



Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

ISSN: 0120-2952

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia  
Universidad Nacional de Colombia

Zamudio, J. F.; Landines, M. A.

Efecto de la restricción de alimento y posterior realimentación sobre algunas variables fisiológicas y metabólicas en yamú (*Brycon amazonicus*)

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, vol. 65, núm. 2, 2018, Mayo-Agosto, pp. 154-171

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n2.75637>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407658237005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

## Efecto de la restricción de alimento y posterior realimentación sobre algunas variables fisiológicas y metabólicas en yamú (*Brycon amazonicus*)

J. F. Zamudio<sup>1\*</sup>, M. A. Landines<sup>1</sup>

Artículo recibido: 21 de junio de 2015 · Aprobado: 16 de mayo de 2016

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la restricción de alimento y posterior realimentación sobre algunas variables fisiológicas en yamú (*Brycon amazonicus*) utilizando 1115 juveniles (peso inicial  $217,75 \text{ g} \pm 14,74 \text{ g}$ ) distribuidos en tres estanques y asignados a los siguientes tratamientos: 1) Control (C), alimentación todos los días; 2) Restricción moderada (RM), restricción por 2 días y realimentación por 3 y 3) Restricción severa (RS), restricción total durante 5 semanas y realimentación a partir de la semana 6 hasta la 12. Se realizaron colectas de sangre los días 1, 35, 42, 56, 70 y 84, de 7 animales por tratamiento para determinación del hematocrito, proteína, glucosa, lactato, triglicéridos, colesterol, cortisol,  $T_3$  e insulina. Adicionalmente, los animales se sacrificaron para retirar el hígado y determinar el glucógeno hepático. El modelo experimental fue mixto de efectos fijos, con 3 tratamientos y 6 muestreos, con anidamiento del muestreo en los tratamientos. Los datos se analizaron a través de análisis de varianza y en los casos en que hubo diferencias significativas se empleó la prueba de Tukey-Kramer. No hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para hematocrito, proteína, glucosa, cortisol y lactato entre los tratamientos en ninguna de las muestras tomadas. La insulina y  $T_3$  mostraron diferencias entre tratamientos en el día 35, pero no en el 84, igual a lo ocurrido con colesterol y glucógeno hepático. Los triglicéridos mostraron diferencias a lo largo del estudio, en el día 84 RS presentó menores niveles. Los resultados permiten concluir que pese a la restricción parcial de alimento, no se generaron efectos negativos sobre el metabolismo de *Brycon amazonicus*.

**Palabras clave:** *Brycon amazonicus*, restricción, realimentación, yamú.

### Effects of food restriction and refeeding on some physiological and metabolic variables of yamú (*Brycon amazonicus*)

### ABSTRACT

The effect of food restriction and refeeding on some physiological variables in yamú (*Brycon amazonicus*) was evaluated using 1115 juveniles (initial weight  $217.75 \text{ g} \pm 14.74 \text{ g}$ ), distributed in three ponds. The groups were randomly assigned one of the following treatments: 1) Control (C), fed every day; 2) Moderate restriction (MR), restriction during 2 days and refeeding during 3; and 3) Severe restriction (SR), total restriction during 5 weeks and refeeding

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Cr. 30 nro. 45-03, Bogotá (Colombia).

\* Autor para correspondencia: jfzamudior@unal.edu.co

from week 6 to 12. Blood samples from 7 animals from each treatment were taken on days 1, 35, 42, 56, 70, and 84 to determine hematocrit, proteins, glucose, lactate, triglycerides, cholesterol, cortisol,  $T_3$ , and insulin. The animals were sacrificed and their livers removed to calculate the hepatic glycogen. The experimental design used was a fixed effects mixed model of 3 treatments and 6 samples, with sampling nesting in the treatments. A variance analysis was performed to analyze the data; the Tukey-Kramer test a variance analysis was used in the cases with significant differences. No significant differences ( $p > 0.05$ ) were found for hematocrit, protein, glucose, cortisol, and lactate. The insulin and  $T_3$  showed differences among treatments on day 35, but not on day 84, the same as cholesterol and hepatic glycogen. Triglycerides showed differences throughout the study, SR showed the lowest levels on day 84. The results allow us to conclude that, despite the partial feed restriction, there were no adverse effects on the metabolism of *Brycon amazonicus*.

**Keywords:** *Brycon amazonicus*, restriction, refeeding, yamú.

## INTRODUCCIÓN

La restricción alimenticia o ayuno se presenta como un suceso natural en el ciclo de vida de diferentes especies (Weatherley y Gill 1987; Mackenzie *et al.* 1998) y puede ser superado por los individuos mediante diversas estrategias comportamentales, metabólicas y fisiológicas, que incluyen el uso de reservas corporales y probablemente la disminución de las tasas metabólicas. Como respuesta se evidencian a nivel plasmático cambios en algunos metabolitos, como la glucosa, los triglicéridos y las proteínas, entre otros, según sea la severidad de la restricción, la especie, el estatus nutricional previo a la restricción y el estado fisiológico de los animales. Estos cambios van a depender de la capacidad de movilización desde las fuentes o reservas de energía localizadas especialmente en el hígado (glucógeno, lípidos, proteínas), tejido adiposo (triglicéridos, ácidos grasos) y músculo (glucógeno, proteína); entre los cuales es de gran importancia el glucógeno hepático que en peces, al igual que en mamíferos, representa una importante y eficiente fuente de energía, principalmente para células del sistema nervioso durante períodos de restricción alimenticia, lo que deja al descubierto la

importancia del hígado como órgano metabólicamente activo, en el cual además se da la síntesis de ácidos grasos y proteínas esenciales para el correcto funcionamiento del organismo.

Por otro lado, el metabolismo energético del pez y en general las dinámicas de aprovechamiento de nutrientes y de crecimiento están reguladas por hormonas, las cuales pueden ser de tipo peptídico y/o esteroideal y cuya acción puede ejercer efectos positivos en el crecimiento de los peces (Mommsen 2001; Ali *et al.* 2003; Pierce *et al.* 2005). En este sentido, las principales hormonas participantes en el control del crecimiento son la hormona del crecimiento (GH), los factores de crecimiento similares a la insulina (IGF's), las hormonas tiroideas ( $T_3$  y  $T_4$ ) y los esteroides sexuales. Además de las mencionadas, existen otras que ejercen un rol importante en el crecimiento del pez como la prolactina (PRL), la insulina, el cortisol y la somatostatina (SRIF) (Weatherley y Gill 1987; Lagler *et al.* 1990; Company *et al.* 2001; Mommsen y Moon 2001).

El propósito de este estudio fue medir los efectos de la restricción alimenticia sobre algunos de los principales indicadores fisiológicos de *Brycon amazonicus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se desarrolló en la Estación Piscícola La Terraza, adscrita a la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en la ciudad de Villavicencio (Meta-Colombia), a 467 msnm y una temperatura media de 28°C. La elaboración de las dietas experimentales se realizó en la Unidad de Procesamiento de Alimentos y los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en los Laboratorios Clínico, de Fisiología de Peces y de Nutrición Animal de la misma facultad.

### Material experimental y tratamientos

De un lote de 1200 individuos de 75 días de edad aproximadamente, se seleccionaron 1115 juveniles de yamú (*Brycon amazonicus*) de  $217,75 \text{ g} \pm 14,74 \text{ g}$  y  $20,00 \text{ cm} \pm 0,54 \text{ cm}$  de longitud estándar, los cuales se distribuyeron en tres estanques en tierra, con un área promedio de  $247,6 \text{ m}^2$ , a una densidad de  $1,5 \text{ peces}/\text{m}^2$ ; allí se sometieron a un periodo de adaptación de 1 semana, durante la cual recibieron alimentación al 3% de la biomasa con alimento balanceado de 34% de proteína cruda (PC), simulando las condiciones normales de cultivo y asignados de manera aleatoria a los siguientes tratamientos:

**Control (C):** alimentación todos los días, a razón del 3% de la biomasa con alimento balanceado de 34% de proteína cruda (PC), distribuido en tres raciones diarias. Las semanas 11 y 12 se alimentaron al 2% de la biomasa con alimento balanceado del 30% de PC, distribuido en dos raciones al día.

**Restricción moderada (RM):** los peces se sometieron a restricción durante 2 días y posteriormente alimentados por

3, a razón del 3% de la biomasa existente con alimento balanceado del 34% de PC, distribuido en 3 raciones diarias de manera alternada y consecutiva. Las dos semanas finales se suministró a razón del 2% de la biomasa con un alimento balanceado del 30% de PC, distribuido en dos raciones por día. La restricción total durante todo el estudio para los peces de éste tratamiento fue de 33,3% frente al grupo control.

**Restricción severa (RS):** los peces tuvieron una restricción alimenticia total durante 35 días frente al grupo control; a partir de la semana 6 se suministró alimento a diario, a razón del 3% de la biomasa, con alimento balanceado del 34% de PC, distribuido en tres raciones por día. Las semanas 11 y 12, se alimentaron a razón del 2% de la biomasa, con alimento balanceado del 30% de PC, distribuido en dos raciones al día. La restricción total durante todo el estudio para el grupo de peces de éste tratamiento fue de 41,6%, con respecto al grupo control.

La mezcla de ingredientes para la elaboración del alimento balanceado suministrado a los peces y su composición nutricional se presentan en las Tablas 1 a 4.

### Muestreos y análisis de muestras

Para la obtención de muestras se realizaron 6 muestreos, correspondientes a los días 1, 35, 42, 56, 70 y 84, en cada uno de los cuales se tomaron aleatoriamente 7 peces por tratamiento que se anestesiaron con Eugenol® (100 ppm) para realizar la colecta de sangre mediante punción en la vena caudal. El hematocrito se determinó *in situ* mediante centrifugación a  $3000^*G$ , durante 10 minutos y lectura en la tabla de hematocrito y la proteína total plasmática en refractómetro digital PCE Instruments® DRC-2. Posteriormente, la sangre restante

se centrifugó durante 10 minutos a 2000\*G y los plasmas y sueros obtenidos almacenados a -80°C para posterior determinación de los siguientes parámetros:

**TABLA 1.** Mezcla de ingredientes de la dieta con contenido proteico del 34%.

Ingrediente	Porcentaje de inclusión
Maíz amarillo	19,79
Arroz partido	15,00
Torta de soya 48% PC	27,00
Harina de pescado 60% PC	10,48
Harina de vísceras de pollo	10,00
Gluten de maíz	6,00
Harina de carne	4,09
Mogolla de trigo	2,39
Aceite de girasol	2,17
Fosfato dicálcico 18%	1,74
Sal común	0,23
Lisina HCL	0,37
DL-Met 99%	0,13
Rovimix peces (Premix Vit/Min)	0,30
Cloruro de colina 60%	0,30
Etoxiquina 66%	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**TABLA 2.** Composición nutricional analizada del alimento utilizado.

Nutriente	Unidad	Valor
Proteína cruda	%	34,00
Extracto etéreo	%	7,00
Fibra cruda	%	2,65
Cenizas	%	8,59
Lisina	%	2,00
Metionina	%	0,72
Fósforo disponible	%	0,80
Energía digestible	Kcal Kg <sup>-1</sup>	3378
Relación PC/ED	mg PC/Kcal	100

**TABLA 3.** Mezcla de ingredientes de la dieta con contenido proteico del 30%

Ingrediente	Porcentaje de inclusión
Maíz amarillo	25,96
Harina de arroz	6,00
Mogolla de trigo	15,00
Torta de soya 48% PC	25,04
Harina subproducto de pollo	11,00
Harina de pescado 60% PC	6,00
Harina de sangre	2,00
Glúten de maíz	5,00
Sulfato Lisina	0,50
Tricalfos	2,66
Sal común	0,30
DL-Metionina 99%	0,22
Premezcla vitaminas	0,15
Premezcla minerales	0,10
Cloruro de colina 60%	0,05
Etoxiquina 66%	0,02
<b>Total</b>	<b>100</b>

**TABLA 4.** Composición nutricional analizada del alimento utilizado.

Nutriente	Unidad	Valor
Proteína cruda	%	30,00
Extracto etéreo	%	5,94
Fibra cruda	%	5,00
Cenizas	%	9,34
Lisina	%	1,82
Metionina	%	0,67
Fósforo disponible	%	0,80
Energía digestible	Kcal Kg <sup>-1</sup>	3000
Relación PC/ED	mg PC/Kcal	100

**Glucosa, lactato, triglicéridos y colesterol:** utilizando la técnica de química seca por colorimetría con “Micro Slides” en analizador Vitros DT60II y sus módulos complementarios Vitros DTSII y Vitros DTEII, según protocolos de control de calidad establecidos por Jhonson & Jhonson® y con la metodología estándar del laboratorio clínico de la facultad.

**Cortisol, insulina y triyodotironina ( $T_3$ ):** mediante la técnica de Enzyme-linked Inmunoabsorbent Assay (ELISA) con equipo Stat Fax® 303 de Awareness Tecnology Inc®, utilizando kits comerciales de Diagnostic System Laboratories, Inc® y con la metodología estándar del laboratorio de fisiología de peces de la facultad.

Después de tomadas las muestras de sangre los animales se sacrificaron para retirar el hígado, con el cual se determinó el glucógeno hepático, siguiendo la metodología de Carroll *et al.* (1955), la cual permite la extracción del glucógeno a través del Ácido Tricloro Acético con posterior precipitación con etanol para ser determinado por el método de Antrona.

## Diseño experimental y análisis de resultados

Para el análisis de las variables se empleó un modelo lineal mixto de efectos fijos de 3 tratamientos x 6 muestreos, donde la variable respuesta era afectada por la media, el tratamiento y el muestreo anidado en los tratamientos. Para el estudio de los datos se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y en los casos en los que hubo diferencias significativas se empleó la prueba de Tukey-Kramer para la comparación de medias. Los supuestos del modelo experimental fueron material experimental homogéneo, error de muestreo como variable independiente y aleatoria, normalidad y homogeneidad de varianzas. Para su

verificación se utilizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente (Martínez y Martínez 1997). Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS® V10.0.

## RESULTADOS

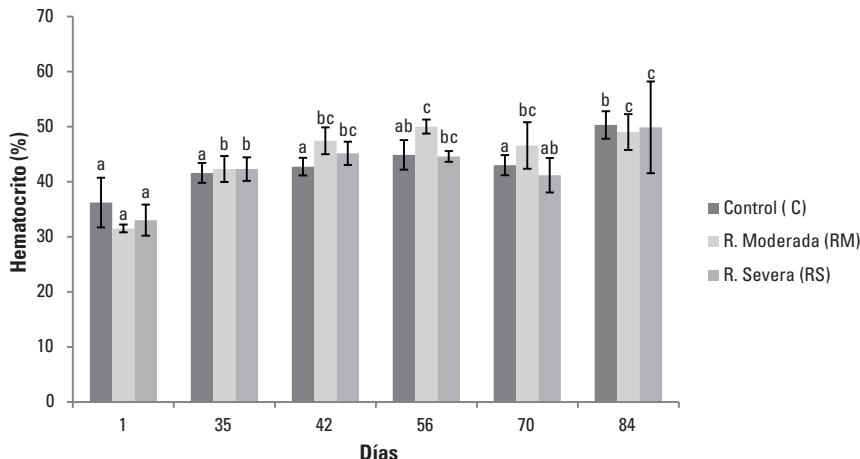
### Hematocrito

Como se observa en la Figura 1, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los grupos experimentales dentro de cada uno de los 6 muestreos realizados, lo que indica que el hematocrito no se vio afectado por ninguno de ellos. Sin embargo, se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) dentro de cada tratamiento a lo largo de los muestreos realizados. Para el caso del grupo C, en el día 56 se observa un incremento en el hematocrito (44,86%) sin mostrar diferencia estadística con respecto a los demás muestreos, pero el valor hallado para el día 84 es mayor (50,29%) con respecto a los valores de los muestreos 1, 2, 3 y 5. Para el grupo RM hubo diferencias en el valor del hematocrito correspondiente al primer muestreo con respecto a los demás, siendo éste más bajo (31,50%); los valores del día 35 son similares a los de los días 42 y 70; por su parte, los valores de los días 56 y 84 son similares a los de los días 42 y 70, pero diferentes a los obtenidos en los días 1 y 35. En el grupo RS, los valores obtenidos en los días 42, 56 y 84 son similares entre sí, pero además, los dos primeros muestran también similitudes con los resultados de los días 35 y 70. Los valores registrados entre los días 1 y 70 son similares y el último muestra también similitud con los resultados de los días 35, 42 y 56. El valor registrado para el día 84 fue el mayor (49,86%) dentro del protocolo y fue similar al obtenido en los días 42 y 56.

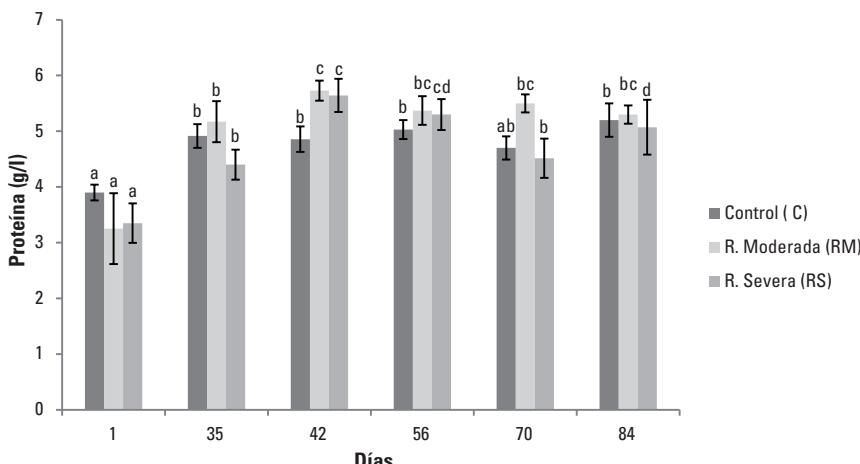
## Proteínas plasmáticas

Como se ilustra en la Figura 2, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para las proteínas plasmáticas entre los protocolos de alimentación. Pese a esto, en el grupo RS se evidenció un

incremento en los días 42 y 56 (5,64 g/l y 5,30 g/l, respectivamente), siendo todos los valores semejantes y el último de ellos similar al valor presentado en el día 70 (4,51 g/l). En general se evidencia un incremento entre los días 1 y 35, para todos los protocolos.



**FIGURA 1.** Valores de hematocrito (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

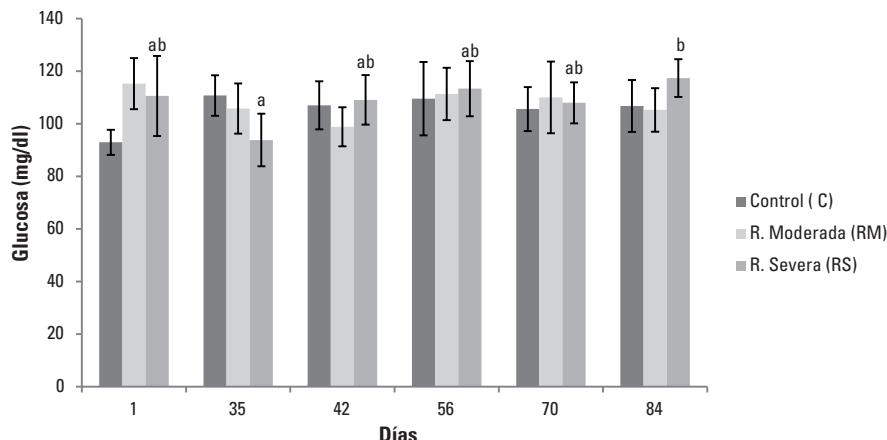


**FIGURA 2.** Proteínas plasmáticas totales (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

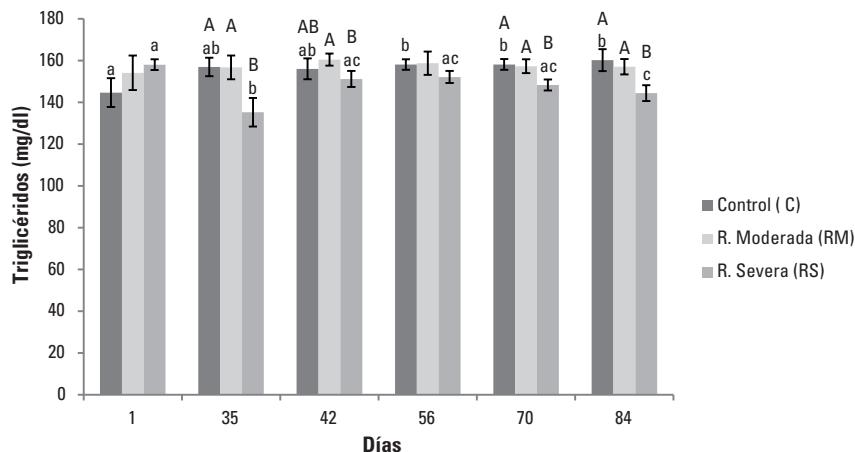
## Glucosa

Los niveles de glucosa se muestran en la Figura 3. No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los protocolos

de alimentación durante cada uno de los muestreos realizados. Sin embargo, en el grupo RS se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre cada uno



**FIGURA 3.** Glucosa plasmática (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 4.** Triglicéridos plasmáticos (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

de los días de muestreo, con el nivel más bajo el día 35 (93,81 mg/dl) y el más alto en el 84 (117,36 mg/dl); ambos resultados difieren entre sí, pero muestran similitud con los encontrados en los demás días de muestreo. Para los grupos C y RM los niveles de glucosa en cada uno permanecieron constantes a lo largo del estudio.

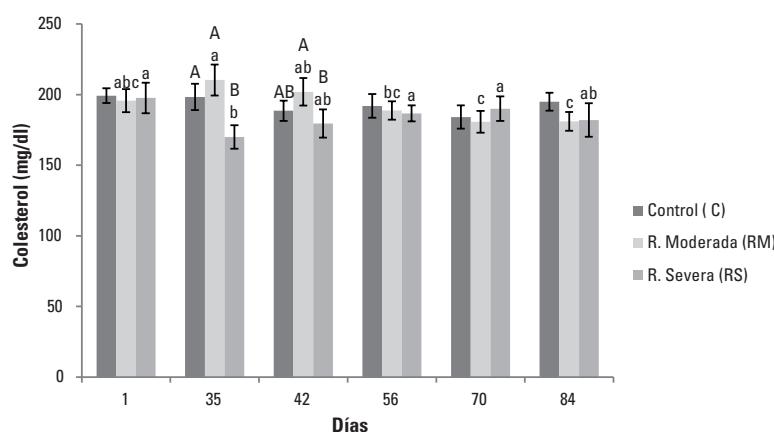
### Triglicéridos

Los datos presentados en la Figura 4 muestran los niveles de triglicéridos. Se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) entre los grupos los días 35, 42, 70 y 84, en los que la respuesta de RS fue significativamente menor a la de C y RM, a excepción del día 42 donde el registro fue semejante al de C (151,23 mg/dl y 156,07 mg/dl, para RS y C respectivamente). Dentro de cada grupo no se registraron diferencias entre los muestreos realizados para el caso del tratamiento RM. No obstante, ese comportamiento fue diferente dentro de los grupos C y RS, para el primero, el valor se incrementó a partir del día 35; para el segundo, el menor registro fue en el día

35 con respecto a los demás. Pese a esto, se ve una clara recuperación en los niveles plasmáticos de triglicéridos en los siguientes cuatro muestreos con respecto al del día 1.

### Colesterol

En la Figura 5 se muestran los resultados de colesterol plasmático. Se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los protocolos empleados en los días 35 y 42, donde los más bajos niveles los exhibió el grupo de RS (170,08 mg/dl y 179,53 mg/dl, respectivamente) con respecto al C y RM, siendo que para el día 42, pese a ser menor, mostró una similitud al valor registrado por el grupo C (188,57 mg/dl). Al día 84, no se evidenció diferencia alguna del nivel de colesterol plasmático entre los ejemplares muestreados pertenecientes a cada protocolo de alimentación. El grupo C no presentó diferencia alguna entre cada uno de los muestreos realizados, caso contrario a lo expuesto en los grupos RM y RS, quienes registraron valores mayores en los días 1 y 35, en comparación con los demás muestreos.

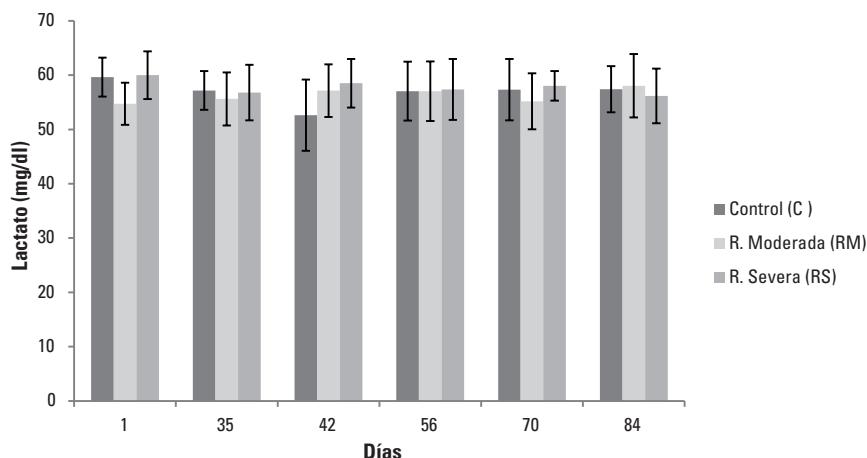


**FIGURA 5.** Colesterol plasmático (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

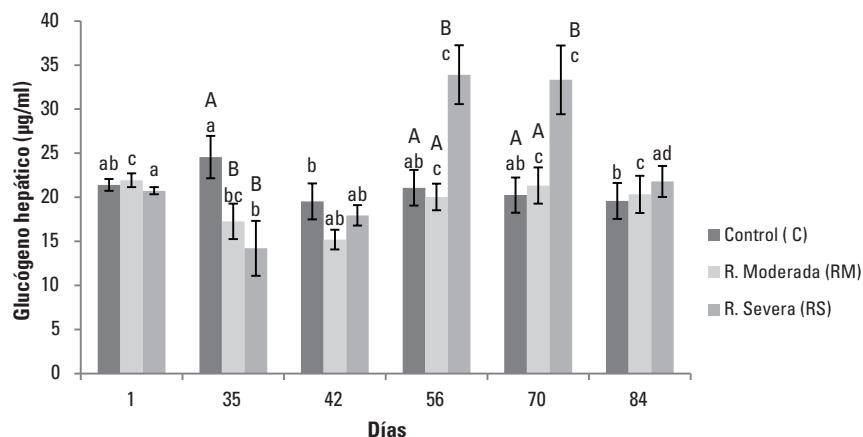
## Lactato

No se presentaron diferencias significativas en los niveles plasmáticos de lactato para ninguno de los protocolos de alimenta-

ción empleados entre cada uno de los muestreos realizados, ni dentro de cada protocolo a lo largo del experimento (Figura 6).



**FIGURA 6.** Lactato plasmático (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación.



**FIGURA 7.** Niveles de glucógeno hepático (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

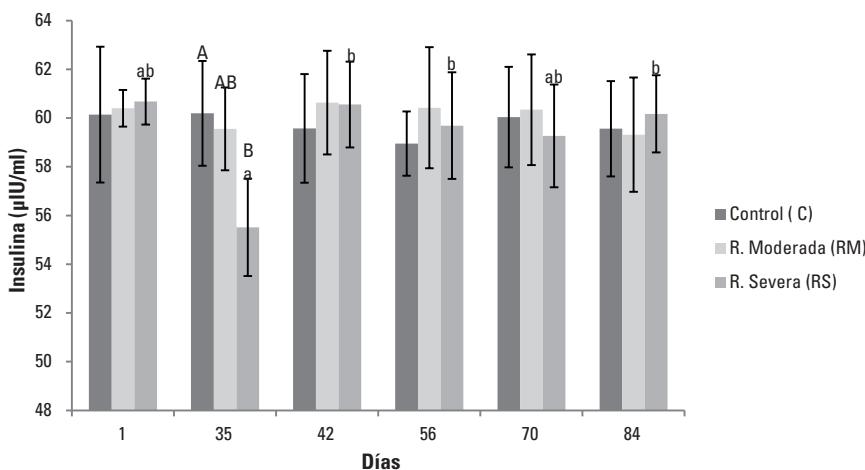
## Glucógeno hepático

Como se observa en la Figura 7, los niveles de glucógeno hepático mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los días 35, 56 y 70, donde el grupo RS pasó de tener el nivel más bajo (14,21  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) en el día 35 a los niveles más altos en los días 56 (33,91  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) y 70 (33,33  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), con respecto a los grupos C y RM. Al finalizar el experimento no se observaron diferencias, sin embargo, los niveles presentados por los ejemplares del grupo RS, tienden a ser mayores a los mostrados por C y RM. En el grupo RS se evidenciaron diferencias entre los días de muestreo, registrando el valor más bajo al día 35 y los niveles más altos en los días 56 y 70. El grupo RM exhibió un comportamiento similar, mostrando diferencias entre los días 35 y 42 (nivel más bajo), en comparación con los días restantes de muestreo, donde los niveles se asemejan al obtenido al comienzo del estudio (día 1). En cuanto al grupo C, se

observó una oscilación de los niveles de glucógeno hepático a lo largo del estudio, donde el nivel más alto se registró en el día 35 (24,56  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), valor similar al de los días 1, 56 y 70.

## Insulina

Como se observa en la Figura 8, los niveles de insulina muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el día 35, donde el valor que mostró RS (55,51  $\mu\text{IU}/\text{ml}$ ), fue similar al de RM (59,56  $\mu\text{IU}/\text{ml}$ ) y menor que el de C (60,19  $\mu\text{IU}/\text{ml}$ ). En los demás días de muestreo el comportamiento de ésta hormona fue similar entre los protocolos de alimentación empleados, incluyendo el día 84. Por otro lado, se evidenció que el único tratamiento que mostró diferencias entre los días de muestreo fue RS, registrando el valor más bajo el día 35 (55,51  $\mu\text{IU}/\text{ml}$ ), semejante al de los días 1 y 70, pero diferente de los observados en los días 42, 56 y 84, en los que el valor registrado fue mayor.



**FIGURA 8.** Niveles de insulina sérica (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**T<sub>3</sub>**

En la Figura 9 se muestran los niveles de T<sub>3</sub>. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los protocolos de alimentación en el día 35, donde el valor exhibido por RS (153,86 ng/dl), fue menor con respecto al de RM (178,90 ng/dl) y al de C (188,59 ng/dl). En el último muestreo realizado ningún grupo generó diferencia significativa alguna; el comportamiento de la hormona fue muy similar para los tres grupos experimentales. Al observar la dinámica de la hormona, dentro de cada grupo a lo largo de los muestreos realizados se evidenció que el único que mostró diferencias fue RS, el cual obtuvo el registro más bajo en el día 35 (153,86 ng/dl), siendo similar únicamente con el del día 1 (183,25 ng/dl).

**Cortisol**

Como se muestra en la Figura 10, no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) de los niveles de cortisol entre los tratamientos dentro de cada muestreo realizado, ni tampoco dentro de cada tratamiento a lo largo de los muestreos. Sin embargo, se observa una leve tendencia a incrementarse el nivel de esta hormona en los grupos RM y RS a partir del día 35, con respecto a C; luego de lo cual, tienden a mantenerse constantes hasta la finalización del estudio.

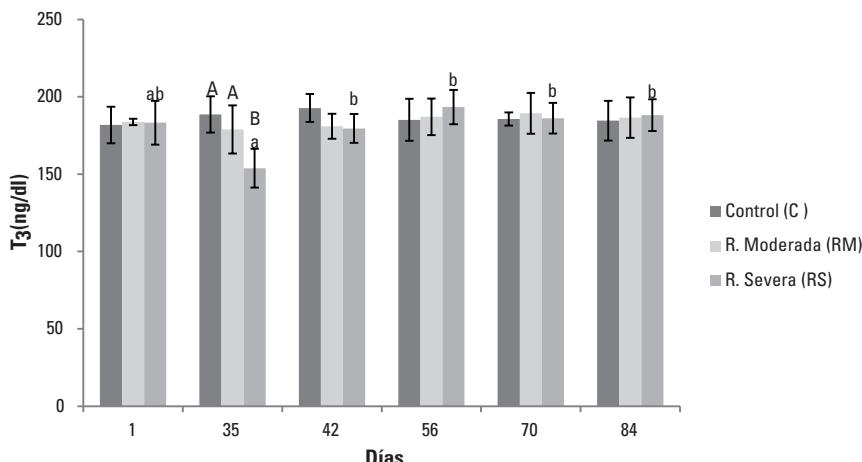
**DISCUSIÓN****Hematocrito**

La evaluación de diferentes variables endocrinas, bioquímicas y hematológicas son empleadas como herramienta para determinar el estado de salud de los animales, la actividad física, la adaptación al medio ambiente, entre otras (Tavares-Dias y Ruas de Moraes 2004; Abdel-Tawwab *et al.* 2006). De esta manera, con base en

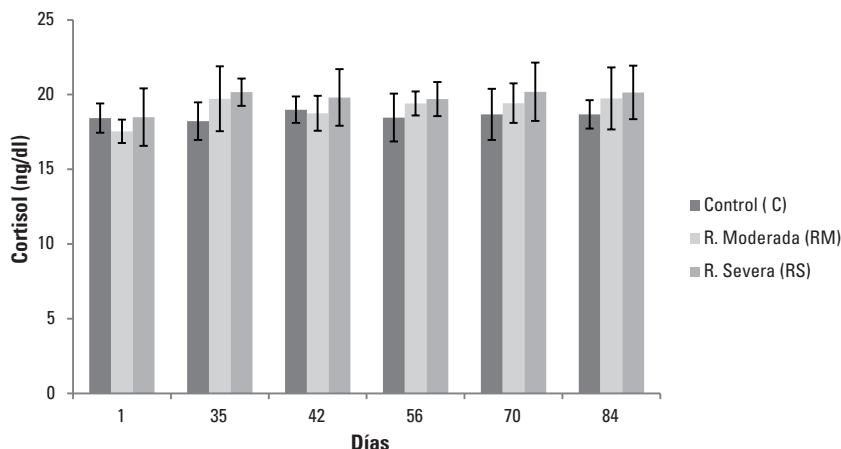
los resultados hematológicos obtenidos se podría afirmar que períodos de restricción moderada o severa no perjudican la salud de los peces, ya que no hubo diferencias en los niveles de hematocrito entre los grupos estudiados; pese a esto, a partir del día 35 se observó un valor más alto para los grupos RM y RS con respecto al día 1. Similares resultados reportó Cho (2005) quien no encontró una tendencia en el cambio de los niveles de hematocrito durante el periodo de restricción ni de realimentación de *Paralichthys olivaceus* que se pudieran asociar a un efecto negativo o positivo a la restricción alimenticia; menciona además que esta variable no necesariamente se puede asociar a la carencia o presencia de alimento y que en ese sentido el entendimiento e interpretación de su lectura podría ser complejo. Resultados semejantes se reportaron por Abdel-Tawwab *et al.* (2006). Por lo anterior, esta variable no se asoció directamente a la restricción alimenticia, sino a oscilaciones normales que existen en todas las especies (Lagardère *et al.* 1998). Por otra parte, Gillis y Ballantyne (1996) observaron una disminución en los niveles del hematocrito conforme aumentaba el tiempo de restricción, lo cual fue relacionado con una disminución en la capacidad de transportar oxígeno como respuesta a una disminución en los requerimientos de éste, caso contrario a lo evidenciado en este experimento, donde el hematocrito fue mayor para los grupos bajo restricción alimenticia al finalizar la fase de restricción. Rodríguez (2012), también reportó el comportamiento de esta variable en ejemplares de *Piaractus brachypomus* sometidos a una restricción intermitente (un día de ayuno—un día de alimentación) luego de lo cual, presentaron un hematocrito más alto comparado con los del grupo control.

Para el día 70, el grupo RS mostró un leve descenso del hematocrito, situación que se podría explicar por la presencia de factores externos no contemplados en el estudio, que probablemente influenciaron dicha variable o por variaciones propias de la especie, como lo sugirieron Rios *et al.*

(2005) y Riaño y Landines (2011). Los valores finales de hematocrito reportados por Nieto (2012) para *Brycon amazonicus* luego de 85 días de experimentación, utilizando diferentes esquemas de restricción y realimentación, son similares a los observados en el día 84 del presente estudio.



**FIGURA 9.** Niveles de  $T_3$  sérica (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación. Letras mayúsculas diferentes dentro de cada día en cada tratamiento indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes dentro de los tratamientos entre cada día de muestreo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 10.** Niveles de cortisol plasmático (media  $\pm$  DS) en juveniles de *Brycon amazonicus* sometidos a dos protocolos de restricción de alimento y posterior realimentación.

## Proteínas plasmáticas

En relación con la proteína plasmática, en los niveles encontrados no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de muestreo. Power *et al.* (2000) afirman que los niveles circulantes de proteínas plasmáticas se mantienen constantes antes, durante y después de la restricción alimenticia en los peces, coincidiendo parcialmente con la situación observada en los días de colecta, ya que dentro de cada protocolo se evidenciaron diferencias entre muestreos; se observa así que los niveles iniciales fueron menores a los de los días 35 y 84, para los tres tratamientos. En contraste, resultados contrarios fueron presentados por Hung *et al.* (1997) quienes afirmaron que los niveles de proteínas plasmáticas disminuyen en animales restrictos porque están siendo utilizadas como fuente de energía (al igual que el lactato), es decir, que representan una reserva energética importante y de primera mano que permitiría al individuo adaptarse a la situación de reducción o carencia de alimento (Pottinger *et al.* 2003; McCue 2010). Tal hallazgo es similar al reportado por Riaño y Landines (2011) en juveniles de *Piaractus brachypomus* en un estudio similar al presente, lo cual sugeriría que las variaciones en los niveles de proteína en los animales restrictos se podrían deber a su movilización para ser utilizadas como fuente energética (a través de los aminoácidos) o para su utilización (a nivel hepático) en la síntesis de nuevas proteínas plasmáticas (Echevarría *et al.* 1997; Hung *et al.* 1997).

## Triglicéridos y colesterol

Respecto a los triglicéridos y el colesterol, en general los animales del grupo control presentaron valores similares a los reportados por Nieto (2012) en juveniles de la

misma especie. Para ambos parámetros la tendencia de disminución de los niveles observada en los animales restrictos, en especial los del RS, y la subsecuente recuperación de dichos niveles concuerda con los resultados presentados por Riaño y Landines (2011) en juveniles de *Piaractus brachypomus* y probablemente podrían explicarse porque en situaciones de falta de alimento es posible que ocurra una disminución en la síntesis de ácidos grasos, lo cual reduciría también el nivel de triglicéridos, colesterol y lípidos totales plasmáticos, tal como lo reportan Hung *et al.* (1997) y Pérez-Jiménez *et al.* (2007). Esto probablemente supondría una mayor lipólisis de tejido adiposo y de lípidos del hígado, que buscaría suplir la carencia de ácidos grasos y las necesidades energéticas del individuo. A pesar de lo anterior, Rodríguez (2012), quien trabajó con la misma especie, no reportó cambios en los niveles de triglicéridos ni de colesterol al someter a los animales a ciclos de restricción de alimento. Tal hallazgo es inusual puesto que en teoría los animales restrictos deberían mostrar reducción en ambos parámetros, pues se estaría utilizando permanentemente la energía de origen lipídico para subsanar la falta de alimento (Hung *et al.* 1997; Pérez-Jiménez *et al.* 2007). Sin embargo, Gimbo *et al.* (2015) plantean que no necesariamente el colesterol disminuye en animales restrictos, sino que podría ocurrir una elevación en su nivel asociada con niveles altos de cortisol.

En el caso de los triglicéridos, generalmente los valores disminuyen en condiciones de restricción y vuelven a elevarse al realimentar los animales (Echevarría *et al.* 1997; Pérez-Jiménez *et al.* 2007). No obstante, para colesterol existen reportes de niveles similares o superiores en animales

restrictos, lo cual se atribuye básicamente a una elevada producción endógena de colesterol asociada principalmente al hígado, mientras que los animales alimentados continuamente utilizarían tal componente (colesterol) del alimento ofrecido, sin necesitar utilizar las reservas del hígado (Engelhardt 2005).

### Glucosa

El comportamiento de la glucosa fue constante para los tres grupos a lo largo del estudio, sin observarse variaciones significativas entre ellos. El grupo RS, mostró una diferencia significativa entre los días 35 y 70, siendo menor el valor registrado para el primero, similar a lo observado por Pottinger *et al.* (2003) y Montserrat *et al.* (2007) según los cuales, es normal que el nivel de glucosa descienda en condiciones de restricción alimenticia. La respuesta observada coincide con la de peces sometidos a períodos de restricción severa, en los cuales, los niveles de glucosa descendieron a través del periodo inicial o ayuno, en un 38,50% con respecto del valor inicial, pero sin diferencias significativas, sugiriendo así que estos tuvieron la capacidad de conservar los niveles de glucosa dentro de un rango adecuado para su mantenimiento (Riaño 2012), característica igualmente observada en otros experimentos, en donde hubo disminuciones significativas pero dentro de un rango óptimo para los individuos según diferentes autores (Echevarría *et al.* 1997; Hung *et al.* 1997; Power *et al.* 2000; Pérez-Jiménez *et al.* 2007).

### Insulina

En cuanto a la insulina, se evidenciaron diferencias entre tratamientos en el día 35, donde los niveles más bajos los registró el grupo RS, siendo similares a los del RM;

para el día 84 los niveles de ésta hormona se comportaron de manera similar en los tres grupos. Los reportes de Nieto (2012) para esta especie y de Figueiredo-Garutti *et al.* (2002) en juveniles de *Brycon cephalus*, sometidos a restricción de alimento y posterior realimentación, son similares a los encontrados en este estudio. Lo anterior permite deducir que el descenso de la insulina en condiciones de restricción alimenticia (Echevarría *et al.* 1997; Figueiredo-Garutti *et al.* 2002) no se puede atribuir totalmente a los tratamientos y que probablemente sería provocado por alteraciones propias de los animales en un momento dado (Lagardère *et al.* 1998). Los resultados para estos dos parámetros son similares con los reportados para diferentes especies de peces (Pottinger *et al.* 2003; Montserrat *et al.* 2007), que permiten suponer como normal el descenso de la glucosa y la insulina cuando los peces se someten a restricción de alimento (Echevarría *et al.* 1997; Figueiredo-Garutti *et al.* 2002). Posteriormente, viene una recuperación similar a la obtenida a partir del día 35, explicada tal vez porque el metabolismo de la glucosa durante la restricción se deprime, activándose rápidamente cuando los animales son realimentados. No obstante, existen reportes que presentan picos de glucosa en animales restrictos, probablemente promovidos por las reservas corporales del animal (Pottinger *et al.* 2003) o por gluconeogénesis, pues es sabido que en los peces tal proceso es la vía metabólica más importante para el mantenimiento del nivel de glucosa y para la recuperación de las reservas de glucógeno.

### Lactato

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre

los muestreos en los niveles de lactato. Tal componente tiene relación directa con los niveles circulantes de glucosa y la utilización de ambos depende en buena medida del régimen alimenticio del animal, pudiendo, si es necesario, ser utilizados como fuente energética ante la falta de alimentación (Soengas *et al.* 1998; Soengas y Aldegunde 2002). No obstante, los resultados son similares a los reportados por Nieto (2012) en *Brycon amazonicus* y siguen la misma tendencia encontrada por Rodríguez (2012) en *Piaractus brachypomus*, especie en la cual, a excepción de un muestreo, los valores permanecieron constantes demostrando que no hubo alteración significativa en la regulación energética a través de la vía del lactato cuando los animales se sometieron a restricción, a pesar de que muchos autores reportan descensos importantes en los niveles de lactato cuando se restringe la ingesta de alimento (Hemre *et al.* 1990; Blasco *et al.* 1992; Soengas *et al.* 1996).

### Glucógeno hepático

A diferencia de la dinámica encontrada para glucosa, los niveles de glucógeno hepático mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el hecho más relevante la drástica disminución en los animales del RS al finalizar el periodo de restricción, resultado que probablemente se explicaría por el hecho de que el mantenimiento de los valores normales de glucosa durante fases prolongadas de ayuno se realiza principalmente a expensas de la movilización de glucógeno hepático, el cual también se movilizó (aunque en menor proporción) en los animales de RM. Estos resultados son similares a los presentados por varios autores (Power *et al.* 2000; Figueiredo-Garutti *et al.* 2002; Pottinger *et al.* 2003; Montserrat *et al.*

2007; Barcellos *et al.* 2010; Riaño 2012), ya que como es sabido, cuando los peces sufren ayuno sus procesos metabólicos esenciales se mantienen de las reservas energéticas acumuladas de glucógeno, entre otras (Vigiliano *et al.* 2002). De ahí la importancia del hígado como fuente de reserva energética y facilitadora de la obtención de glucosa (Metón *et al.* 2003).

### T<sub>3</sub>

En cuanto a la T<sub>3</sub>, en el día 35 para el grupo RS los niveles registrados fueron más bajos en comparación con los otros dos grupos, siendo semejantes para todos al día 84. Se observaron variaciones entre los días de colecta en el grupo RS, donde el nivel registrado al día 35 es significativamente menor al exhibido en los días 42, 56, 70 y 84, dinámica que permite deducir que los niveles de T<sub>3</sub> se ven afectados por la ausencia de alimento y posteriormente, en la fase de realimentación, son restablecidos sin inconveniente alguno. Gaylord y Gatlin III (2001) concluyeron que bajo regímenes de restricción alimentaria completa los niveles de T<sub>3</sub> se reducen significativamente, retornando a valores normales tras la reanudación del suministro de alimento. Dicho comportamiento fue corroborado por Power *et al.* (2000), quienes sugieren que las hormonas tiroideas son fuertemente afectadas por el nivel nutricional y quizás desempeñen una función importante dentro de los períodos de ayuno; de ésta manera la T<sub>3</sub> es más sensible a la falta de nutrientes por lo que se observa un decrecimiento en su nivel circulante tras períodos de restricción (MacKenzie *et al.* 1998). Resultados similares encontraron Power *et al.* (2000), donde luego de un periodo de tres semanas de restricción alimenticia los niveles de hormonas tiroideas en *Sparus aurata* fueron menores a las del control, sin

embargo, tras ser realimentados durante una semana el nivel de  $T_3$  se restableció. Los valores encontrados en el presente ensayo son similares a los reportados por Nieto (2012) para la misma especie.

### Cortisol

Con respecto al cortisol, se encontraron valores similares a los reportados por Nieto (2012) en la misma especie y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los tiempos de colecta, indicando que, por lo menos bajo la evaluación de este parámetro, los animales no se mantuvieron bajo condiciones de estrés adicional al del manejo normal, o quizás se adaptaron de manera rápida y adecuada ante la falta de alimento, disminuyendo su demanda energética durante el periodo experimental, pues como es sabido, los corticoesteroides tienen papel fundamental en el metabolismo energético de los peces (Takei y Loretz 2006). Sin embargo, otros estudios reportan disminuciones o aumentos del cortisol ante situaciones de ausencia de alimento. Para el primer caso se habla de adaptación (Small 2005), mientras que en el segundo, se menciona que los peces son incapaces de realizar tal proceso adaptativo, siendo necesaria la realimentación para que restablezcan sus valores normales (Barcellos *et al.* 2010).

### CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente ensayo se puede concluir que los juveniles de yamú (*Brycon amazonicus*) pueden adaptarse a situaciones de restricción de alimento, sin comprometer drásticamente su homeostasis y que los cambios generados en sus variables metabólicas son de carácter temporal y reversible. Asimismo, se puede afirmar que al parecer el glucógeno hepático es

la principal fuente de energía usada en estadios tempranos de restricción severa y que el cortisol, principal variable indicadora de estrés, no se ve afectado por los periodos de restricción moderada o severa evaluados en el presente trabajo.

### REFERENCIAS

- Abdel-Tawwab M, Khattab Y, Ahmad M, Shalaby A. 2006. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *J Appl Aquaculture*. 18(3): 17-36. Doi: 10.1300/J028v18n03\_02.
- Ali M, Nicieza A, Wootton JR. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 4: 147-190. Doi: 10.1046/j.1467-2979.2003.00120.x.
- Barcellos L, Marqueze A, Trapp M, Quevedo R, Ferreira D. 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*. 300: 231-236. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.01.013.
- Blasco J, Fernández J, Gutiérrez J. 1992. Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormone variations. *J Comp Physiol*. 162(6): 539-546. Doi: 10.1007/BF00264815.
- Carroll N, Longley R, Roe J. 1955. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. *J Biol Chem*. 220(2): 583-593.
- Company R, Astola A, Pendon C, Valdivia MM, Perez-Sánchez J. 2001. Somatotropic regulation of fish growth and adiposity: growth hormone (GH) and somatolactin (SL) relationship. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 130(4): 435-445.
- Cho SH. 2005. Compensatory growth of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* L. and changes in biochemical composition and body condition indices during starvation and after refeeding in winter season. *J World Aquaculture Society*. 36(4): 508-514. Doi: 10.1111/j.1749-7345.2005.tb00398.x.
- Echevarría G, Martínez M, Zamora S. 1997. Evolution of biometric indices and plasma metabolites

- during prolonged starvation in european sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). Comparative Biochemistry Physiology, Part A. 118(1): 111-123. Doi: 10.1016/S0300-9629(96)00416-1.
- Engelhardt W, Breves G. 2005. Fisiología Veterinaria. Acribia.
- Figueiredo-Garutti M, Navarro I, Capilla E, Souza R, Moraes G, Gutiérrez J, Vicentini-Paulino M. 2002. Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. Comparative Biochemistry Physiology, Part A. 132: 467-476.
- Gaylord TG, Gatlin III DM. 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquaculture. 194: 337-348. Doi: 10.1016/S0044-8486(00)00523-8.
- Gillis TE, Ballantyne JS. 1996. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. J Fish Biology. 49(6): 1306-1316. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb01797.x.
- Gimbo R, Fávero G, Montoya L, Urbinati E. 2015. Energy deficit does not affect immune responses of experimentally infected pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Fish & Shellfish Immunol. 43(2): 295-300. Doi: 10.1016/j.fsi.2015.01.005.
- Hemre GI, Lie O, Lambertsen G, Sundby A. 1990. Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*). Hormonal response of insulin, glucagon and glucagon-like peptide to diet and starvation. Comparative Biochemistry Physiology, Part A. 97: 41-44. Doi: 10.1016/0300-9629(90)90719-9.
- Hung S, Liu W, Li H, Storebakken T, Cui Y. 1997. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture. 151: 357-363. Doi: 10.1016/S0044-8486(96)01506-2.
- Lagardère JP, Bégout ML, Claireaux G. 1998. Advances in invertebrates and fish telemetry. Belgium: Kluwer Academic Publishers.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, May Passino DR. 1990. Ictiología. 1º ed. México DF: AGT Editor, S.A.
- MacKenzie D, VanPutte C, Leiner K. 1998. Nutrient regulation of endocrine function in fish. Aquaculture. 161: 3-25. Doi: 10.1016/S0044-8486(97)00253-6.
- Martínez BR, Martínez RN. 1997. Diseño de experimentos. Análisis de datos estándar y no estándar. 1º ed. Bogotá (CO): Fondo Nacional Universitario.
- McCue MD. 2010. Starvation physiology: Revising the different strategies animal use to survive a common challenge. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, Part A. 156: 1-18. Doi: 10.1016/j.cbpa.2010.01.002.
- Metón I, Fernández F, Baanante V. 2003. Short and long term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis-gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture. 225: 99-107. Doi: 10.1016/S0044-8486(03)00281-3.
- Mommsen TP. 2001. Paradigms of growth in fish. Comparative Biochemistry and Physiology; Part B. 129: 207-219. Doi: 10.1016/S1096-4959(01)00312-8.
- Mommsen TP, Moon TW. 2001. Hormonal regulation of muscle growth. En: Johnston IA, editor. Muscle development and growth. Vol. 18. San Diego: Academic Press. p. 251-308.
- Montserrat N, Gómez P, Bellini G, Capilla E, Pérez J, Navarro I, Gutiérrez J. 2007. Distinct role of insulin and IGF-I and its receptors in white skeletal muscle during the compensatory growth of Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture. 267: 188-198. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.024.
- Nieto JP. 2012. Efecto de la restricción alimenticia sobre el desempeño productivo y fisiológico de yamú *Brycon amazonicus* [tesis de maestría]. [Bogotá (CO)]: Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez-Jiménez A, Guedes MJ, Morales AE, Oliveira-Teles A. 2007. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. Aquaculture 265: 325-335. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.021.
- Pierce AL, Shimizu M, Beckman BR, Baker DM, Dickhoff W. 2005. Time course of the GH/IGF axis response to fasting and increased ration in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Gen Comp Endocrinol. 140(3): 192-202. Doi: 10.1016/j.ygcen.2004.10.017.

- Pottinger T, Rand-Weaver M, Sumpter, J. 2003. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilization. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, Part B.* 136(3): 403-417.
- Power DM, Melo J, Santos CRA. 2000. The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *J Fish Biology.* 56: 374-387. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2000.tb02112.x.
- Riaño FY. 2012. Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre variables hematológicas, bioquímicas y de composición muscular de cachama blanca *Piaractus brachypomus* durante la fase final de engorde [tesis de maestría]. [Bogotá (CO)]: Universidad Nacional de Colombia.
- Riaño FY, Landines MA. 2011. Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre la composición del músculo blanco de *Piaractus brachypomus*. *Rev Med Vet Zoot.* 58(2): 84-98.
- Rios F, Oba E, Fernandes M, Kalinin A, Rantin F. 2005. Erythrocyte senescence and haematological changes induced by starvation in the neotropical fish traíra, *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, Part A.* 140: 281-287. Doi: 10.1016/j.cbpb.2004.12.006.
- Rodríguez L. 2012. Efecto de la restricción alimenticia sobre el metabolismo energético y el crecimiento en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) [tesis de maestría]. [Bogotá (CO)]: Universidad Nacional de Colombia.
- Small B. 2005. Effect of fasting on nychthemeral concentrations of plasma growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-I), and cortisol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, Part B.* 142: 217-223. Doi: 10.1016/j.cbpb.2005.07.008.
- Soengas JL, Aldeguende M. 2002. Energy metabolism of fish brain. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, Part B.* 131(3): 271-296.
- Soengas JL, Strong EF, Andrés MD. 1998. Glucose, lactate, and A-Hydroxybutyrate utilization by rainbow trout brain: changes during food deprivation. *Physiology Zool Journal.* 71(3): 285-293.
- Soengas JL, Strong EF, Fuentes J, Veira JAR, Andrés MD. 1996. Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, *Salmo salar*: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. *Fish Physiology Biochemistry* 15(6): 491-511. Doi: 10.1007/BF01874923.
- Takei Y, Loretz C. 2006. Endocrinology. En: Evans D, Claiborne J, editores. *The physiology of fishes.* 3º ed. CRC Press. 601 p.
- Tavares-Dias M, Ruas de Moraes F. 2004. Hematología de peixes teleósteos. 144p.
- Urbinati E, Jiménez S, Susumo L. 2014. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxá (*Brycon amazonicus*). *Aquaculture* 433: 430-433. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.06.030.
- Vigiliano F, Quiroga MI, Nieto JM. 2002. Artículo de revisión: Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación en peces. *Rev Ictiología.* 10(1/2): 79-108.
- Weatherley A, Gill H. 1987. *The biology of fish growth.* Academic Press Inc. p 443.

### Article citation:

Zamudio JF, Landines MA. 2018. Efecto de la restricción de alimento y posterior realimentación sobre algunas variables fisiológicas y metabólicas en yamú (*Brycon amazonicus*). [Effects of food restriction and refeeding on some physiological and metabolic variables of yamú (*Brycon amazonicus*)]. *Rev Med Vet Zoot.* 65(2): 154-171. Doi: 10.15446/rfmvz.v65n2.75637.