



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA SÉRICA EN  
TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM 1792)  
SEGÚN SEXO Y LONGITUD EN EL CENTRO POBLADO  
OJHERANI, PUNO - 2021**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEXANDER YANA GUTIÉRREZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y  
LABORATORIO CLÍNICO**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA SÉRICA EN TRUCHA ARCO IRIS (On corhynchus mykiss WALBAUM 1792) SEGÚN SEXO Y LONGITUD EN EL CENTRO POBLADO OJHERANI, PUNO - 2021**

AUTOR

**ALEXANDER YANA GUTIÉRREZ**

RECuento DE PALABRAS

**16622 Words**

RECuento DE CARACTERES

**87978 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**79 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**858.8KB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 13, 2024 12:56 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 13, 2024 12:58 AM GMT-5**

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)





## DEDICATORIA

*Al ser divino, por darme dado la vida y por guiarme en el transcurso de mi vida hasta este momento tan importante de mi vida profesional.*

*A mis padres Luis y Victoria con mucho cariño, por su sacrificio, por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas, y por enseñarme a nunca rendirme y que hicieron lo posible para la culminación de mi carrera universitaria.*

*A Fran Erick porque te quiero muchísimo hermanito.*

*A mi novia Yeny, que hace que mis días sean maravillosos, por ser tan tú, por estar conmigo en todo este camino para finalizar la tesis.*

*A mis docentes, quienes me guiaron en cada proceso de mi aprendizaje universitario, y me ayudaron en asesorías y dudas presentadas.*

*A todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron en la realización de esta tesis, les agradezco desde el fondo de mi alma.*

*Finalmente, a aquellas personas que pensaron que no lo lograría, dedico esta tesis.*

*ALEXANDER Y. G.*



## AGRADECIMIENTOS

- *A mi querida Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por haberme acogido en sus aulas y ser el lugar de todo el conocimiento adquirido en los años de mi formación universitaria, y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.*
- *A la Facultad de Ciencias Biológicas y a mis docentes, quienes, con las enseñanzas de sus conocimientos, experiencias impartidas y recomendaciones hicieron que pueda crecer en el tiempo como profesional, gracias por su paciencia y apoyo incondicional que contribuyeron en mi formación profesional.*
- *Con merecido reconocimiento a la Presidenta de jurado revisor Dra. Roxana del Carmen Medina Rojas por su orientación en la revisión de la presente investigación; a los miembros de mi jurado Dra. María Trinidad Romero Torres y Mg. Alex Mario Salas Apaza, por sus atinadas sugerencias durante el desarrollo.*
- *Con especial gratitud a mi Director y Asesor Dr. Juan José Pauro Roque, por guiar esta investigación; quien con sus conocimientos, enseñanzas y correcciones hoy pude culminar esta tesis.*

*ALEXANDER Y. G.*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 OBJETIVO GENERAL ..... 16**

**1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 16**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 ANTECEDENTES ..... 17**

**2.2 MARCO TEÓRICO ..... 21**

2.2.1 Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ..... 21

2.2.2 Bioquímica sanguínea en peces..... 23

2.2.3 Proteína total sérica en peces..... 24

2.2.4 Colesterol séricas en peces ..... 25

2.2.5 Glucosa sérica en peces..... 26



2.2.6 Fisiología de los peces..... 26

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

**3.1 ZONA DE ESTUDIO ..... 30**

**3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN ..... 31**

**3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 31**

**3.4 EVALUACIÓN DE LOS VALORES DE PROTEÍNA TOTAL, GLUCOSA Y  
COLESTEROL EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN EL  
SEXO..... 32**

**3.5 EVALUACIÓN DE LOS VALORES DE PROTEÍNA TOTAL, GLUCOSA Y  
COLESTEROL EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN  
LONGITUDES..... 38**

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1 VALORES SEROLÓGICOS DE PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y  
GLUCOSA EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN SEXO ..... 39**

**4.2 VALORES SEROLÓGICOS DE PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y  
GLUCOSA EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN  
LONGITUDES..... 47**

**V. CONCLUSIONES..... 56**

**VI. RECOMENDACIONES ..... 57**

**VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 58**



**ANEXOS..... 68**

**Área:** Ciencias Biomédicas.

**Sub línea de investigación:** Diagnóstico y Epidemiología.

**Fecha de sustentación:** 17 de enero del 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Zonas de recolección de muestras de peces, durante los meses de julio a setiembre del año 2022 (Google maps).....	30
<b>Figura 2.</b> Valores de proteína total sérica según el sexo en juveniles de trucha arco iris (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	40
<b>Figura 3.</b> Valores de colesterol sérico en juveniles de trucha arco iris según sexo (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	43
<b>Figura 4.</b> Valores de glucosa total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexos (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	45
<b>Figura 5.</b> Valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según longitudes (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	49
<b>Figura 6.</b> Valores de colesterol sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	51
<b>Figura 7.</b> Valores de glucosa sérica en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes (letras diferentes en las barras significa diferencia estadística significativa, Tukey $P<0.05$ ). .....	53
<b>Figura 8.</b> Transporte de truchas juveniles en recipientes de plástico debidamente aireados.....	68
<b>Figura 9.</b> Truchas juveniles en acuarios del Laboratorio de Botánica y Biotecnología, previo a la extracción de muestras de sangre. ....	68



<b>Figura 10.</b> Recolección de muestra sanguínea en truchas juveniles.....	69
<b>Figura 11.</b> Medida de longitud en truchas juveniles machos.....	69
<b>Figura 12.</b> Medida de longitud en truchas juveniles hembras. ....	69
<b>Figura 13.</b> Sueros sanguíneos obtenidos a partir de la centrifugación. ....	70
<b>Figura 14.</b> Incubación en baño maría de las muestras serológicas. ....	70
<b>Figura 15.</b> Reacción del suero sanguíneo y los reactivos bioquímicos para la determinación de proteína total, colesterol y glucosa.....	70
<b>Figura 16.</b> Flujograma del trabajo de investigación .....	76



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución de número de muestras por sexo de los juveniles de trucha arco iris.....	31
<b>Tabla 2.</b> Preparación de tubos para la determinar proteína total.....	33
<b>Tabla 3.</b> Preparación de tubos para la determinación de colesterol.....	35
<b>Tabla 4.</b> Preparación de tubos para la determinación de glucosa sérica.....	36
<b>Tabla 5.</b> Análisis descriptivo de los valores de proteína total sérica (g/l) en juveniles de trucha arco iris.....	39
<b>Tabla 6.</b> Análisis descriptivo de los valores colesterol sérico (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris.....	42
<b>Tabla 7.</b> Análisis descriptivo de los valores de glucosa sérica (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris.....	44
<b>Tabla 8.</b> Análisis descriptivo de los valores de proteína total sérica (g/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.....	48
<b>Tabla 9.</b> Análisis descriptivo de los valores de colesterol sérico (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.....	50
<b>Tabla 10.</b> Análisis descriptivo de los valores de glucosa sérica (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.....	52
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexo.....	71
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles de trucha arco iris según sexo.....	71
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexo.....	72



<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según longitudes. ....	72
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes. ....	73
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes. ....	73
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes.....	74
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes. ....	74
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérico en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes. ....	75



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

et al.	: y colaboradores
mg	: miligramo
mm	: milímetro
P	: probabilidad
mmol/l	: milimoles por litro
g/l	: gramos por litro
%	: porcentaje
ng/ml	: nanogramos por litro
mg/dl	: miligramos por decilitro
°C	: grados centígrados
msnm	: metros sobre el nivel del mar



## RESUMEN

La crianza de trucha arco iris en el Lago Titicaca presenta un crecimiento diferente en individuos juveniles clasificadas en colas (bajo crecimiento), medias (crecimiento normal) y cabeceras (crecimiento acelerado) según las longitudes, desconociéndose los niveles serológicos de proteína total, colesterol y glucosa, quienes son indicadores del estado nutricional y de salud. El objetivo general fue determinar los valores serológicos de proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cultivados en jaulas flotantes en el centro poblado Ojherani (Puno) según sexo y longitudes. Los individuos juveniles de trucha estuvieron representados por 21 hembras y 9 machos, clasificados por sexo y longitudes (colas, medias y cabeceras), en los sueros sanguíneos de cada individuo se determinaron proteína total, colesterol y glucosa, mediante determinaciones fotométricas (Valtek Diagnóstics, 2016) y los resultados fueron evaluados mediante pruebas de T de Student y análisis de varianza, con una confiabilidad del 95%. Los resultados fueron: Las truchas juveniles hembras y machos presentaron medias de 25.61 g/l y 15.53 g/l de proteína total, 7.01 mmol/l y 6.65 mmol/l de colesterol, 4.34 mmol/l y 5.75 mmol/l de glucosa sérica, respectivamente, presentando diferencia estadística en proteína total ( $P = 0.0027$ ) y glucosa ( $P = 0.0040$ ) séricas entre sexos. Los parámetros bioquímicos analizados fueron similares entre los grupos de longitudes ( $P \geq 0.05$ ), donde los valores de proteína total séricas en juveniles hembras superaron el rango de los valores referenciales para juveniles de trucha arco iris. Se concluye que los valores de proteína total y glucosa séricas difieren entre los sexos de los peces juveniles, donde el contenido proteico en hembras sobrepasa los valores referenciales, mientras tanto, los tres parámetros bioquímicos evaluados fueron similares entre los grupos longitudes.

**Palabras clave:** colesterol, glucosa, juveniles, *Oncorhynchus mykiss*, Lago Titicaca, proteína total, suero sanguíneo.



## ABSTRACT

The breeding of rainbow trout in Lake Titicaca presents a different growth in juvenile individuals classified into tails (low growth), middles (normal growth) and heads (accelerated growth) according to the lengths, with the serological levels of total proteins, cholesterol and glucose, which are indicators of nutritional and health status. The general objective was to determine the serological values of total proteins, cholesterol and glucose in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cultured in floating cages in the Ojherani population center (Puno) according to sex and length. The juvenile trout individuals were represented by 21 females and 9 males, classified by sex and lengths (tails, stockings and heads). Total proteins, cholesterol and glucose were determined in the blood serum of each individual, using photometric determinations (Valtek Diagnóstics, 2016) and the results were evaluated using Student's T tests and analysis of variance, with a reliability of 95%. The results were: Female and male juvenile trout presented averages of 25.61 g/l and 15.53 g/l of total proteins, 7.01 mmol/l and 6.65 mmol/l of cholesterol, 4.34 mmol/l and 5.75 mmol/l of serum glucose, respectively, presenting statistical difference in total proteins ( $P = 0.0027$ ) and glucose ( $P = 0.0040$ ) in serum between sexes. The biochemical parameters analyzed were similar between length groups ( $P \geq 0.05$ ), where serum total protein concentrations in female juveniles exceeded the range of reference values for rainbow trout juveniles. It is concluded that the values of total proteins and serum glucose differ between the sexes of juvenile fish, where the protein content in females exceeds the reference values, meanwhile, the three biochemical parameters evaluated were similar between the length groups.

**Key words:** cholesterol, glucose, juveniles, *Oncorhynchus mykiss*, Lake Titicaca, total protein, blood serum.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en los últimos 10 años tuvo un buen crecimiento, desarrollándose con éxito en la región Puno, llegando en el año 2016 a ser el principal productor de trucha en el Perú con más 43000 toneladas, representando más del 80 % de la producción nacional, seguido por Junín, Cusco, Huancavelica, Ayacucho, Lima, entre otros. Pero dicha producción de trucha arco iris está influida por muchos aspectos intrínsecos y extrínsecos en los peces, desencadenando alteraciones en la reproducción, el desove, la falta de ganancia de peso y talla, entre otros aspectos fisiológicos (Atencio, 2000), por tanto, resulta importante estudiar las propiedades básicas de su biología para impulsar el desarrollo de tecnologías de producción en cautiverio y mejorar su cultivo (Lozano, 2007).

Los piscicultores de trucha arco iris abastecen a los mercados con individuos juveniles hembras, por ser de mayor adquisición en la población consumidora, a diferencia de los machos que son escasos y comercialmente no adquiridos por la población; por otra parte, en el proceso de cultivo en jaulas flotantes, los peces luego de 5 a 6 meses terminan con características biométricas inadecuadas entre ellas la longitud alcanzada en cada etapa de su crecimiento, a los cuales se les clasifica como “colas”, aquellos que poseen longitudes por debajo de lo normal, “medias” a los individuos catalogados como normales y “cabeceras” aquellas con mediciones superiores.

La idea de la presente investigación radicó en evaluar los valores bioquímicos de proteína total, colesterol y glucosa séricas, en individuos juveniles de trucha arco iris clasificados por sexo y longitudes, con la finalidad de determinar su estado nutricional y



fisiológico para posteriormente lograr incrementar la producción de trucha.

Entre los hallazgos más importantes reportados en la investigación, fueron que los valores de proteína total y glucosa séricas presentaron diferencia estadística significativa entre los sexos de los peces; por otro lado, los tres parámetros bioquímicos analizados no presentaron diferencias estadísticas entre los individuos clasificados por longitudes (colas, medias y cabeceras). Estas consideraciones reportadas referente a los valores bioquímicos evaluados, debe ser considerada y sugerida a los productores de truchas arco iris, a fin de que realicen estos exámenes sanguíneos cotidianamente en sus peces, para determinar los estados nutricionales, fisiológicos y sanitarios, descartando patologías y elevar la producción de trucha y sus ingresos económicos.

Por tal motivo esta investigación tuvo los siguientes objetivos:

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar los valores serológicos de proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris según sexo y longitudes cultivados en jaulas flotantes en el centro poblado Ojherani, Puno - 2021.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar los valores serológicos de proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris cultivadas en jaulas flotantes según el sexo.
- Evaluar los valores serológicos de proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris cultivados en jaulas flotantes según longitudes (colas, medias y cabeceras).



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

**Herrera (2004)** en las comunas de Villarrica y Lago Ranco (Chile), el salmón atlántico presentó valores promedio de proteínas totales entre  $37.47 \pm 4.89$  g/l, albúmina de  $4.98 \pm 3.68$  g/l, colesterol  $13.09 \pm 3.74$  mmol/l; en trucha arco iris obtuvo proteínas totales de  $39.45 \pm 4.89$  g/l, albúmina de  $9.12 \pm 5.08$  g/l y colesterol  $14.39 \pm 2.03$  mmol/l.

**Pérez (2005)** en Chiloé (Chile), evaluaron valores hemáticos y bioquímicos séricos en salmón coho y salmón del atlántico, en el primer pez se determinó proteínas 50 y 50 g/l, colesterol 13.4 y 11.8 mmol/l y glucosa 9.9 y 6.9 mmol/l, mientras que en el segundo pez se obtuvo proteínas 44 y 45 g/l, colesterol 12 y 12 mmol/l y glucosa 6.7 y 6.2 mmol/l entre los meses de diciembre 2002 y enero 2003.

**García (2008)** en Baja California Sur (México), se diagnosticó en reproductores de *Lutjanus peru* en condiciones de cautiverio, cambios estacionales en el colesterol, triglicéridos, lípidos totales, proteínas totales, cortisol y ácidos grasos en ambos sexos, donde los niveles más bajos de las medias en colesterol, triglicéridos, lípidos totales se presentaron en invierno en ambas dietas y sexos, los peces tuvieron concentración de triglicéridos más alta durante la época reproductiva.

**Buenaño (2010)** en la provincia del Napo (Ecuador), la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de producción juvenil presentó una hemoglobina de 11.39 g/dl, hematocrito 58.96%, proteína 4.24 g/dl, albúmina 2.18 g/dl, los adultos presentaron una hemoglobina de 10.56 g/dl, hematocrito 73.15%, proteína 5.08 g/dl,



albúmina 2.66 g/dl y los reproductores presentaron una hemoglobina de 13.28 g/dl, hematocrito 75.19%, proteína 6.26 g/dl, albúmina 4.27 g/dl.

**Vásquez et al. (2012)** en la Estación Piscícola del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos (Colombia), al evaluar los parámetros bioquímicos en plasma de juveniles de cachama (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dos niveles de proteína con 24 y 34% de proteína digestible en laboratorio (T1), jaulas (T2) y estanques (T3), los niveles séricos fueron similares entre tratamientos, excepto colesterol y urea. Los valores observados al inicio difirieron de los observados durante el desarrollo de los experimentos ( $p < 0.05$ ), excepto para proteína en los experimentos T2 y T3 y glucosa en el T3.

**León et al. (2016)** en Bogotá (Colombia), analizaron los efectos tóxicos del cianuro, el efecto protector de tiosulfato de sodio, mediante los parámetros sanguíneos y bioquímicos en *Oreochromis* sp, donde los resultados indicaron que la glucosa y el lactato en sangre se encontraron elevados en los especímenes expuestos a cianuro de sodio (NaCN) y cianuro de sodio – tiosulfato de sodio; los valores de proteína plasmática no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, concluyendo que el NaCN en exposición aguda, afecta los parámetros bioquímicos sanguíneos evaluados, que serían de gran utilidad para diagnosticar casos de sintomatología similar y con sospecha de cianurotoxicosis.

**Gonzáles et al. (2016)** en Loreto (Perú) en juveniles de paiche *Arapaima gigas* determinó los siguientes valores bioquímicos: albúmina  $2.26 \pm 0.82$  g/dl; glucosa  $54.83 \pm 43.09$  mg/dl y colesterol  $104.63 \pm 43.89$  mg/dl, donde los valores bioquímicos estuvieron dentro de los rangos registrados para esta especie, los cuales mostraron condiciones fisiológicas normales.



**Sánchez et al. (2017)** en Loreto (Perú) evaluaron la respuesta hematológica y bioquímica a concentraciones variables de amonio en juveniles de paiche *Arapaima gigas*, los cuales fueron sometidos a concentraciones de 20 mg/l, 15 mg/l, 10 mg/l y 0 mg/l de amonio (grupo control), donde a una exposición de 15 y 20 mg/l de amonio por 24 horas disminuyeron el porcentaje de hematocrito (% Hto), la glucosa mostró un incremento a 10 mg/l. Luego de 3 días se determinó un incremento en el % Hto en concentraciones de 15 y 20 mg/l, por tanto, el amonio origina variaciones hematológicas y bioquímicas que permanecieron el equilibrio fisiológico de los peces.

**Huanca (2017)** en la laguna de Arapa (Puno – Perú), en truchas arco iris con peso promedio de 218.1 g y talla de 25.3 cm fueron clasificadas en control (T1), truchas anestesiadas con lidocaína (T2), truchas anestesiadas con benzocaína (T3) y truchas anestesiadas con eugenol (T4), se obtuvo niveles promedios de cortisol en T1 85.9 ng/ml, en T2 41.4 ng/ml, en T3 51.6 ng/ml y T4 31.6 ng/ml y los niveles de glucosa fue en T1 112.5 mg/dl, en T2 102 mg/dl, en T3 102 mg/dl y T4 77.3 mg/dl.

**Minaya (2018)** en la Amazonía Peruana, evaluaron el perfil hematológico y bioquímico en gamitana (*Colossoma macropomum*), entre sus valores bioquímicos determinados se mencionan: glucosa 75.47 mg/dl, proteínas totales 4.18 g/dl, albúminas 2.52 g/dl, globulinas 1.65 g/dl, ácido úrico 0.37 mg/dl, Ca 12.93 mg/dl y AST 159.97 U/l.

**Cáceres (2018)** en peces de la comuna de Hualaihue (Chile), en peces infectados experimentalmente con *Piscirickettsia salmonis* presentaron una concentración de proteínas totales entre 1.1- 6.1 g/dl, luego de 9 y 15 días; el contenido de colesterol fue entre 69.15 a 514.6 mg/dl.

**Cárdenas (2019)** en Latacunga (Ecuador) caracterizó el perfil bioquímico de la trucha silvestre ecuatoriana (*Oncorhynchus mykiss*), en 30 individuos determinó los



siguientes promedios de glucosa 4.38 mmol/l, urea 2.36 mmol/l, nitrógeno ureico en sangre o BUN 10.8 mmol/l, creatinina 40.92  $\mu$ mol/l, aspartato aminotransferasa (AST o TGO) 152.99 U/l, alanina aminotransferasa (ALT o TGP) 97.28 U/l, proteínas totales 38.25 g/l, calcio 5.06 mmol/l, fósforo 7.44 mmol/l y potasio 24.84 mmol/l.

**Gonzales et al. (2020)** en Loreto (Perú), caracterizaron los parámetros hematológicos de *Astronotus ocellatus* y en muestras de sanguíneas de 15 individuos con pesos de  $109.43 \pm 22.9$  g y longitud total de  $15.43 \pm 1.28$  cm, mantenidos en estanques de concreto, presentaron proteína total  $3.44 \pm 1.1$  g/dl, glucosa  $64.39 \pm 28.8$  mg/dl y colesterol  $253.4 \pm 91.2$  mg/dl, estos valores obtenidos se encuentran dentro del rango reportado para esta especie.

**Castro (2021)** en la Hacienda El Prado (Ecuador) determinó los efectos de los extractos de propóleos en concentraciones de 0.01, 0.02 y 0.03 g/l en los parámetros bioquímicos en trucha arco iris, reportando que los peces expuestos a 0.02 y 0.03 g/l presentaron un aumento significativo de la glucosa, nitrógeno ureico de la sangre (BUN), triglicéridos, colesterol, LDH, amilasa y actividades de GGT en comparación con el grupo control.

**Pallo (2021)** en Los Ríos (Ecuador) investigó los aspectos biológicos y metabólicos de la dica (*Pseudocurimata boulengeri*) en tres sitios de muestreo en los ríos Ventanas, Quevedo y Buena Fe., concluyendo que los parámetros metabólicos fueron diferentes entre el sexo, lugar, la menor cantidad de glucosa se obtuvo en hembras (40.00 mg/dl), en triglicéridos los individuos machos presentaron valores bajos de 226.33 mg/dl, al igual que las proteínas 3.97 g/dl, referente al colesterol el menor incremento fue en hembras con 139.00 mg/dl.

**Guirado (2022)** en Baja California (México) evaluó en trucha arco iris



(*Oncorhynchus mykiss*) el crecimiento, el perfil sanguíneo y la composición de ácidos grasos aclimatada a temperaturas de 16, 19 y 22 °C, determinando que la bioquímica sanguínea se determinó un aumento de concentración en la enzima aspartato aminotransferasa (AST) debido al incremento de la temperatura.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)

#### a. Generalidades

La trucha arco iris es nativa de las cuencas que drenan al Pacífico en Norteamérica (FAO, 2019). Se distribuye hasta el suroeste de Alaska (río Kuskokwim) hasta el río Presidio en México (Behnke, 2002; Vásquez, 2014). La especie ha sido introducida en todas las aguas continentales excepto la Antártida desde 1874 con fines recreativos como la pesca deportiva y la acuicultura. La producción de esta especie se expandió en la década de 1950 debido a la llegada de los piensos en pellets. Por ello, al introducir estos peces se han desarrollado algunas líneas o cepas locales domesticadas, y se ha desarrollado la cría e hibridación a gran escala para mejorar la calidad del pescado de cultivo (FAO, 2019).

#### a. Características biológicas

El cuerpo es delgado y en forma de huso con 60 a 66 vértebras, 3 a 4 vértebras, 10 a 12 aletas dorsales blandas, 3 a 4 aletas anales, 8 a 12 aletas anales blandas y 19 aletas caudales. Tiene aletas aceitosas, a menudo con bordes negros. Los machos que no se aparean, pero ponen huevos presentan ligeros cambios en la cabeza, el pico y la coloración. Una banda rosa en la línea lateral siendo de color azul a verde oliva con una base plateada. El dorso, los costados, la cabeza y las aletas están cubiertos



de pequeñas manchas negras. El color varía según el hábitat, el tamaño y el sexo. Los habitantes de los arroyos y los desoves tienden a tener colores más oscuros y ricos, mientras que los habitantes de los lagos son más claros y plateados. La ausencia de hueso hioides es el rasgo más característico de *Oncorhynchus clarki* (trucha araña) (FAO, 2023).

### **b. Hábitat y Biología**

La trucha arco iris ocupa hábitats que abarca desde una vida anádroma hasta habita en cuerpos de agua continentales. En el Perú, la trucha arco iris se distribuye en casi todos los ambientes de agua dulce como los ríos, lagunas y lagos de las zonas alto andinas. (FAO, 2019).

### **c. Distribución**

La trucha arco iris se encuentra en los cuerpos de agua ubicados a más de 1500 msnm en el Perú. En el Lago Titicaca (Puno), y ocupa las zonas pelágicas profundas (Cossios, 2010). Su distribución en los ríos se encuentra alterada debido a su gran capacidad de movilidad, pues migran de una zona a otra dependiendo de la estación del año, estadio biológico, horas del día o tipo de alimento en épocas de reproducción (MINAM, 2015).

### **d. Reproducción**

Una trucha hembra puede poner hasta 2000 huevos por kg de peso corporal. El diámetro de los huevos es mayor, unos 3 – 7 mm. La mayoría de las hembras desovan sólo una vez en cada primavera, pero la reproducción selectiva y la adaptación al fotoperiodo han dado como resultado cepas que maduran antes y ponen huevos durante todo el año. Seleccione rasgos mediante hibridación para aumentar la tasa de crecimiento,



la resistencia a enfermedades, la fertilidad y mejorar la calidad y el sabor de la carne. Las truchas no desovan en sistemas de cultivo, por lo que los juveniles se producen mediante desove artificial o mediante la recolección de huevos de poblaciones silvestres. Las cepas de cultivo de agua dulce pueden alcanzar sólo 4.5 kg (FAO, 2023).

#### **e. Alimentación**

Las truchas adultas se alimentan de insectos acuáticos y terrestres, moluscos, crustáceos, huevas de pescado, etc., pero el alimento principal son los camarones de agua dulce, que contienen pigmentos carotenoides que le dan a la trucha su color rosa anaranjado. En la acuicultura, los piensos que contienen pigmentos sintéticos como astaxantina y cantaxantina también imparten un color rosado a la carne (FAO, 2023).

#### **2.2.2 Bioquímica sanguínea en peces**

La bioquímica sanguínea es el área de la medicina de laboratorio que estudia y aplica la actividad enzimática para diagnosticar y dar el tratamiento a la enfermedad diagnosticada (Mora, 2017). En la actualidad se ha aumentado el interés por las pruebas de laboratorio siendo la bioquímica importante en el diagnóstico veterinario. La química sanguínea brinda información detallada y específica para obtener un diagnóstico más preciso (Jaramillo, 2019). Los estudios de la química sanguínea en peces, actualmente es de mucho interés, la utilidad de estos valores es de importancia cuando se trata de especies con interés de cultivo comercial, debido a que estos análisis son indicadores de alguna perturbación fisiológica que afecta a la salud de la población piscícola (Bastardo y Diaz, 2004).

Por ello es necesario conocer los patrones de acumulación y utilización de reservas de energía en los reproductores, ya que ayuda a evaluar la calidad y condición fisiológica



de los organismos; ya que, durante la fase reproductiva, se presentan una disminución de los niveles, por lo que los peces deben utilizar sus reservas energéticas para el desarrollo de la gónada (Montgomery y Galzin, 1993). En la actualidad los parámetros bioquímicos en los peces es un medio adecuado para indicar la condición de salud, como las manifestaciones biológicas (Sanver, 2004).

### **2.2.3 Proteína total sérica en peces**

Las proteínas, son moléculas que se encuentran en los seres vivos, y desempeñan funciones: como catalizadores (enzimas) que dirigen y aceleran reacciones en los procesos de digestión, también en el sistema de defensa, como anticuerpos, en los factores de coagulación sanguínea y transporte de moléculas como la hemoglobina o lipoproteínas (McKee y McKee, 2003).

La concentración de proteína indica el estado fisiológico del animal (Landolf, 1989) y un excelente indicador del diagnóstico clínico (De Pedro et al., 2004). Los peces, necesitan de un buen balance de aminoácidos esenciales y no esenciales. Por lo que las proteínas son la mayor fuente de material orgánico en el tejido de los peces y representan alrededor de un 65 – 75% del total corporal en peso seco (Wilson, 2002). Los aminoácidos de las proteínas y algunos péptidos, son absorbidos a través de la membrana apical y basolateral de los glóbulos rojos y son hidrolizados por enzimas citoplasmáticas y pasan a través de la membrana basolateral al sistema circulatorio (Clements y Raubenheimer, 2006).

Las proteínas en los peces resultan vitales, pues son más dependientes de los aminoácidos como precursores de la glucosa, además la ingesta de proteína determina en crecimiento por tanto confiere la capacidad determinar el estado nutricional (Young, 1996). La falta de aminoácidos indispensables retrasa el crecimiento de los organismos,



genera una menor ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. En situaciones severas, causa la deficiencia de poder de resistir a las enfermedades y disminuye la eficiencia del sistema inmunitario (Bureau y Cho, 1999). El contenido de proteína bruta en la dieta de reproductores de peces, interviene en el crecimiento, fecundidad, la viabilidad, calidad de los huevos y en las malformaciones de las larvas, viéndose significativamente en los porcentajes de huevos flotantes y las tasas de eclosión (Cerdá et al., 1995).

Los niveles bajos de proteína incrementan los niveles de insulina y se reducen los niveles hormonales (Watanabe et al., 1984). Además, durante la maduración y crecimiento gonádico, los peces reproductores incrementan el consumo de proteínas para sustentar sus funciones vitales obteniendo mayor cantidad de tejido corporal y un incremento en el tamaño y peso de la gónada (Tacon y Cowey, 1985).

#### **2.2.4 Colesterol séricas en peces**

La liberación de ácidos grasos producto de la lisis del colesterol son fuentes que favorecen energía metabólica en los peces, por ejemplo, en los peces marinos muestran los elevados niveles de aceite que es más del 20 % del peso en húmedo. García (2008), mencionan que la variación estacional de los niveles de lípidos se relaciona con el ciclo reproductivo, ya que es importante que los peces acumulen grandes reservas de lípidos durante la primavera y finales de verano; las grasas de igual forma tienen una función importante en el suministro de energía para la reproducción de los peces (Sargent et al., 2002). Por tanto, una variación elevada del colesterol puede ser consecuencia del aumento del índice gonadosomático, debido a que el colesterol se incorporó en la estructura endógena de los ovocitos (Spanopoulos, 2013).

El colesterol pertenece a las sustancias denominadas esteroides, que implica a diversas hormonas importantes y es el precursor para la síntesis de estas sustancias



(Mathews, 2002). El colesterol que es utilizado procede de dos fuentes: la alimentación y la síntesis de novo. Cuando existe el aporte de colesterol, por la alimentación, la síntesis de esta molécula está inhibida. Por otro lado, la biosíntesis de colesterol se estimula cuando el aporte de la alimentación es mínimo en colesterol. El colesterol es sintetizado en varios tejidos, pero la mayoría de las moléculas se realizan en el hígado (McKee y McKee, 2003).

### **2.2.5 Glucosa sérica en peces**

La glucosa en la sangre, es utilizada por medio de la insulina para producir energía en forma de adenosín trifosfato (ATP). Es la principal fuente de energía y es enviada por todo el cuerpo por medio de la sangre, distribuyéndose en las células que forman los órganos y tejidos. La glucosa es regulada mediante las hormonas que el páncreas produce como es la insulina y el glucagón (Betzy et al., 2017). Cuando ocurre una deficiencia de insulina, empieza a originarse una alteración en el metabolismo de los alimentos que son ingeridos como consecuencia una reducción de la glucosa, provocando una letargia, pérdida de peso, disminución de la respuesta inmune (Rand y Fleeman, 2007).

### **2.2.6 Fisiología de los peces**

Con base en los resultados obtenidos, los parámetros hematológicos y la bioquímica sanguínea pueden usarse como indicadores del estado fisiológico de los peces estudiados para diagnosticar condiciones patológicas y situaciones estresantes, ya que son indicadores de rápidas alteraciones fisiológicas o ambientales (Meraj et al., 2016). El valor del hematocrito está relacionado con la actividad del pez y su hábitat, y también se indica que el valor del hematocrito de los peces de agua dulce es mayor que el de los peces marinos, los cuales tienen un mayor número de glóbulos rojos y un tamaño más pequeño (Alaya y Mo Rales, 2013). En este estudio, se obtuvieron valores de hematocrito



significativamente altos para la mayoría de los teleósteos marinos (Wilhelm et al., 1992). Según Bastardo y Barberán (2004), la función de aumentar el número de pequeños glóbulos rojos será optimizar el intercambio gaseoso porque tienen mayor relación superficie/volumen y así mejorar el transporte de oxígeno disuelto en agua.

Numerosos estudios han demostrado que los glóbulos blancos de sangre periférica (linfocitos, monocitos, eosinófilos) son fundamentales para detectar el estrés en los peces debido a su relación con el sistema inmunológico (Olabuenaga, 2000). En esta investigación se observaron valores elevados para linfocitos y neutrófilos y valores muy bajos para basófilos y monocitos. Naxi et al. (1995) documentaron un aumento de linfocitos y eosinófilos y una disminución significativa de monocitos, indicativos de cambios (infecciones) en *Oreochromis mossambicus* Peters (1852) después de la exposición al metal *Ethmidium maculatum* (machete), *Stellifer minor* (mojarrilla), *Isacia conceptionis* (cabinzas) y *Sciaena deliciosa* (lorna) tuvieron valores de hemo significativamente más altos en comparación con *Stromateus stellatus* (chiris). Se ha observado que los peces más activos tienden a tener niveles de hemoglobina más altos que los peces sedentarios (Meraj et al., 2016). Será importante confirmar si este patrón es cierto entre los teleósteos marinos estudiados.

Arthanari y Dhanapalan (2016) indicaron que el valor del hematocrito de los peces suele oscilar entre el 20 % y el 35 % y rara vez alcanza niveles superiores al 50 %. En este estudio, casi todas las especies de peces tenían valores de hematocrito superiores al rango máximo del 35 %. Cuatro especies: *Sciaena deliciosa*, *Stellifer minor*, *Ethmidium maculatum* e *Isacia conceptionis* tuvieron valores superiores al 50 %, posiblemente indicando la respuesta de estos peces marinos a altas demandas metabólicas, resultando en valores de hematocrito más altos en estas especies marinas activas (Satheeshkumar et



al., 2011) para evaluar los cambios en la calidad del agua y la contaminación en toda el área de evaluación.

Se ha informado que el hemo en los peces oscila entre 12.7 mg/dl y 14.0 mg/dl (Arthanari y Dhanapalan, 2016). Entre las especies estudiadas solo dos valores se mostraron en este rango (*Cheilodactylus variegatus* - pintadilla y *Labrisomus philippii* - Tramboyo), las demás presentaron valores superiores. Se ha demostrado que las fluctuaciones de hemoglobina en los peces están relacionadas con el transporte de oxígeno en la sangre como indicador de la capacidad metabólica aeróbica de los peces (Dal'Bó et al., 2015).

Los valores hematológicos y bioquímicos sanguíneos de las cuatro áreas de muestreo en *Sciaena* mostraron valores más altos de hemo y colesterol solo en la Bahía del Callao. Estos parámetros facilitan la detección temprana de perturbaciones ambientales. Este parámetro es considerado el mejor indicador para evaluar la anemia en peces (Jerônimo et al., 2014). Meraghi et al. (2016) sugirieron que los cambios en los niveles de hemoglobina en el pez *Triplophysa marmorata* (Heckel, 1838) pueden estar relacionados con la presencia de factores estresantes como contaminantes que inhiben el sistema de hemoglobina sintasa.

Los niveles elevados de colesterol en el pescado están asociados con niveles elevados de grasa en la composición química de los alimentos consumidos y tras el uso de pesticidas en el medio acuático. Además, los cambios en los valores de los parámetros hematológicos pueden reflejar la respuesta de los peces a los cambios ambientales, lo que los haría útiles en la ecotoxicología acuática y el biomonitoreo (Satheeshkumar et al., 2011).



Los valores hematológicos y bioquímicos sanguíneos, según los sitios de muestreo de lisa (lisa) mostraron variaciones en el hematocrito y el colesterol en la zona anterior a la Marina del Callao, lo que lograría indicar diferencias en la calidad del agua entre las tres zonas evaluadas. Francisco et al. (2012) indicaron que varios factores intrínsecos y extrínsecos pueden causar cambios en los datos hematológicos que pueden usarse para monitorear cambios fisiológicos y patológicos en los peces (Alaye y Morales, 2013) y proporcionar información sobre el valor nutricional y la función durante el reposo. Por el contrario, la digestión y los niveles metabólicos generales cambian en presencia de factores estresantes como cambios en la calidad del agua, la contaminación y las enfermedades (Satheeshkumar et al., 2011).

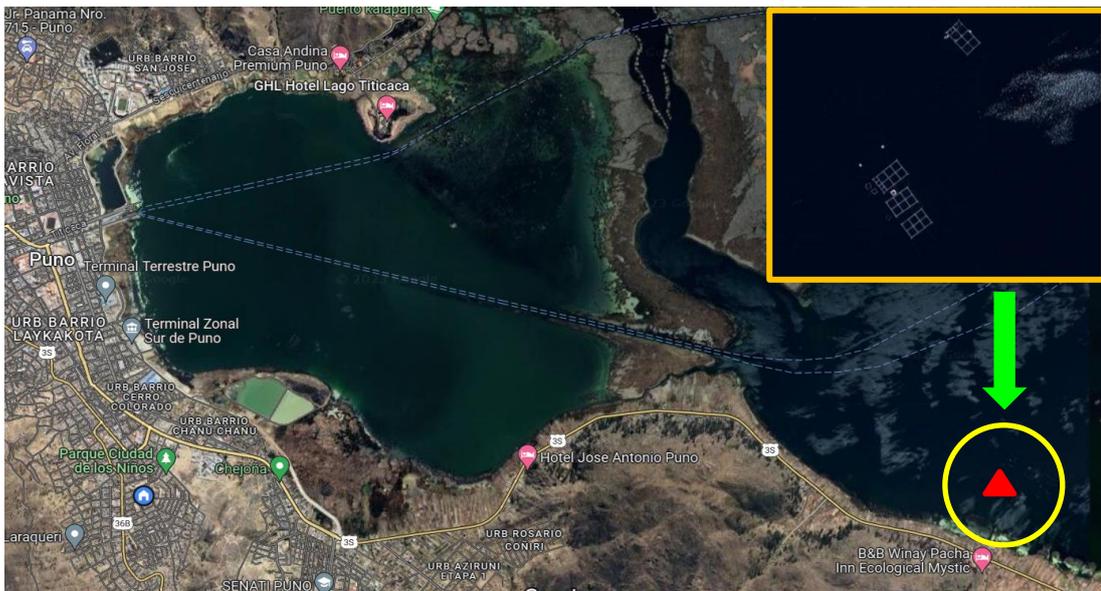
Los valores de hematocrito, hemo y colesterol del salmonete fueron más altos en primavera que en verano. Varios estudios han demostrado variaciones estacionales en diversos parámetros hematológicos de los peces (Bhat, 2017). Se observó que el hematocrito y la hemoglobina eran más altos en primavera y verano en los peces *Tincatinca* (Linnaeus, 1758) (Gupta et al., 2013). Colasos et al. (1998) demostraron que el hematocrito de los peces fue elevado primavera y verano. Siendo similar, Pedro et al. (2005) en los peces *Tinca tinca* observó que los niveles de colesterol son más bajos en invierno. Los valores sanguíneos de tilapia son más altos en primavera y verano (Cengizler et al., 2017).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio del muestreo de juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) fueron las jaulas ubicadas en el centro poblado de Ojherani en el Lago Titicaca, al sur de la ciudad de Puno, a 300 m del área de control aduanero de la SUNAT. Las jaulas en mención estuvieron ubicadas a 300 m de la orilla del lago tal como se muestra en la Figura 1. Las coordenadas de ubicación de las tres jaulas fueron 15° 51'20.8" latitud Sur, 69° 56' 26.3" latitud Oeste (Jaula 1), 15° 51' 21.8" latitud Sur, 69° 56' 25.7", longitud oeste (jaula 2) y 15° 51' 22.8" de latitud sur y 69° 56' 25.0" de longitud oeste (jaula 3), respectivamente. Las muestras de peces se transfirieron al Laboratorio de Botánica y Biotecnología de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional de Altiplano, donde se realizaron los análisis bioquímicos correspondientes.



**Figura 1.** Zonas de recolección de muestras de peces, durante los meses de julio a setiembre del año 2022 (Google maps).

### 3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

La determinación de los parámetros bioquímicas séricos según sexo y longitudes se realizó en un diseño no experimental, en razón de que no se manipularon variables y no se contó con grupos control (Hernández et al., 2014).

El trabajo de investigación fue de tipo explicativo (Hernández et al., 2014), en razón de que no solo se describió los resultados obtenidos, si no también se interpretó las causas probables de los resultados respecto a los parámetros bioquímicos séricos, según sexo y longitudes.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Ante una población aproximada de 500 individuos de juveniles de trucha arco iris por jaula experimental, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde se tomaron de manera aleatoria 30 peces, de los cuales 21 fueron hembras y 9 fueron machos, estos últimos fueron colectados de otras zonas de cultivos de truchas, en razón de que son muy escasos, según manifiestan los truchicultores. La distribución se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de número de muestras por sexo de los juveniles de trucha arco iris.

Meses de muestreo 2021	Sexo de los juveniles de trucha		Total
	Hembras	Machos	
Agosto	7	3	10
Setiembre	7	3	10
Octubre	7	3	10
<b>Total</b>	21	9	30

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 2.** Clasificación de las longitudes según el sexo en truchas arcoíris juveniles.

<b>Clasificación según longitudes</b>	<b>Hembras (cm)</b>	<b>Machos (cm)</b>
Cabeceras	$\geq 19 - \leq 20.9$	$\geq 42 - \leq 42.9$
Medias	$\geq 16 - \leq 18.9$	$\geq 40 - \leq 41.9$
Colas	$\geq 14 - \leq 15.9$	$\geq 39 - \leq 39.1$

### **3.4 EVALUACIÓN DE LOS VALORES DE PROTEÍNA TOTAL, GLUCOSA Y COLESTEROL EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN EL SEXO**

#### **3.4.1 Frecuencia y muestreo**

El muestreo en la investigación fue al azar (Casal y Mateu, 2003), y estuvo conformado por juveniles de trucha arco iris de jaulas flotantes del Lago Titicaca ubicado en el centro poblado de Ojherani, los cuales fueron muestreados quincenalmente durante los meses de ejecución (agosto, setiembre y octubre) luego de la aprobación del proyecto.

#### **3.4.2 Procedimientos**

##### **a. Extracción de sangre**

Los juveniles de trucha arco iris fueron retirados al azar de las jaulas flotantes, a continuación, fueron colocados sobre un tablero de disección y cubiertos con una toalla delgada para evitar se deslice. Luego de ser inmovilizadas, se utilizaron jeringas de 5 ml y agujas 23 G para realizar la punción a nivel de la región de la vena caudal, todas las muestras de cada tratamiento y repetición fueron colocadas en tubos de ensayo para que logre coagularse y libere el suero sanguíneo (Crespo, 2018), a partir del cual se determinó



los valores serológicos.

**b. Determinación de los valores serológicos de proteína total**

- **Método.** Determinación fotométrica (Valtek diagnostics, 2016).
- **Fundamento.** Para determinar de niveles de proteína total sérica de los peces, según el método utilizado por Valtek ® se basa en la reacción de biuret, por lo cual los enlaces peptídicos reaccionan en medio alcalino con sulfato de cobre para formar un complejo coloreado azul – violeta. El color formado se mide colorimétricamente, siendo proporcional a la cantidad de proteína presente en la muestra (Valtek dignostics, 2016).
- **Materiales necesarios.** Espectrofotómetro manual con cubeta termoestable, con la capacidad de medir absorbancia a 540 nm (rango 520 a 560 nm), un baño termostático, un cronómetro, pipetas automáticas, un calibrador y los sueros controles.
- **Procedimientos.** El suero sanguíneo de los peces y los reactivos que otorga el fabricante, se trabajaron inicialmente desplazando el reactivo a la temperatura que se realizó el ensayo. Al utilizar las pipetas estuvieron libres y limpias de residuos que puedan contaminar a los reactivos y los tres tubos se prepararon tal como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Preparación de tubos para la determinar proteína total.

	Blanco	Calibrador	Desconocido
Muestra (ml)	--	--	0.01
Calibrador (ml)	--	0.01	--
Reactivo (ml)	1.0	1.0	1.0



Cada tubo se mezcló e incubó por un tiempo de 10 minutos a 37 °C. Se dio lectura las absorbancias a 540 nm, llevando a cero (0) el espectrofotómetro con la solución del blanco de reactivo. El color resultante fue estable por lo menos por 30 minutos (Valtek dignostics, 2016).

- **Cálculos.** Los cálculos de los valores de proteína total en las muestras de suero sanguíneo en juveniles de trucha arco iris, se realizaron según las siguientes ecuaciones matemáticas:

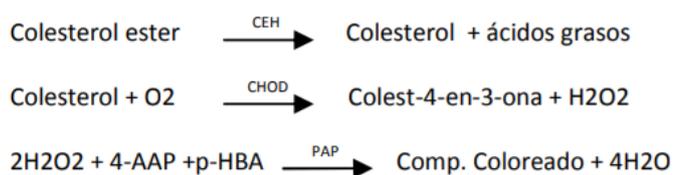
$$Factor = \frac{Concentración\ calibrador}{Abs.\ calibrador}$$

$$Proteína\ total\ (g/dl) = Factor \times Abs.\ Muestra$$

- **Valores normales referenciales:** Proteína total 22.00 – 24.30 g/l (Rozas, 2020).

### c. Determinación de los valores serológicos de colesterol

- **Método.** Determinación fotométrica (Valtek diagnóstics, 2016).
- **Fundamento.** El colesterol en suero sanguíneo de los peces se determina por acción de las enzimas Colesterol ester hidrolasa y Colesterol oxidasa. La primera libera el colesterol de los ésteres de colesterol, y la segunda oxida el colesterol libre produciéndose peróxido de hidrógeno, el cual en presencia de la enzima peroxidasa reacciona con el sistema cromogénico dando origen a un compuesto coloreado que absorbe a 505 nm (Valtek diagnóstics, 2016).



- **Materiales necesarios.** Espectrofotómetro manual con cubeta termoestable, con la capacidad de medir absorbancia a 505 nm (rango 500 a 530 nm), un baño

termoregulado, un cronómetro, pipetas automáticas, un calibrador y los sueros controles.

- **Procedimientos.** Se llevó el reactivo a la temperatura que se realizó el ensayo. Las pipetas a utilizar estuvieron limpias y libres de residuos para no contaminar a los reactivos y los tres tubos se prepararon tal como se indica en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Preparación de tubos para la determinación de colesterol.

	Blanco	Calibrador	Muestra
Muestra (ml)	--	--	0.01
Calibrador (ml)	--	0.01	--
Reactivo (ml)	1.0	1.0	1.0

Cada tubo se mezcló e incubó por un tiempo de 5 minutos a 37 °C. Se dio lectura las absorbancias a 505 nm, llevando a cero (0) el espectrofotómetro con la solución del blanco de reactivo. El color resultante fue estable por lo menos por 30 minutos (Valtek diagnostics, 2016).

- **Cálculos.** Los cálculos de los valores de colesterol sérico en las muestras de suero sanguíneo en juveniles de trucha arco iris, se realizó según las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$Factor = \frac{Concentración\ calibrador}{Abs.\ calibrador}$$

$$Colesterol\ (mg/dl) = Factor \times Abs.\ Muestra$$

- **Valores normales referenciales:** Colesterol 3.10 – 15.90 mmol/l (Rozas, 2020).

**d. Determinación de los valores serológicos de glucosa.**

- **Método.** Determinación fotométrica (Valtek diagnostics, 2016).
- **Fundamento.** La glucosa sérica de los peces reacciona con el reactivo enzimático

que contiene una mezcla de las enzimas Glucosa Oxidasa (GOD) y Peroxidasa (POD). En la primera etapa la Glucosa es oxidada a Ac. Glucónico por la acción de la enzima GOD, liberándose como producto H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, el cual en una reacción mediada por la enzima POD, reacciona con el Ac. p-Hidroxibenzoico y 4- Aminoantipirina produciéndose un compuesto coloreado con un máximo de absorción a 505 nm, en cantidad proporcional a la cantidad de Glucosa presente en la muestra (Valtek diagnóstics, 2016).



- **Materiales necesarios.** Espectrofotómetro manual con cubeta termoestable, con la capacidad de medir absorbancia a 505 nm (rango 500 a 546 nm), un baño termostático, un cronómetro, pipetas automáticas, un calibrador y los sueros controles.
- **Procedimientos.** Las muestras de suero sanguíneo y los reactivos fueron adaptados a la temperatura que se realizó el ensayo. Las pipetas a utilizar estuvieron limpias y libres de residuos para no contaminar a los reactivos y los tres tubos se prepararon tal como se indica en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Preparación de tubos para la determinación de glucosa sérica.

	<b>Blanco</b>	<b>Calibrador</b>	<b>Muestra</b>
Muestra (ml)	--	--	0.01
Calibrador (ml)	--	0.01	--
Reactivo (ml)	1.0	1.0	1.0

Cada tubo se mezcló e incubó por un tiempo de 5 minutos a 37 °C. Se dieron lectura las absorbancias a 505 nm, llevando a cero (0) el espectrofotómetro con la solución



del blanco de reactivo. El color resultante fue estable por lo menos por 30 minutos (Valtek diagnostics, 2016).

- **Cálculos.** Los cálculos de los valores de glucosa sérica en las muestras de suero sanguíneo en juveniles de trucha arco iris, se realizaron según las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$Factor = \frac{Concentración\ calibrador}{Abs.\ calibrador}$$

- Glucosa (mg/dl) = Factor x Abs. Muestra

- **Valores normales referenciales:** Glucosa 1.00 – 9.40 mmol/l (Rozas, 2020).

### 3.4.3 Variables analizadas

- **Variables independientes:** Sexo de los peces.
- **Variables dependientes:** Parámetros bioquímicos (proteína total, colesterol y glucosa).

### 3.4.4 Pruebas bioestadísticas para contraste de hipótesis

Los valores de proteína total, colesterol y glucosa, fueron analizados mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza (supuestos), a continuación, se calcularon las medias, los coeficientes de variación, los valores mínimos y máximos, y como estadística inferencial se aplicaron pruebas de T de Student para evaluar los valores bioquímicos según el sexo del pez, todo con un nivel de significancia del 95%. Los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales se realizaron en el software estadístico libre Infostat versión estudiantil.



### **3.5 EVALUACIÓN DE LOS VALORES DE PROTEÍNA TOTAL, GLUCOSA Y COLESTEROL EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN LONGITUDES**

#### **3.5.1 Procedimientos**

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico los procedimientos de extracción de sangre y la determinación de los valores de proteína total, colesterol y glucosa fueron los mismos métodos y procedimientos desarrollados para el primer objetivo. La diferencia fue que los peces fueron clasificados según longitudes, mediciones realizadas mediante una cintra métrica.

#### **3.5.2 Variables analizadas**

**Variables independientes:** Longitudes de los peces (cabeceras, medias y colas)

**Variables dependientes:** Valores de proteína total, colesterol y glucosa.

#### **3.5.3 Pruebas bioestadísticas para contraste de hipótesis**

Los valores de proteína total, colesterol y glucosa, fueron analizados mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza (supuestos), a continuación, se calcularon las medias, los coeficientes de variación, los valores mínimos, máximos, y como estadística inferencial se aplicaron pruebas de análisis de varianza para evaluar los valores bioquímicos según longitudes, todo con un nivel de significancia del 95%. Los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales se realizaron en el software estadístico libre Infostat versión estudiantil.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 VALORES SEROLÓGICOS DE PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN SEXO

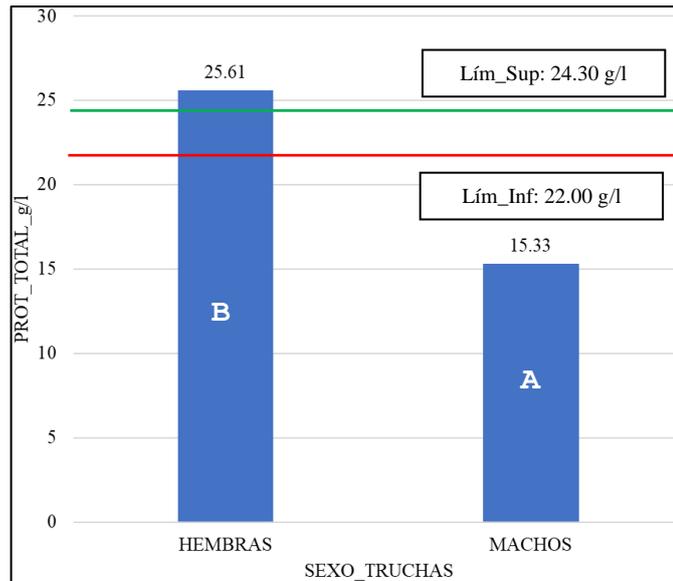
##### 4.1.1 Proteína total sérica según sexo en juveniles de trucha arco iris

**Tabla 5.** Análisis descriptivo de los valores de proteína total sérica (g/l) en juveniles de trucha arco iris.

Sexo	N	Media (g/l)	CV (%)	Valor	
				Mínimo	Máximo
Hembras	21	25.61	36.03	13.32	36.47
Machos	9	15.33	8.25	13.11	16.85

Rango referencial: 22.00 – 24.3 g/l (Rozas, 2020).

En la Tabla 5 se observan los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha, donde la media fue de 25.61 g/l en individuos hembras, con valores que oscilaron entre 13.32 g/l y 36.47 g/l, un coeficiente de variación del 36.03 % indicando una dispersión moderada de los datos respecto a su media; mientras tanto, que en individuos machos la media fue de 15.33 g/l, con valores que variaron entre 13.11 g/l y 16.85 g/l, tuvieron un coeficiente de variación del 8.25 % indicando una dispersión baja de los datos respecto a su media. Los valores de proteína total sérica en hembras juveniles superaron los rangos referenciales (22.00 – 24.3 g/l); mientras tanto, que en machos juveniles la media se encuentra por debajo (Figura 2).



**Figura 2.** Valores de proteína total sérica según el sexo en juveniles de trucha arco iris (Tukey  $P < 0.05$ ).

Luego de realizar la prueba de T de Student, los valores de proteína total sérica presentaron diferencia estadística significativa ( $F=10.86$ ;  $gl=1$ ;  $P=0.0027$ ), en razón de que el valor P (0.0027) es menor a 0.05. Por otro lado, la prueba de Tukey manifiesta que las truchas juveniles hembras presentaron la mayor media (25.61 g/l) de proteína total sérica, en comparación con los individuos machos (15.33 g/l), tal como se observa en la Tabla 11 (Anexos).

En la presente investigación, los valores de proteína total sérica fueron de 25.61 g/l en hembras y de 15.33 g/l en machos, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Herrera (2004), quien obtuvo en salmón del Atlántico cifras de 37.47 g/l y en trucha arco iris una media de 39.45 g/l, de similar forma Pérez (2005), encontró un valor de 50 g/l de proteína total en salmón Coho del atlántico, del mismo modo Cárdenas (2019), reportó el valor de 38.25 g/l de proteína total en trucha silvestre ecuatoriana (*Oncorhynchus mykiss*), al igual que Gonzales et al. (2020), en su estudio registró el valor de 34.4 g/l de proteína total en *Astronotus ocellatus*,



Los valores séricos de proteína total en juveniles de trucha arco iris, variaron según el sexo, indicando ciertos desbalances fisiológicos en los peces, lo cual es corroborado por González et al. (2020), quienes afirman que la bioquímica sérica de los peces representa problemas de estrés, desequilibrios nutricionales y enfermedades infecciosas, dependiendo de la edad, la especie y su fisiología. Enayat et al. (2020), agregan que sufren estrés crónico, variando según el tiempo, por lo que es importante estandarizar los valores bioquímicos referenciales en los peces, para prevenir alteraciones fisiológicas. Por otro lado, Canham et al. (2021), confirma que los factores exógenos entre ellos la manipulación de los peces, las enfermedades y el estrés ocasionan alteraciones en la composición sanguínea, especialmente de la glucosa, el colesterol y el cortisol.

Las hembras juveniles de trucha arco iris presentaron mayores valores de proteína total sérica que los machos, esto se debería a que las hembras requieren de mayor nutrición con proteínas para desarrollar mejor sus funciones metabólicas, destinadas en el futuro a la reproducción, lo cual es corroborado por Gracia (2003), quien menciona que las proteínas son fuentes importantes de energía necesario para su metabolismo, especialmente en peces carnívoros como las truchas, la cual es variable según la edad, fases de vida y la temperatura ambiental.

Las truchas juveniles hembras son las comerciales, por tanto, debe de poseer un desarrollo corporal para la vista de los compradores en los mercados, donde la ganancia de peso se realiza gracias al consumo de una dieta alta en proteínas de origen animal debido a que poseen un buen contenido de aminoácidos y minerales, que será aprovechada para la síntesis de nutrientes y el crecimiento de los peces, en tal sentido, no se recomienda la alimentación con dietas frescas como es el ispi, viseras de vacunos entre otros. A pesar de ello el consumo de proteína en peces debe de ser de manera óptima,

para su máxima asimilación, mitigando la excreción de nitrógeno amoniacal, siendo nocivo para el medio acuático donde se encuentra el animal, por lo que es necesario una adecuada siembra de los peces en los estanques (Torres, 2013).

#### 4.1.2 Colesterol sérico según sexo en juveniles de trucha arco iris

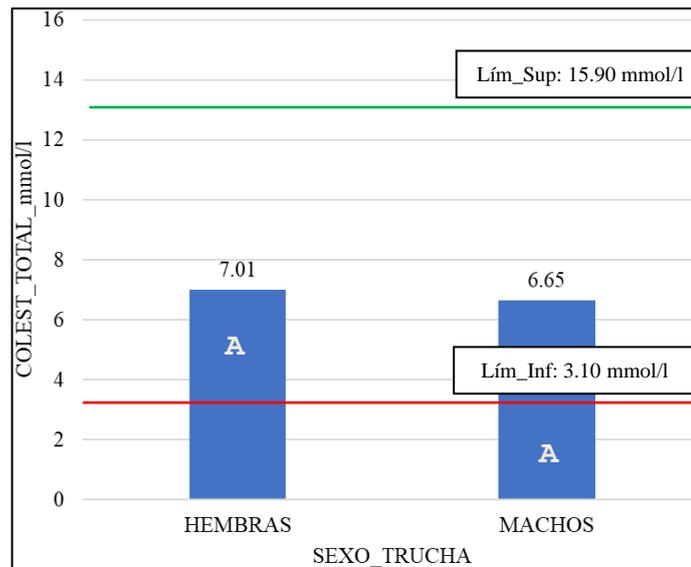
**Tabla 6.** Análisis descriptivo de los valores colesterol sérico (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris.

Sexo	N	Media (mmol/l)	CV (%)	Valor	
				Mínimo	Máximo
Hembras	21	7.01	17.11	4.21	9.92
Machos	9	6.65	6.79	5.92	7.16

Rango referencial: 3.10 – 15.90 mmol/l (Rozas, 2020).

En la Tabla 6 se presentan los valores de colesterol sérico en juveniles de trucha, con medias de 7.01 mmol/l en individuos hembras, variando entre 4.21 mmol/l y 9.92 mmol/l, un coeficiente de variación del 17.11 % indicando una dispersión leve de los datos respecto a su media; mientras tanto, en los individuos machos la media fue de 6.65 mmol/l con valores entre 5.92 mmol/l y 7.16 mmol/l, con un coeficiente de variación del 6.79 % evidenciando una dispersión baja de los datos respecto a su media. Los valores de colesterol sérico en hembras y machos juveniles estuvieron dentro de los rangos referenciales (3.10 – 15.90 mmol/l), tal como se presenta en la Figura 4.

Después de realizar la prueba de T de Student, los valores de colesterol sérico no presentaron diferencia estadística significativa ( $F=0.74$ ;  $gl=1$ ;  $P=0.3983$ ), en razón de que el valor P (0.3983) es mayor a 0.05 (Tabla 12 - Anexos).



**Figura 3.** Valores de colesterol sérico en juveniles de trucha arco iris según sexo (Tukey  $P < 0.05$ )

Referente a los valores de colesterol en trucha arco iris, las medias fueron de 7.01 mmol/l en hembras y de 6.65 mmol/l en machos, estos resultados fueron inferiores a los reportados por Herrera (2004), con valores de 13.09 mmol/l en el salmón del Atlántico y 14.39 mmol/l en trucha arco iris, del mismo modo Pérez (2005), evidenció valores de 13.4 mmol/l en el salmón Coho y 11.80 mmol/l en salmón del Atlántico, sin embargo en otros estudios reportados se mencionan valores más altos de colesterol, como Gonzales et al. (2016), donde reportaron una media de 27.2 mmol/l en el paiche (*Arapaima gigas*), así mismo González et al. (2020), mostraron un valor de 65.68 mmol/l en *Astronotus ocellatus* y finalmente Pallo (2021), evidenció una media de 36.14 mmol/l en el dica (*Pseudocurimata boulengeri*).

Los valores de colesterol sérico en hembras y machos se encontraron dentro de los rangos referenciales, indicando que las truchas arco iris evaluadas no tuvieron alteraciones metabólicas respecto al colesterol. Por otra parte, en las hembras la media de colesterol fue de 7.01 mmol/l, mayor que los machos, estudio confirmado por Méndez et

al. (2022), quienes mencionan que, entre sexos no se observaron diferencias significativas para el colesterol, pero los resultados fueron numéricamente superiores en las hembras.

El colesterol sérico tanto en hembras y machos juveniles, se deben mantener mediante una dieta balanceada en grasas, tal como lo afirman Satheeshkumar et al. (2011), que el aumento de los valores del colesterol en peces indica que hay una alta proporción de grasas en la composición química de los alimentos ingeridos, referente a su necesidad nutricional, funciones digestivas y niveles metabólicos. Así mismo Francesco et al. (2012), sugiere que es importante conocer los factores intrínsecos y extrínsecos de las variaciones metabólicas que son responsables de los cambios fisiológicos y patológicos en los peces.

#### 4.1.3 Glucosa sérica según sexo en juveniles de trucha arco iris

**Tabla 7.** Análisis descriptivo de los valores de glucosa sérica (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris.

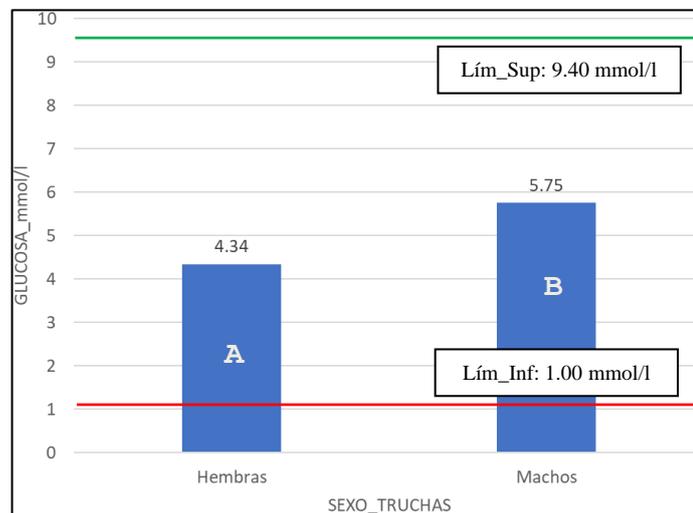
Sexo	N	Media (mmol/l)	CV	Valor	
				Mínimo	Máximo
Hembras	21	4.34	29.04	2.29	7.09
Machos	9	5.75	11.75	4.70	6.72

Rango referencial: 1.00 – 9.40 mmol/l (Rozas, 2020).

En la Tabla 7 se muestran los valores de glucosa sérica en juveniles de trucha arco iris, presentando medias de 4.34 mmol/l en individuos hembras, con valores que fluctuaron entre 2.29 mmol/l y 7.09 mmol/l, con un coeficiente de variación del 29.04 % demostrando una dispersión leve de datos respecto a su media; mientras tanto que, en individuos machos la media fue de 5.75 mmol/l, oscilando entre 4.70 mmol/l y 6.72 mmol/l, con un coeficiente de variación del 11.75 %, mostrando una dispersión baja de los datos con relación a su media. Los valores de glucosa sérica en hembras y machos

juveniles se encuentran dentro de los rangos referenciales (1.00 – 9.40 mmol/l), tal como se visualiza en la Figura 4.

Luego de hacer la prueba de T de Student, los valores de glucosa sérica presentaron diferencia estadística significativa ( $F=9.81$ ;  $gl=1$ ;  $P=0.0040$ ) entre sexos, en razón de que el valor P fue menor a 0.05 (Tabla 13 - Anexos). En tanto que la prueba de Tukey indica que las truchas juveniles machos presentaron la mayor media (5.75 mmol/l) de glucosa sérica, en comparación con las truchas juveniles hembras donde fue menor (6.65 mmol/l).



**Figura 4.** Valores de glucosa total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexos (Tukey  $P<0.05$ )

En cuanto a los valores de glucosa total sérica en hembras juveniles, el valor de la media fue de 4.34 mmol/l y en individuos machos de 5.75 mmol/l, resultados que fueron similares a los mencionados por Cárdenas (2019) quien registró una media de 4.38 mmol/l en trucha silvestre ecuatoriana (*Oncorhynchus mykiss*). En contraste, Pérez (2005) obtuvo valores de 6.7 mmol/l en salmón del Atlántico y 9.9 mmol/l para salmón Coho, siendo superiores a los resultados obtenidos. Por otra parte, Huanca (2017), muestra que el valor de la glucosa en truchas arco iris fue de 6.25 mmol/l, por lo que se infiere que está dentro



de los valores encontrados. No obstante, otros autores reportaron valores de glucosa sérica inferiores en otras especies, tal es el caso de González et al. (2016), quienes evidenciaron una media de glucosa de 0.17 mmol/l en paiche *Arapaima gigas* y Minaya (2018) registró los valores con medias de 4.19 mmol/l en gamitana (*Colossoma macropomum*).

En la investigación se determinó que los individuos machos juveniles de trucha arco iris, fueron los que presentaron mayores valores de glucosa sérica, a diferencia de las hembras, dichas variaciones se debe a factores inter o intraespecíficas, como la variación genética, los hábitos alimenticios, la edad de maduración gonadal, el padecimiento de estrés, el clima y el hábitat; de forma específica los valores altos de glucosa vienen relacionados exclusivamente con el estado nutricional, la temperatura ambiental donde habitan los peces y la dieta, que posteriormente traería consecuencias como la disminución en el crecimiento de los peces, el incremento de glucógeno hepático y frecuentemente causar la muerte (Ahmadniaye et al., 2020). Las truchas juveniles hembras presentaron los menores valores de glucosa sérica, que conjuntamente con una disminución de cortisol y colesterol, indicarían que los peces estarían sufriendo de estrés hipóxico, por lo que sería un indicador del estado fisiológico animal (Vargas, 2019).

Las truchas evaluadas en el presente trabajo de investigación, habitan en el Lago Titicaca, donde sus aguas son frías con temperaturas entre 10 °C a 13 °C, por lo que requiere de energía para el mantenimiento de su fisiología normal, siendo mayor en machos que en hembras. Esto se debe a que la glucosa, es la fuente principal del requerimiento energético en su hábitat, en especial en ambientes contaminados con residuos nitrogenados, amoníaco, entre otros compuestos químicos, probablemente presentes en jaulas flotantes del centro poblado de Ojherani, que actualmente vendrían afectando los valores de glucosa sérica en truchas arco iris en estadíos iniciales, y el



proceso gluconeogénico sería en mayor actividad necesario para el sistema nervioso central y los glóbulos rojos que requieren de manera continua dicho azúcar (Tintos et al., 2006).

Luego de realizar la interpretación de los resultados, se acepta la hipótesis planteada, que afirma que los valores serológicos de proteína total y glucosa en juveniles de trucha arco iris de peso y talla normal cultivados en jaulas flotantes varía según el sexo, excepto en los valores de colesterol, donde tanto hembras y machos juveniles presentaron los mismos valores.

De todo lo analizado en los resultados obtenidos se determinó que los parámetros de proteína total sérica y glucosa fueron diferente estadísticamente entre los sexos, donde la proteína total fue mayor en hembras y la glucosa mayor en machos, esto se debería a las diferencias fisiológicas entre individuos de diferentes sexos, asimismo que habitaban ambientes acuáticos hipóxicos, originando estrés en los peces, que conllevarían a sufrir de enfermedades a causa de agentes infecciosos.

## **4.2 VALORES SEROLÓGICOS DE PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN LONGITUDES**

### **4.2.1 Proteína total sérica según longitudes en juveniles de trucha arco iris**

En la Tabla 8 se observan los valores de proteína total sérica en truchas juveniles hembras según longitudes con 25.20 g/l, 26.25 g/l y 25.75 g/l en cabeceras, medias y colas, respectivamente, con valores que variaron entre 13.40 g/l, 36.47 g/l y un coeficiente de variación de 37.65% en cabeceras, 35.74 % en medias y 40.23 % en colas, indicando una dispersión moderada; mientras tanto, en machos juveniles, las cabeceras, medias y

colas presentaron valores de 14.62 g/l, 15.81 g/l y 16.85 g/l, respectivamente, con cifras que oscilaron entre 13.11 a 19.66 g/l, con coeficientes de variación de 3.68 % para cabeceras, 14.08 % para medias y 0.00 % para colas, indicando dispersiones bajas. Los valores de proteína total sérica en hembras juveniles superan los rangos referenciales y en los machos se encuentra por debajo (22.00 g/l – 24.30 g/l).

**Tabla 8.** Análisis descriptivo de los valores de proteína total sérica (g/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.

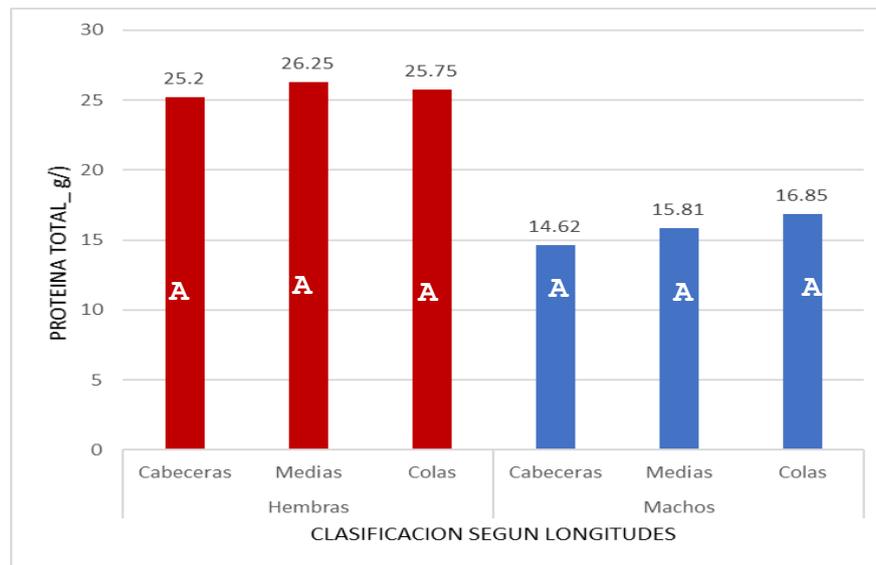
Sexo	Clasificación	n	Media (g/l)	CV (%)	Valor	
					Mínimo	Máximo
Hembras	Cabeceras	6	25.20	37.65	13.40	36.47
	Medias	5	26.25	35.74	13.32	36.00
	Colas	10	25.75	40.23	13.44	36.05
Machos	Cabeceras	1	14.62	3.68	14.24	15.00
	Medias	6	15.81	14.08	13.11	19.66
	Colas	2	16.85	0.00	16.85	16.85

Rango referencial: 22.00 – 24.3 g/l (Rozas, 2020).

Después de realizar la prueba de T de Student, los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según las longitudes, no presentaron diferencia estadística significativa en hembras ( $F=0.02$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.9799$ ), tal como se visualiza en la Tabla 14 (Anexos) y en individuos machos ( $F=0.44$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.6605$ ), como se observa en la Tabla 15, en razón de que los valores de  $P=0.9799$  y  $P=0.6605$ , respectivamente, fueron mayores a 0.05 (Figura 5).

Estudios llevados a cabo por Svobodová et al. (1998), demostraron que los valores de proteína en sangre de *Silurus glanis* aumentaba conforme la disponibilidad de alimento era más alta, lo que indicaría que las truchas de la localidad de Ojherani vendrían siendo mal alimentadas y muchas veces inducidas al ayuno en los peces, para la ganancia de peso

y talla. Asimismo, Bicudo et al. (2009) reportaron un aumento en los valores de proteína y disminución de la glucosa conforme se aumentaba la proteína en la dieta de alevines de paco, resultados similares a los observados en el cultivo en condiciones seminaturales del presente estudio.



**Figura 5.** Valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según longitudes (Tukey  $P < 0.05$ )

Los valores de proteína total en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes, superan los rangos referenciales y en los individuos machos se encuentran por debajo de lo normal, por lo tanto se infiere que las variaciones fisiológicas se encuentran relacionados con las características sexuales y sus adaptaciones, ya que las hembras tienen un mejor comportamiento en su ambiente acuático y dependen de las condiciones en que se encuentran los peces, tal como menciona Bastardo et al. (2004), por otro lado, el suplemento con microalgas en la dieta, puede incrementar el contenido de proteínas en sangre (Ponce, 2021).

En la investigación, los valores obtenidos tanto en machos y hembras juveniles de trucha arco iris no presentaron diferencia estadística significativa según longitudes, pero

en hembras el contenido de proteínas fue superior a los machos. Según Ponce (2021) indica que los parámetros bioquímicos evaluados en *Piaractus brachyomus* (paco) pueden incrementar debido a que realizan el consumo de microalgas como *Chlorella peruviana*, lo cual favorece el bienestar de los alevines de *Piaractus brachyomus*; los valores de proteína y colesterol incrementan o disminuyen a causa del consumo de *Clorella peruviana* al 7.5 % en la dieta.

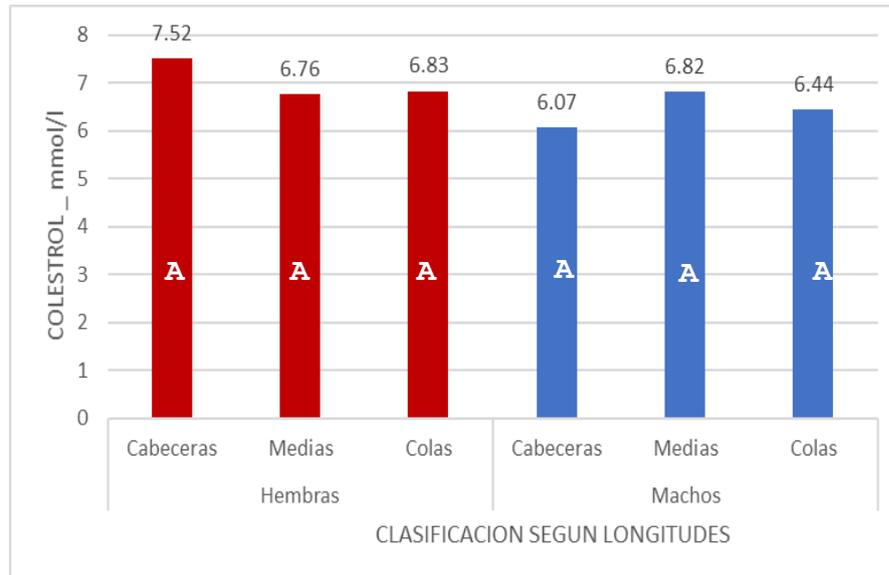
#### 4.2.2 Colesterol sérico según las longitudes en juveniles de trucha arco iris

**Tabla 9.** Análisis descriptivo de los valores de colesterol sérico (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.

Sexo	Clasificación	n	Media (mmol/l)	CV (%)	Valor	
					Mínimo	Máximo
Hembras	Cabeceras	6	7.52	16.44	6.32	9.92
	Medias	5	6.76	18.74	5.15	8.63
	Colas	10	6.83	17.29	4.21	8.34
Machos	Cabeceras	1	6.07	0.00	6.07	6.07
	Medias	6	6.82	4.61	6.32	7.16
	Colas	2	6.44	11.42	5.92	6.96
Rango referencial: 3.10 – 15.90 mmol/l (Rozas, 2020).						

En la Tabla 9 se estiman los valores de colesterol en juveniles de trucha según longitudes, presentando medias en hembras juveniles, cabeceras, medias y colas donde fueron 7.52 mmol/l, 6.76 mmol/l, 6.83 mmol/l respectivamente, con valores que fluctuaron entre 4.21 mmol/l y 9.92 mmol/l, con un coeficiente variación para cabeceras de 16.44 %, medias 18.74 % y colas 4.21 % indicando una dispersión baja para colas y leve para medias y cabeceras; mientras tanto en machos juveniles, las medias para cabeceras, medias y colas fueron 6.07 mmol/l, 6.82 mmol/l, 6.44 mmol/l

respectivamente, con valores que estuvieron entre 4.21 a 8.34 g/l, con un coeficiente variación para cabeceras de 0.00 %, medias 4.61 % y colas de 11.42 % presentando una dispersión baja. Los valores de colesterol sérico en hembras y machos juveniles se encontraron dentro de los rangos referenciales 3.10 – 15.90 mmol/l.



**Figura 6.** Valores de colesterol sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes (Tukey  $P < 0.05$ ).

Después de realizar la prueba de T de Student, los valores de colesterol en juveniles de truchas según longitudes, no presentaron diferencia estadística significativa, en hembras ( $F=0.74$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.4919$ ) como se muestra en la Tabla 16 (Anexos) y en individuos machos ( $F=1.72$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.2563$ ) como se presenta en la Tabla 17 (Anexos), en razón de que el valor  $P=0.4919$  y  $P=0.2563$  respectivamente, son mayores a 0.05, ver la Figura 6 .

Referente a los valores de colesterol en juveniles de trucha arco iris según longitudes, tanto los individuos machos y hembras tienen el mismo valor y se encuentran dentro de los rangos referenciales. Las diferencias fisiológicas entre los sexos están relacionadas con las características sexuales primarias, secundarias y de sus adaptaciones,

destinados al proceso reproductivo. Se considera que las diferencias en los parámetros sanguíneos de hembras y machos juveniles de trucha, se deben al alto metabolismo de estos últimos. Pedro et al. (2005), mencionan que las pruebas de química sanguínea son utilizadas para conocer la condición fisiológica de los peces, los cuales podrían verse afectados por las características nutricionales de la dieta y la calidad del agua.

#### 4.2.3 Glucosa sérica según longitudes en juveniles de trucha arco iris

**Tabla 10.** Análisis descriptivo de los valores de glucosa sérica (mmol/l) en juveniles de trucha arco iris según longitudes.

Sexo	Clasificación	n	Media (mmol/l)	CV (%)	Valor	
					Mínimo	Máximo
Hembras	Cabeceras	6	4.61	30.31	2.29	7.09
	Medias	5	3.97	39.17	3.66	5.32
	Colas	10	4.22	18.69	3.06	6.73
Machos	Cabeceras	1	6.13	6.46	5.85	6.41
	Medias	6	5.65	13.97	4.70	6.72
	Colas	2	5.57	0.00	5.57	5.57

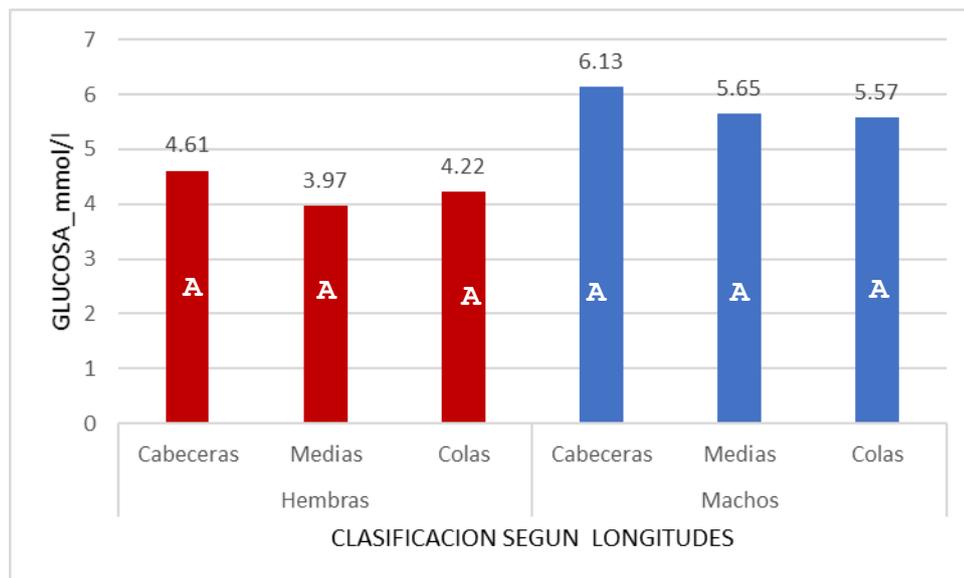
Rango referencial: 1.00 – 9.40 mmol/l (Rozas, 2020).

En la Tabla 10 se muestran los valores de glucosa sérica en juveniles de trucha con respecto a las longitudes, mostrando en hembras juveniles valores de 4.61mmol/l, 3.97 mmol/l, 4.22 mmol/l en cabeceras, medias y colas, respectivamente, con valores que se estimaron de 2.29 mmol/g a 7.09 mmol/g, y coeficientes de variación de 30.31 % para cabeceras, 39.17 % en medias y 18.69 % en colas, indicando una dispersión leve en colas y moderada en medias y cabeceras.

Mientras tanto en machos juveniles, los valores de glucosa sérica fueron de 6.13 mmol/l, 5.65 mmol/l, 5.57 mmol/l, en cabeceras, medias y colas, respectivamente, con valores que estuvieron entre 4.70 a 6.72 mmol/l, con coeficientes de variación de 6.46 %

en cabeceras, 13.97 % en medias y 5.57 en colas, manifestando una dispersión baja. Los valores de glucosa sérica en hembras y machos juveniles de trucha estuvieron dentro de los rangos referenciales (1.00 mmol/l – 9.40 mmol/l).

Posterior a la realización de la prueba de T de Student, los valores de glucosa sérica en juveniles de trucha según longitudes no presentaron diferencia estadística significativa en hembras ( $F= 0.45$ ;  $gl=2$ ;  $P= 0.6459$ ) como se muestra en la Tabla 18 (Anexos) y en machos ( $F=0.35$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.7184$ ) tal como se visualiza en la Tabla 19 (Anexos), en razón de que los valores P son mayores a 0.05, como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Valores de glucosa sérica en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes (Tukey  $P<0.05$ ).

Los valores de glucosa en truchas juveniles arco iris está incrementada en el grupo de cabeceras machos, lo cual concuerda con lo mencionado por Ponce (2021), quién afirma que el incremento de los valores de glucosa en suero sanguíneo se debe al estrés que sufren los peces al momento de extraer la muestra sanguínea.



Las variables bioquímicas sanguíneas, puede variar según las causas inter o intraespecíficos, entre ellas se cita la variación genética, hábito alimenticio, edad, maduración gonadal, estrés, hábitat y el clima. Entre ellos los niveles glucosa está muy relacionada con su estado nutricional, la temperatura del ambiente acuático y la dieta que reciben los peces (Ahmadniaye et al., 2020).

Se considera que las diferencias en los parámetros sanguíneos, entre hembras y machos de truchas, se deben al alto metabolismo que requieren estos últimos (Bastardo et al., 2004). En el presente estudio tanto la proteína total, el colesterol y la glucosa en ambos sexos y según las longitudes (cabeceras, medias y colas), no presentaron diferencia estadística, pero en la gran mayoría de estudios revisados, la glucosa en los peces machos presenta niveles ligeramente superiores a las hembras. Asimismo, se afirma que los factores como la edad, hábitat, sexo, alimentación y las migraciones de los peces tienen incidencia sobre la fisiología, pudiendo afectar la respuesta inmune y la tasa de crecimiento (Morante et al., 2018).

Los resultados analizados bioestadísticamente, nos ayuda a afirmar que se rechaza la hipótesis planteada, que indicaba que los valores serológicos de proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris cultivados en jaulas flotantes, varían según las longitudes (cabeceras, medias y colas), en razón de que los tres parámetros evaluados no tuvieron diferencia estadística significativa.

Luego de realizar la interpretación de los datos obtenidos respecto a los parámetros bioquímicos proteína total, colesterol y glucosa en juveniles de trucha arco iris divididos según las longitudes, estos no presentaron diferencia estadística entre cabeceras, medias y colas, sólo los valores de proteína total séricas en hembras juveniles, fueron las que superaron los valores referenciales, esto debido probablemente a la



necesidad de generar tejido muscular, razón por la cual son más comerciales que los machos, y éstos presentaron mayor cantidad de glucosa lo que significa que tendrían una mayor actividad metabólica que las hembras.



## V. CONCLUSIONES

- Los valores serológicos en truchas juveniles hembras fueron 25.61 g/l de proteína total, 7.01 mmol/l de colesterol y 4.34 mmol/l de glucosa; en machos fueron 15.33 g/l de proteína total, 6.65 mmol/l de colesterol y 5.75 mmol/l de glucosa, donde los valores de proteína total sérica en hembras resultaron sobre los rangos referenciales para truchas juveniles.
- Los valores serológicos de proteína total en truchas juveniles hembras y machos fueron de 25.20 g/l, 14.62 g/l en cabeceras, 26.25 g/l, 15.81 g/l en medias y 25.75 g/l, 16.85 g/l en colas, respectivamente; las cifras de colesterol fueron de 7.52 mmol/l, 6.07 mmol/l en cabeceras, 6.76 mmol/l, 6.82 mmol/l en medias y 6.83 mmol/l, 6.44 mmol/l en colas, respectivamente; los valores de glucosa sérica fueron de 4.61 mmol/l, 6.13 mmol/l en cabeceras, 3.97 mmol/l, 5.65 mmol/l en medias y 4.22 mmol/l, 5.57 mmol/l en colas, respectivamente, donde las hembras juveniles presentaron cifras de proteína total por encima de los rangos referenciales y los machos resultaron por debajo de dichos rangos.



## VI. RECOMENDACIONES

- A los profesionales y egresados en Ciencias Biológicas realizar estudios sobre los parámetros fisicoquímicos como el pH, temperatura y salinidad en jaulas flotantes de truchas arco iris del lago Titicaca, y relacionarlos con los parámetros bioquímicos evaluados en la presente investigación (proteína total, colesterol y glucosa).
- A los profesionales y egresados en Ciencias Biológicas, realizar estudios experimentales comparativos de los niveles serológicos de proteína total en truchas nutridas con alimentos balanceados como Nicovita, Aquatech entre otros y alimentos naturales como el zooplancton.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaye, N. y Morales, J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán. México. Hidrobiológica. Vol. 23: 340-347.
- Arthanari, M. y Dhanapalan, S. (2016). Assessment of the haematological and serum biochemical parameters of three commercially important freshwater fishes in river Cauvery Velur, Namakkal district, Tamil Nadu, India. Int J Fish Aquat Stud. Vol. 4: 155-159.
- Atencio, V. (2000). Impactos de la hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. Rev. Temas Agrarios. Vol. 5 (9): 29-40.
- Bastardo, A. y Díaz, R. (2004). Parámetros hematológicos de la paragua, *Chaetodipterus faber* (Broussonet) (Pices: Ehippidae), en condiciones de cultivo. Zootecnia Trop. Vol. 22 (4): 361-370.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692004000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692004000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Betsy, A., Fidel, A., Sergio, L. y Responsable, A. (2017). Diagnóstico y tratamiento de la diabetes mellitus en perros. Abanico Vet. Vol. 7(1): 2448–6132.  
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.71.6>.
- Bhat, A. (2017). Study of possible seasonal effects on blood parameters of a local fish ‘*Schizothorax niger*’ in Kashmir valley. Int J Zoology Studies. Vol. 2: 90-92.
- Bruno, D. (1986). Changes in serum parameters of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Richardson and atlantic salmon *Salmo salar* Infected with *Renibacterium salmoninarum*. J. of Fish Dis. Vol. 9: 205-211.



- Buenaño, M. (2010). Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. Boletín Técnico 9, Serie Zoológica 6: 1-14.  
<file:///C:/Users/Dr.%20PAURO/Desktop/1426-5000-1-PB.pdf>
- Bureau, D. y Cho, C. (1999). Nutrition and feeding of fish. OMNR Fish Culture Course, University of Guelph, Guelph, Ontario, 21-25 June. World Aquaculture 2010. Roma 120 p.
- Cáceres, G. (2018). Caracterización del perfil bioquímico del salmón de Atlántico “*Salmo salar*” sanos, y serovariación ante desafío con virus isa y *Piscirickettsia salmonis*. Tesis de Magíster en Ciencias Animales y Veterinarias. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago – Chile. 60 p.  
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250>
- Cárdenas, C. (2019). Caracterización del perfil hematológico y bioquímico de la trucha silvestre ecuatoriana en la provincia de Cotopaxi. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales “Caren”, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga – Ecuador. 60 p.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5889/6/PC-000561.pdf>.
- Casal, J. y Mateu E. (2003). Tipos de muestreo. Rev. Epidem. Med. Prev. Vol. 1: 3-7.  
<https://docplayer.es/134707-Tipos-de-muestreo-jordi-casal-1-enric-mateu-resumen.html>
- Castro, K. (2021). Uso de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas y su efecto en la calidad de la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Hcda. El Prado. Tesis de Ing. Agropecuario. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. 111 p. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26765/1/T-IASA%20I-004405.pdf>.



- Cengizler, I., Küçükgül, A. y Sas, G. (2017). Seasonal changes in some hematological parameters in association with acted in oxygen transport in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L). Eastern Anatolian J Sci. Vol. 3: 6-13.
- Centeno, L., Silva, R., Barrios, R., Salazar, R., Matute, C. y Pérez, J. (2007). Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. Zootecnia Tropical. Vol. 4: 237-243.
- CENTER, S. (1989). Pathophysiology and laboratory diagnosis of the liver disease, en textbook of Veterinary Internal Medicine, S. J. Ettinguer, W. B. Saunders, Filadelfia, 3. a ed. 1241 – 1478.
- Cerdá, J., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J. y de la Higuera, M. (1995). Influence of nutritional composition of diet on sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., reproductive performance and egg larval quality. Acuaculture. Vol. 128:345-361.
- Clements, K. y Raubenheimer, D. (2006). Feeding and Nutrition. En: D. H. Evans and J. Claiborne. The Physiology of Fishes. 3er Ed. CRC Press. Boca Raton, Florida. 47-82.
- Crespo, C. (2018). Evaluación de buclizima en la estimulación del apetito en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. Tesis de Ing. Agropecuario. Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de la Fuerzas Armadas. Sangolquí. Ecuador.
- Dal'Bó, G., García, S., Losekann, M., de Queiroz, J., Barreto, L., Gyárfas, W., et al. (2015). Hematological and morphometric blood value of four cultured species of economically important tropical foodfish. Neotrop Ichthyol. Vol. 13: 439-446.  
[Doi: 10.1590/1982-0224-20140115](https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140115).



- Davison, M. y Lumsden, J. (2000). Manual de patología clínica de pequeños animales. Ed. Española. Harcourt, S.A. Barcelona, España.
- de Pedro, N., Guijarro, A., López, M., Martínez, R. y Delgado, M. (2005). Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. Aquac Res. Vol. 36: 1185-1196. [Doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.-01338.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.-01338.x).
- De Pedro, N., Guijarro, A., López, M., Martínez, R. y Delgado M. (2004). Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. Aquaculture Research. Vol. 36, 1185-1196.
- FAO. (2023). *Oncorhynchus mykiss*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Cowx, I. G. División de Pesca y Acuicultura [en línea]. Roma. Fecha de revisión 13 diciembre 2023. [https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/oncorhynchus\\_mykiss\\_es/es](https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/oncorhynchus_mykiss_es/es)
- Francesco, F., Satheeshkumar, P., Kumar, D., Caterina, F. y Piccione, G. (2012). A comparative study of hematological and blood chemistry of Indian and Italian Grey Mullet (*Mugil cephalus* Linnaeus 1758). HOAJ Biology. Vol. 1: 1-5. [Doi: 10.7243/2050-0874-1-5](https://doi.org/10.7243/2050-0874-1-5).
- García, P. (2008). Determinación bioquímica en plasma de la condición nutricional en reproductores de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) bajo condiciones de cautiverio. Tesis de Maestro en Ciencias. Programa de Estudios de Posgrado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S. C. La Paz, Baja California Sur - México. 86 p. [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/286/1/garcia\\_p.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/286/1/garcia_p.pdf)



- García, A. (2008). Determinación bioquímica en plasma de la condición nutricional en reproductores de *Lutjanus peru* (nichols y murphy, 1922) bajo condiciones de cautiverio. CIBNOR. 70pp.
- Gonzáles, A., Huanuiri K., Vasquez J., Guerra F., Fernández Ch. (2020). Caracterización hematológica de *Astronotus ocellatus* (Cichliformes: Cichlidae): especie de importancia económica en la Amazonía peruana. Rev. Inv. Vet. Perú. Vol. 31 (2): 1–10. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n2/1609-9117-rivep-31-02-e17827.pdf>
- Gonzáles, A., Mejía, F., Huanuiri, K., Sánchez, I., Vásquez, J. y Fernández, Ch. (2016). Valores hematológicos y bioquímicos de juveniles de paiche *Arapaima gigas* en cultivo intensivo. Folia Amazónica. Vol. 25 (2): 137 – 144. Doi: <http://dx.doi.org/10.24841/FA.V2512.397>
- Guirado, J. (2022). Efecto de la temperatura de aclimatación en el crecimiento perfil sanguíneo y composición de ácidos grasos de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de Maestro en Ciencias en Acuicultura. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México. 60 p. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3729>.
- Gupta, K., Sachar, A. y Raina, S. (2013). Seasonal variations in haematological parameters of Golden Mahseer, *Tor putitora*. P Natl A Sci India B. Vol. 3: 1-6.
- Halver, J. (1972). Fish nutrición. Academic Prees. New York.
- Heming, T. y Paleczny J. (1987). Compositional changes in skin mucus and blood serum during starvation of trout. Acuaculture. Vol. 66: 265-273.
- Herrera, E. (2004). Perfil metabólico de salmón Atlántico *Salmo salar* y trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* de tres pisciculturas en fase de agua dulce en el sur de Chile. Tesis de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias,



Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile. 40 p.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fvh564p/doc/fvh564p.pdf>.

Huanca, E. (2017). Niveles de cortisol y glucosa como indicadores de estrés en “trucha arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), utilizando anestésicos en la laguna de Arapa. Tesis de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 68 p.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4664>

Jaramillo, F. (2019). Evaluación de cambios en bioquímica sanguínea presentados en caninos con tumores cutáneos sometidos a tratamiento en la ciudad de Machala. Trabajo de titulación. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala. Ecuador. 155 p.

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15062/1/DE00007\\_TRABAJO\\_DETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15062/1/DE00007_TRABAJO_DETITULACION.pdf).

Jerônimo, G., Pádua, S., Bampi, D., Gonçalves, E., García, P., Ishikawa, M. y Martins, M. (2014). Haematological and histopathological analysis in South American fish *Piaractus mesopotamicus* parasitized by monogenean (Dactylogyridae). *Braz J Biol* 74: 1000- 1006. doi: 10.1590/1519-6984.09513.

Landolt, M. (1989). The relationship between diet and the immune response off ish. *Aquaculture*. Vol. 79: 1932-06.

León, A., Marroquín S., Borbón J. y González J. (2016). Evaluación de efectos tóxicos del cianuro, capa de tiosulfato de sodio en tilapia (*Oreochromis sp.*). *Rev. Orinoquia*. Vol. 20 (2): 26-40.

<https://www.redalyc.org/pdf/896/89659214004.pdf>

Lozano, R. (2007). Aspectos preliminares del desarrollo ovocitario en rubio (*Salminus affinis*). Trabajo de grado. Montería (Colombia): Universidad de Córdoba.



- McKee, T. y McKee, J. (2003). Bioquímica: La base molecular de la vida. Tercera Edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid – España. 773 p.
- Meraj, M., Yousuf, A., Bhat, F., Ali, M., Ganai, B., Shahi, N., Habiba, B., et al. (2016). Hematological profiling of *Triplophysa marmorata* (Heckel 1838) from water bodies of Kashmir HimalayaA Perspective. J Fish Aquat Sci. Vol. 11: 296- 303  
[Doi: 10.3923/jfas.2016.296.303](https://doi.org/10.3923/jfas.2016.296.303).
- Minaya, A. (2018). Evaluación del perfil hematológico y bioquímico en gamitana (*Colossoma macropomum*) de la amazonía peruana. Tesis de Maestro en Sanidad Acuícola, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima - Perú. 74 p.  
[https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3608/Evaluacion\\_MinayaIba%C3%B1ez\\_Ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3608/Evaluacion_MinayaIba%C3%B1ez_Ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Montesinos, J. (2018). Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en centros de cultivo del Lago Titicaca. Tesis de Maestro en Sanidad Acuícola, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima – Perú. 106 p.
- Montgomery, W. y Galzi, R. (1993). Seasonality in gonads fat deposits and condition of tropical surgeon fishes (Teleostei: Acanthuridae). Mar. Biol. Vol. 115:529-536.
- Mora, J. (2017). Determinación de valores de referencia en hemograma y química sanguínea en caninos hembras en condiciones de altitud.
- Nussey, G., van Vuren, J. y du Preez, H. (1995). Effect of copper on the differential white blood cell counts of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Comp Biochem Physiol. Vol. 111: 381-388. [Doi: 10.1016/0742-8413\(95\)00064-X](https://doi.org/10.1016/0742-8413(95)00064-X).
- Olabuenaga, S. (2000). Sistema inmune en peces. Gayana (Concepc.) 64: 205-215. [Doi: 10.4067/S0717-653820000-00200010](https://doi.org/10.4067/S0717-653820000-00200010).



- Pallo, E. (2021). Aspectos biológicos y metabólicos en dica (*Pseudocurimata boulengeri*) de ecosistemas lóticos en la provincia de Los Ríos. Tesis de Ing. Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos – Ecuador. 118 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6153>.
- Pérez, J. (2005). Perfil metabólico de salmón coho *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) y salmón del atlántico *Salmo salar* (Linnaeus, 1758), en la fase terminal de su cultivo. Tesis de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile. 62 p.  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fcp438p/doc/fcp438p.pdf>
- Rand, J. y Fleeman, L. (2007). Diabetes mellitus canina: Estrategia Nutricional. Encicla Nutr Clínica Canina. 203–233.
- Roberts, R. (1981). Patología de los peces. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid.
- Sánchez, I., Mejía F., Huanuiri K., Vásquez J., Gonzales A., Fernández Ch. (2017). Respuesta hematológica y bioquímica en juveniles de paiche *Arapaima gigas* sometidos a diferentes concentraciones de amonio. Rev. Folia Amazónica. Vol. 26 (1): 51-58. Doi. <http://doi.org/10.24841/fa.f26i1.418>.
- Sanver, C. (2004). Blood Chemistry (Electrolytes, Lipoproteins and Enzymes) Values of Black Scorpion Fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) in the Dardanelles, Turkey. Journal of Biological Sciences. Vol. 4 (6):716-719.
- Sargent, J., Tocher, D. y Bell, J. (2002). The Lipids. En: J. E. Halver and R. W. Hardy. Fish Nutrition, Third Edition. San Diego, California: 181-257 pp.
- Satheeshkumar, P., Senthilkumar, D., Ananthan, G., Soundarapandian, P., Bhaseer y Khan, A. 2011. Measurement of hematological and biochemical studies on wild marine carnivorous fishes from Vellay estuary, southeast coast of India. Comp Clin Pathol. Vol. 20: 127-134. Doi: [10.1007/s00580-010-0966-9](https://doi.org/10.1007/s00580-010-0966-9).



Silveira, R., Martínez, M. y Ascencio, F. (2005). Características morfológicas e histoquímicas de las células de la sangre periférica de *Oreochromis aureus* S. Cichlidae. REDVET. VI. (10).

[www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html).

SNPA Chile – Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, UACH – Universidad Austral de Chile y PathoVet Laboratorio. (2018). Manual de patología clínica de peces salmónidos. Determinación de parámetros hematológicos, inmunológicos y mecanismos involucrados en las respuestas del hospedero a infecciones prevalente y co – infecciones.

<https://www.pathovet.cl/wpcontent/uploads/2018/07/Manual-de-Patologi%CC%81a-Cli%CC%81nica-de-Peces-Salmo%CC%81nidos.pdf>.

Spanopoulos, M. (2013). Evaluación de la condición nutricional y estado de salud en reproductores de *Mycteroperca rosacea* y su relación con la calidad de la progenie. Tesis de Maestro en Ciencias Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación Acuicultura). Programa de Estudios de Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Baja California Sur – México. 80 p.

[https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/133/1/spanopoulo\\_s\\_m.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/133/1/spanopoulo_s_m.pdf)

Tacon, A. y Cowey, C. (1985). Protein and aminoacid requeriments. In: Fish Energetics, New Perspectives. Tytler, P. and Calow, P. (eds) pp. 349. Croom Helm, London and Sydney.

Tandler, A., Harel, M., Koven, W. y Kolkovsky, S. (1995). Broodstock and larval nutrition in gilthead sea bream *Sparus aurata* new findings on its involvement in



- improving growth, survival and swim bladder inflation. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh*. Vol. 47:95-111.
- Valtek diagnósticos. (2016). Proteína total (Biuret) / Glucosa / Colesterol total. Reactivo líquido para la determinación fotométrica de proteína total en suero y plasma. Inserto. Santiago de Chile. 2 p.
- Vásquez, W., Hernández G., Gutiérrez M. y Yossa M. (2012). Efecto del nivel de proteína dietaria sobre el crecimiento y parámetros séricos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 25 (3): 450-461.
- Watanabe, W., T. Arakawa, C. Katajima y S. Fujita. (1984). Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*. Vol. 50:549-501.
- Wilhelm, D., Jensen, G., Kassner, G., Caprario, F., Luiz, A. y Ohira, M. (1992). Comparative hematology in marine fish. *Comp Biochem Phys A* 102: 311-321. 10.1016/0300-9629(92)90141-C.
- Wilson, R. (2002). Amino acids and proteins. En: J. E. Halver and R. Hardy. *Fish Nutrition Third Edition*. Academic Press. San Diego. 143-179.
- Young, C. (1996). *Nutrition and fish health*. University of Guelph. 204pp.

## ANEXOS



**Figura 8.** Transporte de truchas juveniles en recipientes de plástico debidamente aireados.



**Figura 9.** Truchas juveniles en acuarios del Laboratorio de Botánica y Biotecnología, previo a la extracción de muestras de sangre.



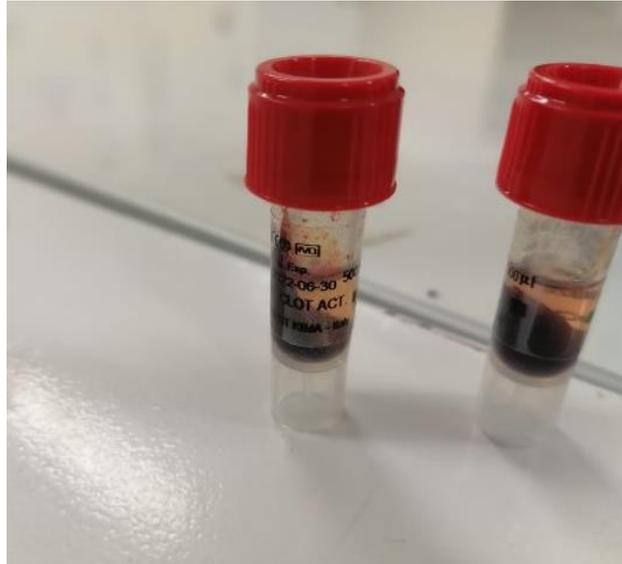
**Figura 10.** Recolección de muestra sanguínea en truchas juveniles.



**Figura 11.** Medida de longitud en truchas juveniles machos.



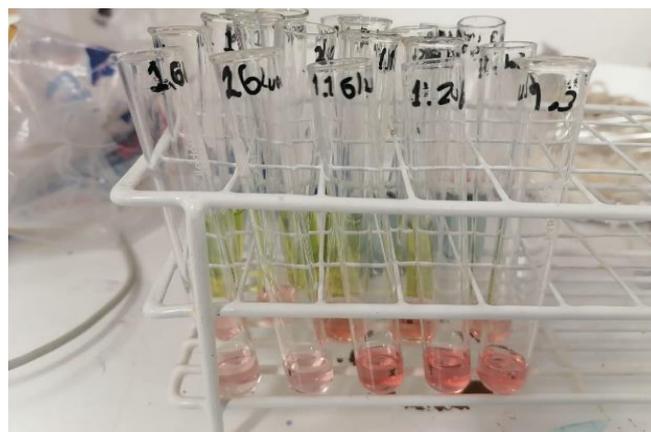
**Figura 12.** Medida de longitud en truchas juveniles hembras.



**Figura 13.** Sueros sanguíneos obtenidos a partir de la centrifugación.



**Figura 14.** Incubación en baño maría de las muestras serológicas.



**Figura 15.** Reacción del suero sanguíneo y los reactivos bioquímicos para la determinación de proteína total, colesterol y glucosa.

**Tabla 11.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexo.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROT TOTAL g/l	30	0,28	0,25	34,75

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	665,49	1	665,49	10,86	0,0027
SEXO_TRUCHA	665,49	1	665,49	10,86	0,0027
Error	1715,38	28	61,26		
Total	2380,86	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,38773**

Error: 61,2634 gl: 28

SEXO TRUCHA Medias	n	E.E.	
Machos	15,33	9	2,61 A
Hembras	25,61	21	1,71 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 12.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles de trucha arco iris según sexo.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COLEST TOTAL mmol/l	30	0,03	0,00	15,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,80	1	0,80	0,74	0,3983
SEXO_TRUCHA	0,80	1	0,80	0,74	0,3983
Error	30,39	28	1,09		
Total	31,19	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85019**

Error: 1,0853 gl: 28

SEXO TRUCHA Medias	n	E.E.	
Machos	6,65	9	0,35 A
Hembras	7,01	21	0,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 13.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérica en juveniles de trucha arco iris según sexo.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GLUCOSA mmol/l	30	0,26	0,23	23,62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,43	1	12,43	9,81	0,0040
SEXO_TRUCHA	12,43	1	12,43	9,81	0,0040
Error	35,48	28	1,27		
Total	47,90	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,91864**

Error: 1,2671 gl: 28

SEXO TRUCHA	Medias	n	E.E.
Hembras	4,34	21	0,25 A
Machos	5,75	9	0,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 14.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROT HEMBRAS g/l	21	2,3E-03	0,00	37,94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,84	2	1,92	0,02	0,9799
CLASIF_HEMBRAS	3,84	2	1,92	0,02	0,9799
Error	1698,73	18	94,37		
Total	1702,58	20			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,82905**

Error: 94,3740 gl: 18

CLASIF HEMBRAS	Medias	n	E.E.
Cabeceras	25,20	10	3,07 A
Colas	25,75	6	3,97 A
Medias	26,25	5	4,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 15.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de proteína total sérica en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROT MACHOS g/l	9	0,13	0,00	13,05

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,72	2	1,86	0,44	0,6605
CLASIF_MACHOS	3,72	2	1,86	0,44	0,6605
Error	25,07	6	4,18		
Total	28,79	8			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,61110**

Error: 4,1783 gl: 6

CLASIF MACHOS	Medias	n	E.E.
Cabeceras	14,62	2	1,45 A
Medias	15,81	6	0,83 A
Colas	16,85	1	2,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 16.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COLEST HEMBRAS mmol/l	21	0,08	0,00	17,34

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,18	2	1,09	0,74	0,4919
CLASIF_HEMBRAS	2,18	2	1,09	0,74	0,4919
Error	26,58	18	1,48		
Total	28,76	20			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,72978**

Error: 1,4765 gl: 18

CLASIF HEMBRAS	Medias	n	E.E.
Medias	6,76	5	0,54 A
Cabeceras	6,83	10	0,38 A
Colas	7,52	6	0,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 17.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de colesterol sérico en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COLEST MACHOS mmol/l	9	0,36	0,15	6,25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,59	2	0,30	1,72	0,2563
CLASIF_MACHOS	0,59	2	0,30	1,72	0,2563
Error	1,04	6	0,17		
Total	1,63	8			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,34360**

Error: 0,1726 gl: 6

CLASIF MACHOS	Medias	n	E.E.
Colas	6,07	1	0,42 A
Cabeceras	6,44	2	0,29 A
Medias	6,82	6	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 18.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérico en juveniles hembras de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GLUC HEMBRAS mmol/l	21	0,05	0,00	29,88

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,51	2	0,75	0,45	0,6459
CLASIF_HEMBRAS	1,51	2	0,75	0,45	0,6459
Error	30,32	18	1,68		
Total	31,83	20			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,84749**

Error: 1,6843 gl: 18

CLASIF HEMBRAS	Medias	n	E.E.
Medias	3,97	5	0,58 A
Colas	4,22	6	0,53 A
Cabeceras	4,61	10	0,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Tabla 19.** Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de glucosa total sérico en juveniles machos de trucha arco iris según longitudes.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GLUC MACHOS mmol/l	9	0,10	0,00	12,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

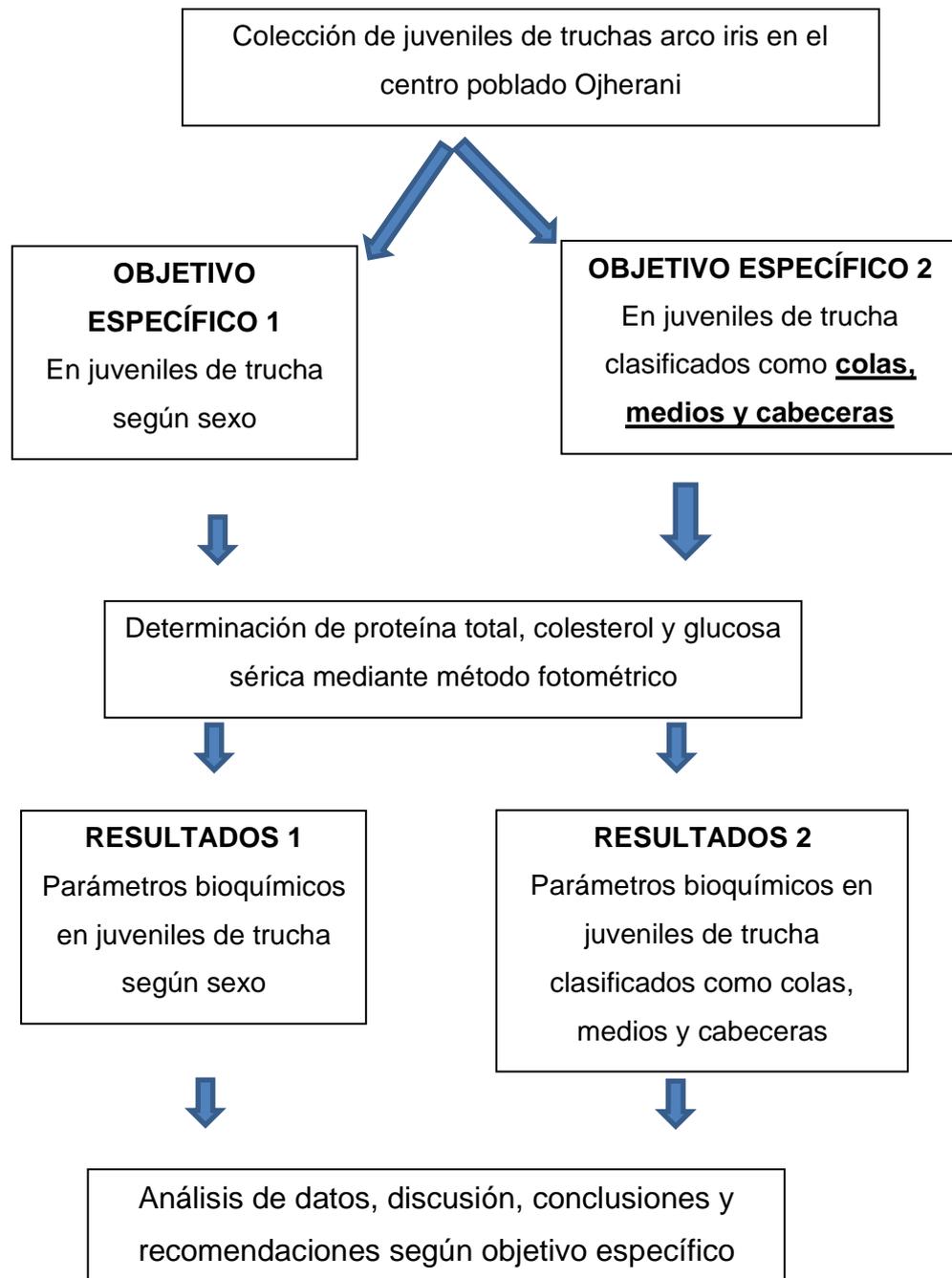
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	2	0,19	0,35	0,7184
CLASIF_MACHOS	0,38	2	0,19	0,35	0,7184
Error	3,27	6	0,55		
Total	3,65	8			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,38765**

Error: 0,5450 gl: 6

CLASIF MACHOS	Medias	n	E.E.
Colas	5,57	1	0,74 A
Medias	5,65	6	0,30 A
Cabeceras	6,13	2	0,52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Figura 16.** Flujograma del trabajo de investigación



*Universidad Nacional del Altiplano de Puno*

Facultad de Ciencias Biológicas  
Escuela Profesional de Biología  
Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico  
Laboratorio de Botánica y Biotecnología



**Registro: 017-2022**

## **CONSTANCIA**

EL QUE SUSCRIBE, **DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE BOTÁNICA Y BIOTECNOLOGÍA** DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

### **HACE CONSTAR:**

Que el (la) Bachiller **ALEXANDER YANA GUTIÉRREZ**, egresado (a) de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ha realizado la parte experimental de su trabajo de investigación (Tesis) titulado: **“PROTEÍNAS TOTALES, COLESTEROL TOTAL Y GLUCOSA SÉRICA EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM 1792) SEGÚN SEXO Y CLASIFICACIÓN DE PRODUCTIVIDAD CULTIVADOS EN JAULAS FLOTANTES EN EL CENTRO POBLADO OJHERANI, PUNO - 2021”**, en el laboratorio de Botánica y Biotecnología, del Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Escuela Profesional de Biología, entre los meses de julio a septiembre del año 2022.

Se le expide la presente Constancia a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 05 de octubre del 2022.

**JUAN JOSÉ PAURO ROQUE, Dr. Sc.**  
Responsable del Laboratorio de Botánica y Biotecnología  
FCCBB – UNA Puno

**Constancia de ejecución de tesis en el Laboratorio de Botánica y Biotecnología.**



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ALEXANDER YANA GUTIERREZ,  
identificado con DNI 73304078 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

BIOLOGIA,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ PROTEINA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA SERICA EN  
TRUCHA ARCO IRIS (Oncorhynchus mykiss WALBAUM 1792)  
SEGUN SEXO Y LONGITUD EN EL CENTRO POBIADO COTNERANI, PUNO-2021”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

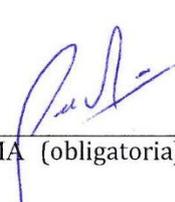
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de ENERO del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ALEXANDER YANA GUTIERREZ,  
identificado con DNI 73304078 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

BIOLOGIA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"PROTEÍNA TOTAL, COLESTEROL Y GLUCOSA SERICA EN TRUCHA ARCO IRIS  
(Oncorhynchus mykiss WALBAUM 1792) SEGUN SEXO Y LONGITUD EN EL  
CENTRO POBLADO OJHERANI, PUNO - 2021"

Es un tema original.

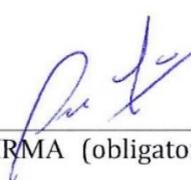
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de ENERO del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)



Huella