

## Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador

**Martha V. Buenaño C.**

Facultad de Biología Marina. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Bahía de Caráquez.  
Sede Regional Manabí, Ecuador. E-mail: mvbc03@hotmail.com

---

### RESUMEN

El conocimiento de parámetros hematológicos en diferentes estadios de crecimiento posibilita un adecuado tratamiento ictiosanitario. El presente estudio muestra hemogramas de tres edades (juveniles, adultos y reproductores) y dos sexos de *O. mykiss* en el Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta a 3 300 m s.n.m. Muestras de sangre colectadas de la porción caudal de la aorta hemal de un total de 284 organismos sanos con pesos comprendidos entre 98,9 g a 1 815,7 g, permitieron el análisis de hemoglobina, hematocrito, recuento de glóbulos rojos y blancos, proteínas totales, albúmina, leucograma y cálculo de los componentes sanguíneos. Los datos obtenidos fueron analizados empleando el paquete estadístico InfoStat, mismos que evidenciaron diferencias entre estadios y sexos de la especie, siendo los machos, por su alto metabolismo, quienes exhiben valores altos en los parámetros monitoreados.

**Palabras clave.-** Parámetros hematológicos, Ictiosanitario, Estadios, Aorta hemal

### ABSTRACT

The knowledge of hematological parameters in different farm phases, possible to set up a suitable ictiosanitary treatment. This study present a profile hematological by sex and production phases (juvenile, adult and reproductive) and two sex of *O. mykiss* in the Aquatic Center of Investigation of Papallacta at 3 300 m asl. Blood samples collected of caudal hemal aortal portion to 284 healthy organisms with weight between 98.9 to 1 815.7 g, possible to analysis of hemoglobin, hematocrit, red blood cell, white blood cell, overall proteins, albumin, leukocyte types and blood components count. The values gotten from this study were analyzed by means of the statistical package InfoStat , this values show differences between farm phases and sex of species; thus, due to their high metabolism the males have higher values in this parameters.

**Key words.-** Hematological parameters, Ictio-sanitary, Farm phases, Hemal aortal.

ISSN 1390-3004

Recibido: 15-01-2010

Aceptado: 29-04-2010

## INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris es la especie más empleada con fines piscícolas en aguas frías continentales. En Ecuador, a partir de 1 930 se introdujo huevos embrionarios de trucha, cuyos alevines sirvieron para poblar los sistemas fluviales y lacustres de la región interandina (Imaki, 2003).

De acuerdo al primer censo piscícola de producción de trucha arco iris realizado por el Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta (CENIAC) (2007), en el país existen 213 criaderos distribuidos en las provincias de: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbios y Tungurahua. Producen un total de 982,3 toneladas al año, representando aproximadamente un rubro de 2'678 997 dólares. La falta de una adecuada tecnología y las bajas producciones no permiten competir en otros mercados. No obstante se conoce por las estadísticas del Banco Central del Ecuador, que una pequeña cantidad es exportada a los Estados Unidos (Cerde & Gordillo, 2001). En la actualidad no se cuenta con información del porcentaje de pérdida de las piscifactorías a causa de enfermedades, ya sean por agentes patógenos como virus y bacterias o por mala calidad del alimento, entre otros (Hidrovo, com. pers.).

Un adecuado monitoreo y control sanitario permite prevenir situaciones que conllevan a grandes pérdidas para los piscicultores. La Ictiohematología es una disciplina que estudia los componentes sanguíneos en peces, su morfología, bioquímica y fisiología, así como también los órganos hematopoyéticos y las enfermedades relacionadas con ellos (Valenzuela *et al.*, 2003 en Centeno *et al.*, 2007). Numerosos factores pueden influir sobre los parámetros sanguíneos, entre estos: la especie, estadio, sexo, estrés, temperatura, fotoperiodo, estado nutricional.

Los parámetros sanguíneos de los peces indican su estado fisiológico y se emplean para valorar la efectividad del control de enfermedades infecciosas, desbalances nutricionales, efectos tóxicos, condiciones anóxicas, cambios ambientales y otros estresantes que se presentan durante los cultivos (Hrubec & Smith, 1999; Aydin *et al.*, 2000 en Silveira *et al.*, 2005).

Basados en esta información, surgió la necesidad de contar con valores de referencia normales de esta especie, que permitan determinar el perfil hematológico sexual en diferentes etapas productivas, en el río Papallacta a los 3 300 m s.n.m.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó de octubre 2007 a mayo 2008 en el CENIAC, ubicado a 0° 21' de latitud sur y 78° 08' longitud oeste, a una altitud de 3 300 m, con una temperatura media ambiental de 13 °C y una temperatura media del agua de 9 °C. Perteneciente a la provincia de Napo, parroquia Papallacta, Cantón Quijos, sector Valle de Baños.

Los organismos empleados para el estudio se encontraban saludables, la información proviene de 20 juveniles macho y 20 hembras; 20 machos adultos y 21 hembras; 26 machos reproductores y 27 hembras. Los pesos estuvieron comprendidos entre 98,9 g a 1 815,7 g.

Para obtener el tamaño de la muestra se realizó un pre-muestreo con individuos de cada estadio. Se consideró las siguientes variables para el estudio: hemoglobina (Hb), hematocrito (Hcto), proteínas totales (PT), albúmina (Alb), recuento de glóbulos rojos (RBC) y recuento de glóbulos blancos (WBC). Se empleó la siguiente fórmula (Villacís, com. pers.):

$$\eta = \frac{(t\alpha / 2.gl)^2 (cv)^2}{(E\%)^2 + \frac{(t\alpha / 2.gl)^2 (cv)^2}{N}}$$

Donde:

$\eta$  = tamaño de la muestra  
( $t \alpha / 2.gl$ )<sup>2</sup> = grados de libertad  
( $cv$ )<sup>2</sup> = coeficiente de variación  
( $E\%$ )<sup>2</sup> = porcentaje de error admitido al muestreo  
N = tamaño de la población

Se tomó datos fisicoquímicos de calidad de agua como: temperatura (°C), oxígeno disuelto (ppm) y pH.

**Trabajo de campo.-** Los organismos capturados fueron colocados en recipientes con agua de su propio estanque, manteniéndolos con oxigenación continua. El peso fue medido con una balanza digital de campo de precisión 0,1 g y los datos de longitud con la ayuda de un ictiómetro de campo de precisión de 0,1 cm. Estos datos fueron tomados inmediatamente después de anestesiar a los individuos, con esencia de clavo de olor en concentración de 2 ppm en un recipiente con 4 L de agua.

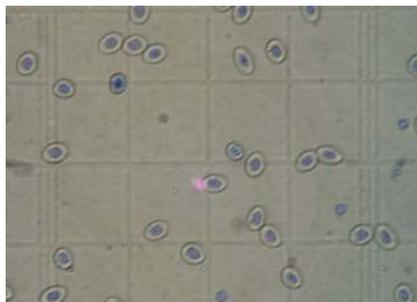
Las extracciones (1 ó 2mL) se las realizó por punción en la porción caudal de la aorta hemal, empleando jeringas de 3 ml, previamente caladas con heparina sódica 5 000 UI/mL y mantenidas en *cooler* a 4° C. Las muestras fueron colocadas en tubos *vacutener* pediátricos debidamente rotulados y

almacenadas a 4<sup>0</sup> C. Se efectuó frotis, dos placas por individuo y el ascenso de 4 capilares heparinizados por organismo. Los capilares fueron sellados con plastilina *Brá-seal* y colocados en fundas de papel rotuladas.

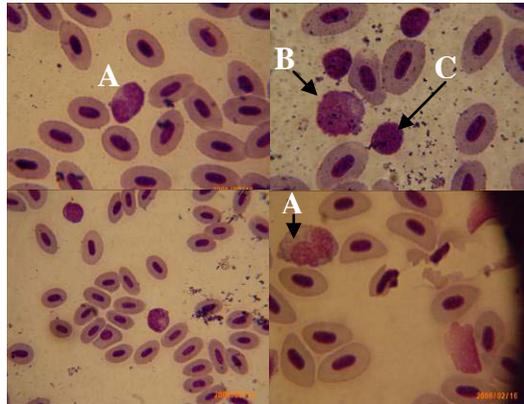
**Trabajo de laboratorio.-** Los análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura de la Carrera de Ciencias Agropecuarias de la Escuela Politécnica del Ejército. Con las muestras colectadas se analizó: hematocrito (Hcto) mediante la lectura con la tabla micro-hematocímetro lote 01141, previa centrifugación de las muestras a 3 500 rpm durante 10 minutos. El análisis de la hemoglobina (Hb) se realizó con el kit de *Wiener* lote 609747 por el método fotométrico de la cianometahemoglobina. Para las proteínas totales (PT) y albúmina (Alb) se empleó el kit de *Human* lote H086 y H079 utilizando el método de Biuret y de BCG respectivamente. La lectura se realizó en un espectrofotómetro a 546 nm para las proteínas totales y 578 nm para la albúmina. El recuento de glóbulos rojos (RBC) y blancos (WBC) se efectuó empleando el método de Natt & Herrick (1952) en cámara *Neubauer*. Se utilizó la pipeta hematocimétrica de bola roja (101), expresando los resultados obtenidos en cel x 10<sup>6</sup>/μl para eritrocitos y cel x 10<sup>4</sup>/ μl para leucocitos. Con un microscopio, utilizando un lente de 40 x, se leyeron los cinco cuadros (cuadros de las esquinas y cuadro central) del retículo central de la cámara *Neubauer* para glóbulos rojos y para leucocitos se leyeron todos los cuadros del retículo central. Para este recuento se empleó un contador hemático lote 04-4554-54-00001 (Fig. 1).

El número de eritrocitos contados se multiplicó por 10 000 para ser expresados en cél x 10<sup>6</sup>/μL. El número de leucocitos contados se multiplicó por 2 000 y se expresaron en cél x 10<sup>4</sup> /μL.

El análisis de la morfología leucocitaria (FL) se la realizó con tinción *Wright* modificada con peroxidasa (IASA, 2007). Las placas fueron observadas con lente de 100 x y aceite de inmersión. Se contó 100 clases de leucocitos, siendo estos: heterófilos (Het), linfocitos grandes (Lin g), neutrófilos (Neu), linfocitos pequeños (Lin p), monocitos (Mon) y macrófagos (Mac) (Fig. 2). Cada uno de estos leucocitos se expresó en porcentajes.



**Figura 1.** Subcuadrículas del retículo central de la cámara de *Neubauer* con eritrocitos y leucocitos de *Oncorhynchus mykiss*, lente 40 x.



**Figura 2.** Morfología leucocitaria, A neutrófilo, B monocito, y C linfocito.

El cálculo de los componentes sanguíneos de volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de la hemoglobina corpuscular media (CHCM) se los realizó mediante las siguientes fórmulas (Ranzani & Paiva, 1991 en Pharma, 1994):

$$VCM (\mu 3) = \frac{Hcto(\%) \times 10}{RBC \left( celx10^6 / \mu L \right)}$$

Donde VCM = volumen celular medio; Hcto = hematocrito; RBC = *Red blood cell* (Células sanguíneas rojas).

$$HCM (pg) = \frac{Hb(g / dL) \times 10}{RBC \left( celx10^6 / \mu L \right)}$$

Donde HCM = hemoglobina corpuscular media; Hb = hemoglobina; RBC = *Red blood cell*.

$$CHCM (\%) = \frac{Hb(g / dL) \times 100}{Hcto(\%)}$$

Donde CHCM = concentración de la hemoglobina corpuscular media; Hb = hemoglobina; Hcto = hematocrito.

Las variables cuantificadas en sangre de los diferentes estadios y sexo fueron analizados empleando el paquete estadístico InfoStat. El diseño experimental empleado fue completamente al azar, en arreglo factorial (3 x 2) con tres repeticiones utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + E_i + S_j + ES_{ij} + e_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable aleatoria

$\mu$  = media

$E_i$  = efecto del  $i$  esimo estadio

$S_j$  = efecto del  $j$  esimo sexo

$ES_{ij}$  = efecto de la interacción estadio\*sexo

$e$  = error experimental

Se realizó comparación de medias de Duncan al 5 % para estadio, sexo e interacción estadio\*sexo. Las variables de los tipos leucocitarios: heterófilos, neutrofilos, monocitos y macrófagos fueron analizados empleando estadística no paramétrica de *Kruskal-Wallis*.

## RESULTADOS

Los datos de los parámetros físico químicos, de la fuente hídrica de abastecimiento, se encontraron acorde a los valores normales para la crianza de trucha arco iris en la zona (Tabla 1).

**Tabla 1.** Comportamiento de los parámetros abióticos en la zona de Papallacta. Tomas realizadas durante el muestreo, 2008.

Parámetro	Mín	Máx	Promedio
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	11,10	12,10	11,46
Oxigeno (ppm)	5,40	6,47	5,48
pH	8,47	9,70	9

Medidas limitantes como nitritos y amoníaco no ionizado, son controladas por la renovación constante de agua al 100 %  $h^{-1}$  en cada estanque. La mortalidad de individuos bajo estas condiciones se mantuvo entre el 3 y 5 % (Quisanga, com. pers.).

Los lotes de producción se encontraron en un estado sanitario satisfactorio. Se evidenció una activa movilidad en cada estanque, así como la avidez por el consumo de los piensos alimenticios. Conjuntamente se consideró la información correspondiente a la alimentación suministrada (ración), la que tuvo una frecuencia de 4 veces por día. El cálculo y tipo de ración alimenticia, se encontró acorde a la temperatura del agua y el estadio fisiológico de la especie (Tabla 2).

En cuanto al hemograma en las poblaciones de trucha arco iris, se detectaron resultados hematológicos específicos para la especie, en las diferentes etapas de desarrollo.

Mediante la Prueba de Duncan los valores de hemoglobina y hematocrito, presentaron diferencias estadísticas entre las etapas de producción ( $p < 0,05$ ).

En los dos parámetros, los reproductores exhiben valores altos (Hb:  $13,28 \pm 0,39$  g/dL y Hcto:  $75,19 \pm 1,18$  %). El número de glóbulos rojos por  $\mu\text{L}$  de sangre fue más alto en la etapa juvenil (RBC:  $1,63 \pm 0,05$  cel  $\times 10^6/\mu\text{L}$ ) respecto a adultos y reproductores. Los índices eritrocitarios (VCM, HCM y CHCM), mostraron diferencias significativas entre las fases de cultivo ( $p < 0,05$ ). Volumen corpuscular medio, con valores mayores en adultos los datos se presentan en un rango de  $373,44 \pm 12,04$  a  $527,08 \pm 25,30$   $\mu\text{m}^3$ . Hemoglobina corpuscular media, con valores mayores en la etapa de reproducción (HCM:  $93,72 \pm 5,05$  pg). Inversamente la concentración de hemoglobina corpuscular media tiene una mayor concentración en la etapa de juvenil (CHCM:  $19,28 \pm 0,30$  %).

**Tabla 2.** Porcentajes de los componentes del alimento proporcionado a los organismos en las diferentes fases de producción en la piscifactoría de Papallacta, 2008.

Estadio	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
Juveniles	44	10	2
Adultos	44	10	2
Reproductores	44	13	2

Los valores más altos en proteínas totales y albúmina se detectaron en reproductores (PT:  $6,26 \pm 0,33$  g/dL y Alb:  $4,27 \pm 0,24$  g/dL respectivamente); mientras el número mayor de glóbulos blancos por  $\mu\text{L}$  de sangre, se presentó en la etapa juvenil (WBC:  $2,62 \pm 0,12$   $\mu\text{L}$ ).

Las clases de glóbulos blancos presentes en el leucograma de trucha arco iris, manifestaron diferencias estadísticas entre las etapas de producción (heterófilos, neutrófilos monocitos) ( $p < 0,05$ ). Sin embargo la especie muestra principalmente linfocitos pequeños, seguidos de linfocitos grandes. Los restantes tipos leucocitarios son escasos en frotis sanguíneos de *O. mykiss* (Tabla 3).

Respecto al género conjuntamente con el estadio de las poblaciones de *O. mykiss*, se detectó resultados hematológicos específicos para la especie. Diferencias estadísticas se muestran entre sexos de cada estadio, para las variables de hemoglobina y hematocrito ( $p < 0,05$ ). Valores mayores se reportan en organismos machos de los tres estadios (Hb juveniles:  $12,43 \pm 0,58$  g/dL; Hb adultos:  $11,86 \pm 0,67$  g/dL; Hb reproductores:  $15,69 \pm 0,31$  g/dL y Hct juveniles:  $61,53 \pm 2,42$  %; Hct adultos:  $78,95 \pm 1,51$  % y Hct reproductores:  $77,83 \pm 1,27$  %).

El número de glóbulos rojos  $\mu\text{L}^{-1}$  de sangre no expresa diferencias significativas entre la interacción estadio\*sexo. Los valores se encuentran en un rango de  $1,42 \pm 0,07$  a  $1,66 \pm 0,09$  cel  $\times 10^6/\mu\text{L}$  ( $p > 0,05$ ). De igual forma proteínas totales, albúmina y número de glóbulos blancos  $\mu\text{L}^{-1}$  de sangre, cuyos valores se encuentran en un rango de  $4,13 \pm 0,28$  a  $6,59 \pm 0,36$  g dL $^{-1}$  para proteínas totales; albúmina:  $2,13 \pm 0,10$  a  $4,28 \pm 0,25$  g dL $^{-1}$  y WBC:  $1,75 \pm 0,20$  a  $2,76 \pm 0,20$  cel  $\times 10^4\mu\text{L}^{-1}$ .

**Tabla 3.** Análisis de las variables hematológicas para cada estadio de trucha arco iris, Papallacta-Ecuador, 2008.

Parámetro	Estadios		
	Juveniles	Adultos	Reproductores
Hb (g/dl)	11,39±0,35 a	10,56±0,41 a	13,28±0,39 b
Hct (%)	58,96±1,40 a	73,15±1,39 b	75,19±1,18 b
*RBC (cel x 10 <sup>6</sup> /ul)	1,63±0,05 b	1,46±0,05 a	1,53±0,06 ab
*VCM (µm <sup>3</sup> )	373,44±12,04 a	527,08±25,30 b	524,11±21,63 b
*HCM (pg)	71,91±2,58 a	75,20±4,01 a	93,72±5,05 b
CHCM%	19,28±0,30 c	14,30±0,42 a	17,65±0,43 b
*Proteína (g/dl)	4,24±0,16 a	5,08±0,24 b	6,26±0,33 c
*Albumina (g/dl)	2,18±0,10 a	2,66±0,15 b	4,27±0,24 c
*WBC (cel x 10 <sup>4</sup> /ul)	2,62±0,12 c	2,20±0,09 b	1,89±0,12 a
Het %	1,13±0,21 b	0,12±0,10 a	1,85±0,39 b
**Lin g %	20,28±2,14 b	12,68±0,79 a	15,26±1,08 ab
Neu %	1,30±0,27 a	1,41±0,26 a	4,38±0,71 b
Lin p %	72,05±2,16 a	82,24±1,12 b	70,72±1,76 a
Mon %	5,08±0,68 a	3,37±0,45 a	7,45±0,87 b
Mac %	0,13±0,06 a	0,07±0,04 a	0,30±0,14 a

\* Transformación raíz cuadrada, \*\* Transformación logarítmica. Letras distintas por columna, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

El porcentaje de linfocitos pequeños en el leucograma, manifiesta diferencias significativas en la interacción estadio\*sexo ( $p < 0,05$ ). Específicamente entre juveniles hembra ( $79,45 \pm 1,60$  %) vs. juveniles macho. Dentro de los tipos leucocitarios determinados para la especie después de los linfocitos pequeños y grandes, se encuentran los monocitos, neutrófilos con valores mayores para reproductoras hembras ( $9,04 \pm 1,36$  % y  $5,63 \pm 1,12$  % respectivamente). Seguido por los heterófilos con cifras mayores para reproductores machos ( $2,54 \pm 0,68$  %) y finalmente macrófagos con datos altos para reproductoras hembras ( $0,44 \pm 0,25$  %). No se visualizaron heterófilos y macrófagos en hembras adultas (Tabla 4).

Los valores del coeficiente de variación para los parámetros de hemoglobina, hematocrito, recuento eritrocitario y leucocitario, proteínas totales y albúmina se encontraron entre 11,44 a 18,06 %.

La interacción estadio\*sexo muestra diferencias estadísticas, con la prueba de *Kruskal-Wallis*, para los parámetros de heterófilos, neutrofilos y monocitos ( $p < 0,0001$ ;  $p = 0,0003$  y  $p = 0,0019$ , respectivamente). Para el caso de macrófagos no hubo diferencias significativas ( $p = 0,5680$ ) (Tabla 5).

## DISCUSIÓN

De los parámetros de calidad de agua de una piscifactoría, el oxígeno disuelto es el más crítico e importante, ya que es vital para la existencia de los organismos acuáticos (Toledo, 2004). El valor óptimo para cualquier pez es de 5 ppm, ya que cantidades mayores no proporcionan mejores condiciones para el intercambio gaseoso. Esto debido a que las branquias sólo pueden transferir una cierta tasa de oxígeno a la sangre, y estas están en su máxima capacidad

de entrega, cuando las concentraciones de OD del medio son iguales a las recomendadas (Fundación Chile, 2002 en Toledo, 2004).

**Tabla 4.** Análisis de las variables hematológicas para cada estadio y sexo de trucha arco iris, Papallacta-Ecuador, 2008.

Parámetro	Estadios					
	Juveniles		Adultos		Reproductores	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Hb (g/dl)	10,35±0,24 a-b	12,43±0,58 d	9,32±0,29 a	11,86±0,67 c-d	10,97±0,30 b- c	15,69±0,31 e
Hct (%)	56,40±1,22 a	61,53±2,42 b	67,62±1,55 c	78,95±1,51 e	72,65±1,86 d	77,83±1,27 e
*RBC (cel x 10 <sup>6</sup> /ul)	1,59±0,06 ab	1,66±0,09 b	1,48±0,07 ab	1,44±0,08 ab	1,64±0,08 ab	1,42±0,07 a
*VCM (μm <sup>3</sup> )	364,11±14,49 a	382,77±19,3 9 a	474,40±23,46 b	585,30±43,42 c	465,38±23,90 b	585,09±32,78 c
*HCM (pg)	66,67±2,50 a	77,16±4,27 ab	65,26±3,18 a	86,18±6,94 b	70,23±3,67 a	118,12±6,84 c
CHCM%	18,43±0,42 c	20,12±0,35 d	13,82±0,36 a	14,84±0,77 ab	15,17±0,32 b	20,22±0,39 d
*Proteína (g/dl)	4,34±0,16 ab	4,13±0,28 a	5,24±0,33 bc	4,92±0,36 abc	6,59±0,36 d	5,92±0,55 cd
*Albumina (g/dl)	2,13±0,10 a	2,22±0,17 a	2,42±0,12 ab	2,92±0,28 b	4,28±0,25 c	4,25±0,42 c
*WBC (cel x 10 <sup>4</sup> /ul)	2,76±0,20 c	2,47±0,13 bc	2,20±0,12 b	2,19±0,14 b	2,01±0,14 ab	1,75±0,20 a
Het %	1,10±0,34	1,15±0,25	-----	0,25±0,20	1,19±0,39	2,54±0,68
**Lin g %	11,30±1,04 a	29,25±3,04 c	11,33±1,18 a	14,10±0,97 ab	12,89±1,05 ab	17,73±1,82 b
Neu %	1,50±0,37	1,10±0,40	1,05±0,26	1,80±0,44	5,63±1,12	3,08±0,79
Lin p %	79,45±1,60 b	64,65±3,28 a	84,00±1,66 b	80,40±1,41 b	70,81±2,45 a	70,62±2,57 a
Mon %	6,65±1,14	3,50±0,56	3,38±0,65	3,35±0,63	9,04±1,36	5,81±1,00
Mac %	0,10±0,07	0,15±0,11	-----	0,15±0,08	0,44±0,25	0,15±0,12

\* Transformación raíz cuadrada, \*\* Transformación logarítmica. Letras distintas por columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Considerando lo expuesto en el párrafo anterior y que este factor se ve influenciado entre otros por la presión atmosférica, los datos hematológicos obtenidos no representarían un mecanismo adaptativo a nivel sanguíneo para los individuos de la zona, que se encuentran a una altitud de 3 300 m; donde el oxígeno disuelto reportado es de 5,48 ppm, inferior a lo recomendado para la especie (8 ppm).

Los peces pueden vivir en un amplio rango de temperaturas, sin embargo el sistema inmune no funciona igual en todas ellas, siendo lógicamente, las óptimas las mejores (Ellis, 1981; Bly & Clem, 1992 en Ruiz, 2003). El incremento de 1<sup>o</sup> C, aumenta en un 15 % el metabolismo, afectando la eficiencia alimentaria (Cuellar, 2003). Los valores de temperatura reportados en el estudio se encuentran en este rango de valores óptimos para la especie (11,46 °C).

**Tabla 5.** ANOVA y Prueba de Duncan para las variables en cada estadio con sus respectivos géneros, Papallacta-Ecuador, 2008.

Parámetros	Fuente de Variación				
	Modelo	Estadio	Sexo	Estadio*Sexo	CV
Hb (g/dl)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0023	16,25
Hct (%)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1229	11,44
*RBC (cel x 10 <sup>6</sup> /ul)	0,0878	0,1237	0,2694	0,1537	11,80
*VCM (µm <sup>3</sup> )	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,1497	12,61
*HCM (pg)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007	13,25
CHCM%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	12,09
*Proteína (g/dl)	<0,0001	<0,0001	0,1062	0,7035	16,45
*Albumina (g/dl)	<0,0001	<0,0001	0,5141	0,4318	18,06
*WBC (cel x 10 <sup>4</sup> /ul)	0,0002	<0,0001	0,1388	0,5911	17,99
**Lin g %	<0,0001	0,0074	<0,0001	0,0045	19,06
Lin p %	<0,0001	<0,0001	0,0015	0,0064	14,74

\* Transformación raíz cuadrada\*\* Transformación logarítmica

En un análisis sanguíneo de peces, se revela el estado fisiológico real de los organismos a causa, entre otros, del tipo de alimentación (Cuellar, 2003 en Ortiz *et al.*, 2006). Los datos hemocíticos permiten inferir en la respuesta metabólica (crecimiento) e inmunología (supervivencia) del individuo bajo diferentes condiciones nutricionales (Ortiz *et al.*, 2006). Se estima actualmente que las necesidades en proteínas digeribles son del 35 al 50 % para salmónidos (Cuellar, 2003). Un balance inapropiado de los componentes del alimento, exceso, deficiencia o mala calidad de los ingredientes puede ocasionar enfermedades como los hepatomas que se refleja en un bajo crecimiento, daño del hígado, mala coagulación de la sangre, disminución de la capacidad inmunológica y alta mortalidad. Trucha arco iris es muy sensible a esta enfermedad y la proporción de cantidades menores a 1µg kg<sup>-1</sup> de alimento puede causar tumores hepáticos en la especie (Bastardo *et al.*, 1997). Debido a esto, es importante mantener la calidad del alimento proporcionado y las dosificaciones de acuerdo a los requerimientos de la especie en cada fase de cultivo.

Varios autores (Lane, 1979; Kavamoto *et al.*, 1983; Ranzani & Godinho, 1985; Pickering, 1986; Bastardo, 1992; Pickering, 1986, Sandstrom, 1988 en Parma, 1994; Sanz *et al.*, 2001; Jawad *et al.*, 2004; Centeno *et al.*, 2007) mencionan la influencia de edad, sexo, tamaño, reproducción, temperatura del agua, calidad del ambiente, *etc.*, en la modificación de los valores hematológicos en peces. En el presente análisis sanguíneo de trucha arco iris, las variables analizadas reflejan estas diferencias a causa de la etapa de producción y el sexo de los individuos.

Se conoce la relación existente entre hematocrito (% de hematíes en sangre), número de glóbulos rojos y la hemoglobina (pigmento respiratorio presente en los eritrocitos), sin embargo su comportamiento es independiente. Siendo así, la hemoglobina no muestra diferencias significativas entre juveniles y adultos pero si en el estadio de reproducción (condición estresante), en donde la temperatura se ve un tanto elevada y por ende disminuye el oxígeno del

entorno, requiriendo una mejor captación de éste a nivel sanguíneo (función que cumple la hemoglobina). Se esperaría que el número de glóbulos rojos y el hematocrito cambien en esta fase de cultivo. Sin embargo, el porcentaje de hematocrito muestra variación para el estadio de juveniles y en el caso del recuento hemático entre juveniles y adultos.

Raizada *et al.* (1983 en Jawad, 2004) considera que las diferencias en los parámetros sanguíneos, entre peces hembras y machos se debe al alto metabolismo de estos últimos. En este estudio se expresan cifras mayores en machos (Hb juveniles:  $12,43 \pm 0,58$  g dL<sup>-1</sup>; Hb adultos:  $11,86 \pm 0,67$  g dL<sup>-1</sup>; Hb reproductores:  $15,69 \pm 0,31$  g dL<sup>-1</sup> y Hcto juveniles:  $61,53 \pm 2,42$  %; Hcto adultos:  $78,95 \pm 1,51$  % y Hcto reproductores:  $77,83 \pm 1,27$  %) (Tabla 4). Sin embargo en el trabajo realizado por Bastardo (1992) para la misma especie, se indican cifras mayores en hembras, que al ser comparadas con las de nuestro estudio, muestran datos menores en Hb y Hcto, no así en el número de eritrocitos (Tabla 6). La variación de datos puede deberse a las diferentes condiciones en las que se encontraban los organismos en cada estudio.

**Tabla 6.** Valores de Hb, Hcto y RBC reportados para hembras de trucha arco iris

<i>Oncorhynchus mykiss</i> (hembras)				
Fuente	Peso (g)	Hb (g/dL)	Hcto (%)	RBC (cel x 10 <sup>6</sup> /μL)
<b>Bastardo, 1992</b>	1 664,19	8,42±1,88	33,94±6,57	3,02±0,63
<b>Buenaño, *</b>	1 815,70±87,94	10,97±0,30	72,65±1,86	1,42±0,07

\*este documento

Los índices eritrocitarios (VCM, HCM y CHCM) relacionan la concentración de hemoglobina en sangre y el hematocrito con el número y tamaño de los eritrocitos (Sonnenwirth & Jarett, 1983), permitiendo calificar y cuantificar ciertos caracteres de los hematíes, como en el caso del diagnóstico de anemia. El volumen corpuscular medio valora el tamaño de los eritrocitos modificados cuando los salmónidos experimentan cambios fisiológicos como aclimatación, migración, fases de esguín, *etc.* (Conroy, 1987 en Ortiz *et al.*, 2006). La comparación de estos índices con otros estudios muestra diferencias de datos hematológicos para trucha arco iris (Tabla 7).

Los rangos mínimos y máximos de proteínas totales y albúmina, para el salmón del atlántico (*Salmo salar*) son: 2,8 a 5,8 g dL<sup>-1</sup> y 1,3 a 2,8 g dL<sup>-1</sup> respectivamente. Es importante dentro de las proteínas séricas, entender la relación de globulinas y albúmina (A:G) un cambio en esta tendencia es generalmente la primera manifestación de una discrasia de las proteínas. (Ibarra, 2003 en Vera, 2005).

En trucha arco iris los valores promedios para proteínas totales y albúmina se encontraron dentro de los márgenes óptimos para la familia Salmonidae. Las cifras son diferentes entre los estadios no así entre sexos, ya que el porcentaje de proteína en la alimentación es proporcional a la fase de producción. En

estudios realizados por Svoboda *et al.* (2001) y De Pedro *et al.* (2004) en tenca (*Tinca tinca*) para proteínas sérica, se observó niveles más altos en hembras en época reproductiva, por el aumento en la síntesis hepática de proteínas, principalmente vitelogeninas que serán posteriormente incorporadas a las gónadas (De Pedro, 2004).

**Tabla 7.** Datos de VCM, HCM y CHCM para trucha arco iris en tres fases de producción

Variable	Juveniles		Adultos		Reproductores	
	Sanz <i>et al.</i> , 2001	Buenaño, 2008	Rodríguez, 1999 en Jaramillo, 2005	Buenaño, 2008	Ortiz <i>et al.</i> , 2006	Buenaño, este documento
<b>Peso (g)</b>	62,5	124,95±6,44	430,0	244,20±5,39	676,50±63,64	1796,75±53,08
<b>VCM (<math>\mu\text{m}^3</math>)</b>	267,3±10,1	373,44±12,04	294,2±75,52	527,08±25,30	832,07±37,48	524,11±21,63
<b>HCM (pg)</b>	67,9±3,54	71,91±2,58	50,05±21,43	75,20±4,01	122,63±1,01	93,72±5,05
<b>CHCM (%)</b>	24,65±2,22	19,28±0,30	17,23±8,69	14,30±0,42	14,76±0,78	17,65±0,43

En cuanto a la respuesta inmune de los peces, ésta varía considerablemente de un individuo a otro. Los glóbulos blancos responsables de la función, se encuentran en concentraciones de 2 000 cél mm<sup>-3</sup> para trucha arco iris y 44 500 cél mm<sup>-3</sup> para el salmón coho (Conroy, 1984; Rodríguez, 1999; Fernández *et al.*, 2002 en Jaramillo 2005). Cifra mucho menor a las encontradas en esta investigación en donde, entre juveniles, adultos y reproductores, su número varía en un rango de 1,89 ±0,12 y 2,62±0,12 cel x 10<sup>4</sup>µL<sup>-1</sup>. Los valores en reproductores fueron menores, debido a los cambios fisiológicos que se encuentran sometidos, afectando negativamente al sistema de defensa por el incremento de corticoides y esteroides sexuales (Pickering & Christie, 1980; Slater & Schreck, 1993; Maule *et al.*, 1996 en Ruiz, 2003).

Los tipos leucocitarios obtenidos en mayor número para *O. mykiss* son linfocitos pequeños y grandes, seguido por monocitos, neutrófilos, heterófilos y macrófagos, deduciendo que la respuesta inmune es principalmente, viral. Al igual que lo mencionado por Blaxhall & Daisley (1973 en Silveira, 2005) los basófilos y eosinófilos no fueron identificados para la especie.

## AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias (IASA), por la apertura brindada en la realización de este estudio, especialmente al Laboratorio de Acuicultura. A Juan Ortiz por la dirección y corrección del estudio, Juan Carlos Giacometti por el apoyo en los análisis y afinación de protocolos, a Jaime Villacís por la ayuda en los análisis estadísticos. A Wilmer E. Pozo R. y Cesar Garzón por la revisión y comentarios del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Albuja, L., M. Ibarra, J. Urgilés & R. Barriga.** 1980. *Estudio preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos*. Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencias Biológicas. Quito.
- Bastardo, H., Z. Coché, P. Salinas & I. Hernández.** 1992. Determinaciones hematológicas en trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, en Mérida, Venezuela. *Veterinaria Tropical*. 17: 31-39.
- Cañadas & Cruz, L.** 1983. *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería-PRONAREG.
- Centeno, L., R. Silva, R. Barrios, R. Salazar, C. Matute & J. Pérez.** 2007. Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 4: 237-243.
- Cerda, M. & D. Gordillo.** 2001. *Producción y comercialización de trucha arco iris*. Tesis Ing. Comercial. Facultad de Ciencias Administrativas.
- Cuellar, L.** 2003. Acuicultura e ictiopatología: Diagnóstico del sector de pesca y acuicultura de la República del Ecuador. Web site: [www.downlad%3Ffile\\_id%3D26134+cultivo+de+trucha+arcoiris+en+Ecuador&hl=es&lr=lang\\_es](http://www.downlad%3Ffile_id%3D26134+cultivo+de+trucha+arcoiris+en+Ecuador&hl=es&lr=lang_es). Consultado: 2008.
- De Pedro, N., A. Guijarro, M. López, R. Martínez, M. Alonso & M. Delgado.** 2004. Parámetros hematológicos y bioquímicos en la tenca (*Tinca tinca*). Ritmos diarios y estacionales. III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. *Comunicación Científica CIVA 2004*:173-190.
- Fiaoni, E.** 2007. Fisiología y fisiopatología de los anticuagulantes naturales. Centro hemofilia e trombosi Bianchi Bonomi. Università degli Studi di Milano e EERCS Hospédale Maggiore Policlinico. Web site: [www.sepeap.org/archivos/libros/HEMATOLOGIA/coagulacion/1.pdf](http://www.sepeap.org/archivos/libros/HEMATOLOGIA/coagulacion/1.pdf). Consultado: 2008.
- Gómez, A., F. De la Gándara & T. Raja.** 2002. Utilización del aceite de clavo, *Syzygium aromaticum* L. (Merr. & Perry), como anestésico eficaz y económico para labores rutinarias de manipulación de peces marinos cultivados. *Instituto Español de Oceanografía*. 18: 21-23.
- Imaki, A.** 2003. *Manual de manejo y crianza de la trucha arco iris*. G.D. Impresiones. Ecuador.
- Jaramillo, N.** 2005. *Estudio hematológico básico del Puye (Galaxias maculatus) (Jenyns, 1842) en estado postlarval y adulto*. Tesis Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Acuicultura.
- Jawad, A., M. Al-Mukhtar & H. Ahmed.** 2004. The relationship between haematocrit and some biological parameters of the Indian shad, *Tenuulosa ilisha* (Family Clupeidae). *Animal Biodiversity and Conservation*. 27(2): 47-52.
- Lagler, K., Bardach, J., Miller, R., & Pasión, D.** 1990. *Ictiología*. AGT editor. México.
- Ortiz, J., Acosta, A., Falconí, R., Luna, M. & Giacometti, J.** 2006. Optimización de protocolos de análisis sanguíneo e histológico para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la hacienda El Prado - Ecuador. *Ciencia* 9(1): 53-59.

- Parma, M. 1994.** Some haematological parameters in *Prochilodus lineatus* (Fixes, Curimatidae). Argentina. *Hidrobiol. Trop.*27: 113-119.
- Ruíz, I., A. Fernández & I. Blas. 2003.** El sistema inmune de los teleósteos (IV); Principales factores que afectan la respuesta inmune. *AquaTic*. 19: 1-7. Web site: [www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=166](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=166). Consultado: 2008.
- Sanz, A., M. Martínez, C. Hidalgo, J. Domezain, E. Morales & M. García. 2001.** Constantes eritrocitarias en peces de cultivo intensivo en agua dulce, estudio comparado. Universidad de Granada.
- Silveira, R., M. Martínez & F. Ascencio. 2005.** Características morfológicas e histoquímicas de las células de la sangre periférica de *Oreochromis aureus* S. Cichlidae. *REDVET*. VI. (10). Web site: [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html). Consultado: 2008.
- Sonnenwirth, A. & L. Jarett. 1983.** *Métodos y diagnósticos del laboratorio clínico*. 8va (ed). Vol II. Editorial Médica Panamericana. Argentina.
- Toledo, R. 2004.** *Determinación de potenciales localidades para el cultivo en sistemas dulceacuícolas de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en la V región de Valparaíso*. Chile. Tesis Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela Recursos Naturales. Ingeniería (E) Acuicultura. Sede Valparaíso.
- Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra. 1999.** Formaciones naturales de la Costa del Ecuador. In: Sierra, R. (Ed.). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN-GEF-BIRF y Ecociencia.
- Vera, M. 2005.** *Caracterización patológica (macroscópica, microscópica y clínica) de las vibriosis por Vibrio ordalli en salmón del atlántico (Salmo salar) en el sur de Chile*. Tesis Universidad Católica de Temuco. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Escuela de Medicina Veterinaria.