 m², en las instalaciones del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), localizado en la carretera Iquitos-Nauta, provincia de Maynas, Loreto, Perú ($03^{\circ} 48' 48.9''$ S - $73^{\circ} 19' 2''$ O).

Los peces fueron alimentados con una dieta comercial extruido al 22% de proteína bruta, dos veces al día (08:00 y 14:00) con una tasa de alimentación de 1.5%. Los parámetros de agua se analizaron tres veces al día (07:00, 12:00, 18:00) con mediciones diarias de temperatura (29.31 ± 1.44 °C), oxígeno disuelto (6.33 ± 1.48 mg/l), pH (5.96 ± 0.38) y conductividad (14.70 ± 1.68 μS/cm) con un multiparámetro portátil (Hach, HQ40D). Los parámetros del agua fueron similares a los reportados durante el cultivo de reproductores de *B. amazonicus* (Arias *et al.*, 2003).

Colecta de Sangre y Análisis

Los peces fueron colectados con una red y anestesiados inmediatamente con eugenol (0.05 ml/l). Los peces, una vez inmóviles, fueron trasladados con una «almohadilla» a una mesa. Se emplearon toallas húmedas para la inmovilización del pez y vendaje de los ojos. Se extrajo 1 ml de sangre mediante punción de la arteria caudal a nivel del arco hemal, utilizando jeringas desechables de 3 ml conteniendo EDTA (10%). Una parte de cada muestra se colocó en tubos de 2 ml y fueron conservadas en refrigeración (4 °C) para preservar la viabilidad de las células, mientras que la otra parte se colocó en tubos de 0.5 ml y centrifugadas para obtener

el plasma sanguíneo con el fin de realizar las pruebas bioquímicas.

Se realizó la determinación de hematocrito (Hct) por el método del microhematocrito (Goldenfarb *et al.*, 1971), concentración de hemoglobina (Hb) por el método de la cianometahemoglobina (Laboratorios BIOLAB, UK) a 540 nm, conteo de eritrocitos (Er) y leucocitos (Leu) con la solución Natt-Herrick (Natt y Herrick, 1952) a través de la cámara de Neubauer. La determinación de los índices hematimétricos: volumen corpuscular medio (VCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) y hemoglobina corpuscular media (HCM) según el método de Wintrobe (1934). Para el recuento diferencial de leucocitos se realizaron frotis sanguíneos teñidos con reactivo Wright por 10 min (Hawkey y Dennett, 1989). Para los parámetros bioquímicos, se determinó la concentración de proteínas totales (método colorimétrico de Biuret: Proti2: Laboratorios Wiener®) a 540 nm y glucosa (método Trinder: Laboratorios FAR Diagnostics) a 510 nm. Las lecturas fueron realizadas en un espectrofotómetro UV visible (Agilent Technologies, Cary 60. California, EEUU).

Análisis de Datos

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, considerando promedio, desviación estándar, valor mínimo y máximo. Para determinar la correlación entre las variables se usó el coeficiente de Pearson (r), con el software estadístico «Sigma Plot 11».

RESULTADOS

Los resultados de la serie eritrocítica y bioquímica sérica con mayor variación fueron el HCM, VCM y glucosa (Cuadro 1). De la serie leucocítica, los linfocitos fueron las células más abundantes, seguidas por los monocitos, mientras que los neutrofilos, basófilos y eosinofilos fueron las células menos frecuentes (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores de la serie eritrocítica y bioquímica sérica de reproductores de *Brycon amazonicus* (n=12) cultivados en Iquitos, Perú

Parámetros	Promedio ± DE	Mínimo - Máximo
Hematocrito (%)	53.4 ± 4.9	47.4 - 62.6
Hemoglobina (g/dl)	20.1 ± 3.3	17.0 - 29.0
Eritrocitos (10 ⁶ /μl)	2.9 ± 0.6	1.9 - 4.0
VCM (fl)	194.5 ± 54.5	137.2 - 307.2
CHCM (g/dl)	37.8 ± 4.9	31.3 - 49.3
HCM (pg)	72.6 ± 17.8	46.0 - 104.5
Proteína (g/dl)	3.7 ± 0.4	3.0 - 4.3
Glucosa (mg/dl)	60.2 ± 39.1	14.7 - 115.3

VCM = volumen corpuscular medio; HCM = concentración de hemoglobina; CHCM = concentración de hemoglobina corpuscular media. DE: desviación estándar

Cuadro 2. Valores de la serie leucocítica absoluta y relativa de reproductores de *Brycon amazonicus* (n=12) cultivados en Iquitos, Perú

Parámetros	Promedio ± DE	Mínimo - Máximo
Valores absolutos		
Leucocitos (10 ³ /μl)	6.5 ± 2.4	3.6 - 12.0
Linfocitos (10 ³ /μl)	5.2 ± 2.2	2.6 - 9.8
Monocitos (10 ³ /μl)	1.1 ± 0.8	0.0 - 2.9
Basófilos (10 ³ /μl)	0.2 ± 0.4	0.0 - 1.4
Eosinófilos (10 ³ /μl)	0.08 ± 0.19	0.0 - 0.5
Neutrófilos (10 ³ /μl)	0.02 ± 0.05	0.0 - 0.15
Valores relativos		
Linfocitos	79.5 ± 9.9	66.0 - 96.0
Monocitos (%)	16.5 ± 9.7	0.0 - 34.0
Basófilos (%)	2.0 ± 3.7	0.0 - 10.0
Eosinófilos (%)	1.5 ± 4.1	0.0 - 14.0
Neutrófilos (%)	0.5 ± 1.2	0.0 - 4.0

DE: desviación estándar

Se encontró correlación positiva ($p < 0.05$) lineal entre VCM-hematocrito, HCM-hematocrito, CHCM-hemoglobina y VCM-HCM, y lineal negativa entre HCM-eritrocitos, VCM-eritrocitos, mostrando un buen coeficiente de correlación ($r > 0.5$) (Figura 1).

DISCUSIÓN

Al comparar los valores de los parámetros eritrocíticos con otras especies de reproductores de *Brycon* (Cuadro 3), se aprecia que los valores de eritrocitos y de

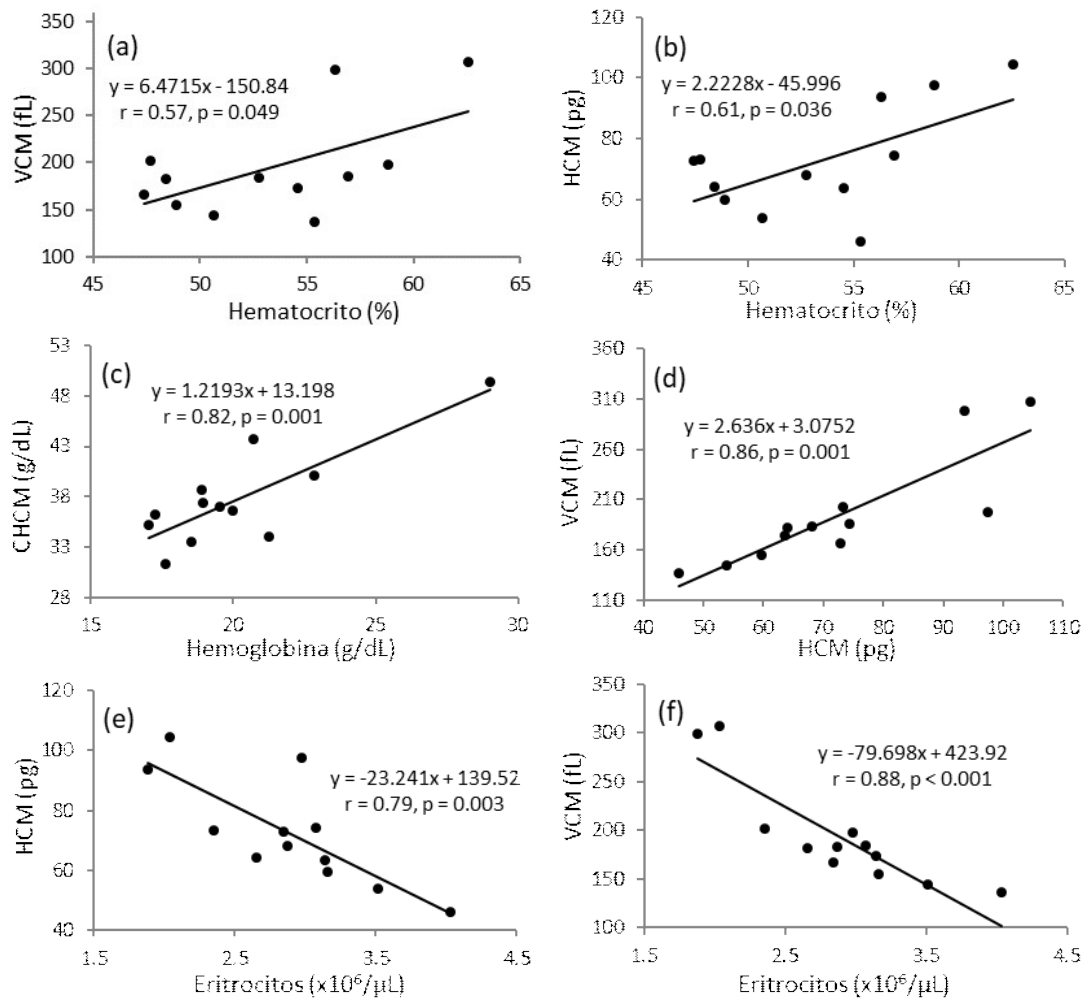


Figura 1. Correlación lineal positiva en (a) VCM-hematocrito, (b) HCM-hematocrito, (c) CHCM-hemoglobina, (d) VCM-HCM y negativa en (e) HCM-eritrocitos, (f) VCM-eritrocitos en reproductores de *Brycon amazonicus* en cautiverio

VCM son similares para *B. amazonicus*. Sin embargo, los valores de hematocrito, hemoglobina, HCM y CHCM variaron ampliamente y superaron los promedios reportados para reproductores de *B. insignis* y *B. amazonicus* (Ranzani-Paiva, 1991; Arias *et al.*, 2003). No obstante, al ser comparados con valores de alevinos y juveniles de *B. amazonicus* y *B. orbignyanus* mantenidos en cautiverio mostraron el mismo patrón de comportamiento (Arias *et al.*, 2003; Tavares

y Moraes, 2006; Tavares-Días *et al.*, 1999, 2008), y coincide con valores reportados en otros teleósteos (Tavares-Días y Moraes, 2004). Tales variaciones de estos parámetros hematológicos pueden ser atribuidas a factores intra e interespecíficos como el sexo, edad, maduración gonadal, variación genética, hábitat, hábito alimenticio, clima y estrés causado durante la manipulación (Tandon y Joshi, 1976; Tavares-Días *et al.*, 2003; Tavares-Días y Moraes, 2004).

Cuadro 3. Comparación de los valores promedio y desviación estándar de la serie eritrocítica de reproductores en cautiverio de *Brycon*

Parámetros	<i>Brycon insignis</i> (Ranzani-Paiva, 1991)	<i>Brycon insignis</i> (Ranzani-Paiva, 1991)	<i>Brycon amazonicus</i> (Arias <i>et al.</i> , 2003)	<i>Brycon amazonicus</i> Presente estudio
Hematocrito (%)	42.4 ± 0.5	33.5 ± 0.7	42.4 ± 5.6	53.4 ± 4.9
Hemoglobina (g/dl)	10.6 ± 0.1	8.0 ± 0.2	14.5 ± 1.8	20.1 ± 3.3
Eritrocitos (10 ⁶ /μl)	2.08 ± 0.03	1.78 ± 0.03	2.8 ± 0.9	2.9 ± 0.6
VCM (fl)	207.0 ± 2.2	186.5 ± 2.9	171.9 ± 73.7	194.5 ± 54.5
CHCM (g/dl)	25.2 ± 0.2	24.2 ± 0.3	34.9 ± 4.6	37.8 ± 4.9
HCM (pg)	51.6 ± 0.5	44.4 ± 0.7	59.8 ± 26.7	72.6 ± 17.8

Mayores valores de hematocrito se presentan en peces más activos y menores en peces de ambientes lénticos y sedentarios (Larsson *et al.*, 1976). Sin embargo, otros factores externos también pueden interferir en el porcentaje de hematocrito; entre ellos, los anestésicos mal administrados (Coffigny y Perez, 2003), pudiendo actuar como un factor estresante adicional (Carneiro *et al.*, 2002), ocasionando hemoconcentración en peces de agua dulce (McDonald y Milligan, 1997). Así mismo, cambios en el hematocrito pueden deberse a variaciones en el volumen de los eritrocitos (VCM) por factores ambientales y fisiológicos, como el equilibrio ácido-base de la sangre, ocurriendo en muchos peces amazónicos, en donde se evidenciaron cambios en el hematocrito sin comprometer los valores de glóbulos rojos presentes en la sangre (Nikinmaa, 1990; Val y Almeida-Val, 1995). Este mismo comportamiento se observó al comparar con reproductores de *B. amazonicus* donde se aprecia valores de eritrocitos similares, pero valores superiores de hematocrito y VCM (Arias *et al.*, 2003).

La hemoglobina mostró valores altos, posiblemente debido al estrés ocasionado durante la manipulación y la administración

del anestésico (Urbinati y Carneiro, 2001). Así mismo, los valores de HCM y CHCM se incrementaron al ser dependientes de la hemoglobina, mostrando mayor similitud a los valores obtenidos en reproductores de *B. amazonicus* (Arias *et al.*, 2003). En este sentido, todos estos factores expresan la importancia de los estudios hematológicos, principalmente en la comprensión de la relación entre las características sanguíneas y la adaptación de los peces al ambiente (Tavares-Días y Moraes, 2004).

De los parámetros bioquímicos evaluados, solo la glucosa obtuvo valores dentro de los rangos reportados para reproductores y juveniles de *B. amazonicus* (Arias *et al.*, 2003; Tavares-Días *et al.*, 1999). Este parámetro bioquímico es un buen indicador de situaciones de estrés en peces (Sánchez *et al.*, 2017). Por otro lado, la proteína plasmática evidenció resultados por debajo a lo reportado para reproductores (Arias *et al.*, 2003). Al parecer, los valores de proteína pueden verse afectados por cambios en el volumen del plasma que puede ocurrir a causa del estrés u otros factores (Groff y Zinkl, 1999). Así mismo, existe referencia de correlación significativa positiva entre la proteína y el peso en hembras de *Carassius*

auratus (Summerfelt *et al.*, 1967); sin embargo, este comportamiento no se pudo determinar en el presente estudio dado que no se hizo la separación entre sexos. Los valores de los parámetros bioquímicos tienen una estrecha relación con el tipo de alimentación proporcionada a los peces durante el cultivo (Groff y Zinkl, 1999).

La concentración de leucocitos fue superior a lo reportado por Arias *et al.* (2003) y Tavares-Días *et al.* (1999), pero inferior al valor obtenido por Tavares-Días *et al.* (2008), en todos los casos en *B. amazonicus*. Los linfocitos son las células más abundantes y los valores encontrados coinciden con otros estudios de *B. amazonicus* (Arias *et al.*, 2003; Tavares-Días *et al.*, 1999, 2008), siendo estas células leucocitarias las que mayor porcentaje se presentan en diversas especies de teleósteos (Tavares-Días y Moraes, 2004; Gonzáles *et al.*, 2016). Estas células cumplen un rol importante en el sistema inmune de los peces, actuando ante la presencia de virus, bacterias y otros agentes patogénicos que podrían comprometer la sobrevivencia del pez (Ruiz *et al.*, 2003), y son sensibles a la presencia de contaminantes, cambios físicos y químicos del agua (Salazar-Lugo *et al.*, 2012).

Los monocitos, al igual que los linfocitos, producen anticuerpos durante la respuesta inmune del pez (Tavares-Días *et al.*, 2008) y en el presente estudio fueron la segunda célula de mayor abundancia, coincidiendo con lo reportado para *Pterophyllum scalare* (Iannacone *et al.*, 2006). Sin embargo, los valores de los monocitos en otros reportes en *B. amazonicus* son bastante inferiores, donde la segunda célula sanguínea más abundante son los neutrófilos (Arias *et al.*, 2003; Tavares-Días *et al.*, 1999, 2008). Los eosinófilos estuvieron dentro del rango reportado para *B. amazonicus* y *B. hilarii* (Arias *et al.*, 2003; Tavares-Días *et al.*, 2003). Los eosinófilos se encuentran generalmente ausentes en peces (Tavares-Días y Moraes,

2004), donde altos porcentajes están relacionados a posibles infecciones parasitarias en *Piaractus mesopotamicus* y *Colossoma macropomum* (Ranzani-Paiva *et al.*, 1999). No se reportó presencia de basófilos en *Brycon*, los cuales raramente se les encuentra en peces (Tavares-Días y De Moraes *et al.*, 2004), pudiendo esta ausencia estar atribuida al uso de técnicas de coloración inadecuadas (López-Ruiz *et al.*, 1992).

Las variaciones en la proporción de las células sanguíneas se pueden atribuir a la diversidad de técnicas de coloración para la identificación y cuantificación morfológica de los leucocitos; además de la dificultad en diferenciar monocitos de linfocitos, así como en la identificación de cada tipo de granulocito (Tavares-Días y De Moraes, 2004).

Las correlaciones positivas entre las variables hematológicas han sido reportadas en estudios de teleósteos (Bittencourt *et al.*, 2003; Alesso *et al.*, 2005; Macías y Rincon, 2010; Hahn-von-Hessberg *et al.*, 2014). La hemoglobina, hematocrito, eritrocitos y los parámetros hematimétricos (VCM, HCM y CHCM) están íntimamente ligados, de allí que al modificarse alguno, los demás valores también pueden modificarse (Hahn-von-Hessberg *et al.*, 2014). Las correlaciones negativas encontradas en el presente estudio concuerdan con estudios realizados en *Brycon henni*, *Leporinus obtusidens* y *Oreochomis niloticus* (Alesso *et al.*, 2005; Bittencourt *et al.*, 2003; Macías y Rincón, 2010).

CONCLUSIONES

Los valores hematológicos obtenidos en reproductores *B. amazonicus* en cautiverio muestran algunas variaciones con respecto a otras especies del género *Brycon*, pero se encuentran dentro del rango de otros teleósteos.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Blga. Miriam Alvan Aguilar y al Blgo. Pedro Ramírez Arrarte (IAAP) por el apoyo durante la obtención de los peces y muestras de sangre. Al Dr. Marcos Tavares Días, responsable del Laboratorio de Patología y Sanidad de Organismos Acuáticos del EMBRAPA (Brasil), por sus valiosos aportes, revisiones y sugerencias del documento.

LITERATURA CITADA

1. **Alesso ME, Parma JM, Loteste A. 2005.** Caracterización hematológica y bioquímica de *Leporinus obtusidens* (Val., 1847) (Pisces-Anostomidae). *Natura Neotropicalis* 36: 13-19. doi: 10.14409/natura.v1i36.3818
2. **Arias JA, Benavides M, Hernández G, Eslava PR. 2003.** Valoración hematológica y química sanguínea del yamú *Brycon siebenthalae*, en tres etapas de cultivo. *Orinoquía* 7: 34-41.
3. **Bittencourt NLR, Molinari LM, Scoaris DO, Pedroso RB, Nakamura CV, Ueda-Nakamura T, Dias Filho BP. 2003.** Haematological and biochemical values for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in semiintensive system. *Acta Scient* 25: 385-389.
4. **Blanco-Parra M, Bejarano-Rodríguez I. 2006.** Diet and reproduction of the main fish species from the Mesay river (Colombian Amazon region) during the flooding season. *Rev Biol Trop* 54: 853-859.
5. **Carneiro PC, Urbinati EC. 2001.** Salt as a stress response mitigator of matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther), during transport. *Aquac Res* 32: 297-304. doi: 10.1046/j.1365-2109.2001.00558.x
6. **Carneiro PC, Urbinati EC. 2002.** Ionic imbalance in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae), submitted to different hauling densities. *Aquacult Int* 10: 221-229.
7. **Carneiro PC, Urbinati EC, Martins ML. 2002.** Transport with different benzocaine concentrations and its consequences on hematological parameters and gill parasite populations of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Osteichthyes, Characidae). *Acta Scientiarum* 24: 555-560.
8. **Coffigny RS, Perez MM. 2003.** Aceite de clavo (*Syzygium aromaticum*) como anestésico para la manipulación e transporte de *Oreochromis aureus* (Tilapia). [Internet]. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/NuevasEspecies/20_aceite_clavo_anestesico.pdf
9. **García-Vásquez AR, Vargas G, Tello-Martín JS, Duponchelle F. 2012.** Desembarque de pescado fresco en la ciudad de Iquitos, región Loreto Amazonía peruana. *Folia Amazónica* 21: 45-52. doi: 10.24841/fa.v21i1-2.31
10. **Goldenfarb B, Bowyer P, Hall E, Brosious E. 1971.** Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *Am J Clin Pathol* 56: 35-39. doi: 10.1093/ajcp/56.1.35
11. **González A, Mejía F, Huanuiri K, Sánchez I, Vásquez J, Fernández-Méndez C. 2016.** Valores hematológicos y bioquímicos de juveniles de paiche *Arapaima gigas* en cultivo intensivo. *Folia Amazónica* 25: 137-144. doi: 10.24841/fa.v25i2.397
12. **Groff JM, Zinkl JG. 1999.** Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish: common carp and goldfish. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* 2: 741-776. doi: 10.1016/S1094-9194(17)30120-2
13. **Hahn-von-Hessberg CM, Quiroz-Bucheli A, Grajales-Quintero A. 2014.** Caracteres hematológicos en individuos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, Trewavas 1983) con pesos entre 50-150 g y 150-250 g, estación piscícola, Universidad de Caldas, Colombia. *Bol Cient Mus Hist Nat* 18: 142-157.

14. **Hawkey M, Dennett B. 1989.** Color atlas of comparative veterinary hematology. *Vet Clin Path* 18: 108-108. doi: 10.1111/j.1939-165X.1989.tb00532.x
15. **Iannacone J, Bello C, Hernández N, Díaz M. 2006.** Caracterización leucocitaria del pez amazónico *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823) (Perciformes: Cichlidae) de Perú. *Biotempo* 6: 32-37. doi: 10.31381/biotempo.v6i0.880
16. **Larsson A, Johansson Sjöbeck MJ, Fänge R. 1976.** Comparative study of some haematological and biochemical blood parameters in fishes from the Skagerrak. *J Fish Biol* 9: 425-440. doi: 10.1111/j.1095-8649.1976.tb04691.x
17. **Leonardo AF, Hoshiba MA, Senhorini JA, Urbinati EC. 2008.** Canibalismo em larvas de matrinxã, *Brycon cephalus*, após imersão dos ovos à diferentes concentrações de triiodotironina (T3). *Bol Inst Pesca* 34: 231-239.
18. **Lima FC. 2017.** A review of the cis-andean species of the genus *Brycon* Müller y Troschel (Characiformes: Characidae). *Zootaxa* 4222: 1-189. doi: 10.11646/zootaxa.4222.1.1
19. **López-Ruiz A, Angeles-Esteban M, Meseguer J. 1992.** Blood cell of the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.): Light and electron microscopic studies. *Anat Rec* 234: 161-171. doi: 10.1002/ar.1092340203
20. **Macías JL, Rincón ER. 2010.** Caracterización sanguínea de diferentes especies ícticas de la cuenca alta del río Cauca (Colombia). *Acta Biol Paranaense* 39: 71-86.
21. **Rocha RM, Carvalho EG, Urbinati EC. 2004.** Physiological responses associated with capture and crowding stress in matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). *Aquac Res* 35: 245-249. doi: 10.1111/j.1365-2109.2004.00998.x
22. **McDonald G, Milligan CL. 1997.** Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p 119-145.
23. **Natt P, Herrick A. 1952.** A new blood diluent for counting the erythrocytes and leucocytes of the chicken. *Poultry Sci* 31: 735-738. doi: 10.3382/ps.0310735
24. **Nikinmaa M. 1990.** Vertebrate red blood cells. Adaptations of function to respiratory requirements. Berlin: Springer-Verlag. 262 p.
25. **Nuñez J. 2009.** Domestication de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie. *Cah Agric* 18: 136-143. doi: 10.1684/agr.2009.0299
26. **Oliveira AT, Pantoja-Lima J, Aride, PHR, Tavares-Dias M, Marcon JL. 2015.** Fisiologia de arraias de água doce: subsídios para aplicabilidade na aquicultura. En: Tavares-Dias M, Mariano W (eds). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. Brasil: Pedro y João Editores. p 45-74.
27. **Pizango-Paima EG, Pereira-Filho M, De Oliveira-Pereira MI. 2001.** Body composition and food of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Characiformes, Characidae) from central Amazonia. *Acta Amazon* 31: 509-509. doi: 10.1590/1809-43922001313520
28. **Paiva MJ. 1991.** Características sanguíneas da Pirapitinga do Sul, *Brycon* sp, sob condições experimentais de criação intensiva. *Braz J Vet Res Anim Sci* 28: 141-153. doi: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.1991.51933
29. **Ranzani-Paiva MJ, Salles FA, Eiras JC, Eiras AC, Ishikawa CM, Alexandrino AC. 1999.** Análises hematológicas de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do Instituto de Pesca, Estado de São Paulo. *Bol Inst Pesca* 25: 77-83.
30. **Ranzani-Paiva MJ, Pádua SB, Tavares-Dias M, Egami M. 2013.** Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá, Paraná: Eduem. 140 p.
31. **Romagosa E, Narahara MY, Borella MI, Fenerich-Verani N. 2001.** Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus* induzidas a reprodução. *Bol Inst Pesca* 27: 139-147.

32. **Ruiz I, Fernández AB, De Blas I. 2003.** El sistema inmune de los teleósteos (III): Respuesta inmune específica. *AquaTIC* 18: 33-38.
33. **Salazar-Lugo R, Romero Z, Centeno L. 2012.** Caracterización morfológica y citoquímica de leucocitos del pez dulceacuícola *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae). *Saber* 24: 49-55.
34. **Sánchez I, Mejía F, Huanuiri K, Vásquez J, Gonzales A, Fernández-Méndez C. 2017.** Respuesta hematólogica y bioquímica en juveniles de paiche *Arapaima gigas* sometidos a diferentes concentraciones de amonio. *Folia Amazónica* 26: 51-58. doi: 10.24841/fa.v26i1.418
35. **Summerfelt RC, Lewis WM, Ulrich MG. 1967.** Measurement of some hematological characteristics of the goldfish. *Prog Fish Cult* 29: 13-20. doi: 10.1577/1548-8640(1967)-29[13:MOSH-CO]2.0.CO;2
36. **Tandon RS, Joshi BD. 1976.** Total red and white blood cell count of 33 species of fresh water teleosts. *J Anim Physiol An N* 37: 293-297. doi: 10.1111/j.1439-0396.1976.tb00069.x
37. **Tavares-Dias M, Frascá-Scorvo CM, Moraes FR, Campos-Filho E. 1999.** Características hematólogicas de teleósteos brasileiros. IV. Parâmetros eritroleucométricos, trombométricos e glicemia do matrinxã (*Brycon cephalus* Günther, 1869) (Osteichthyes: Characidae). *Rev Bras Zool* 15: 149-153.
38. **Tavares-Dias M, Schalch SE, Moraes FR. 2003.** Hematological characteristics of Brazilian teleosts. VII. Parameters of seven species collected in Guariba, São Paulo State, Brazil. *Bol Inst Pesca* 29: 109-115.
39. **Tavares-Dias M, De Moraes FR. 2004.** Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto: Villimpress. 144 p.
40. **Tavares-Dias M, Moraes FR. 2006.** Hematological parameters for the *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1850 (Osteichthyes: Characidae) intensively bred. *Hidrobiologica* 16: 271-274.
41. **Tavares-Dias M, Affonso EG, Oliveira SR, Marcon JL, Egami MI. 2008.** Comparative study on hematological parameters of farmed matrinxã, *Brycon amazonicus* Spix and Agassiz, 1829 (Characidae: Bryconinae) with others Bryconinae species. *Acta Amazon* 38: 799-805. doi: 10.1590/S0044-59672008000400026
42. **Urbinati EC, Carneiro PC. 2001.** Metabolic and hormonal responses of matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleost: Characidae) to transport stress under influence benzocaine. *J Aquacul Tropics* 16: 75-85.
43. **Urbinati EC, de Abreu JS, da Silva CA, Landinez PM. 2004.** Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. *Aquaculture* 229: 389-400. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00350-8
44. **Val AL, de Almeida-Val VM. 1995.** Fishes of the Amazon and their environment: Physiological and biochemical aspect. Berlin, Germany: Springer-Verlag. 224 p.
45. **Wintrobe M. 1934.** Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood various vertebrates. *Folia Haematologica* 51: 32-49.
46. **Zaniboni-Filho E, Reynalte-Tataje D, Weingartner M. 2006.** Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. *Rev Colomb Cienc Pec* 19: 233-240.