



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



**PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE
TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb) SEGÚN
SEXO, PESO Y LONGITUD ESTÁNDAR EN JAULAS
FLOTANTES DEL LAGO TITICACA - LOCALIDAD DE
OJHERANI, REGIÓN PUNO - 2021**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. VERÓNICA MERCEDES CUSI PINEDA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y
LABORATORIO CLÍNICO**

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb) SEGÚN SEXO, PESO Y LONGITUD ESTÁNDAR EN JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA - LOCALIDAD DE OJHERANI, REGIÓN PUNO - 2

AUTOR

VERÓNICA MERCEDES CUSI PINEDA

RECuento DE PALABRAS

22735 Words

RECuento DE CARACTERES

124193 Characters

RECuento DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.8MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 26, 2024 7:26 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 26, 2024 7:28 AM GMT-5

● 16% de similitud general

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

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% 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)



Firmado digitalmente por PAURO
ROQUE Juan Jose FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.04.2024 10:52:30 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, sabiduría y salud.

A mis padres por todo el apoyo sin límites.

A mi hermano por su cariño absoluto.

Verónica Mercedes Cusi Pineda



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano por ser pionera y líder de la región de Puno y haber sido parte de ella en mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas por ser mi segunda casa y haberme cobijado durante los 5 años.

A todos mis docentes por inculcarme y compartir sus brillantes conocimientos.

A mi asesor de tesis Dr. Juan José Pauro Roque por haberme brindado su capacidad y guiado en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis padres Joel y Vicentina que con su esfuerzo, dedicación, paciencia y comprensión hicieron que no decaiga hasta completar con mis objetivos.

A mi hermano Edgar que con su compañía supo ayudarme en todos los favores que requería.

Para concluir sin olvidarme a mi gran amiga Rosmery Judith por su amistad y apoyo emocional.

Verónica Mercedes Cusi Pineda



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
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.....	19
2.2.1 Parámetros hematológicos en peces.....	19
2.2.2 Parámetros hematológicos en trucha arco iris	24
2.2.3 Valores de referencia de los parámetros hematológicos en trucha arco iris	29
2.2.4 Fisiología de peces	29
2.2.5 Jaulas flotantes en el lago titicaca	31
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 ZONA DE ESTUDIO	33



3.2	DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.4	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS.....	35
3.5	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN EL PESO	41
3.6	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN LA LONGITUD ESTÁNDAR.....	43
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i> WALB.) SEGÚN SEXO.....	46
4.2	PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i> WALB.) SEGÚN EL PESO.....	64
4.3	PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i> WALB.) SEGÚN LA LONGITUD ESTÁNDAR.....	75
V.	CONCLUSIONES.....	87
VI.	RECOMENDACIONES	88
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
	ANEXOS.....	100

ÁREA: Ciencias Biomédicas

LÍNEA: Diagnóstico y Epidemiología

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de abril del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Zonas de recolección de muestras de peces, durante los meses de julio a setiembre del año 2022.....	33
Figura 2 Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μ l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.....	47
Figura 3 Promedios de recuentos de glóbulos blancos (cél/ μ l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.....	48
Figura 4 Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.	49
Figura 5 Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.	50
Figura 6 Promedios de porcentajes de monocitos (% , Tranf Raíz [X+0.5]) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.....	51
Figura 7 Promedios de porcentajes de eosinófilos (% , Tranf Raíz [X+0.5]) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.....	52
Figura 8 Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.	53
Figura 9 Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.	54
Figura 10 Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μ l) según peso en juveniles de trucha arco iris.....	65
Figura 11 Promedios de recuentos de glóbulos blancos (cél/ μ l) según peso en juveniles de trucha arco iris.....	66



Figura 12	Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.	67
Figura 13	Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.	68
Figura 14	Promedios de porcentajes de monocitos (% , Tranf Raíz [X+0.5]) según peso en juveniles de trucha arco iris.	69
Figura 15	Promedios de porcentajes de eosinófilos (% , Tranf Raíz [X+0.5]) según peso en juveniles de trucha arco iris.	70
Figura 16	Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según peso en juveniles de trucha arco iris.	71
Figura 17	Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.	72
Figura 18	Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μ l) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	76
Figura 19	Promedios de recuentos de glóbulos blancos (cél/ μ l) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	77
Figura 20	Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	78
Figura 21	Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	79
Figura 22	Promedios de porcentajes de monocitos (% , Trans Raíz [X+0.5]) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	80
Figura 23	Promedios de porcentajes de eosinófilos (% , Trans Raíz [X+0.5]) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	81



Figura 24	Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.....	82
Figura 25	Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.	83
Figura 26	Extracción de muestra sanguínea.	100
Figura 27	Tubos de recolección de muestra sanguínea.	100
Figura 28	Recuento de glóbulos rojos en cámara de Neubauer.....	100
Figura 29	Recuento de glóbulos blancos en cámara de Neubauer.....	101
Figura 30	Coloración con Tinción de Wright para frotis sanguíneo.	101
Figura 31	Lámina con tinción de Wright para diferenciación de tipos celulares.	101
Figura 32	Extendido de sangre periférica donde se observa: A linfocito, B eosinófilo, C monocito y D heterófilo.....	102
Figura 33	Determinación de hematocrito.	102
Figura 34	Espectrofotómetro para determinación cuantitativa de hemoglobina.....	102
Figura 35	Pesaje de los juveniles de trucha arco iris.	103
Figura 36	Medición de truchas arco iris para pruebas estadísticas.....	103



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valores referenciales de los parámetros hematológicos de la trucha arco iris.....	29
Tabla 2 Distribución del número de muestras por sexo de los juveniles de trucha arco iris recolectadas en la localidad de Ojherani.	35
Tabla 3 Clasificación de juveniles de trucha arco iris según peso.	42
Tabla 4 Clasificación de juveniles de trucha arco iris según longitud estándar determinada por cuartiles y número de peces.....	43
Tabla 5 Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según sexo.....	46
Tabla 6 Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según peso.....	64
Tabla 7 Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según longitudes estándar.	75
Tabla 8 Prueba T y de Tukey de los resultados de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según sexo.....	104
Tabla 9 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según peso.	104
Tabla 10 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según longitud estándar.	105



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

%:	porcentaje
μl:	microlitros
cél/μl:	células por microlitro
cm:	centímetros
et al.:	y colaboradores.
g:	gramos
g/dl:	gramos por decilitro
Hb:	hemoglobina
Hto:	hematocrito
INS:	Instituto Nacional de Salud
Kg:	kilogramo
mg:	miligramo
mg/dl:	miligramos por decilitro
mm:	milímetro
mm ³ :	milímetros cúbicos
P:	probabilidad
pg:	picogramos



RESUMEN

En la crianza de trucha arco iris en el Lago Titicaca se desconoce los valores hematológicos de los peces según sexo, peso y longitud estándar, siendo vital en el monitoreo, control sanitario y lograr la disminución de pérdidas en los piscicultores, al ser indicadores del estado de salud. El objetivo fue evaluar los recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) según sexo, peso y longitud estándar procedentes de la localidad de Ojherani, región Puno. El estudio fue descriptivo y observacional, se evaluaron 50 individuos, 35 hembras y 15 machos. Los métodos aplicados fueron: el recuento en cámara Neubauer, recuento diferencial en frotis, espectrofotométrico y microhematocrito (INS, 2005). Los resultados promedios en hembras y machos fueron: glóbulos rojos de 1.09×10^6 cél/ μl y 0.99×10^6 cél/ μl , glóbulos blancos de 25942.86 cél/ μl y 32980.00 cél/ μl , heterófilos de 72.34 % y 72.33 %, linfocitos de 29.06 % y 26.53 %, monocitos de 0.83 % y 0.80 %, eosinófilos de 0.86 % y 0.83 %, hemoglobina de 25.13 g/l y 26.25 g/l y hematocrito de 42.00 % y 44.00 %; según los pesos ≤ 78.10 g, 84.40 – 279.90 g y ≥ 282.00 g, se determinaron glóbulos rojos de 1.00×10^6 cél/ μl , 1.15×10^6 cél/ μl y 0.91×10^6 cél/ μl , glóbulos blancos de 28261.54 cél/ μl , 24996.00 cél/ μl y 24825.00 cél/ μl , heterófilos de 68.46 %, 73.72 % y 73.67 %, linfocitos de 32.92 %, 26.32 % y 27.42 %, monocitos de 0.90 %, 0.78 % y 0.82 %, eosinófilos de 0.92 %, 0.80 % y 0.87 %, hemoglobina de 22.41 g/l, 28.51 g/l y 22.43 g/l y hematocrito de 34.00 %, 48.00 % y 41.00 %; según las longitudes estándar ≤ 20 cm, 21-29 cm y ≥ 30 cm, se cuantificó glóbulos rojos de 1.01×10^6 cél/ μl , 1.13×10^6 cél/ μl y 1.06×10^6 cél/ μl , glóbulos blancos de 28261.54 cél/ μl , 24733.33 cél/ μl y 33976.92 cél/ μl , heterófilos de 68.46 %, 74.42 % y 72.38 %, linfocitos de 30.62 %, 25.21 % y 26.31 %, monocitos de 0.90 %, 0.79 % y 0.81 %, eosinófilos de 0.92 %, 0.81 % y 0.85 %, hemoglobina de 22.41 g/l, 27.99 g/l y 23.87 g/l y hematocrito de 33.69 %, 47.38 % y 42.77 %. Se concluye que los juveniles de trucha presentan elevados recuentos de glóbulos blancos, porcentajes de heterófilos y hematocrito; y bajos porcentajes de linfocitos y valores de hemoglobina, según los rangos de referencia en peces juveniles.

Palabras clave: Juveniles, Lago Titicaca, *Oncorhynchus mykiss*, Ojherani, valores hematológicos.



ABSTRACT

In the raising of rainbow trout in Lake Titicaca, the hematological values of the fish according to sex, weight and standard length are unknown, being vital in monitoring, sanitary control and achieving a reduction in losses in fish farmers, as they are indicators of the state of health. The objective was to evaluate the counts of red blood cells, white blood cells, blood count, hemoglobin and hematocrit in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) according to sex, weight and standard length from the town of Ojherani, Puno region. The study was descriptive and observational, 50 individuals were evaluated, 35 females and 15 males, standard weight and length. The methods applied were: Neubauer chamber count, differential smear count, spectrophotometric and microhematocrit (INS, 2005). The average results in females and males were: red blood cells 1.09×10^6 cells/ μl and 0.99×10^6 cells/ μl , white blood cells 25942.86 cell/ μl and 32980.00 cell/ μl , heterophils 72.34 % and 72.33 %, lymphocytes 29.06 % and 26.53 %, monocytes 0.83 % and 0.80 %, eosinophils 0.86 % and 0.83 %, hemoglobin 25.13 g/l and 26.25 g/l and hematocrit of 42.00 % and 44.00 %; according to the weights ≤ 78.10 g, 84.40 – 279.90 g and ≥ 282.00 g, red blood cells of 1.00×10^6 cells/ μl , 1.15×10^6 cells/ μl and 0.91×10^6 cells/ μl , white blood cells 28261.54 cell/ μl , 24996.00 cell/ μl and 24825.00 cell/ μl , heterophils 68.46 %, 73.72 % and 73.67 %, lymphocytes of 32.92 %, 26.32 % and 27.42 %, monocytes 0.90 %, 0.78 % and 0.82 %, eosinophils of 0.92 %, 0.80 % and 0.87 %, hemoglobin of 22.41 g/l, 28.51 g/l and 22.43 g/l and hematocrit of 34.00 %, 48.00 % and 41.00 %; according to the standard lengths ≤ 20 cm, 21-29 cm and ≥ 30 cm, red blood cells were quantified as 1.01×10^6 cells/ μl , 1.13×10^6 cells/ μl and $1.06 \mu\text{l}$, white blood cells 28261.54 cell/ μl , 24733.33 cell/ μl and 33976.92 cell/ μl , heterophils 68.46 %, 74.42 % and 72.38 %, lymphocytes of 30.62 %, 25.21 % and 26.31 %, monocytes of 0.90 %, 0.79 % and 0.81 %, eosinophils of 0.92 %, 0.81 % and 0.85 %, hemoglobin of 22.41 g/l, 27.99 g/l and 23.87 g/l and hematocrit of 33.69 %, 47.38 % and 42.77 %. It is concluded that juvenile trout have high white blood cell counts, percentages of heterophils and hematocrit; and low percentages of lymphocytes and hemoglobin values, according to the reference ranges in juvenile fish.

Key words: Hematological values, Juveniles, Lake Titicaca, *Oncorhynchus mykiss*, Ojherani.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en los últimos años tuvo una producción vertiginosa, llegando a producirse en la región Puno alrededor de 43,000 toneladas para el año 2016, que representa más del 80% de la producción nacional, a continuación, se encuentran Huancavelica, Junín, Cusco, Ayacucho, Lima, entre otros. En todo proceso productivo los peces están expuestos a muchos factores intrínsecos y extrínsecos que alteran la ganancia de peso, talla, la reproducción, el desove, entre otros aspectos fisiológicos (Atencio, 2000), lo que trae como consecuencia la falta de ganancia de peso y talla de los peces, demorando el tiempo de cosecha y muchas veces la mortandad inexplicable, ocasionando grandes pérdidas económicas a los productores de trucha, siendo este el principal problema, razón por la cual es necesario conocer los parámetros hematológicos que se relacionan a la sanidad, fisiología y su biología propiamente dicha, para avanzar en el desarrollo de tecnologías de producción en cautiverio, intentado su recuperación y cultivo (Lozano, 2007).

En la actualidad se observa que la producción de truchas, viene realizándose sin ningún control fisiológico, hematológico, ni bioquímico, desconociéndose los valores normales de los parámetros establecidos para trucha arco iris cultivados en el Lago Titicaca, por tanto en la investigación fueron evaluados según el sexo de los peces (hembras y machos), según pesos (≤ 78.10 g, $84.40 - 279.90$ g y ≥ 282.00 g) y según las longitudes estándar (≤ 20 cm, $21 - 29$ cm y ≥ 30 cm), quienes serían indicadores importantes en el diagnóstico de patologías, procesos infecciosos, probables causas de falta de ganancia de peso y talla, causales de mortandad, entre otros procesos, tal como sucede en los seres humanos, que al realizar las evaluaciones hematológicas se conoce el



estado fisiológico de cada persona.

Por su parte, Montesinos (2018) indica que en Puno los juveniles de trucha arco iris sufren la mayor mortandad estacional durante los meses de diciembre a marzo, entre el 10 % al 37 %, que podría ser controlada mediante un monitoreo y control sanitario que llevaría a una disminución de pérdidas en los piscicultores, entre ellos el monitoreo y control sanitario de la Ictiohematología (Centeno et al., 2007), estas mortandades serían influidos por la especie, el sexo, el estadio, el estrés, el fotoperiodo, la temperatura, el estado nutricional entre otros factores, donde un parámetro sanguíneo de los peces pueden indicar su estado fisiológico y debería ser empleado para controlar enfermedades infecciosas, efectos tóxicos, cambios anóxicos, desbalances nutricionales, cambios ambientales y otros factores estresantes que se observan durante el cultivo de peces (Silveira et al., 2005). Existiendo la necesidad de contar con valores de referencia normales de esta especie, que permitan determinar el perfil hematológico sexual en el estadio juvenil, que es la que se comercializa en mayor proporción (Buenaño, 2010).

Por todas estas consideraciones, la presente investigación se realizó para reportar los valores hematológicos de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hematocrito y hemoglobina, con la finalidad de relacionarlos con el sexo, el peso y la longitud estándar de individuos juveniles de trucha arco iris, que al compararlos con valores estandarizados en la bibliografía especializada, se afirmará si estarán o no en una buena condición fisiológica y de sanidad, de esta manera sugerir a los productores de truchas arco iris realizar frecuentemente los análisis hematológicos para determinar el estados fisiológicos y sanitario, descartando patologías e incrementando sus ingresos económicos.



Por tal razón esta investigación tuvo los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) según sexo, peso y longitud estándar en jaulas flotantes del Lago Titicaca - localidad de Ojherani, región Puno.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar parámetros hematológicos de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) según sexo, procedentes de jaulas ubicadas localidad de Ojherani, región Puno.
- Evaluar parámetros hematológicos de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) según el peso (≤ 78.10 g, $84.40 - 279.90$ g y ≥ 282.00 g), procedentes de jaulas ubicadas localidad de Ojherani, región Puno.
- Evaluar parámetros hematológicos de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) según longitudes estándar (≤ 20 cm, $21 - 29$ cm y ≥ 30 cm), procedentes de jaulas ubicadas localidad de Ojherani, región Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Bastardo et al. (1992), en Mérida (Venezuela), al determinar valores hematológicos en trucha arco iris a una altitud de 2300 msnm en 60 ejemplares machos y hembras, encontraron la hemoglobina promedio de 8.24 g/100 ml, el hematocrito de 33.73 % y el recuento de eritrocitario fue de $2.96 \times 10^6/\text{mm}^3$.

Bastardo et al. (2006) en Mérida (Venezuela) al evaluar variables hematológicas en trucha arco iris, encontraron que el hematocrito de las truchas con tumores y manchas fue significativamente menor que las truchas normales y con color anormal; los valores de hemoglobina fueron similares al relacionarlos con la condición hepática, las truchas de 73 meses presentaron un valor de hemoglobina significativamente menor que todos los demás grupos.

Buenaño (2010) en Napo (Ecuador), al evaluar el hemograma reporta en juveniles de trucha arco iris los siguientes parámetros promedios: hemoglobina 11.39 g/dl, hematocrito 58.96 %, heterófilos 1.13 %, linfocitos grandes 20.28 %, neutrófilos 1.30 %, linfocitos pequeños 72.05 %, monocitos 5.08 % y macrófagos 0.13 %.

Alaye y Morales (2013) en Michoacan (México) estudiaron los parámetros hematológicos básicos, entre ellos el hematocrito, la cantidad de hemoglobina, la cuenta de eritrocitos y la fórmula leucocitaria diferencial, en organismos juveniles de *Chirostoma estor estor*. Se obtuvieron diferencias significativas entre los valores promedios de hematocrito y hemoglobina de juveniles cultivados y los testigos. Los valores de los hematocritos (36.2 ± 3.1 %) y número de eritrocitos ($2.03 \pm 0.36 \times 10^6$



células/mm³). En el recuento diferencial se observaron eritrocitos inmaduros como respuesta al estrés hipóxico o anemia. Las células blancas presentaron modificaciones en número y calidad y dentro de ellas fue notoria la ausencia de granulocitos neutrófilos.

Rodríguez (2016) en Aguascalientes (México), al evaluar el efecto de los carotenoides y probióticos en trucha arco iris reportó niveles óptimos al incrementar en 27 % el hematocrito, 44 % en eritrocitos, 42 % en leucocitos y 14 % en trombocitos, con promedios originales de hematocrito 32.5%, eritrocitos 1.24×10^6 cél./ μl , leucocitos 2.32×10^4 cél./ μl , trombocitos 12575×10^6 cél./ μl .

Jaramillo et al. (2016) en Los Lagos (Chile), en salmón del Atlántico reporta en individuos de la etapa de smolt los siguientes valores promedio: eritrograma, eritrocitos 1.2×10^6 μl , hemoglobina 9.7 g/dl, trombocitos 7,569 mil/ μl ; leucograma, leucocitos 9087 μl , linfocitos 82.8 μl , eosinófilos 5.7 μl , heterófilos 10.7 μl , monocitos 3 μl .

Sáez et al. (2018) en El Callao (Perú), reportan los parámetros hematológicos de 10 especies de peces marinos, entre ellos *Odontesthes regia*, el cual presentó linfocitos 34.7 %, monocitos 10.6 %, basófilos 0.8 %, eosinófilos 18.1 %, neutrófilos 35.8 %, hematocrito 45%, hemoglobina 15.0 mg/dl.

Meléndez (2018) en Apurímac (Perú) al evaluar el estado de salud de truchas arco iris, determinó valores de hemoglobina y hematocrito siguientes: en Cotaruse hemoglobina 4.4 g/dl y hematocrito 36 %, en Caraibamba hemoglobina 4.3 g/dl y hematocrito 33.8 % y en Challhuanca hemoglobina 4.1 g/dl y hematocrito 29.9 %, teniendo como referencia hemoglobina 5.6 – 9.4 g/dl, hematocrito 35 – 44 %.

Yanguicela (2018) en Cotopaxi (Ecuador) al caracterizar del perfil hematológico y bioquímico de la trucha arco iris silvestre, reportó valores promedio de leucocitos de 18.73 mm³, neutrófilos 10.52 %, linfocitos 81.49 % y monocitos 8.36 %.



Arteaga (2018) en Junín (Perú) al incluir *Chlorella peruviana* en el crecimiento y sistema inmune de alevines de trucha arco iris, los parámetros hematológicos mostraron mejores niveles al incluir la alga, aumentando los valores de hemoglobina a 11.18 g/dl, hematocrito a 56.1 %, glóbulos rojos a 1.46×10^6 cel./ μ l y glóbulos blancos a 13.02×10^4 cel./ μ l.

Cárdenas (2019) en Cotopaxi (Ecuador), determinó que la trucha arco iris silvestre presentó valores promedios de hematocrito 40.95 %, hemoglobina 13.07 g/l, eritrocitos $4'397,333.33 \text{ mm}^3$, volumen globular medio 94.06 fl, hemoglobina corpuscular media 29.94 pg, concentración de hemoglobina corpuscular media 31.86 g/dl, plaquetas 33700 mm^3 , en el leucograma se obtuvo leucocitos 14540/ mm^3 , neutrófilos 15.53 %, linfocitos 78.40 %, monocitos 6.03 %, eosinófilos y basófilos 0 %.

Quispe (2020) en La Libertad (Perú), caracterizó leucocitos en extensiones sanguíneas de trucha arco iris, y determinó un promedio de 38738.99 cél/ μ l, con coeficiente de variación de 32 % y el segundo muestreo tuvo un promedio de 46721.11 cél/ μ l con un coeficiente de variación de 35.06 %.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Parámetros hematológicos en peces

La hematología de peces tiene importancia en el manejo sanitario de las poblaciones naturales y manejo nutricional en cautiverio, al permitir evaluar la interacción entre los nutrientes y la presencia de tóxicos. También los patógenos y sustancias contaminantes producen alteraciones que se reflejan en algún grado de inmunosupresión y cambios en la sangre de los organismos. Las variaciones de parámetros hematológicos como el hematocrito, la concentración de hemoglobina, el recuento de leucocitos y la fórmula leucocitaria, pueden ser



utilizadas como indicadores de contaminación (Wahli, 2002) y como indicadores fisiológicos de disfunción orgánica por estrés (Wedemeyer et al., 1990). La concentración de oxígeno tiene influencia directa en la eritropoyesis, ya que la hipoxia produce como respuesta aguda la liberación de eritrocitos por contracción del bazo, causando aumento de eritrocitos inmaduros como los policromatófilos en la circulación (Valenzuela et al., 2002), por otra parte, el estrés crónico produce leucopenia con linfopenia y monocitopenia (Ellis, 1989).

De acuerdo a los resultados obtenidos, los parámetros hemoglobina, hematocrito y la fórmula leucocitaria diferencial, así como la bioquímica sanguínea, pueden ser usados como indicativos de las condiciones fisiológicas de los juveniles y reproductores de *C. estor estor* para diagnosticar cuadros patológicos y situaciones de estrés en ésta y todas las especies de interés cultivadas comercialmente, ya que son indicadores rápidos de perturbaciones fisiológicas o ambientales (Alaye et al., 2011).

Se ha descrito que el hematocrito está relacionado con la actividad de los peces y su hábitat señalándose que el valor del hematocrito es mayor en peces dulceacuícolas que en peces de aguas marinas, presentado estos últimos mayor número de glóbulos rojos, los cuales además son más pequeños. Este aumento del número de eritrocitos pequeños tendría como función mejorar el intercambio gaseoso debido a su mayor relación superficie/volumen mejorando con ello el transporte del oxígeno disuelto en el agua (Bastardo y Díaz, 2004). En el presente estudio se obtuvieron diferencias significativas entre el volumen globular (Hto) y la concentración de hemoglobina (Hb) de los valores de peces del lago de Pátzcuaro usados como testigo y los de los juveniles de *Chirostoma estor estor* cultivados, posiblemente por las afecciones bacterianas y el estrés causado por su



manejo, en el proceso de selección de los peces del tanque, y por déficit en su nutrición (menor suministro de alimento y menos regularidad entre las raciones) en el caso de los peces del estanque.

A pesar de las diferencias en la longitud total (LT) de los organismos, los valores de eritrocitos y de hematocrito obtenidos en los juveniles cultivados en tinas con sistema de recirculación cerrado, coincidieron con los organismos que habitan en condiciones naturales, en un promedio de $2.03 \times 10^6 \pm 0.36$ cel./ mm³ y $36.2 \pm 3.13\%$ respectivamente. Los datos obtenidos sugieren que el volumen globular o hematocrito es independiente de la etapa de crecimiento de los peces y está en relación con la cantidad y tipo de células de la serie roja y por tanto es un buen indicador del estado de salud de los peces (Alaye y Morales, 2013)

Los índices hematimétricos que derivan del número de eritrocitos, la concentración de hemoglobina y del hematocrito varían de una especie a otra e incluso en la misma especie según la concentración de oxígeno disuelto, actividad, etapa gonadal y estado fisiológico del pez (Alaye, 1993). En el presente estudio se comprobó una gran dispersión de los valores del VCM, que está relacionado con el tamaño celular de los eritrocitos y que se utiliza para clasificarlos como normocíticos, microcíticos o macrocíticos, indicando en los organismos cultivados en tinas con recirculación anisocitosis con microcitosis y liberación a la circulación de células inmaduras tempranas de la serie roja. El valor porcentual de la CHCM, relacionado con la distribución de la hemoglobina dentro del eritrocito, nos indica, en el caso de organismos cultivados en el tanque del Laboratorio de Acuicultura, una concentración ligeramente menor o la distribución irregular de la Hb (hipocromía y anisocromía) (Alaye y Morales, 2013).



La estimulación de la eritropoyesis con la presencia en sangre periférica de eritrocitos liberados en etapas tempranas de madurez, junto con el aumento de las formas premitóticas y aumento de células proeritroblásticas y blásticas de la serie roja, se da como respuesta fisiológica para aumentar el número de células rojas en la circulación, en casos de anemia, o como una respuesta al estrés hipóxico en peces expuestos a cortos periodos de hipoxia o anoxia por errores en el manejo rutinario del cultivo. En *Chirostoma lucius* Boulenger, 1900 y *Chirostoma consocium* Jordan et Hubbs, 1919 la presencia de eritrocitos micronucleados y policromatófilos (EPC) son considerados como bioindicadores de genotoxicidad (Torres et al., 2007) o de discrasias eritrocitarias por déficit de ácido fólico o cianocobalamina que interviene en la síntesis de la hemoglobina (Monroy, 2005).

En truchas sometidas a diferentes grados de hipoxia (Valenzuela et al., 2002) el aumento del número de eritrocitos, por una gran salida a la circulación por contracción del bazo de eritrocitos inmaduros, de menor tamaño, como respuesta al estrés inmediato a la hipoxia aguda (Pickering, 1989), no siempre está relacionado con un aumento en la concentración de la hemoglobina, ya que estos eritrocitos inmaduros son poco funcionales y requieren de un tiempo de maduración para la síntesis de hemoglobina (Alaye y Morales, 2013).

En situaciones de anoxias severas o crónicas, en casos de que el oxígeno disuelto llegue a niveles muy bajos, el estrés inducido usualmente conduce a infecciones bacterianas y la acción permanente del agente estresante debilita la resistencia de los peces y la aparición de mortandades (Alaye et al., 2009).



En los frotis diferenciales de células blancas de los juveniles analizados no se encontraron granulocitos del tipo de los neutrófilos, que están presentes en las fórmulas diferenciales de poblaciones naturales de *Chirostoma estor estor* del lago de Pátzcuaro (Alaye, 1993), en donde la proporción de estas células fue de 10.3 % con un intervalo de 3 – 19%. Estas células están presentes en la sangre de los peces dulceacuícolas en números muy variables (4 – 60 %). En los juveniles de trucha (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) el intervalo varía entre 1 – 9 % y en el rubio (*Salminus affinis* Steindachner, 1880) de 19 – 34 % de las células blancas totales (Atencio et al., 2007). Los granulocitos neutrófilos forman parte de los mecanismos de defensas inespecíficos respondiendo a la presencia de materiales extraños, pero no a antígenos específicos, destruyendo a las partículas extrañas por fagocitosis o respuesta citotóxica y con una respuesta inflamatoria, mientras que la presencia de granulocitos eosinófilos y basófilos, de acuerdo a Fernández et al. (2002) están relacionadas con enfermedades inflamatorias o parasitarias, ya que en condiciones normales en peces sanos estas células son escasas y en algunos casos ausentes.

La leucopenia junto con la linfocitosis y la neutropenia presentados en los organismos de tanques, fueron producidas tanto por estrés por déficit de oxígeno como a septicemias bacteriales (Atencio et al., 2007), o por una mala nutrición en los organismos del estanque y son indicativas de una respuesta inmune deprimida (Barandica y Tort, 2008). En los organismos cultivados en las tinajas de recirculación, con un mejor manejo en cuanto a la calidad del agua, los valores de sus leucocitos fueron cercanos al de los organismos controles en condiciones naturales, aunque en el transcurso de los cultivos las variaciones en los parámetros



en la calidad del agua por acumulación de nutrientes tóxicos: amonio y nitritos, pudieron afectar la calidad de las células (Alaye y Morales, 2010).

La linfopenia de los organismos juveniles con alteraciones orgánicas que estuvieron segregados en tanques y estanques es indicativa de septicemias bacterianas y de respuesta inmune deprimida. Dentro de la fórmula diferencial de células blancas, los linfocitos ocuparon el mayor porcentaje seguido de los monocitos. A diferencia de las células sanguíneas encontradas en las poblaciones de *Chirostoma estor estor* del lago de Pátzcuaro (Alaye, 1993), los granulocitos neutrófilos estuvieron ausentes en el recuento diferencial de leucocitos, sin que esto pudiera ser correlacionados con algún signo patológico. Patrones hematológicos de referencia como el establecido para las poblaciones silvestres del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro, son necesarios para diagnosticar cuadros patológicos y situaciones de estrés en organismos pertenecientes a las especies de interés en cultivos comerciales, ya que son indicadores rápidos de perturbaciones fisiológicas o ambientales (Alaye y Morales, 2013).

2.2.2 Parámetros hematológicos en trucha arco iris

Existen algunos estudios relacionados con el cuadro hemático de esta especie los cuales necesitan ser complementados y validados para crear una herramienta eficaz destinada al diagnóstico de las diferentes patologías que alteran la formación, proliferación, diferenciación y cinética de las distintas líneas células sanguíneas (Boyaca y Azula, 2008).

En los peces, la capacidad de transporte de oxígeno, el contenido de hierro y el número de eritrocitos, se relacionan entre sí y varían según la etapa de desarrollo, hábitos y condiciones ambientales (Lagler et al., 1977). Igualmente,



McCarthy (1982) señalan que los parámetros hematológicos de los peces se pueden alterar por varios factores, entre ellos: la edad, sexo, estado de madurez sexual, alimentación, raza, estación climática, stress (método de captura, transporte). Barnhart (1969) estudió el efecto de la dieta sobre los niveles hematológicos de *Oncorhynchus mykiss*, y encontró que el patrón sanguíneo variaba con la raza y la alimentación. Lowe-Jinde y Niimi (1983), señalan que los valores del hematocrito de *Oncorhynchus mykiss*, fueron significativamente más altos cuando se muestrearon después de 5 – 20 minutos de anestesia con MS – 222, que los muestreados al minuto de anestesia y captura. Railo (1985) señalan que el muestreo causa notables cambios en el patrón sanguíneo de *Oncorhynchus mykiss*, un minuto de este procedimiento es adecuado para originar un incremento en los valores del hematocrito.

McCarthy (1982) encontraron que los valores de hemoglobina (Hb) de la trucha arcoiris, variedad Kamloops oscilaban entre 5.60 y 9.00 g/100 ml; la velocidad de sedimentación globular (VSG) está entre 1.00 y 8.00 mm/h; el hematocrito (Hto) fluctúa entre 30.00 y 49.00 %; la hemoglobina celular media (HCM) va de 45.00 a 98.00 (ug); la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) muestra un porcentaje de 11.90 – 28.00 % y el conteo de eritrocitos variaba entre 0.71 – 1.73 millones/mm³.

Los valores de los parámetros hematológicos de las truchas salvajes son más elevados que los encontrados en truchas cultivadas. Este mismo autor observó que el conteo celular, el hematocrito, la hemoglobina y la tasa de sedimentación están altamente correlacionadas con la edad de *Oncorhynchus mykiss*. Durante los primeros tres años de vida la Hb incrementa al igual que la proteína sérica y presentan fluctuaciones, acordes con el desarrollo gonadal. Denton y Yousef



(1975), estudiaron los cambios estacionales ocurridos en truchas cultivadas en Arizona, determinando que la temperatura del agua y la dieta no están comprometidas con los cambios hematológicos; sin embargo, el grado de actividad y las adaptaciones metabólicas sí parecen estar relacionadas con estos cambios. Tun y Houston (1986) indican que el incremento de la temperatura ambiental induce a un “estrés” respiratorio debido a que los requerimientos de oxígeno se elevan, mientras que la disponibilidad de oxígeno se reduce. La temperatura no parece actuar como la fuerza iniciadora de los cambios hematológicos. La hipoxia, estado que se manifiesta con un incremento de la temperatura ambiental, se considera el principal estímulo desencadenante de la eritropoyesis y la acumulación de hemoglobina (Bastardo y Fonaiap, 1992).

El estado de enfermedad se manifiesta en los peces con la aparición de cambios en el comportamiento, usualmente llamados signos y alteraciones en la integridad corporal, denominadas lesiones, lo que supone una disminución de los rendimientos y frecuentemente la muerte de los ejemplares afectados. Este método de diagnóstico, en estos animales requiere el estudio de la hematología celular, para hacer más preciso y profundo el diagnóstico de los efectos del agente causal de la enfermedad. Identificar los parámetros hematológicos fisiológicos, en el pez aparentemente sano, constituye un punto de referencia para la evaluación de aquellas enfermedades cuyas manifestaciones involucran cambios y alteraciones en los parámetros hematológicos normales (Boyaca y Azula, 2008).

En la actualidad hay pocos estudios relacionados con los parámetros hematológicos de esta especie piscícola en el Departamento de Boyacá, Colombia. Lo anterior a pesar de que en las últimas décadas esta zona del país ha adoptado de manera artesanal la producción piscícola, como alternativa de diversificación



de los sistemas tradicionales de producción pecuaria, que constituye un modelo capaz de fortalecer la seguridad alimentaria de las familias campesinas. Para efecto de esta propuesta, se pretende estandarizar los valores celulares de la sangre de la *Oncorhynchus mykiss*, en condiciones de altitud (mayor a 3000 msnm). Los componentes celulares de la sangre objeto de estudio se agrupan de la siguiente manera (Boyaca y Azula, 2008):

- **Eritrograma:** comprende el cálculo del hematocrito, cantidad de eritrocitos, hemoglobina, índices eritrocitarios y morfología. Esto nos brinda información relacionada con el transporte de oxígeno a los tejidos, necesario para la vida del animal. De la misma forma para evaluar la presencia de agentes patógenos relacionados de manera directa o indirecta con la cantidad de células y cambios morfológicos.
- **Leucograma:** incluye la cantidad total de leucocitos y conteo diferencial (células mononucleares y polimorfonucleares). Se refiere al estado inmunitario celular del organismo; es decir, la capacidad de defensa contra microorganismos patógenos invasores.
- **Trombograma:** compuesto por la cantidad total de plaquetas y morfología. La función de estas células se relaciona con la capacidad de coagulación de la sangre; en consecuencia, este parámetro informa al clínico sobre los cambios generados por agentes tóxicos de origen biológico o químico los cuales alteran la función plaquetaria y su número.

Una alteración fisiológica o estructural de algunas de estas células, es indicador de ataque de agentes externos, frente a las células sanguíneas responden para bloquear o disminuir los efectos patógenos. Por lo tanto, la estandarización



de los valores celulares sanguíneos del pez sano, constituyen una base fundamental para detectar, a través de exámenes sanguíneos, la presencia de condiciones desfavorables para la salud de la *Oncorhynchus mykiss*, y un criterio clínico para la indicación de tratamientos farmacológicos o la adopción de planes de manejo del medio acuático y ambiental (Boyaca y Azula, 2008).

La trucha arco iris, es muy exigente en cuanto a las condiciones físicas y químicas del agua de la que depende para vivir; por lo tanto, cambios leves en estas inciden directamente en su fisiología como intento de adaptación, pero si esta respuesta no sortea el reto que le impone el medio, el animal, puede morir. La situación anterior se puede evitar en el evento en que el clínico o el truchicultor tengan datos sanguíneos que les permita identificar y corregir a tiempo las alteraciones que amenazan la salud de *Oncorhynchus mykiss* (Boyaca y Azula, 2008).

Las variaciones en la cantidad y morfología de los valores sanguíneos; generados por las distintas patologías de los animales acuáticos, presentan características particulares que dependen al mismo tiempo de la naturaleza de los agentes patógenos propios del medio acuático, y de la biología de las especies motivo del estudio, las cuales a su vez presentan adaptaciones diferentes. Las poblaciones de los peces en el medio natural no están libres de esta condición, la mortalidad natural estimada por quienes estudian la dinámica de las poblaciones, es al menos, en parte, consecuencia de fenómenos patológicos identificados o no. El cultivo modifica el entorno natural, pero siempre que sea posible lo debe hacer teniendo en cuenta las necesidades biológicas, medioambientales y sanitarias para una producción óptima (Boyaca y Azula, 2008).

De acuerdo con los anteriores aspectos, es necesario establecer con el mayor grado de exactitud los valores fisiológicos del eritrograma, leucograma y trombograma de *Oncorhynchus mykiss*, en condiciones de altitud; con el fin de obtener valores de referencia que permitan identificar las variaciones ocasionadas por el ataque de factores biológicos externos, que conlleven a generar disminución de los niveles de productividad (Boyaca y Azula, 2008).

2.2.3 Valores de referencia de los parámetros hematológicos en trucha arco iris

Tabla 1

Valores referenciales de los parámetros hematológicos de la trucha arco iris.

Parámetro	Unidad	Trucha arco iris	
		Pre smolt – smolt	Referencia
Eritrocitos	10 ⁶ cél/μl	0.6 – 1.3	Rozas (2020).
Leucocitos	cél/μl	6544 – 24149	Rozas (2020).
Hemograma			
- Heterófilos	%	15 – 30	Rozas (2020).
- Linfocitos	%	68 – 86	Rozas (2020).
- Monocitos	%	0 – 3	Rozas (2020).
- Eosinófilos	%	0 – 1	Rozas (2020).
Hemoglobina	g/l	44.7 – 95.0	Rozas (2020).
Hematocrito	%	40.7	Boyaca y Azula (2008)

Fuente: (Rozas, 2020; Boyaca y Azula, 2008).

2.2.4 Fisiología de peces

El estado fisiológico y sanitario influyen considerablemente en el crecimiento de los peces. Así, peces parasitados o con trastornos fisiológicos originados por causas ambientales como anoxia o envenenamiento retardan el crecimiento. Lo mismo ocurre con desequilibrios causados por factores sociales



como dominancia o lucha territorial (de allí que se hagan periódicas clasificaciones de los ejemplares en función de su talla) y presencia de peces de otras especies. Se establece una relación de jerarquía de tamaño, en donde se comprobó que cuando se retiraban alevines de trucha café grandes, los más pequeños presentaban un mayor grado de crecimiento específico, que se volvía a retrasar al reingresar nuevos alevines grandes, es decir que el crecimiento específico del individuo depende de su posición en orden de peso decreciente (Mancini, 2002).

Durante la maduración gonadal, en muchos peces (como la carpa) se inhibe o incluso se suspende temporalmente el crecimiento. Las gónadas desarrolladas pueden representar más del 20% del peso del pez, e incluso llegar a superar el 30%. El material para estos órganos se extrae del alimento, de tejidos somáticos o de ambos. De este modo el desarrollo temprano y frecuente de las gónadas es una gran desventaja y debe evitarse. Por esta razón el estudio del metabolismo y la nutrición de los peces en estanque se suele limitar a peces que no estén sexualmente maduros y cuyas gónadas no se desarrollen en el periodo de cultivo (Mancini, 2002).

La tasa de crecimiento somático anual registrada para la trucha de SPM, en términos de longitud y peso, es mayor durante el primer año de edad en condiciones silvestres (Ruiz et al., 1997), por lo que se esperaría que las truchas juveniles mantenidas en cautiverio tengan una mayor tasa de crecimiento y alcancen un mayor peso en un menor tiempo (Vásquez, 2014).



2.2.5 Jaulas flotantes en el lago Titicaca

La Región Puno presenta un enorme potencial de recursos hídricos (354 lagunas, 316 ríos, 7 represas), de los cuales el Lago Titicaca es el más importante para el desarrollo de la acuicultura (DIREPRO, 2009). Además, la calidad del agua de muchos de los recursos hídricos existentes en la región es favorable para desarrollar actividades de acuicultura, como es el caso del cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes, de amplia difusión y aceptación.

La acuicultura de la trucha o truchicultura en sistema de jaulas flotantes data de las primeras experiencias en el año 1977 con la instalación de las “redes trampas fijas” una tecnología japonesa, en la zona de Kajje – Chucasuyo (Juli) donde se instalaron estas infraestructuras. Después de las evaluaciones posteriores de esta experiencia no se tuvieron resultados alentadores por lo que se desechó esta posibilidad de crianza en este tipo de estructuras (Mantilla 2004; Atencio et al., 2009).

La instalación de las primeras jaulas flotantes modernas data de finales de los años 70 del siglo pasado, donde las jaulas eran de 50 m de largo, 25 m de ancho y 7 m de profundidad, donde se realizó una primera siembra de 50000 alevines con resultados muy alentadores (Mantilla, 2004). Sin embargo, este tipo de jaulas difieren mucho de las actuales en su diseño y no tuvieron éxito por el manejo que implicaban, es decir instalación, construcción y limpieza. Predominando en la actualidad jaulas cuadradas “artesanales” de 5 m de largo, 5 m de ancho y 3 m de profundidad, seguido de las jaulas “semi-artesanales” de estructuras metálicas de 6 m de largo por 6 m de ancho y de jaulas octagonales (empresa Laguna Lagunillas). Y finalmente, se viene utilizando las jaulas metálicas “industriales”



de 10 x 10 m, son utilizadas por la Empresa Piscifactoría Los Andes SAC (Acora) y River Fish SAC (Juli) (DIREPRO, 2009).

La capacidad y densidad de producción de trucha arco iris en las jaulas artesanales es de 800 kg y una densidad de 30 kg/ m²; las semi-artesanales de 2 t y 50 kg/m² y las industriales se puede llegar a producir hasta 6 t y una densidad de carga de 60 kg/m². La comercialización del producto varía por el peso y tamaño solicitado por el mercado, llegando a producir truchas de 250 g, 300 g, ½ kg y 1 kilo en 5, 6, 7-8 y 9 meses, respectivamente. La presentación del producto varía según el tamaño del pez, siendo los ejemplares grandes y medianos de tipo entero y filete; los peces pequeños de tipo entero (Chura y Mollocondo, 2009).

El manejo en el proceso productivo es importante, se usan seleccionadores tipo caja según el tamaño de los peces, el cual permite clasificar en truchas cabeceras (peces grandes), medianas y colas (peces pequeños). La mano de obra varía según la capacidad instalada de los módulos y/o jaulas, siendo el personal requerido para una producción de 2 t de un técnico y un obrero, mientras para una producción de 100 t varía de un técnico y 12 obreros. Para una producción de 500 t/año el personal requerido es de un profesional, un técnico y 40 obreros (Chura y Mollocondo, 2009).

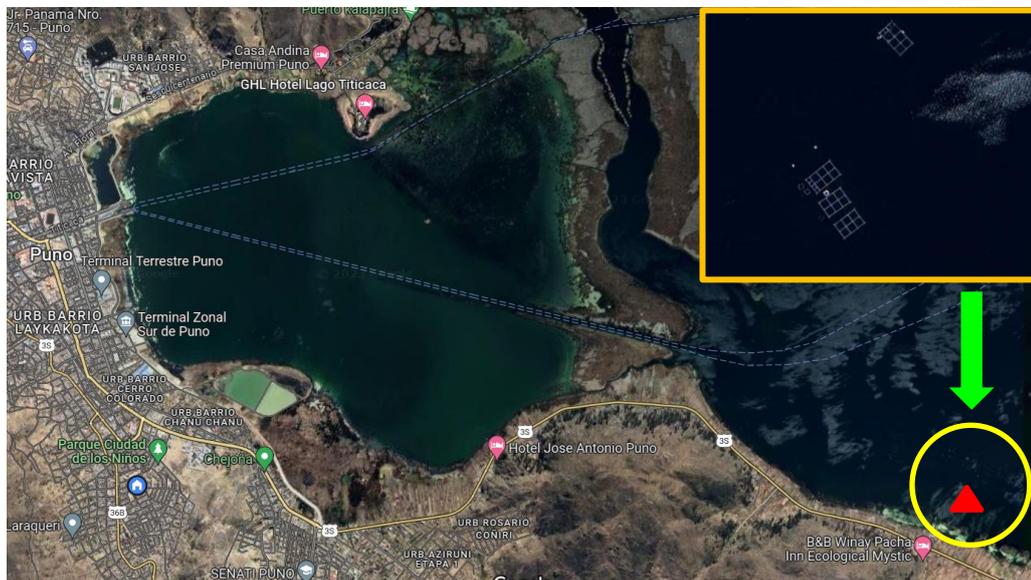
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

Figura 1

Zonas de recolección de muestras de peces, durante los meses de julio a setiembre del año 2022.



Fuente: Google maps

Las jaulas flotantes del cual procedieron las muestras de juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), estuvieron ubicadas en el Lago Titicaca, en la localidad de Ojherani, al sur de la ciudad de Puno, a 300 m pasando el Control de Aduanas del mismo nombre. Las jaulas flotantes de trucha arco iris estuvieron ubicadas a 300 m de la orilla lago adentro, tal como se observa en la Figura 1. Las coordenadas de ubicación de las tres jaulas fueron 15°51'20.8" – latitud sur y 69°56'26.3" longitud oeste (jaula 1), 15°51'21.8" latitud sur y 69°56'25.7" longitud oeste (jaula 2) y 15°51'22.8" latitud sur y 69°56'25.0" longitud oeste (jaula 3), respectivamente. Las muestras de peces fueron trasladadas al



Laboratorio de Botánica y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, donde se realizaron los análisis hematológicos correspondientes.

3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

La determinación de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris se realizó mediante un diseño observacional (Hernández et al., 2014), en razón de que no se manipularon variables, ni se contó con grupos control y los análisis de laboratorio se ejecutaron durante los meses de julio a septiembre del año 2022.

Por otro lado, la investigación fue de tipo descriptivo (Hernández et al., 2014). Descriptivo, ya que se registraron en una ficha de observación los valores determinados de los parámetros hematológicos, así mismo fueron analizados según sexo, peso y longitud estándar de los juveniles de trucha arco iris.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

El muestreo en la investigación fue al azar (Casal y Mateu, 2003), pero se tuvo dificultades en conseguir los individuos machos, ya que son muy escasos y su población es muy reducida. La población de juveniles de trucha arco iris estuvo conformada por la totalidad de individuos presentes en cada jaula flotante, y al obtener muestras no probabilísticas de manera intensional (Hernández et al., 2014), en razón de que desea registrar valores hematológicos en juveniles se logró acceder a un total de 35 individuos hembras y 15 individuos machos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2

Distribución del número de muestras por sexo de los juveniles de trucha arco iris recolectadas en la localidad de Ojherani.

Meses de muestreo 2021	Sexo de los juveniles de trucha		Total
	Hembras	Machos	
Julio	10	5	15
Agosto	10	5	15
Setiembre	15	5	20
Total	35	15	50

Fuente: Elaboración propia.

3.4 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEXO

3.4.1 Identificación de individuos machos y hembras en truchas juveniles

La identificación de géneros en truchas juveniles se basó en la observación de caracteres sexuales, donde los machos, se destacaron por presentar una banda irisada más brillante y una mandíbula inferior más pronunciada hacia arriba. Por otro lado, las hembras mostraron un vientre abultado y un orificio genital hinchado con una tonalidad rojiza. Estos rasgos proporcionan criterios visuales para diferenciar de manera efectiva entre individuos machos y hembras en las truchas (Arregui, 2013).

3.4.2 Recolección de muestras de sangre en peces

Los individuos juveniles de trucha arco iris fueron capturados con un accesorio denominado chinguillo equivalente a una red unida a un anillo circular metálico y su correspondiente extensión metálica para su manipulación. Luego de sumergirlo a la profundidad de agua y dentro de la jaula, se logró capturar



juveniles de trucha arco iris, que a continuación fueron transferidos a un balde de plástico de 30 litros de capacidad al cual se insertaron los aireadores portátiles a pilas con la finalidad de que se oxigenen y lleguen al laboratorio en un lapso de 40 minutos.

Los peces fueron retirados de los baldes de transporte a unas cubetas de plástico de 40.0 cm (largo) x 30.0 cm (ancho) x 32.0 cm (alto) acondicionadas con agua de pozo y sus aireadores, fueron nutridas con alimentos de la marca Nicovita.

Los juveniles de trucha arco iris, fueron capturados desde las cubetas de plástico con ayuda de guantes estériles de lavar ropa y una tela para cubrir en especial la cabeza del pez, luego fue colocado sobre una tabla de disección, tratando de sujetarlo para que no se deslice, caiga al suelo y sufra daños irreversibles, ya que los peces no fueron anestesiados. Por lo tanto, el procedimiento de recolección de muestras sanguíneas se realizó en un tiempo promedio de 30 s, a pesar de ello muchas veces el procedimiento se pasó del tiempo y los peces sufrieron angustia y desequilibrio electrolítico (SNPA et al., 2021).

La sangre para realizar la evaluación hematológica fue colectada en tubos vacutainer con heparina a partir de la vena caudal, realizando una punción de estos vasos se logró ingresar de manera lateral, insertando la aguja de calibre 23G a la altura de la línea media cerca de la base del pedúnculo caudal, luego de alcanzar los cuerpos vertebrales, se retira ligeramente para que la presión negativa se aplique a la jeringa, a continuación, la sangre ingresó a la jeringa (SNPA et al., 2021; Crespo, 2018).



3.4.3 Análisis de muestras de sangre de peces

Los métodos aplicados en la presente investigación, fueron los recomendados por el INS (2005), los cuales se detalla a continuación.

a. Recuento de células sanguíneas

Procedimientos

- **Recuento de glóbulos rojos.** Se succionó sangre hacia la pipeta de Thoma hasta la marca 0.5. Luego se homogenizó con el líquido de Hayem, llenándolo hasta la marca 101, donde se evitó la formación de burbujas, que alteraría la dilución. Por lo que se rotó la pipeta al aspirar y se mantuvo en posición vertical. El exceso en la punta se eliminó con papel secante. Así se obtuvo la dilución 1:200. A continuación, se agitó durante un minuto en el agitador eléctrico, e inmediatamente se eliminó las cuatro primeras gotas y se cargó la Cámara de Neubauer en sus cuadrículas. Se dejó reposar un minuto a temperatura ambiente que permita la sedimentación de las células. Se contaron al microscopio con objetivo 40X, verificando primero que la distribución de las células sea homogénea. La cuenta se realizó en 80 cuadros pequeños del área central de la cámara, seleccionando para ello un cuadro mediano central y cuatro angulares. Se multiplicó el número de eritrocitos contados por 10,000 para obtener el total de glóbulos rojos por mm^3 de sangre (Rivadeneira et al., 2020). La fórmula utilizada para realizar los cálculos fue la siguiente:

$$\frac{N \times 200 \times 10 \times 400}{80} = N \times 10000$$

Donde: N = número de eritrocitos contados; 200 = título de dilución; 10=



corrección de la profundidad de la cámara para ajustar el volumen a 1 mm^3 ;
 $400 =$ total de cuadros pequeños del cuadro central de la cámara; $80 =$ total
de cuadros pequeños contados.

- **Para el recuento de glóbulos blancos.** Con la pipeta de Thoma para leucocitos se aspiró la sangre hasta la marca 0.5, con la misma pipeta, y cuidando que no se salga la sangre, se aspiró el líquido de Turk hasta la marca 11, evitándose la formación de burbujas, que afectaron la dilución de 1:20. Se eliminó el exceso de diluyente secando la punta con papel absorbente. Se agitó la pipeta, durante 60 segundos para conseguir una suspensión uniforme. Se desechó 3 o 4 primeras gotas de la pipeta, se limpió la punta con papel absorbente y se llenó la cámara de Neubauer. Se dejó reposar durante 2 minutos para permitir la sedimentación de los leucocitos. Se contaron los leucocitos encontrados en los cuatro cuadros grandes angulares, que contenían cada uno 16 cuadros medianos, se verificó la distribución homogénea de las células con el objetivo de 10X. Se multiplicó el número de leucocitos contados por 50 para obtener el total de glóbulos blancos por mm^3 de sangre (Rivadeneira et al., 2020). La fórmula a utilizar para realizar los cálculos fue la siguiente:

$$\frac{N \times 20 \times 10}{4} = N \times 50$$

Donde: N = número de leucocitos contados; 20 = título de dilución; 10 = corrección de la profundidad de la cámara para ajustar el volumen a 1 mm^3 ;
4 = total de cuadros grandes contados.



- **Estudio del hemograma**

Método. Recuento diferencial en frotis.

Fundamento. La fórmula leucocitaria tiene por objetivo determinar los porcentajes de las distintas clases de leucocitos normales y anormales en la sangre. A partir de los porcentajes puede incluso calcularse el número real de cada clase de leucocitos por mm^3 de sangre (valor absoluto), conociéndose el total de leucocitos.

Procedimientos. Se examinó la lámina a pequeño aumento para comprobar si los elementos celulares estuvieron bien distribuidos. Se examinó con el objetivo de inmersión. Se visualizaron células para la fórmula leucocitaria desde la parte final del cuerpo y comienzos de la cola de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo hasta contar 100 leucocitos incluidos los agranulocitos y granulocitos. Se determinó luego los porcentajes de cada uno de ellos para luego comparar con los porcentajes normales.

b. **Evaluación del hematocrito**

Método. Microhematocrito.

Fundamento. El hematocrito mide la fracción que comprende a los glóbulos rojos (masa globular), respecto al volumen total de la muestra de sangre venosa o capilar. Puede expresarse en porcentaje o como valor decimal.

Procedimientos. Se tomó la muestra en capilares con EDTA que debe ser llenado entre 70% - 80%. Se tapó un extremo del capilar con plastilina, luego se colocó sobre la plataforma del cabezal de una centrífuga de microhematocrito, donde el extremo tapado debió de estar al reborde externo



de la plataforma. Se centrifugó por 5 minutos entre 10,000 – 12,000 rpm. La lectura se realizó con una escala estandarizada expandida por el fabricante.

c. Evaluación de hemoglobina

Método. Espectrofotométrico.

Fundamento. La sangre se diluye en solución de Drabkin, que liza hematíes y transforma la hemoglobina en cianometahemoglobina (cianuro de hemiglobina). La solución producto se lee por medio de un espectrofotómetro, donde su grado de absorbancia es proporcional a la cantidad de hemoglobina que posee la sangre.

Procedimientos. En un tubo de ensayo se colocaron 5 ml de reactivo de Drabkin. Con una pipeta automática o pipeta de Salhi se tomaron 20 ml de sangre total, luego se limpió la punta de la pipeta y se vertió en el tubo con el reactivo de Drabkin. Se enjuagaron 3 veces y se mezclaron. Se reposaron por 10 minutos. Se leyeron la absorbancia con filtro verde a 540 nm llevando a cero el fotómetro con agua destilada / Drabkin. La lectura en absorbancia del problema fue comparada en la curva patrón para encontrar a que concentración de hemoglobina corresponde expresándose en g/100 ml.

3.4.4 Variables analizadas

- **Variables independientes:** sexo del juvenil de trucha arco iris.
- **Variables dependientes:** valores hematológicos (recuento de glóbulos rojos, recuento de glóbulos blancos, hemograma, hematocrito y hemoglobina).



3.4.5 Análisis bioestadístico de datos

Los valores de recuento de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito, fueron evaluados mediante el promedio, el coeficiente de variación, el valor mínimo y el máximo, seguidamente se realizó una prueba de T de Student para determinar diferencia estadística significativa y posteriormente una prueba de Tukey para comparar los parámetros hematológicos entre sexos de los juveniles de trucha arco iris, con la atingencia que los porcentajes de monocitos y eosinófilos fueron transformados a raíz cuadrada de $X+0.5$, debido a que presentaron alta dispersión de datos respecto de sus promedios, todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia del 95%. El análisis estadístico se realizó en el software Infostat.

3.5 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN EL PESO

3.5.1 Frecuencia y muestreo

El muestreo de juveniles de trucha arco iris en jaulas flotantes del Lago Titicaca fueron clasificados en según los cuartiles (Q), donde el primer grupo estuvo conformado por juveniles con pesos menores o iguales al Q1 (≤ 78.10 g), el segundo grupo estuvo conformado por juveniles con pesos entre los Q1 y Q3 (84.40 g – 279.90 g) y el tercer grupo en iguales y mayores al Q3 (≥ 282.00 g), las determinaciones fueron cada mes en un número determinado de individuos, haciendo un total de 50 unidades experimentales, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3*Clasificación de juveniles de trucha arco iris según peso.*

Quartil (Q)	Peso (g)	N° de peces
$\leq Q1$	≤ 78.10	13
Q1 - Q3	84.40 – 279.90	25
$\geq Q3$	≥ 282.00	12

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Procedimientos

Para el cumplimiento del segundo objetivo, la extracción de sangre y la evaluación de los valores de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito, fueron los mismos métodos y procedimientos desarrollados para el primer objetivo. La diferencia fue que los peces fueron clasificados según los pesos los cuales fueron determinados utilizando una balanza cuya unidad de medida fue en g.

3.5.3 Variables analizadas

- **Variables independientes:** pesos de los juveniles de trucha arco iris.
- **Variables dependientes:** valores de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito.

3.5.4 Análisis bioestadístico de datos

Los recuento de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito, fueron determinados según el peso de los peces (≤ 78.10 g, 84.40 g – 279.90 g y ≥ 282.00 g), fueron evaluados mediante el promedio, el coeficiente de variación, el valor mínimo y el máximo, seguidamente se realizó una prueba de análisis de varianza para determinar diferencia estadística

significativa y posteriormente una prueba de Tukey para comparar los parámetros hematológicos entre los grupos de pesos de los juveniles de trucha arco iris, con la atinencia que los porcentajes de monocitos y eosinófilos fueron transformados a raíz cuadrada de $X+0.5$, debido a que presentaron alta dispersión de datos respecto de sus promedios, todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia del 95%. El análisis estadístico se realizó en el software Infostat.

3.6 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS SEGÚN LA LONGITUD ESTÁNDAR

3.6.1 Frecuencia y muestreo

El muestreo de juveniles de trucha arco iris en jaulas flotantes del Lago Titicaca fueron clasificados según la biometría de talla, evaluadas mensualmente en un número total de 50 unidades experimentales, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4

Clasificación de juveniles de trucha arco iris según longitud estándar determinada por cuartiles y número de peces.

Quartil (Q)	Longitud estándar (cm)	N° de peces
$\leq Q1$	≤ 20.00	13
Q1 - Q3	21.00 – 29.00	24
$\geq Q3$	≥ 30.00	13

Fuente: Elaboración propia.

Las clasificaciones de las longitudes estándares de los peces, fueron calculadas mediante cuartiles (Q), donde el grupo de menor talla fueron aquellas iguales o menores que el Q1 (≤ 20.00 cm), los individuos de talla normal fueron



designadas aquellas que estuvieron entre los Q1 y Q3 (21.00 cm – 29.00 cm), mientras que las de mayor tamaño aquellas iguales y mayores al Q3 (≥ 30.00 cm), tal como se presenta en la Tabla 4.

3.6.2 Procedimientos

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico los procedimientos de extracción de sangre y la evaluación de los valores de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito fueron los mismos métodos y procedimientos desarrollados para el primer objetivo. Los peces fueron clasificados según las longitudes estándar determinadas mediante una cinta métrica, tal como se detalló anteriormente.

3.6.3 Variables analizadas

- **Variables independientes:** longitud estándar de los juveniles de trucha arco iris.
- **Variables dependientes:** valores de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito.

3.6.4 Análisis bioestadístico de datos

Los valores de recuento de glóbulos rojos, blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito, fueron evaluados mediante el promedio, el coeficiente de variación, el valor mínimo y el máximo, seguidamente se realizó una prueba de análisis de varianza para determinar diferencia estadística significativa y posteriormente una prueba de Tukey para comparar los parámetros hematológicos entre clasificación según longitudes estándar de los juveniles de trucha arco iris, con la atingencia que los porcentajes de monocitos y eosinófilos



fueron transformados a raíz cuadrada de $X+0.5$, debido a que presentaron alta dispersión de datos respecto de sus promedios, todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia del 95%. El análisis estadístico se realizó en el software Infostat.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb) SEGÚN SEXO

Tabla 5

Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según sexo.

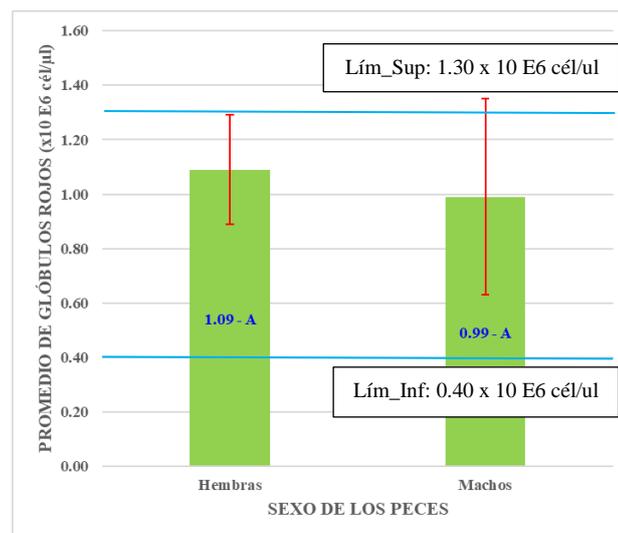
Parámetro hematológico	Sexo	N	Promedio	CV (%)	Mínimo	Máximo
Recuento de glóbulos rojos (x 10 ⁶ cél/μl)	Hembras	35	1.09	19.03	0.75	1.71
	Machos	15	0.99	36.06	0.11	1.50
Rango referencial: 0.60 – 1.30 x 10 ⁶ cél/μl (Rozas, 2020).						
Recuento de glóbulos blancos (cél/μl)	Hembras	35	25942.86	24.48	17000.00	42000.00
	Machos	15	32980.00	20.77	21200.00	47200.00
Rango referencial: 6544.00 cél/μl – 24149.00 cél/μl (Rozas, 2020).						
Hemograma – Heterófilos (%)	Hembras	35	72.34	14.41	47.00	94.00
	Machos	15	72.33	8.56	60.00	82.00
Rango referencial: 15.00 % – 30.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Linfocitos (%)	Hembras	35	29.06	27.78	20.00	51.00
	Machos	15	26.53	22.74	18.00	40.00
Rango referencial: 68.00 % – 86 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Monocitos (%)	Hembras	35	0.83	36.27	0.71	1.87
	Machos	15	0.80	31.75	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 % – 3.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Eosinófilos (%)	Hembras	35	0.86	33.86	0.71	1.58
	Machos	15	0.83	32.93	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 – 1.00 % (Rozas, 2020).						
Hemoglobina (g/l)	Hembras	35	25.13	19.98	15.80	35.30
	Machos	15	26.25	38.53	13.60	44.00
Rango referencial: 44.70 – 95.00 g/l (Rozas, 2020).						
Hematocrito (%)	Hembras	35	42.00	20.93	27.00	58.00
	Machos	15	44.00	22.50	30.00	59.00
Rango referencial: 40.00 % (Boyaca y Azula, 2008).						

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se presentan los recuentos de glóbulos rojos con promedios de 1.09×10^6 cél/ μ l y valores que variaron entre 0.75×10^6 cél/ μ l y 1.71×10^6 cél/ μ l en individuos hembras y 0.99×10^6 cél/ μ l con valores que fluctuaron entre 0.11×10^6 cél/ μ l y 1.50×10^6 cél/ μ l en individuos machos, estos resultados se ubicaron dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.60×10^6 cél/ μ l a 1.30×10^6 cél/ μ l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación fueron de 19.03 % y 36.06 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μ l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

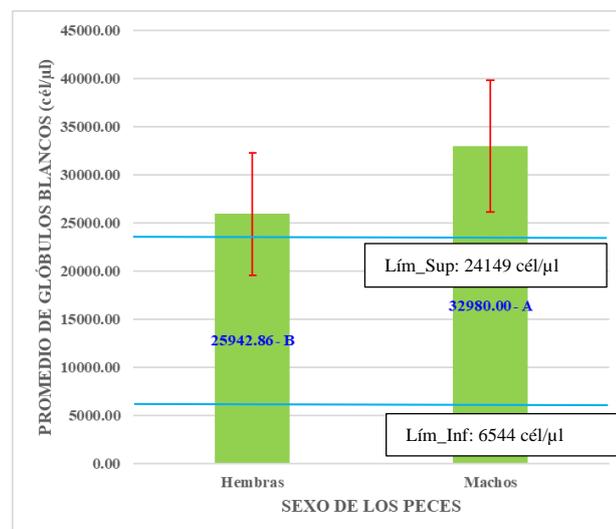
Los recuentos de glóbulos rojos en individuos juveniles hembras y machos mediante la prueba de T de Student resultó que no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.30$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.5890$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En el estudio, los peces resultaron con cifras de recuento de glóbulos rojos entre los valores referenciales, por lo que se indicaría que presentarían una

adecuada irrigación sanguínea y por ende una buena oxigenación, siendo vital para el desarrollo normal de los peces.

Los recuentos de glóbulos blancos exhibieron promedios de 25942.86 cél/ μ l con valores entre 17000 cél/ μ l y 42000 cél/ μ l en individuos hembras y 32980.00 cél/ μ l con rangos entre 21200 cél/ μ l y 47200.00 cél/ μ l en individuos machos, estos resultados se encuentran sobre los rangos de referencia para truchas juveniles de 6544.00 cél/ μ l – 24149 cél/ μ l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación fueron de 24.49 % y 20.77 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones leves respecto a su promedio (Figura 3).

Figura 3

Promedios de recuentos de glóbulos blancos (cél/ μ l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

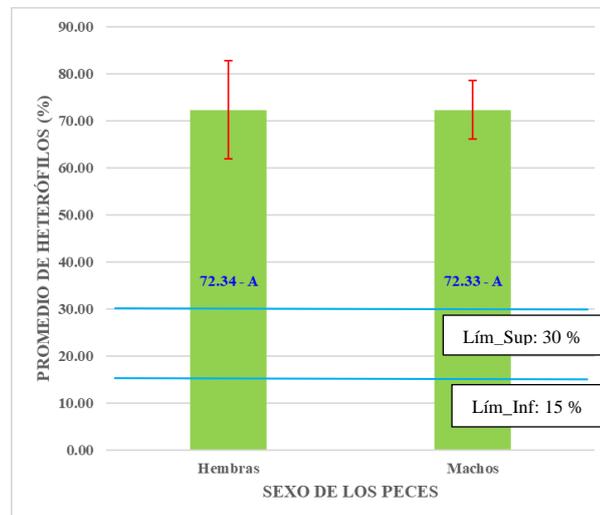
Los recuentos de glóbulos blancos en individuos juveniles hembras y machos mediante la prueba de T de Student resultó que presentaron diferencia estadística significativa ($F=12.31$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.0010$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó menor a 0.05, siendo mayor en individuos machos (Tabla 8 – Anexos). En la investigación, los peces en ambos sexos, resultaron con valores de recuento de glóbulos blancos superando

los valores referenciales, este sería un indicador que estarían propensos o bien sufriendo de infecciones microbianas, lo cual traería como consecuencia la mortandad y disminución de la producción truchícola.

Los porcentajes de heterófilos presentaron promedios de 72.34 % con valores de 47.00 % a 94.00 % en individuos hembras y 72.33 % con cifras que variaron rangos entre 60.00 % a 82.00 % en individuos machos, estos resultados se ubican por encima de los rangos de referencia para truchas juveniles de 15.00 – 30.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación variaron de 14.41 % y 8.56 % en hembras y machos, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 4).

Figura 4

Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

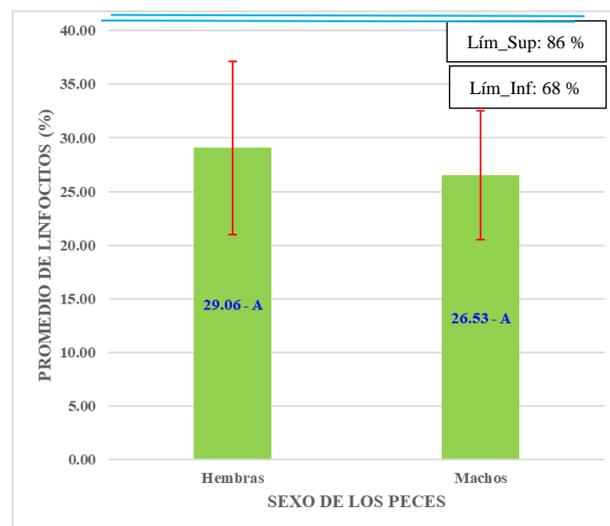
Los recuentos de heterófilos en individuos juveniles hembras y machos mediante la prueba de T de Student resultó no presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.1E-05$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.9974$) en razón de que el p-valor resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En la pesquisa, los peces presentaron valores de porcentajes de heterófilos

sobre los valores referenciales, esto coincide con el recuento elevado de glóbulos blancos, confirmando que las truchas estarían propensas o sufriendo de infecciones microbianas.

Los porcentajes de linfocitos tuvieron promedios de 29.06 % con valores de 20.00 % a 51.00 % en individuos hembras y 26.53 % con valores que oscilaron de 18.00 % a 40.00 % en individuos machos, estos resultados se encuentran por debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 68.00 % - 86.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación variaron de 27.78 % y 22.74 % en hembras y machos, indicando que los datos tuvieron dispersiones leves respecto a su promedio (Figura 5).

Figura 5

Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



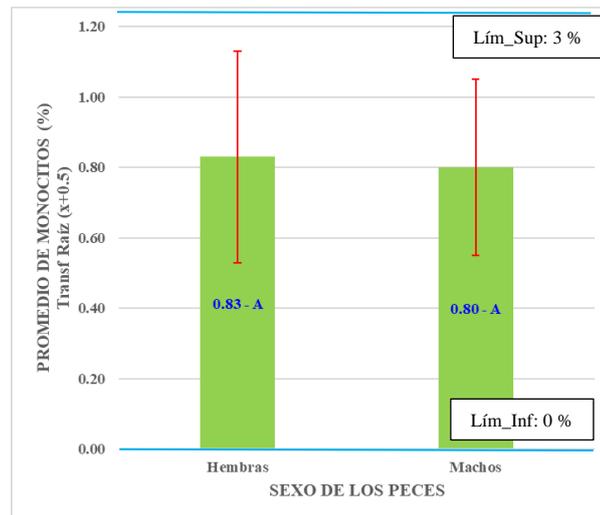
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de linfocitos en individuos juveniles hembras y machos mediante la prueba de T de Student resultaron sin diferencia estadística significativa ($F=1.18$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.2832$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En el estudio, los linfocitos estuvieron por debajo de los valores referenciales, este sería un indicador que presentarían una inmunología celular decaída, por tanto, estarían expuestos a sufrir una infección microbiana, probablemente a causa de una mala nutrición.

Los porcentajes de monocitos mostraron promedios de 0.83 % con valores de 0.71 % a 1.87 % en individuos hembras y 0.80 % con variaciones entre 0.71 % a 1.58 % en individuos machos, estos resultados se encuentran entre los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % – 3.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 31.75 % y 36.27 % en machos y hembras, indicando que los datos tuvieron una moderada dispersión respecto a su promedio (Figura 6).

Figura 6

Promedios de porcentajes de monocitos (% , Tranf Raíz $[X+0.5]$) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



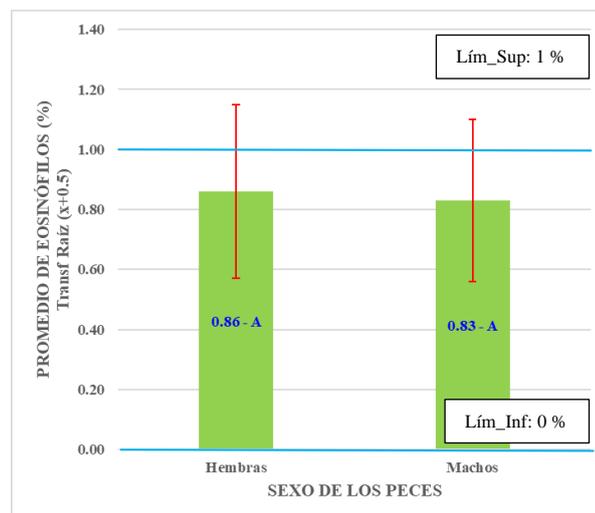
Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de monocitos en individuos juveniles hembras y machos luego de realizar la prueba de T de Student resultaron sin diferencia estadística significativa ($F=0.15$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.6986$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En la investigación, los porcentajes de monocitos se encontraron dentro de los valores referenciales, indicando que los peces no estarían sufriendo de problemas de salud específicos.

Los porcentajes de eosinófilos mostraron promedios de 0.86 % en individuos hembras y 0.83 % en machos, ambos con cifras que varían de 0.71 % a 1.58 %, estos promedios se encontraron dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % – 1.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 32.93 % y 33.86 % en machos y hembras, indicando que los datos tuvieron dispersiones moderada respecto a su promedio (Figura 7).

Figura 7

Promedios de porcentajes de eosinófilos (% , Tranf Raíz [X+0.5]) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



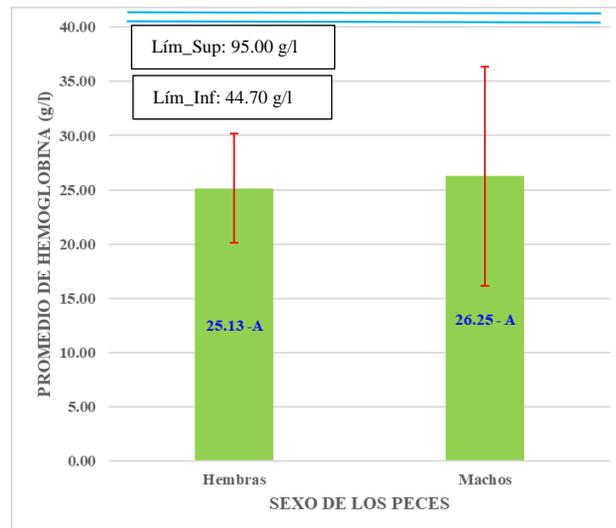
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de eosinófilos en individuos juveniles hembras y machos luego de realizar la prueba estadística de T de Student resultaron sin diferencia estadística significativa ($F=0.06$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.8074$) en razón de que el p-valor resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En la investigación, los peces mostraron valores de porcentaje de eosinófilos entre los valores referenciales, por lo que se descartaría presencia de parásitos.

Las determinaciones de hemoglobina sérica en truchas juveniles presentaron promedios de 25.13 g/l con variación de valores de 15.80 g/l a 35.30 g/l en individuos hembras y 26.25 g/l con cifras de 13.60 g/l a 44.00 g/l en individuos machos, estos resultados se encontraron por debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 44.70 g/l a 95.00 g/l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación fluctuaron de 19.98 % y 38.53 % en hembras y machos, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto de su promedio (Figura 8).

Figura 8

Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



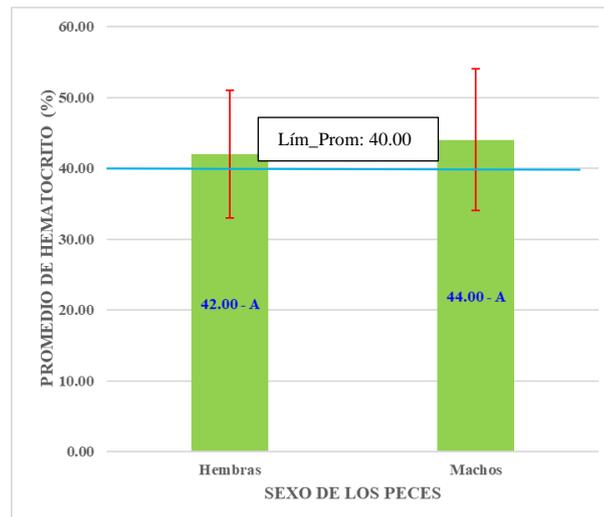
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de hemoglobina en individuos juveniles hembras y machos luego de realizar la prueba estadística de T de Student resultaron sin diferencia estadística significativa ($F=0.28$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.6001$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En el estudio, los peces resultaron con bajos niveles de hemoglobina respecto a los valores referenciales, este sería un indicador que estarían presentando una mala nutrición por carencia probable de hierro o presencia de alguna patología interna.

Los porcentajes de hematocrito presentaron promedios de 42.00 % con valores desde 27.00 % a 58.00 % en individuos hembras y 44.00 % con rangos entre 30.00 % a 59.00 % en individuos machos, estos resultados se encuentran sobre los valores referenciales para truchas juveniles de 40.00 %, citados por Boyaca y Azula (2008). Los coeficientes de variación variaron de 20.93 % y 22.50 % en hembras y machos, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 9).

Figura 9

Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según el sexo en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de hematocrito en individuos juveniles hembras y machos a continuación de realizar la prueba de T de Student resultó sin diferencia estadística significativa ($F=0.70$; $gl=1$; $p\text{-valor}=0.4082$) en razón de que el p-valor resultó mayor a 0.05 (Tabla 8 – Anexos). En la investigación, los peces resultaron con porcentajes de hematocrito superando ligeramente a los valores referenciales, este se correlacionaría con los recuentos de glóbulos rojos, afirmando que presentarían una adecuada oxigenación.



Los valores promedios de recuentos de glóbulos rojos en juveniles de trucha arco iris, tal como se identificaron en el estudio, resultaron ser inferiores en comparación con los reportados por Bastardo et al. (1992), quienes en Mérida (Venezuela) en trucha arco iris sobre los 2300 msnm, obtuvieron recuentos promedios de glóbulos rojos de $2.96 \times 10^6/\text{mm}^3$, según Bastardo et al. (2006) indican que esta disminución se debería a la presencia de alguna patología como tumores y se podría visualizar manchas indicadoras de alguna deficiencia nutricional. Por otro lado, fueron inferiores a los registrados por Alaye y Morales (2013) quienes en Michoacan (México) en juveniles de *Christoma estor estor*, encontraron recuentos de glóbulos rojos de $2.03 \times 10^6 \text{ cél}/\text{mm}^3$, dichos recuentos bajos se darían como respuesta al estrés hipóxico o anemia, asimismo es posible encontrar glóbulos rojos inmaduros. Por otro lado, Rodríguez (2016) en Aguascalientes (México) determinaron recuentos de glóbulos rojos de $1.24 \times 10^6 \text{ cél}/\mu\text{l}$ en truchas arco iris, siendo superiores a los obtenidos en la presente investigación, probablemente a que agregaron en la dieta de los peces carotenoides y probióticos, optimizando su fisiología.

Asimismo, Cárdenas (2019) en Cotopaxi (Ecuador), encontró que las truchas arco iris silvestres presentaron recuentos de glóbulos rojos de $4.3 \times 10^6 \text{ cél}/\text{ml}$, siendo estos resultados superiores a los obtenidos en la presente investigación, según Buenaño (2010) afirma que estos parámetros hematológicos en diferentes especies pueden ser influidos por diversos factores como: la especie, el sexo, el estadio, el estrés, el fotoperiodo, temperatura y el estado nutricional. En ese sentido, la realización de la exploración sanguínea es una herramienta importante en el diagnóstico y pronóstico de enfermedades dentro de las poblaciones de peces, así como su estado sanitario, de nutrición y sus variaciones en su estado patológico (Farfán y Exequiel, 2004).

Los recuentos promedios de glóbulos blancos en juveniles de trucha arco iris, superaron los valores referenciales considerados en la presente investigación,



probablemente se deba a que los peces estén sometidos o sufren de infecciones microbianas. Asimismo, fueron superiores a los recuentos de glóbulos blancos obtenidos por Rodríguez (2016) quien en Aguascalientes (México) obtuvo recuentos de 23200.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ en trucha arco iris y a los registrados por Jaramillo et al. (2016) quienes en Los Lagos (Chile) en salmón del Atlántico reportaron recuento de glóbulos blancos promedios de 9087.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$. También supera a los registrados por Yanquicela (2018) quien en Cotopaxi (Ecuador) al evaluar el perfil hematológico de la trucha arco iris silvestre presentó promedios de 18000 $\text{cél}/\mu\text{l}$. Por otra parte, superó a los resultados obtenidos por Cárdenas (2019) quien en la misma provincia y en los mismos peces silvestres obtuvieron valores de 14540 $\text{cél}/\mu\text{l}$. En contraste fueron inferiores a los registrados por Quispe (2020) quien en La Libertad (Perú) registró recuentos de 38738.99 $\text{cél}/\mu\text{l}$ y 46721.1 $\text{cél}/\mu\text{l}$, en trucha arco iris.

A pesar de haber contrastado los valores obtenidos de recuentos de glóbulos blancos con otros estudios realizados en trucha arco iris, Correa et al. (2009) manifiesta que en especies acuícolas los parámetros hematológicos deberían de estandarizarse, pero se hace en razón de la variabilidad de peces comerciales y según las diversas condiciones donde realizan la crianza de las especies, como su ubicación geográfica, el clima, el manejo, la alimentación y los factores genéticos, los cuales influyen en las características metabólicas y células sanguíneas (Wittwer, 2012).

Otras condiciones ambientales como la temperatura, el nivel de oxígeno y el pH originan modificaciones fisiológicas en los parámetros sanguíneos (Centeno et al., 2007). En la investigación los recuentos de glóbulos blancos presentaron diferencia estadística significativa entre individuos machos y hembras, lo cual es corroborado por De Pedro et al. (2004), quienes indican que los parámetros sanguíneos de los peces variarían según el género, el ciclo reproductivo, la edad y la nutrición, además estas diferencias



intraespecíficas de glóbulos blancos se deberían a las características propias de cada individuo que presenten un carácter migratorio en la circulación y entre los órganos leucopoyéticos como el riñón y el bazo, en relación a los estímulos ambientales que cada individuo estaría expuesto (Correa et al., 2009).

Los heterófilos registrados en la presente investigación sobrepasan los valores referenciales para la especie. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Buenaño (2010) quien reportó en Napo (Ecuador) en truchas arco iris juveniles porcentajes de heterófilos de 1.13 %, asimismo, superan a los resultados obtenidos por Yanguicela (2018) quien en Cotopaxi (Ecuador) reportan en trucha arco iris silvestres porcentajes de heterófilos (neutrófilos) del 10.52 % y los registros de Cárdenas (2019) quien en el mismo lugar y las mismas truchas silvestres obtuvo 15.53 % de heterófilos (neutrófilos).

En la presente investigación los porcentajes de heterófilos superan los valores referenciales de Rozas (2020), al igual que en humanos es probable que estos peces sufran de infecciones bacterianas y agudas, ya que se observó al momento de recolectar los peces, una mortandad entre 6 a 10 peces por jaula flotante, desconociéndose al agente infeccioso, lo cual es corroborado por PROVETS y VETLAB (2023), quienes indican que la elevación de los porcentajes de heterófilos denominada heterofilia, sería un indicador de que el pez viene sufriendo una inflamación aguda, lesiones del tejido, enfermedades bacterianas, liberación endógena o exógena de glucocorticoides, necrosis y muchas neoplasias.

En la investigación se obtuvo porcentajes de linfocitos de 29.06 % en hembras y 26.53% en machos juveniles de trucha arco iris, estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Buenaño (2010) quien en Napo (Ecuador) al evaluar hemogramas de



juveniles se trucha arco iris encontró 20.28 % de linfocitos; pero fueron inferiores a los obtenidos en pejerrey de mar (*Odontesthes regia*) por Sáez et al. (2018) en El Callao (Perú) con valores promedios de 34.70 %. Por otro lado, fueron inferiores a los registrados en trucha arco iris silvestres obtenidos por Yanguicela (2018) en Cotopaxi (Ecuador) quien reportó valores de linfocitos en 81.49 %, cabe resaltar que estos valores estarían entre los valores referenciales citados por Rozas (2020), de manera similar Cárdenas (2019) en Cotopaxi (Ecuador) también en truchas arco iris silvestres reportaron valores de 78.49% de linfocitos superando a los obtenidos en el presente estudio.

Los bajos porcentajes de linfocitos en sangre de juveniles de trucha arco iris, se deberían a que los peces presentan actualmente un bajo sistema defensivo, en razón de que son los encargados de las reacciones inmunes de defensa que los peces poseen frente a diferentes patógenos (Olabuenaga, 2000), asimismo son los encargados de biosintetizar los interferones, moléculas antivirales importantes (Graham y Secombes 1990a), los cuales fueron demostradas mediante la estimulación *in vitro* e *in vivo* frente a virus (Rogel et al. 1993) o mediante la estimulación de activadores sintéticos (Tangelsen et al. 1991) o por mitógenos (Graham et al. 1990b), pero no siendo virus específico (Johnson et al. 1994); en la actualidad se afirma que los interferones se origina por la expresión de genes de citoquinas como el IFN y la eritropoyetina que presentan los linfocitos (Secombes et al. 1999).

Los peces evaluados en el presente estudio poseerían un sistema inmune disminuido, ya que ante una infección la producción de anticuerpos, los linfocitos no se transformarían en células plasmáticas y éstas últimas cumplen esa función, por tanto, son las principales biosintetizadoras de inmunoglobulinas (Fange, 1992). En la investigación se registró una alta heterofilia y una linfopenia, ante ello concuerda con lo mencionado por Rozas (2020), quien indica que una heterofilia frecuentemente se asocia con



linfopenias, por tanto, los peces muestreados estarían sufriendo estrés, siendo relacionado con lo determinado en el salmón Coho, donde se encontró altos niveles de heterofilia en enfermedades producidas por el virus ISA, presentándose inclusive desviación a la izquierda con heterófilos basiliiformes e inmaduros.

Los porcentajes de monocitos en los juveniles de trucha arco hembras y machos evaluados en la presente investigación fueron de 0.83 % a 0.80 %, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Buenaño (2010) quien obtuvo promedios de 5.08 % de monocitos en hemogramas de juveniles de trucha, así como también frente a los mencionados por Yanguicela (2018) quien en truchas silvestres mencionan 8.36 % de monocitos; a su vez de similar forma fueron inferiores a los peces silvestres de trucha establecidos por Cárdenas (2019) quien encontró 6.03 % de monocitos. Y fueron muy inferiores a los reportados por Sáez et al. (2018) quien en pejerrey del mar encontró valores de 10.60 %.

En la investigación los monocitos estuvieron entre los valores referenciales, pero hubo casos previos que los excedieron ampliamente, según Rozas (2020), un incremento en los porcentajes o monocitosis estaría relacionada con una respuesta inflamatoria como la reacción a un agente infeccioso, ya que producirían la lisozima que es una proteína enzimática mucolítica y actividad antimicrobianas en peces de agua dulce y de mar (Lie et al., 1989), degradando los mucopolisacáridos de las paredes celulares bacterianas en especial sobre Gram positivas originando la lisis (Ellis, 1990); pero sus cantidades pueden variar según los cambios estacionales o sexuales en muchas especies (Olabuenaga, 2000).

Los eosinófilos en los hemogramas de juveniles de trucha arco iris, también se encontraron entre los valores referenciales, estos resultados fueron superados por los reportados por Sáez et al. (2018), quienes en pejerrey del mar (*Odontesthes regia*)



establecieron cifras de 18.1 %; sin embargo, Cárdenas (2019) en Ecuador, en truchas silvestres determinaron valores nulos (0.00 %).

Los porcentajes de eosinófilos, mayoritariamente presentaron 0.00 % de frecuencia, conjuntamente con los heterófilos, intervienen sobre las respuestas inflamatorias; pero no son fagocíticos y se conoce muy poco sobre sus funciones. Los eosinófilos están clasificados dentro de los granulocitos (heterófilos, eosinófilos y basófilos), en los peces se desconoce su interpretación, por lo que sus alteraciones en los hemogramas de sangre periférica pueden resultar difícil. Una heterofilia relativamente se asocia con respuesta al estrés en peces, así como ante una infección ISA, desencadenando células con desviación a la izquierda con heterófilos basiliformes e inmaduros con valores de eosinófilos (Rozas, 2020).

Los resultados de hemoglobina determinados en hembras y machos juveniles de trucha arco iris fueron entre 25.13 g/l y 26.25 g/l, respectivamente, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Bastardo et al. (1992) quien en Mérida (Venezuela) reportaron valores de 82.40 g/l de hemoglobina en truchas arco iris a una altitud de 2300 msnm; a pesar de que los peces se presentaban con fisiología normal, según Bastardo et al. (2006), los valores de hemoglobina no representarían afección alguna ya que fueron similares en diferentes condiciones hepáticas, a pesar de ello estarían propensos a algunos trastornos fisiológicos ya que es la molécula que transfiere oxígeno a todos los tejidos del organismo. Asimismo, fueron superados ampliamente por los resultados obtenidos por Buenaño (2010) quien en Napo (Ecuador) en juveniles de trucha arco iris mencionaron valores de 113.90 g/l de hemoglobina en dichos peces.

Por otro lado, en juveniles de salmón del Atlántico, Jaramillo et al. (2016) en Los Lagos (Chile) reportan valores de hemoglobina de 97.00 g/l; sin embargo, Meléndez



(2018) en Apurímac (Perú) evaluaron la salud de la trucha arco iris con oscilaciones entre 41.00 g/l y 44.00 g/l, a pesar de superar a los valores obtenidos en la investigación se encuentran por debajo de los valores referenciales de 44.70 % – 95.99 % (Rozas, 2020); pero superan a los valores reportados por Cárdenas (2019) quien reporta cifras de hemoglobina de 13.07 g/l en truchas arco iris silvestre.

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, los peces juveniles de trucha arco iris al poseer bajos niveles de hemoglobina, se afirmarían que los peces vendrían sufriendo un proceso de anemia, asimismo estarían padeciendo de una deficiencia en la capacidad osmoreguladora que padecen los peces a continuación de un estrés agudo, originado frecuentemente por una infección (Cardwell y Smith, 1971), como los agentes virales, tal como se observó en *Oncorhynchus keta* quienes fueron infectados por el virus de la necrosis eritrocítica y resultaron con bajos valores de hemoglobina (Haney et al., 1992), en el caso del presente estudio se afirmarían de que los peces sufrirían alguna infección bacteriana, como lo menciona Rehulka (2002), quien al infectar a *Oncorhynchus mykiss* con *Aeromonas hydrophila*, los peces disminuyeron sus niveles de hemoglobina. Al respecto del tema de discusión Tomasso (1986) afirma que los valores de hemoglobina disminuirían a causa de la toxicidad del nitrito en los juveniles de trucha arco iris, dicha molécula oxida la hemoglobina a metahemoglobina, consecuentemente se reduce la capacidad de transportar el oxígeno, lo que conduciría a una anemia microcítica a causa de un trastorno en la síntesis de hemoglobina ante la carencia de oxígeno en la sangre.

Los porcentajes de hematocrito (42.00 % a 44.00 %) obtenidos en la investigación superan las cifras referencia de 40.00 % (Boyaca y Azula, 2008), dichos resultados fueron superiores a los obtenidos por Bastardo et al. (1992) quienes en Mérida (Venezuela) en truchas arco iris mencionan valores de 33.73 %, los bajos niveles de hematocrito serían



indicadores que los peces padecerían trastornos como tumores y manchas patológicas (Bastardo et al., 2006). Por otro lado, fueron superados por los resultados registrado por Buenaño (2010) quien en Napo (Ecuador) al evaluar juveniles de trucha arco iris tuvieron valores de hematocrito de 58.96 %.

A pesar que, tanto hembras y machos juveniles de trucha arco iris, presentaron valores de hematocrito superiores a los recomendados por Boyaca y Azula (2008), según Val et al. (1992), manifiesta que las cifras de hematocrito, hemoglobina y el recuento de glóbulos rojos se relacionan con muchos factores en la fisiología de los peces, como en el caso de los peces dulceacuícolas que poseen una alta afinidad por el oxígeno, a diferencia de los peces marinos; por otro lado, los machos juveniles al poseer un tamaño mayor y poseer mayor actividad, requerirían elevadas proporciones de oxígeno que las hembras (Pérez y Moodle, 1983).

De similar forma, Mayares y Pérez (1984) reafirman que las cifras de hematocrito tienen relación con las actividades de los peces, así como con su hábitat, las truchas juveniles siendo peces dulceacuícolas presentan un mayor hematocrito que los peces marinos; asimismo, a mayor actividad de los peces, se observa que los eritrocitos son relativamente más pequeños y en mayor número, incrementando la eficiencia en el intercambio de gases gracias a la mayor relación de superficie/volumen, razón por la cual se cuenta con la hipótesis de que se constituye en un mecanismo de adaptación empleado por muchas especies para lograr un mejor transporte del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua.

Respecto a los valores de hematocrito en juveniles de trucha arco iris, este índice hematológico deriva directamente del número de eritrocitos y la proporción de hemoglobina, la cual varía de una especie a otra y dependerá de la concentración de CO₂,



el sexo, la concentración de oxígeno disuelto, los niveles de actividad, así como del estado fisiológico de los peces (Bastardo y Díaz, 2004). Los juveniles machos presentaron el mayor hematocrito a comparación con las hembras, lo cual es corroborado por Mulcahy (1970) al encontrar similares resultados en la especie *Esox lucius*, Ezzat et al. (1974) reportó en tilapia zilli, Siddiquis y Nasseem (1979) registraron para la especie *Labeo rohita*, John y Majan (1979) para *Salmo trutle* y Sarasquete (1984) en los valores de hematocrito de *Halobatrachus didactylus*. Según Ganong (1975), los mayores valores de hematocrito en machos se deberían al efecto estimulador de los andrógenos en la eritropoyesis, quien modula la biosíntesis de eritropoyetina y suplementada en juveniles debido a la hormona del crecimiento.

A pesar de que los individuos juveniles machos de trucha arco iris presentaron un mayor promedio en cifras de hematocrito, pero sin presentar diferencia estadística significativa, se rechaza la hipótesis planteada que afirmaba que el hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) varían según sexo de los peces.

Después de todo lo analizado, se puede afirmar que ante los elevados recuentos de glóbulos blancos en los juveniles de trucha arco iris, estos peces se vendrían sufriendo algún proceso de infección microbiana, lo cual se corrobora con los elevados porcentajes de heterófilos y bajos niveles de linfocitos, por otro lado, los bajos niveles de hemoglobina, brindarían valiosa información de que es probable que no estén siendo bien alimentadas y requerirían de una mejora nutrición. Con todos estos parámetros se afirma que los peces estarían sufriendo algún tipo de estrés ya sea debido a las características de su hábitat acuático como también por la disposición de alimentos que reciben.

4.2 PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb) SEGÚN EL PESO

Tabla 6

Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según peso.

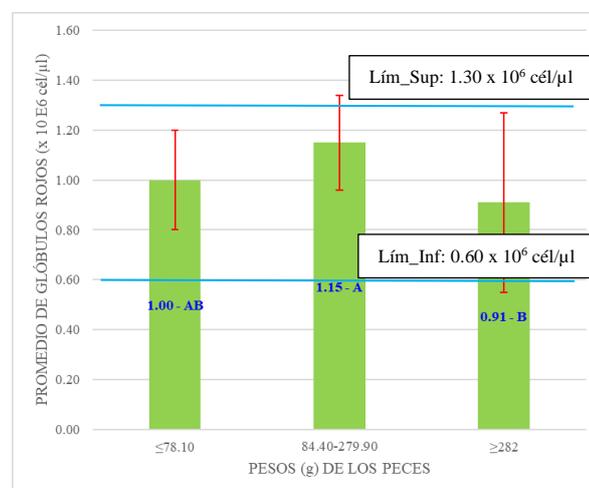
Parámetro hematológico	Peso (g)	N	Promedio	CV (%)	Valor mínimo	Valor máximo
Recuento de glóbulos rojos (x10 ⁶ cél/μl)	≤ 78.10	13	1.00	20.32	0.78	1.42
	84.40 – 279.90	25	1.15	16.69	0.75	1.71
	≥ 282.00	12	0.91	39.32	0.11	0.15
Rango referencial: 0.6 x 10 ⁶ cél/μl – 1.3 x 10 ⁶ cél/μl (Rozas, 2020).						
Recuento de glóbulos blancos (cél/μl)	≤ 78.10	13	28261.54	25.28	19400.00	42000.00
	84.40 – 279.90	25	24696.00	21.55	17000.00	35800.00
	≥ 282.00	12	34825.00	17.81	24000.00	47200.00
Rango referencial: 6544.00 – 24149.00 cél/μl (Rozas, 2020).						
Hemograma – Heterófilos (%)	≤ 78.10	13	68.46	18.54	47.00	94.00
	84.40 – 279.90	25	73.72	11.24	51.00	89.00
	≥ 282.00	12	73.67	8.07	60.00	82.00
Rango referencial: 15.00 % – 30.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Linfocitos (%)	≤ 78.10	13	32.92	27.68	22.00	51.00
	84.40 – 279.90	25	26.32	26.52	18.00	46.00
	≥ 282.00	12	27.42	17.76	22.00	40.00
Rango referencial: 68.00 % – 86.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma Monocitos (%)	≤ 78.10	13	0.90	43.84	0.71	1.87
	84.40 – 279.90	25	0.78	37.20	0.71	1.58
	≥ 282.00	12	0.82	34.18	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 % – 3.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma Eosinófilos (%)	≤ 78.10	13	0.92	37.97	0.71	1.58
	84.40 – 279.90	25	0.80	36.24	0.71	1.58
	≥ 282.00	12	0.87	34.74	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 % – 1.00 % (Rozas, 2020).						
Hemoglobina (g/l)	≤ 78.10	13	22.41	14.94	17.00	26.90
	84.40 – 279.90	25	28.51	20.78	17.30	44.00
	≥ 282.00	12	22.43	39.46	13.60	41.00
Rango referencial: 44.70 – 95.00 g/l (Rozas, 2020).						
Hematocrito (%)	≤ 78.10	13	34.00	11.83	27.00	37.00
	84.40 – 279.90	25	48.00	13.91	38.00	58.00
	≥ 282.00	12	41.00	23.10	30.00	59.00
Rango referencial: 40.00 % (Boyaca y Azula, 2008).						

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se presentan los recuentos de glóbulos rojos con promedios de 1.00×10^6 cél/ μl y valores que oscilaron de 0.78×10^6 cél/ μl y 1.42×10^6 cél/ μl en individuos juveniles menores o iguales a 78.10 g de peso, 1.15×10^6 cél/ μl con valores que fluctuaron entre 0.75×10^6 cél/ μl y 1.71×10^6 cél/ μl en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y 0.91×10^6 cél/ μl en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados se ubicaron dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.60×10^6 cél/ μl a 1.30×10^6 cél/ μl (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación variaron entre 16.69 % y 39.32 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 10).

Figura 10

Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μl) según peso en juveniles de trucha arco iris.



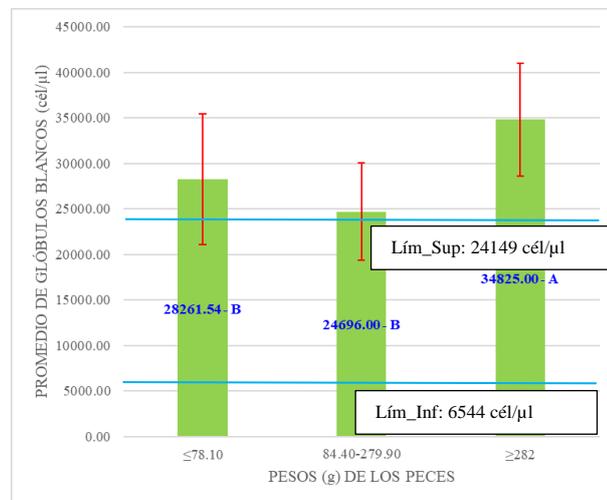
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de glóbulos rojos en individuos juveniles de trucha arco iris de los tres grupos de peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.50$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0163$) en razón de que el p -valor resultó ser menor a 0.05 y los mayores promedios se establecieron en peces de 84.40 g a 279.90 g (Tabla 9 – Anexos).

Según la diferencia del peso, los juveniles de trucha presentaron promedios de recuento de glóbulos blancos de 28261.54 cél/ μ l con valores que oscilaron de 19400.00 cél/ μ l y 42000.00 cél/ μ l en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 24696.00 cél/ μ l con valores que fluctuaron de 17000.00 cél/ μ l y 35800.00 cél/ μ l en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y 34825.00 cél/ μ l con una variación entre 24000.00 cél/ μ l y 47200.00 cél/ μ l en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados sobrepasaron los rangos de referencia para truchas juveniles de 6544.00 cél/ μ l a 24149.00 cél/ μ l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación variaron entre 17.81 % y 25.28 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 11).

Figura 11

Promedios de recuentos de glóbulos blancos (cél/ μ l) según peso en juveniles de trucha arco iris.



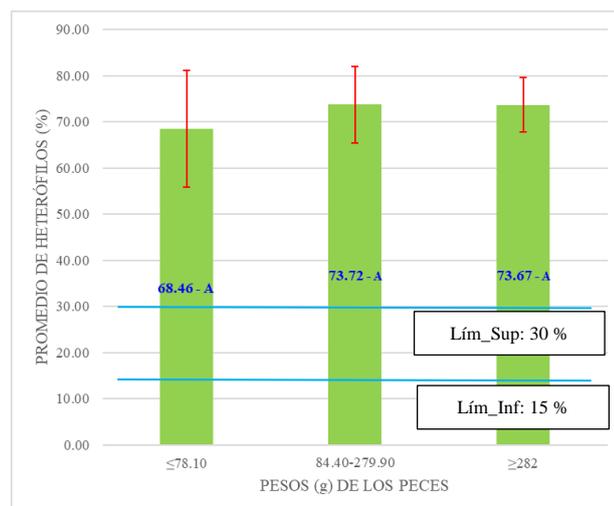
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de glóbulos blancos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que presentaron diferencia estadística significativa ($F=11.41$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0001$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser menor a 0.05, obteniéndose mayor promedio de glóbulos blancos en peces mayores e iguales a 282.00 g (Tabla 9 – Anexos).

Los juveniles de trucha presentaron promedios de recuento de heterófilos de 68.46 % con valores que oscilaron de 47.00 % y 94 % en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 73.72 % con valores que variaron de 51.00 % y 89.00 % en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y de 73.67 % con una fluctuación entre 60.00 % y 82.00 % en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados sobrepasaron los rangos de referencia para truchas juveniles de 15.00 % a 30.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación variaron entre 8.07 % y 18.54 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 12).

Figura 12

Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.



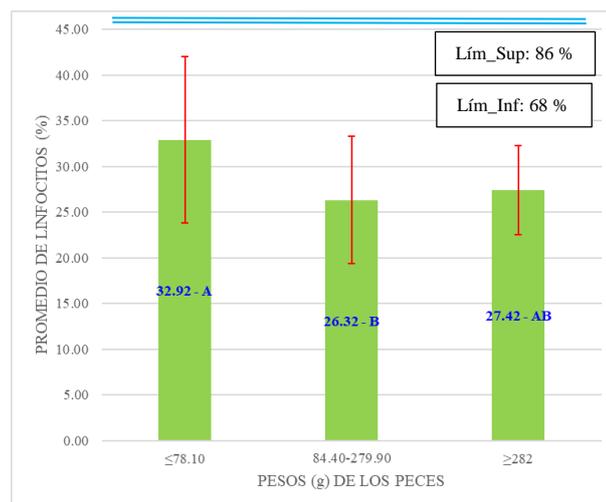
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de heterofilos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que no presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.56$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.2198$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 9 – Anexos).

Por otro lado, los linfocitos en juveniles de trucha presentaron promedios de recuento de 32.92 % con valores que oscilaron de 22.00 % y 51.00 % en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 26.32 % con valores que variaron de 18.00 % y 46.00 % en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y de 27.42 % con una fluctuación entre 22.00 % y 40.00 % en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados se encuentran por debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 68.00 % a 86.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 17.76 % y 27.68 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 13).

Figura 13

Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.



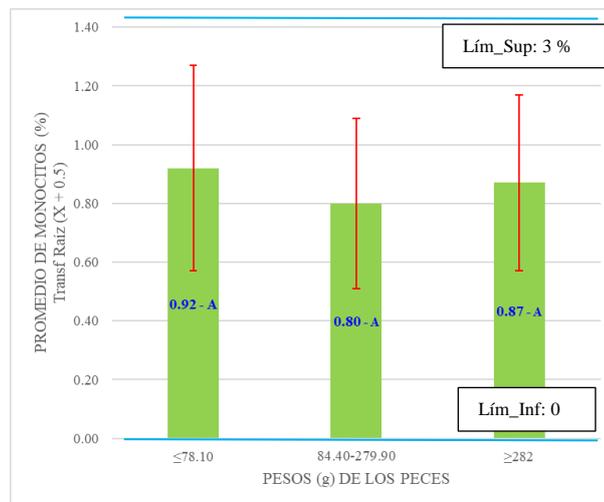
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de linfocitos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que si presentaron diferencia estadística significativa ($F=3.73$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0314$) en razón de que el p -valor resultó ser menor a 0.05, con el mayor promedio en peces menores o iguales a 78.10 g (Tabla 9 – Anexos).

Asimismo, los monocitos en juveniles de trucha resultaron con promedios de 0.90 % con valores que oscilaron de 0.71 % y 1.87 % en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 0.78 % con valores que variaron de 0.71 % y 1.58 % en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y de 0.82 % con una fluctuación entre 0.71 % y 1.58 % en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % a 3.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 34.18 % y 43.84 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones moderadas respecto a su promedio (Figura 14).

Figura 14

Promedios de porcentajes de monocitos (%), $Tranf\ Raíz [X+0.5]$ según peso en juveniles de trucha arco iris.



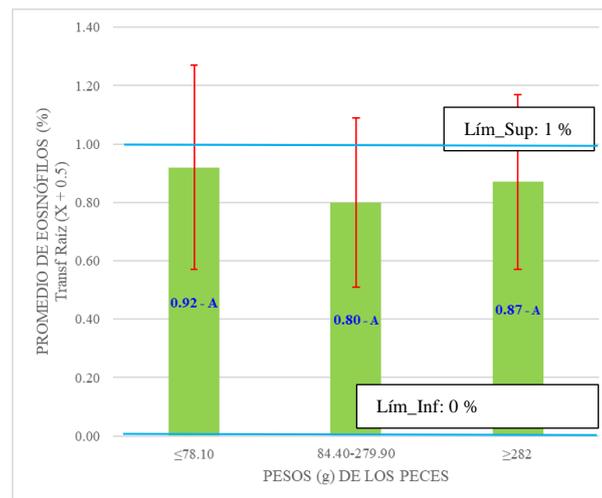
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de monocitos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.75$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.4791$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 9 – Anexos).

Igualmente, los eosinófilos en juveniles de trucha resultaron con promedios de 0.92 % en individuos menores o iguales a 78.10 g, 0.80 % en individuos entre 84.40 g y 249.90 g, y de 0.87 % en individuos mayores a 282.00 g de peso, todos los grupos con cifras entre 0.71 % y 1.58 %. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % a 1.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 34.74 % y 37.97 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones moderadas respecto a su promedio (Figura 15).

Figura 15

Promedios de porcentajes de eosinófilos (%), $\text{Tranf Raíz } [X+0.5]$ según peso en juveniles de trucha arco iris.



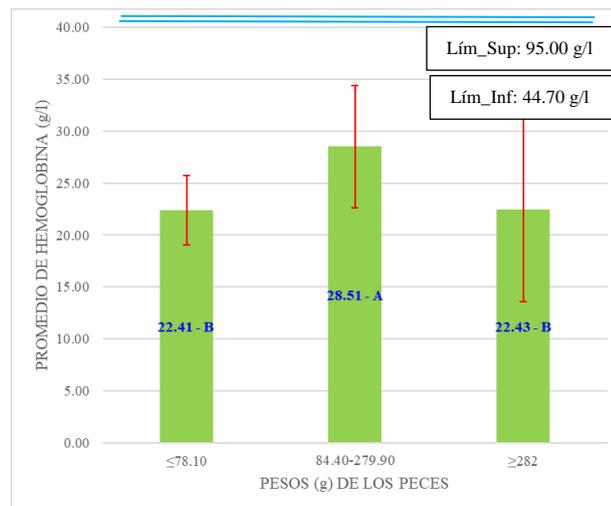
Fuente: Elaboración propia.

Los recuentos de eosinófilos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultó que no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.76$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.4756$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 21 – Anexos).

Por otro lado, los valores de hemoglobina en juveniles de trucha resultaron con promedios de 22.46 g/l con valores que oscilaron de 17.00 g/l y 26.90 g/l en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 28.51 g/l con valores que variaron de 17.30 g/l y 44.00 g/l en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y de 22.43 g/l con una fluctuación entre 13.60 g/l y 41.00 g/l en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados se ubicaron por debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 44.70 g/l a 95.00 g/l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 14.94 % y 39.46 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 16).

Figura 16

Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según peso en juveniles de trucha arco iris.



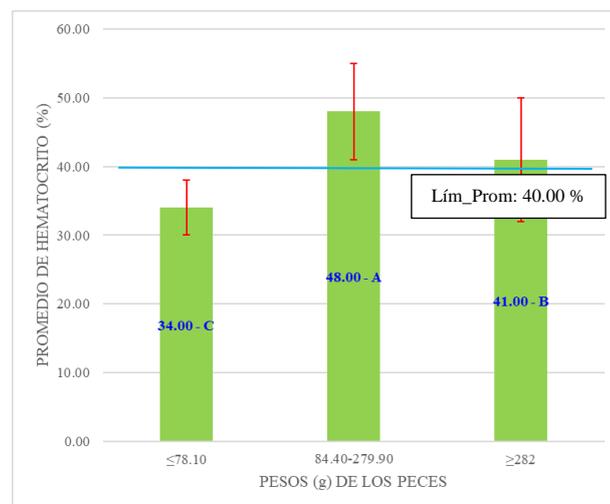
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de hemoglobina en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultaron con diferencia estadística significativa ($F=5.93$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0051$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser menor a 0.05, con promedios mayores en juveniles de 84.40 g a 279.90 g (Tabla 9 – Anexos).

Los valores de hematocrito en juveniles de trucha resultaron con promedios de 34.00 % con valores que oscilaron de 27.00 % y 37.00 % en individuos menores o iguales a 78.10 g de peso, 48.00 % con valores que variaron de 38.00 % y 58.00 % en individuos de 84.40 g y 249.90 g, y de 41.00 % con una fluctuación entre 30.00 % y 59.00 % en individuos mayores a 282.00 g de peso. Estos resultados se encuentran sobre los rangos de referencia para truchas juveniles de 40.00 %, excepto en el grupo de menor peso (Boyaca y Azula, 2008). Los coeficientes de variación oscilaron de 11.83 % y 23.10 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 17).

Figura 17

Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según peso en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de hematocrito en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su peso, luego de realizar el análisis de varianza resultaron con diferencia estadística significativa ($F=18.99$; $gl=2$; $p\text{-valor}<0.0001$) en razón de que el p-valor resultó ser menor a 0.05, donde el mayor promedio en juveniles fue 84.40 g y 279.90 g (Tabla 23 – Anexos).



Los valores hematológicos registrados en la presente investigación, indican que los juveniles de trucha arco iris estarían sufriendo efectos intrínsecos y extrínsecos, en razón de que los recuentos de glóbulos blancos en individuos de mayor peso (≥ 282.00 g) por otro lado, los peces de menor y mayor peso presentaron bajos niveles de hemoglobina, asimismo, los heterófilos estuvieron elevados y los linfocitos disminuidos. Ante esta situación, Centeno et al. (2007), corrobora indicando que las características sanguíneas ofrecen información para el diagnóstico o pronóstico de morbilidad en una población de peces, identifica situaciones de estrés y representa una herramienta fundamental en el control de enfermedades con la finalidad de mantener una salud óptima en estos organismos.

Sin embargo, también es probable que los resultados hematológicos en juveniles de trucha arco iris a pesar de tener el mismo tiempo de vida, los peces de mayor peso son los que tuvieron los mayores promedios en los parámetros hematológicos y los menores promedios en los peces más pequeños, dichas variaciones se deberían al estrés que sufren después de la captura, afectando los valores de hemoglobina y las proteínas plasmáticas (Salazar et al., 2011), asimismo, servirían para diagnosticar enfermedades y monitorear la fisiología y la sanidad de los peces, como es el caso de los parásitos (Soberon et al., 2014).

De manera adicional, las alteraciones hematológicas pueden darse debido a las variaciones en las condiciones ambientales como el nivel de oxígeno disuelto, la salinidad y la temperatura, por otro lado, los individuos de mayor tamaño y por lo tanto mayor peso, presentaron valores hematológicos superiores, lo cual es reafirmado por Harding y Hoglund (1983) quienes indican que el crecimiento de los peces afecta dichos parámetros; también es alterado por la maduración gonadal, el sexo (Sarasquete, 1984), el estrés (Cameron y Foster, 1990) y muchas patologías (Silveria et al., 1990).



En tal sentido, se acepta la hipótesis planteada (Ha), el cual afirmaba que los recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) varían según el peso de los peces, estas diferencias se determinaron en los recuentos de glóbulos rojos, valores de hemoglobina y hematocrito.

Luego de realizar la interpretación de los valores hematológicos en individuos juveniles de trucha arco iris, al clasificarlos por pesos calculados según cuartiles, se ha determinado que generalmente los de mayor peso fueron los que presentaron mayores recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemoglobina y hematocrito, respecto a aquellos que poseen menores pesos; de todos los únicos que resultaron preocupantes fueron los recuentos de glóbulos blancos en individuos con pesos ≥ 282.00 ya que estuvieron elevados, asimismo los individuos con pesos ≤ 78.10 presentaron valores bajos de hemoglobina, según los valores de referencia, constituyéndose en una preocupación para los truchicultores, ya que estarían propensos a infecciones y mala alimentación.

4.3 PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) SEGÚN LA LONGITUD ESTÁNDAR

Tabla 7

Análisis descriptivo de los parámetros hematológicos de juveniles de trucha arco iris según longitudes estándar.

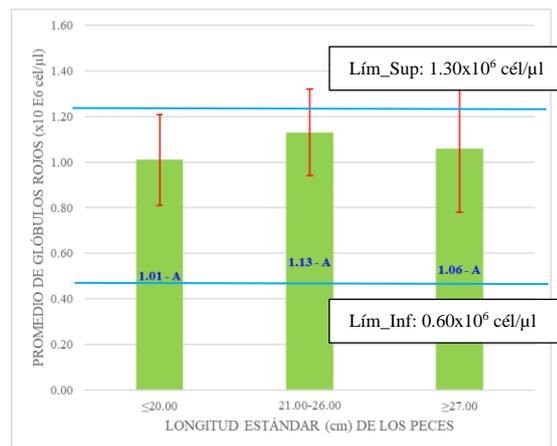
Parámetro hematológico	Longitud estándar (cm)	n	Promedio	CV (%)	Valor mínimo	Valor máximo
Recuento de glóbulos rojos (x10 ⁶ cél/μl)	≤ 20	13	1.01	20.32	0.78	1.42
	21-29	24	1.13	17.12	0.75	1.71
	≥ 30	13	1.06	26.34	0.70	1.50
Rango referencial: 0.6 x 10 ⁶ cél/μl – 1.3 x 10 ⁶ cél/μl (Rozas, 2020).						
Recuento de glóbulos blancos (cél/μl)	≤ 20	13	28261.54	25.28	19400.00	42000.00
	21-29	24	24733.33	21.73	17000.00	35800.00
	≥ 30	13	33976.92	19.92	21200.00	47200.00
Rango referencial: 6544.00 – 24149.00 cél/μl (Rozas, 2020).						
Hemograma – Heterófilos (%)	≤ 20	13	68.46	18.54	47.00	94.00
	21-29	24	74.42	10.79	51.00	89.00
	≥ 30	13	72.38	9.09	60.00	82.00
Rango referencial: 15.00 – 30.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Linfocitos (%)	≤ 20	13	30.62	40.48	6.00	51.00
	21-29	24	25.21	29.75	10.00	46.00
	≥ 30	13	26.31	24.21	18.00	40.00
Rango referencial: 68.00 – 86.00 % (Rozas, 2020).						
Hemograma – Monocitos (%)	≤ 20	13	0.90	43.84	0.71	1.87
	21-29	24	0.79	28.40	0.71	1.58
	≥ 30	13	0.81	33.32	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 – 3.00 (Rozas, 2020).						
Hemograma – Eosinófilos (%)	≤ 20	13	0.92	37.97	0.71	1.58
	21-29	24	0.81	29.67	0.71	1.58
	≥ 30	13	0.85	34.13	0.71	1.58
Rango referencial: 0.00 – 1.00 (Rozas, 2020).						
Hemoglobina (g/l)	≤ 20	13	22.41	14.94	17.00	26.90
	21-29	24	27.99	23.48	15.80	44.00
	≥ 30	13	23.87	35.63	13.60	41.00
Rango referencial: 44.70 – 95.00 g/l (Rozas, 2020).						
Hematocrito (%)	≤ 20	13	33.69	11.83	27.00	37.00
	21-29	24	47.38	14.96	36.00	58.00
	≥ 30	13	42.77	22.77	30.00	59.00
Rango referencial: 40.00 % (Boyaca y Azula, 2008).						

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, se visualiza los resultados promedio de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha según la longitud estándar, donde los recuentos de glóbulos rojos fueron de 1.01×10^6 cél/ μ l con valores que oscilaron de 0.78×10^6 cél/ μ l y 1.42×10^6 cél/ μ l en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 1.13×10^6 cél/ μ l con valores que variaron de 0.75×10^6 cél/ μ l y 1.71×10^6 cél/ μ l en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 1.06×10^6 cél/ μ l con una fluctuación entre 0.70×10^6 cél/ μ l y 1.50×10^6 cél/ μ l en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.6×10^6 cél/ μ l y 1.3×10^6 cél/ μ l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 17.12 % y 26.34 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 18).

Figura 18

Promedios de recuentos de glóbulos rojos ($\times 10^6$ cél/ μ l) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

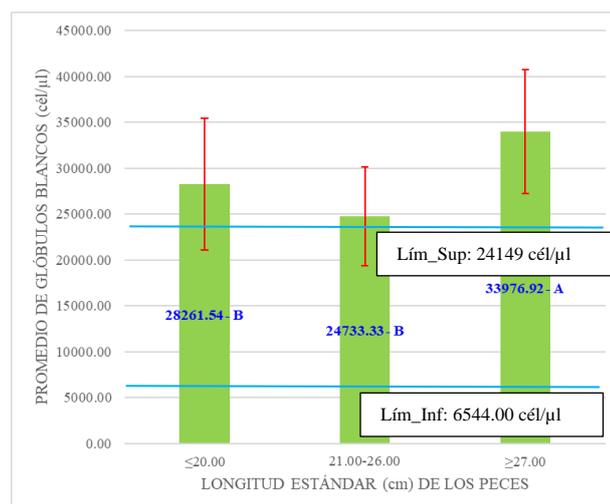
Los recuentos de glóbulos rojos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza

resultaron sin diferencia estadística significativa ($F=1.31$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.2800$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 10 – Anexos).

Los recuentos de glóbulos blancos fueron de 28261.54 $\text{cél}/\mu\text{l}$ con valores que oscilaron de 19400.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ y 42000.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 24733.33 $\text{cél}/\mu\text{l}$ con valores que variaron de 17000.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ y 35800.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 33976.92 $\text{cél}/\mu\text{l}$ con una fluctuación entre 21200.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ y 47200.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 6544.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ y 24149.00 $\text{cél}/\mu\text{l}$ (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 19.92 % y 25.28 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 19).

Figura 19

Promedios de recuentos de glóbulos blancos ($\text{cél}/\mu\text{l}$) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

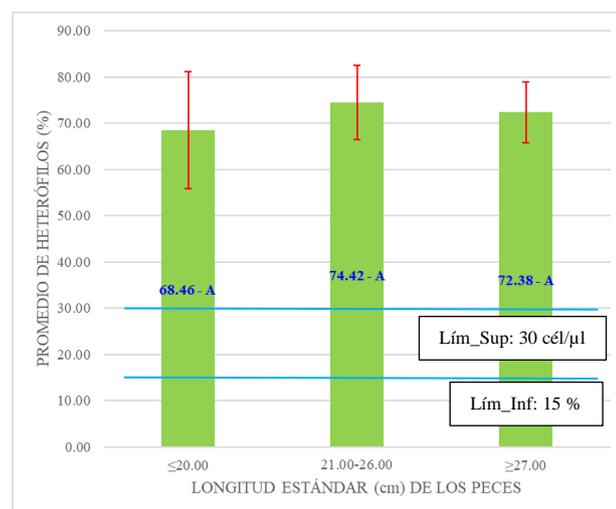
Los recuentos de glóbulos blancos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza

resultaron con diferencia estadística significativa ($F=9.28$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0004$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser menor a 0.05, donde el mejor recuento de glóbulos rojos se determinó en juveniles mayores a igual 30 cm (Tabla 10 – Anexos).

Los porcentajes promedio de heterófilos fueron de 68.46 % con valores que oscilaron de 47.00 % y 94.00 % en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 74.42 % con valores que variaron de 51.00 % y 89.00 % en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 72.38 % con una fluctuación entre 60.00 % y 82.00 % en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados superan los rangos de referencia para truchas juveniles de 15.00 % y 30 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 9.09 % y 18.54 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 20).

Figura 20

Promedios de porcentajes de heterófilos (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

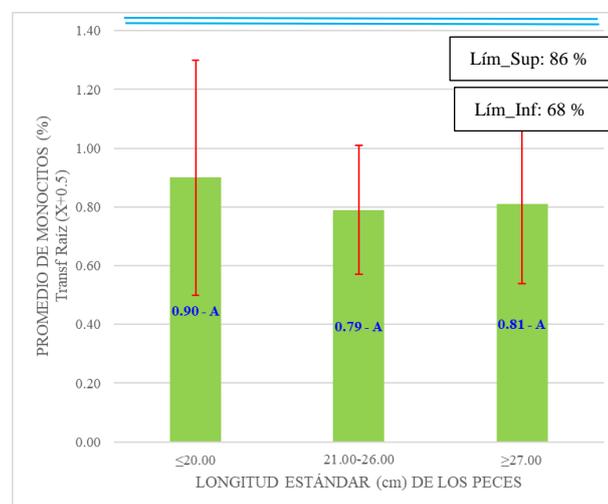
Los porcentajes de heterófilos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza no

presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.79$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.1787$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 10 – Anexos).

Los porcentajes promedio de linfocitos fueron de 30.62 % con valores que oscilaron de 6.00 % y 51.00 % en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 25.21 % con valores que variaron de 10.00 % y 46.00 % en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 26.31 % con una fluctuación entre 18.00 % y 40.00 % en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 68.00 % y 86.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 24.21 % y 40.48 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 21).

Figura 21

Promedios de porcentajes de linfocitos (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

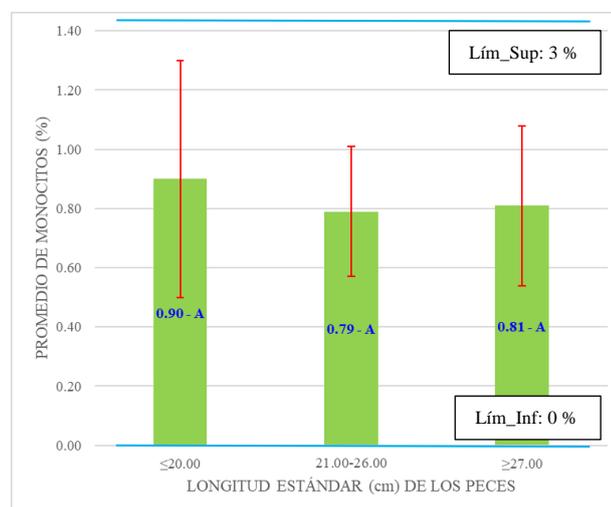
Los porcentajes de linfocitos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza no

presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.64$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.2051$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 10 – Anexos).

Los porcentajes promedio de monocitos fueron de 0.90 % con valores que oscilaron de 0.71 % y 1.87 % en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 0.79 % con valores que variaron de 0.71 % y 1.58 % en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 0.81 % con una fluctuación entre 0.71 % y 1.58 % en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % y 3.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 28.40 % y 43.84 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 22).

Figura 22

Promedios de porcentajes de monocitos (% , Trans Raíz $[X+0.5]$) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

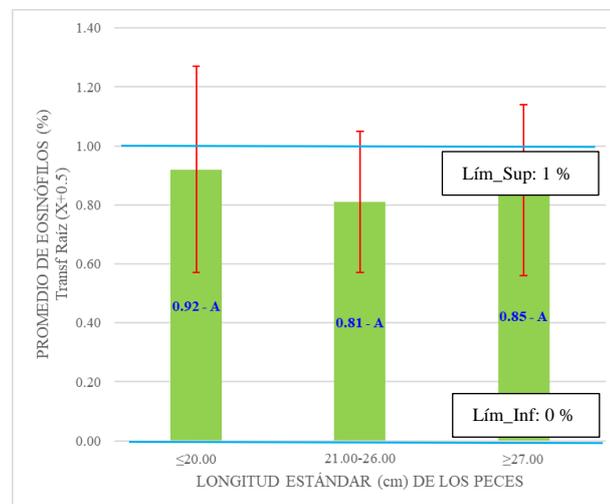
Los porcentajes de monocitos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza no

presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.71$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.4977$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 10 – Anexos).

Los porcentajes promedio de eosinófilos fueron de 0.92 % en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 0.81 % en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 0.81 % en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar, en los tres grupos varían de 0.71 cm y 1.58 cm. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de referencia para truchas juveniles de 0.00 % y 1.00 % (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 29.67 % y 37.97 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 23).

Figura 23

Promedios de porcentajes de eosinófilos (% Trans Raíz $[X+0.5]$) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



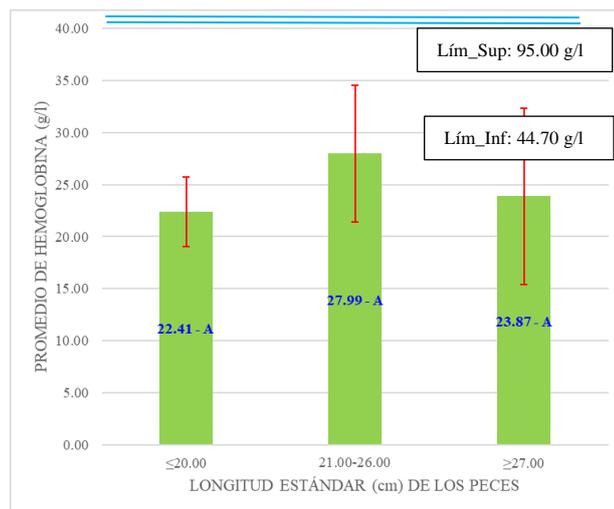
Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de eosinófilos en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.67$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.5170$) en razón de que el p -valor resultó ser mayor a 0.05 (Tabla 10 – Anexos).

Los valores promedio de hemoglobina fueron de 22.41 g/l con valores que oscilaron de 17.00 g/l y 26.90 g/l en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 27.99 g/l con valores que variaron de 15.80 g/l y 44.00 g/l en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 23.87 g/l con una fluctuación entre 13.60 g/l y 41.00 g/l en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran por debajo de los rangos de referencia para truchas juveniles de 44.70 g/l y 95.00 g/l (Rozas, 2020). Los coeficientes de variación oscilaron de 14.94 % y 35.63 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas y moderadas respecto a su promedio (Figura 24).

Figura 24

Promedios de valores de hemoglobina (g/l) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



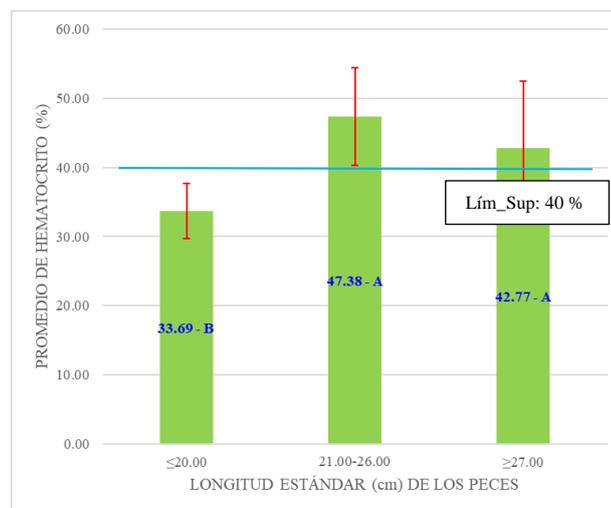
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de hemoglobina en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza presentaron diferencia estadística significativa ($F=3.62$; $gl=2$; $p\text{-valor}=0.0345$) en razón de que el p -valor resultó ser menor a 0.05, con mayores promedios en juveniles de 21.00 cm a 29.00 cm (Tabla 10 – Anexos).

Los porcentajes promedio de hematocrito fueron de 33.69 % con valores que oscilaron de 27.00 % y 37.00 % en individuos menores o iguales a 20.00 cm, 47.38 % con valores que variaron de 36.00 % y 58.00 % en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm, y de 42.77 % con una fluctuación entre 30.00 % y 59.00 % en individuos mayores o iguales a 30.00 cm de longitud estándar. Estos resultados se encuentran sobre los rangos de referencia para truchas juveniles de 40.00 % (Boyaca y Azula, 2008). Los coeficientes de variación oscilaron de 11.83 % y 22.77 %, indicando que los datos tuvieron dispersiones bajas respecto a su promedio (Figura 25).

Figura 25

Promedios de porcentajes de hematocrito (%) según longitud estándar en juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de hematocrito en individuos de los tres grupos de juveniles de trucha arco iris según su longitud estándar, luego de realizar el análisis de varianza presentaron diferencia estadística significativa ($F=14.93$; $gl=2$; $p\text{-valor}<0.0001$) en razón de que el $p\text{-valor}$ resultó ser menor a 0.05, donde los mayores promedios de hematocrito se determinaron en juveniles de 21.00 cm a 29.00 cm y de ≥ 30 cm (Tabla 10 – Anexos).



Los recuentos de glóbulos blancos variaron según la longitud estándar, lo cual concuerda con lo reportado por Cancino y Santos de Aráoz (2004), quienes afirman que las cifras de los recuentos leucocitarios pueden variar en individuos de una misma especie y entre diferentes especies, presentando como factores que influyen la edad, la madurez sexual, la concentración de oxígeno disuelto, la dieta, el linaje, la estación del año, el sexo, la madurez sexual, inclusive según los métodos de muestreo, tal como sucede en el pez ángel, asimismo, Örün y Erdemil (2002) mencionan que el pez *Capoeta trutta*, Örün et al. (2003) y Ranzani et al. (2003) reportan a *Alburnoides bipunctatus*, *Chalcalburnus mossulensis* y *Cyprinion macrostomus*, presentan el mayor número de monocitos en individuos de mayor tamaño, debido probablemente al incremento y proximidad del desarrollo gonadal y la actividad reproductiva, como también a los mecanismos de defensa frente a las infecciones parasitarias.

En la presente investigación los linfocitos sanguíneos en los peces evaluados fueron inferiores a los valores referenciales, lo cual concuerda con lo mencionado por Örün y Erdemil (2002) quienes encontraron que ante el incremento de la longitud estándar de *Capoeta trutta* conlleva a una disminución del recuento de linfocitos. Iannacone et al. (2006) por su parte, indica que en peces ángel de tamaño pequeño, presentaron incremento de linfocitos, en contraste Ranzani et al. (2003) indican que la longitud total de *Salminus maxillosus* no influyó sobre las variables hematológicas. Según Örün y Erdemil (2002), sugieren no anestésiar a los peces antes de tomar las muestras sanguíneas para realizar recuentos de leucocitos, ya que pudiera afectar los resultados, razón por la cual en la presente investigación los juveniles de trucha arco iris no fueron anestesiados.

Como se vino discutiendo en resultados de los anteriores objetivos, los parámetros hematológicos son variables según sexo, peso y longitudes estándar, y son una referencia



importante para el diagnóstico de procesos patológicos, pero determinada genéticamente, asimismo es influida por el ambiente donde viven (Cancino y Santos de Aráoz, 2004), por otro lado, las condiciones ambientales entre ellas el oxígeno, la salinidad, la temperatura, originan modificaciones fisiológicas en muchos parámetros sanguíneos (Landman et al., 2005), aunado al tamaño del pez, la malnutrición, la edad y las estacionales (Tavares-Dias et al., 2000).

Los peces en la presente investigación procedieron de jaulas flotantes presentes en la localidad de Ojherani, donde poseen influencia de la presencia de la contaminación por las aguas residuales procedentes de la bahía interior de Puno, estas condiciones de la calidad del agua, podrían ser las causantes de las variaciones entre los parámetros hematológicos, tal como lo confirma Chagas y Val (2003), quienes determinaron que las variaciones del hematocrito, los recuentos leucocitarios, el contenido de hemoglobina y los recuentos celulares, son indicadores de contaminación ambiental del agua donde habitan los peces, por lo que podrían presentarse cuadros de estrés crónico que origina leucopenia acompañado con linfopenia, neutrofilia y monocitopenia.

Se acepta la hipótesis planteada en el proyecto de tesis, donde se afirma que los parámetros hematológicos de recuentos de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemograma, hemoglobina y hematocrito en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) varían según la longitud estándar.

Con los resultados obtenidos y su correspondiente análisis se puede afirmar que las variables hematológicas en juveniles de trucha arco iris respecto a las longitudes estándar, presentaron diferencia estadística en muchos de los parámetros, siendo mayores en los individuos de mayor longitud estándar, según lo que se apreció *in situ*, las variaciones hematológicas estarían influidas por las condiciones ambientales donde



habitan las truchas, así como la exposición a los agentes infecciosos y la nutrición que recibían los peces, por lo que queda pendiente realizar dichos estudios.



V. CONCLUSIONES

- Los juveniles hembras y machos de trucha arco iris respectivamente, presentaron recuentos de glóbulos rojos de 1.09×10^6 cél/ μ l y 0.99×10^6 cél/ μ l, porcentajes de monocitos de 0.83 % y 0.80 % y eosinófilos de 0.86 % y 0.83 %, estando dentro de los rangos referenciales; los recuentos de glóbulos blancos fueron de 25942.86 cél/ μ l y 32980.00 cél/ μ l, los porcentajes de heterófilos de 72.34 % y 72.33 % y hematocrito de 42.00 % y 44.00%, siendo superiores a los rangos referenciales; los porcentajes de linfocitos fueron de 29.06 % y 26.53 % y la hemoglobina de 25.13 g/l y 26.25 g/l), ubicándose por debajo de las cifras referenciales, solo presentaron diferencia estadística los recuentos de glóbulos blancos, siendo mayor en machos que en hembras ($P < 0.05$).
- Los juveniles de trucha arco iris clasificados por pesos, presentaron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), siendo superiores, los recuentos de glóbulos rojos de 1.15×10^6 cél/ μ l, valores de hemoglobina de 28.51 g/l y hematocrito de 48.00 %, en individuos con pesos de 84.40 g y 279.00 g; los recuentos de glóbulos blancos de 34825.00 cél/ μ l, fue superior en el grupo de individuos con pesos mayores e iguales a 282.00 g, y los linfocitos fueron superiores en individuos con pesos menores o iguales a 78.10 g.
- Los juveniles de trucha arco iris clasificados por longitudes estándar, presentaron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), donde los recuentos de glóbulos blancos de 33976.92 cél/ μ l fueron superiores en individuos mayores o iguales a 30.00 cm; los valores de hemoglobina de 27.99 g/l, fueron superiores en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm; mientras tanto, el hematocrito fue superior en individuos de 21.00 cm a 29.00 cm con 47.38 % y en individuos mayores o iguales a 30 cm con 42.77 %.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de correlación entre los parámetros hematológicos y la presencia de ictiopatógenos en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) procedentes de las jaulas de crianza en el lago Titicaca.
- Realizar estudios de correlación entre los parámetros hematológicos y los niveles de contaminación del agua en jaulas de crianza de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walb) ubicados en el lago Titicaca.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaye, N. (1993). Hematología de atherinidos de agua dulce: género *Chirostoma* spp del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca México. Ciencia Pesquera. Vol. (10):97-109.
- Alaye, N. y Morales, J. (2010). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en el sistema cerrado de recirculación para acuicultura del *Chirostoma estor*. Informe técnico Laboratorio de Bioquímica y Sanidad Acuícola. CRIP-Pátzcuaro, INAPESCA. 10 p.
- Alaye, N. y Morales, J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles de pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán. México. Hidrobiológica. Vol. 23 (3): 340-347.
- Alaye, N., Hernández, J., Morales, J. y Sabanero, S. (2011). Parámetros metabólicos del pescado blanco *Chirostoma estor estor* de Pátzcuaro, Michoacán, México. Documento interno. CRIP-Pátzcuaro. INAPESCA. 24 p.
- Alaye, N., Hernández, J., Morales, J., Estrada, F. y Sabanero, S. (2009). Estudio del Sistema inmune del *Chirostoma estor* y su relación con factores intrínsecos y/o ambientales. Informe final de Investigación. CRIP-Pátzcuaro. INAPESCA. 22 p.
- Arteaga, C. (2018). Efecto de la inclusión dietaria de *Chlorella peruviana* sobre el crecimiento y sistema inmune de alevines de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”. Tesis de Bachiller. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8969>.
- Atencio V. (2000). Impactos de la hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. Rev. Temas Agrarios. Vol. 5 (9): 29-40.
- Atencio, S., Alfaro, R. y Mollocondo, H. (2009). Manual de importación y reincubación de ovas de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Puno, Perú. 58 p.
- Atencio, V., Genes, F., Madariaga, D. y Pardo, S. (2007). Hematología y Química sanguínea de juveniles de rubio (*Salminus affinis* Pisces: Characidae) del rio Sinu. Acta Biológica Colombiana. Vol. 12(S): 27-40.



- Atkinson, E y Judd, F. (1987). Comparative hematology of *Leponis microlophus* and *Cichlasoma cyanogutlatum*. Copeia. Vol. 2:230-237.
- Barandica, L. y Tort, L. (2008). Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Vol. 32 (123): 267-284.
- Barnhart, R. (1969). Effects of certain variables on haematological characteristics of rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc. 98:441-418.
- Bastardo, A. y Díaz, R. (2004). Parámetros hematológicos de la paragua, *Chaetodipterus faber* (Broussonet) (Pices: Ehippidae) en condiciones de cultivo. Zootecnia Tropical. Vol. 22 (4): 361-370.
- Bastardo, H., Coché Z., Salinas P. y Hernández I. (1992). Determinaciones hematológicas en trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, en Mérida, Venezuela. Rev. Veterinaria Trop. Vol. 17: 31-39.
http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/VeterinariaTropical/vt17/texto/hbastardo.htm.
- Bastardo, H., Scorza C. y Sofía S. (2006). Variables hematológicas y bioquímicas en la trucha arco iris, relacionadas con la condición hepática y la edad. Rev. Zootecnia Tropical. Vol. 24 (1): 1-15. <http://www.bioline.org.br/pdf?zt06001>.
- Bastardo, R. y Fonaiap. (1992). Estación Experimental Mérida, Venezuela.
- Boyaca, M. y Azula, G. (2008). Estandarización de valores hematológicos de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de altitud. Cultura Científica. p. 24 – 28.
<file:///C:/Users/UNAP/Downloads/admin,+Articulo+4+pp+24-29.pdf>.
- 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. Vol. 6: 1-14.
[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1426-5000-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1426-5000-1-PB%20(3).pdf).
- Cameron, J y Foster, C. (1990). Summer stress investigation. Aquanote N° 21. Salmon Enterprises of Tasmania (SALTAS). Research Division.



- Cancino, F. y Santos De Aráoz, V. (2004). Parámetros hematológicos de *Astyanax abramis* (Jenyns, 1842) (Characiformes, Characidae) del embalse Río Hondo, Santiago del Estero-Tucumán. Acta Zoológica Lilloana. Vol. 48: 81-89.
- Cárdenas, C. (2019). Caracterización del perfil hematológico y bioquímico de la trucha silvestre ecuatoriana en la provincia de Cotopaxi. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latungua – Ecuador. 60 p.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5889>.
- Cardwell, R. y Smith, L. (1971). Hematological manifestations of vibriosis upon juvenile Chinook salmon. Progressive Fish Culturist. Vol. 33: 232-235.
- 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>
- Centeno, L., R. Silva, R. Barrios, R. Salazar, C. Matute y J. Pérez. (2007). Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. Zootecnia Tropical. 4: 237-243.
- Chagas, C. y Val, L. (2003). Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. Pesq. Agropec. bras. Vol. 38: 397-402.
- Chura, R. y Mollocondo, H. (2009). Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca (Perú). Rev. AquaTIC N° 31: 6-19.
<https://www.redalyc.org/pdf/494/49422781002.pdf>.
- Correa, J., Garrido, A., Prieto, M., Atencio, V. y Pardo, S. (2009). Caracterización de células sanguíneas y parámetros hematológicos en blanquillo *Sorubim cuspicaudus*. Rev. Zootec. Trop. Vol. 27(4): 393-405.
- 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 las Fuerzas Armadas. Sangolquí. Ecuador.



- De Pedro, N., Guijarro, A., López, M., Martínez, R., Alonso, M. y Delgado, M. (2004). Parámetros hematológicos y bioquímicos en la Tenca (*Tinca tinca*): Ritmos diarios y estacionales. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Madrid, España. Dpto. de Fisiología. Fac. de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense. 173-190.
- Denton, J. y Yousef. (1975). Seasonal changes in hematology of rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. Com. Biochem. Physiol. 51A:151- 153 p.
- DIREPRO, Dirección Regional de la Producción (2009). Memoria Anual de la Dirección de Acuicultura e Investigación 2009. Puno – Perú. 33 p.
- Ellis, A. (1989). The immunology of teleosts. In: Roberts, R. J. (Ed.). Fish Pathology. 2nd ed. London. p.135-152.
- Ellis, A. (1990). Lysozyme assays. In: Stolen, J.S., T.C. Fletcher, D.P. Anderson, B.S. Roberson & W.B. van Muiswinkel (Eds.). Techniques in Fish Immunol. SOS Public N. J. USA. 101-103.
- Ezzart, A., Shalban, M. y Farghaly, A. (1974). Studies on blood characteristic of *Tilapia zilli*, (Gervais) Z. Blood Cells. J. Fish Biol. Vol. 6:1-12.
- Fange, R. (1992). Fish Blood Cells. In: Hoar, S., Randall, D. y Farrell, A. (Eds.). Fish Physiology Acad. Press, Inc USA. XII Parte B:1-50.
- Farfán, H. y Exequiel, A. (2004). Perfil metabólico del salmón del Atlántico, *Salmo salar* y trucha. Valdivia.
- Fernández, A., de Blas I. y Ruíz, I. (2002). El sistema inmune de los teleósteos (I): Células y órganos. Revista AquaTIC, n° 16, Abril 2002. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=146>.
- Gamong, W. (1975). Fisiología Médica. Editorial El Manual Moderno. México.
- Gómez, A. y Larez, F. (1984). Crecimiento de la paragua, *Chatodiptenes faber* (Pisces: Ephippidae), durante el año de confinamiento en jaula flotante. Bol. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente. Vol. 23(1 y 2):57-161.



- Graham, S. y Secombes, C. (1990a). Do fish lymphocytes secrete IFN gamma?. J. Fish Biol. Vol. 36:563-573.
- Graham, S. y Secombes, C. (1990b). Cellular requirements for limphokine secretion by rainbow trout, *Salmo gairdnerii*, leukocytes. Dev. Comp. Immunol. Vol. 5: 75-83.
- Haney, D., Hursh, D., Mix M. y Winton, J. (1992). Physiological and hematological changes in Chum Salmon artificially infected with Erythrocytic Necrosis Virus. J. Aquat. Anim. Health. Vol. 4: 48-57.
- Harding, J. y Hoglund, L. (1983). On accuracy in estimating fish blood variables comp. Biochem. Physiol. Vol. 75 A:35-40.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. Editorial McGraw Hill / Interamericana Editores. México. 600 p.
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf.
- Iannacone, J., Falcón, W. y Vargas R. (2006). Parámetros hematológicos del Acarahuazú *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831) (Cichlidae: Perciformes). Biologist (Lima). Vol. 4 (2): 16-18.
- INS, Instituto Nacional de Salud – Perú. (2005). Manual de procedimientos de laboratorio en técnicas básicas de hematología. Centro Nacional de Salud Pública, Ministerio de Salud. Lima – Perú. 87 p.
- Jaramillo, V., Badilla X. y Cerda Cl. (2016). Determinación de rangos hematológicos en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) en dos etapas productivas. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. Vol. 17 (12): 1-10.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052017.pdf>.
- John, M y Mayan, C. (1979). The physiological response of fishes to a deficiency of cyanocobalamin and folic acid. J. Fish Biol. Vol. 14:67-72.
- Johnson, A., Bayer, F., Szentle. B. y Jarpe, M. (1994). How interferons fight disease?. Sci. Am. Vol. 270: 68-75.
- Kori, O. (1985). Hematological characteristics of *Clarias isheriensis* Sydeynhan. J. Fish Biol. Vol. 27:259-263.



- Lagler, K. (1977). Ichthyology. John Wiley & Sons. Inc., New York. London. Sidney. 196-217 p.
- Landman, J., Van Den Heuvel, R., Finley, M., Bañón, J. y Ling, N. (2005). Combined effects of pulp and paper effluent, dehydroabietic acid, and hypoxia on swimming performance, metabolism, and hematology of rainbow trout. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*
- Lie, O., Evensen, O., Sorensen, A. y Frogsadal, E. (1989). Study on lysozyme activity in some fish species. *Diseases of Aquatic Organisms*. Vol. 6:1-5.
- Lowe, J. y Niimi (1983). Influence of sampling on the interpretation of haematological measurements of rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. *Can. J. Zool.* 61:396-402 p.
- Lozano R. (2007). Aspectos preliminares del desarrollo ovocitario en rubio (*Salminus affinis*). Trabajo de grado. Montería (Colombia): Universidad de Córdoba.
- Mancini, M. (2002). Introducción a la biología de los peces. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. FAV UNRC. 19 p. https://produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/07-introduccion_biologia_peces.pdf.
- Mantilla, B. (2004). Acuicultura: Cultivo de truchas en jaulas flotantes. Universidad Nacional del Altiplano. Editorial Palomino E.I.R.L. Lima, Perú. 124 pp.
- Mavares, R. y Pérez, J. (1984) Blood adaptations to marine and freshwater environments in fish of the family Sciaenidae (Periciforme). *J. Fish Biol.* Vol. 25:657-663.
- McCarthy, D. (1982). Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdnerii* Richardson). II. The Shasta variety. *J. Fish. Biol.* 7:215- 219 p.
- Meléndez, K. (2018). Evaluación del estado de salud y actividad bactericida, y aglutinante de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como bioindicador de la contaminación humana en la cuenca del río Chalchuanca, Apurímac. Tesis de Maestro en Sanidad Acuicola. Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima – Perú. 87 p. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3702/Evaluacion_MelendezFlores_Keyro.pdf.



- Monroy, G. (2005). Atlas básico de células sanguíneas normales y anormales de la tilapia cultivada. Hematología: Ambiente y nutrición en la salud de los peces. USSEC, ASA, USB. <http://soyamex.com.mx/acuacultura2009/gina/Hematologia.pdf>.
- 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.
- Mulcahy, M (1970). Blood values in the pike *Esox lucius* Ibid. Vol. 2:203-209.
- Nirchio, M., Gaviria, J. y Pérez, A. (1987). Blood parameters of the grunt, *Orthopristis ruber* (Cuvier, 1830) (Pisces: Pomadasidae) Bol. Inst. Oceanog. Venezuela Univ. Oriente. Vol. 26 (1 y 2):73-80.
- Olabuenaga, S. (2000). Sistema inmune en peces. Rev. Gayana (Concepc.). Vol. 4 (2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382000000200010>.
- Örüm, I. y Erdemil, U. (2002). A study of blood parameters of *Capoeta trutta* (Heckel, 1843). On Line Journal of Biological Sciences. Vol. 2: 508-511.
- Örüm, I., Dörücü, M. y Yazıak, H. (2003). Haematological parameters of three cyprinid fish species from Karakaya Dam Lake, Turkey. On Line Journal of Biological Sciences. Vol. 3:320-328.
- Pérez, J. y Moodle, G. (1993). Genetic variation in a cave dwelling Venezuelan cat fish. Act. Cient. Venez. Vol. 4:28-31.
- Pickering, A. (1989). Factors affecting the susceptibility of salmonids fish to disease. Fresh Biological Association. Windermere Laboratory. England. Annual Report, p. 61-80.
- PROVETS y VETLAB, Provets Veterinaria 2226 – 2101 y VetLab Laboratorio Clínico Veterinario. (2023). ¿Neutrófilos y Hererófilos? ¡Qué no exista confusión!. <file:///C:/Users/HUAWEI/Downloads/Neutrofilos%20Heterofilos.pdf>.
- Quispe, A. (2020). Caracterización leucocitaria en extensiones sanguíneas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo crianza no intensiva en el sector César Vallejo, distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco, en el departamento de La Libertad.



- Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo – Perú. 46 p. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/6367?mode=simple>.
- Railo, E. (1985). Effets of sampling on blood parameters in the rainbow trout, *Salmo gairdnerii* Richardson. J. Fish. Biol. 725-732 p.
- Ranzani, M., Rodríguez, L., Veiga, L., Eiras, C. y Campos, S. (2003). Differential leukocyte counts in “dorado” *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840, from the Mogiguacu river, *Pirassununga* sp. Brazilian Journal of Biology. Vol. 63: 517-525.
- Rehulka, J. (2002). Aeromonas causes severe skin lesions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Clinical Pathology, Haematology and Biochemistry. Acta Vet. Brno. Vol. 71: 351-360.
- Rivadeneira, E., Galán R. y Zamora I. (2020). Guía de Laboratorio de Hematología. Manual de la Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. México. 265 p. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Guia-de-Hematologia-Laboratorio.pdf>
- Rodríguez, J. (2016). Efecto de los carotenoides y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color de filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de Maestría en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 147 p. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/486>.
- Rogel, Chilmonczyk, C. y De Kinkelin, P. (1993). *In vitro* induction of interferon-like activity from rainbow trout leukocytes stimulated by Egtved virus. Fish Shellfish Immunol. Vol. 3: 383-394.
- Rozas, M. (2020). Manual Patología Clínica en Salmónidos. Segunda Edición. Pathovet Laboratorio & Universidad Austral de Chile (Campus Patagonia). https://pathovet.cl/wp-content/uploads/2021/08/Manual_de_Patologia_Clinica_en_Salmonidos_2da_Ed.pdf.
- Ruiz, G., Pister, E. y Compean, G. (1997). Age and growth of Nelson’s trout,



- Onchorhynchus mykiss nelsoni*, from Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist*. Vol. 42 (1): 74-85.
- Sadnes, K., Lie, O. y Waaybo, R. (1988). Normal ranges of some blood chemistry parameters in adulated farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Fish. Biol.* 129-136.
- Sáez, G., Chero, J., Cruces C., Minaya D., Rodríguez C., Suyo B., Romero S., Guabloche A., Tuesta E., Alvariño L. y Iannacone J. (2018). Parámetros hematológicos y de bioquímica sanguínea en diez especies de peces marinos capturados por pesquería artesanal en la Bahía del Callao, Perú. *Rev. Investig. Vet. Perú*. Vol. 29 (4). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15204>.
- Salazar, L., Blanco, Y., Centeno, L. y Lemus, M. (2011). Variaciones en los parámetros hematológicos y en la respuesta inmune inespecífica de la cachama negra expuesta a cadmio. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*. Vol. 23(1): 28-35.
- Sarasquette, M. (1984). Variación anual de los parámetros hematológicos del pez sapo marino, *Halobatrachus didactylus*. *Inv. Pesq.* Vol. 48(3):399-417.
- Secombes, C., Zou, J., Laing, J., Daniels, J. y Cunningham, C. (1999). Cytokine genes in fish. *Aquaculture*. Vol. 172:93-102.
- Siddiquis A. y Nassem, S. (1979). The hematology of rohu, *Labeo rohita*. *I Biol.* Vol. 14: 67-72.
- Silveira, R., M. Martínez y F. Ascencio. (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
- Silveira, R., Vinjoy, Y. y Prieto, A. (1996). Los análisis hematológicos como sistemas de diagnóstico en *Oreochromis aureus* de cultivo en Cuba. *Rev. Lat. Acuicultura*, 36: 4-6.
- SNPA, UA y Pathovet. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Universidad Austral de Chile y Pathovet Laboratorio. (2021). Manual de Patología Clínica de Peces Salmónidos. Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura. Chile. 45 p. <https://pathovet.cl/wp-content/uploads/2021/08/Manual-de-Patologi%CC%81a->



[Cli%CC%81nica-de-Peces-Salmo%CC%81nidos.pdf.](#)

- Soberon, L., Mathews, P. y Malherios, A. (2014). Haematological parameters of *Colossoma macropomum* naturally parasitized by *Anacanthorus spathulatus* in fish farm in the peruvian amazon. *Int. Aquat. Res.* Vol. 6(4):251-255.
- Tangelsen, L., Trobridge, G. y Leong, J. (1991). Characterization of an inducible interferon-like antiviral activity in salmonids. In: *Proceedings of the Second International Symposium on Viruses of Lower Vertebrates.* Oregon State Univ. 219-226.
- Tavares-Dias, M., Schalch, C., Martins, L., Onaka, M. y Moraes, R. (2000). Haematological characteristics of Brazilian.
- Tomasso, J. (1986). Comparative toxicity of nitrite to freshwater fishes. *Aquatic Toxicology.* Vol. 8(2): 129-137.
- Torres, O., Zavala, J., Gómez, P., Buena, H., Zuñiga, H. y García, M. (2007). Especies de peces con potencial como bioindicadora de genotoxicidad en el lago “La alberca” Michoacán, México. *Hidrobiológica.* Vol. 17 (1): 75-81.
- Tun, N. y Houston. (1986). Temperature oxygen, photoperiod, and the hemoglobin system of the rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. *Can. J. Zool.* 64:1883- 1888 p.
- Val, A., Alfonso, E. y Almeida, M. (1992). Adaptive features of Amazon fishes: Blood characteristics of curimata, *Prochilodus nigricans* (Osteichthyes). *Physiol. Zool.*, 65 (4): 832-843.
- Valenzuela, A., Alveal, K. y Tarifeño, E. (2002). Respuesta hematológica de truchas (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) a estrés hipóxico agudo: Serie roja. *Gayana.* Vol. 6 (2): 255-261.
- Valenzuela, A., Oyarzún, C. y Silva, V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): serie blanca. *Gayana.* Vol. 67(1):130 – 137.
- Vásquez, P. (2014). Maduración sexual de la trucha de San Pedro *Mártir Oncorhynchus mykiss nelsoni* evaluada mediante un método no invasivo. Tesis de Maestro en Ciencias en Acuicultura. Centro de Investigación Científica y de Educación



Superior de Ensenada, Baja California. México. 124 p.
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/127/1/235961.pdf>.

Wahli, T. (2002). Approaches to investigate environmental impacts on fish health. *Fish Biology*. Vol. 24: 545-552.

Wedemeyer, G., Barton, B. y McLeay, D. (1990). Stress and acclimation. In: Schreck, C. B. & P. B. Moyle (Eds.). *Methods for fish biology*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 451–489.

Wittwer, F. (2012). Generalidades de Hematología. In: *Hematología de Salmonídeos*. Valdivia, Chile. 1-3.

Yanguicela, L. (2018). Caracterización del perfil hematológico y bioquímico de la trucha silvestre Ecuatoriana en la provincia de Cotopaxi. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latuncunga – Ecuador. 65 p.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5382>.

ANEXOS

Figura 26

Extracción de muestra sanguínea.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27

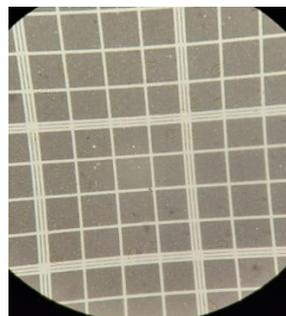
Tubos de recolección de muestra sanguínea.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28

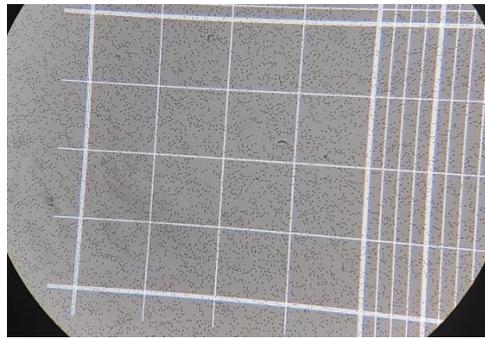
Recuento de glóbulos rojos en cámara de Neubauer.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Recuento de glóbulos blancos en cámara de Neubauer.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

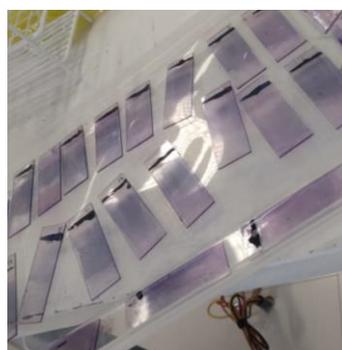
Coloración con Tinción de Wright para frotis sanguíneo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31

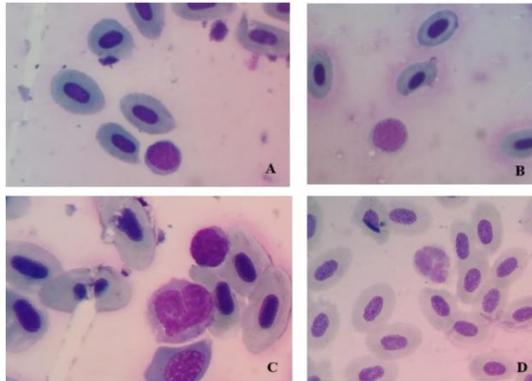
Lámina con tinción de Wright para diferenciación de tipos celulares.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32

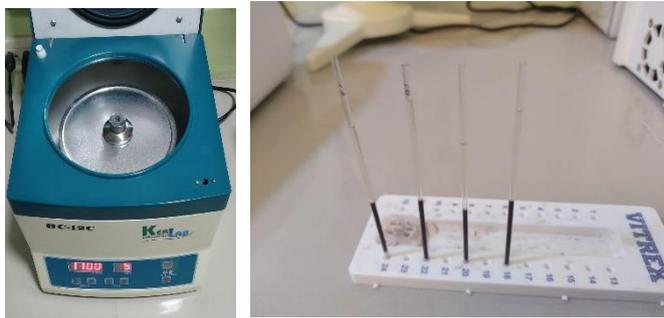
Extendido de sangre periférica donde se observa: A linfocito, B eosinófilo, C monocito y D heterófilo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33

Determinación de hematocrito.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

Espectrofotómetro para determinación cuantitativa de hemoglobina.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35

Pesaje de los juveniles de trucha arco iris.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36

Medición de truchas arco iris para pruebas estadísticas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Prueba T y de Tukey de los resultados de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según sexo.

Parámetro hematológico	T	gl	P-valor	Resultado	Mayor en
Recuento de glóbulos rojos	0.30	1	0.5890	No significativo	
Recuento de glóbulos blancos	12.31	1	0.0010	Significativo	Machos
Heterófilos	1.1 E-5	1	0.9974	No significativo	
Linfocitos	1.18	1	0.2832	No significativo	
Monocitos Tranf Raíz (X+0.5)	0.15	1	0.6986	No significativo	
Eosinófilos Tranf Raíz (X+0.5)	0.06	1	0.8074	No significativo	
Hemoglobina	0.28	1	0.6001	No significativo	
Hematocrito	0.70	1	0.4082	No significativo	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según peso.

Parámetro hematológico	Fc	gl	P-valor	Resultado	Mayor en
Recuento de glóbulos rojos	4.50	2	0.0163	Significativo	84.40- 279.90 g
Recuento de glóbulos blancos	11.41	2	0.0001	Significativo	≥282.00 g
Heterófilos	1.56	2	0.2198	No significativo	
Linfocitos	3.73	2	0.0314	Significativo	≤78.10 g
Monocitos Tranf Raíz (X+0.5)	0.75	2	0.4791	No significativo	
Eosinófilos Tranf Raíz (X+0.5)	0.76	2	0.4756	No significativo	
Hemoglobina	5.93	2	0.0051	Significativo	84.40- 279.90 g
Hematocrito	18.99	2	<0.0001	Significativo	84.40- 279.90 g

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los parámetros hematológicos en juveniles de trucha arco iris según longitud estándar.

Parámetro hematológico	Fc	gl	P-valor	Resultado	Mayor en
Recuento de glóbulos rojos	1.31	2	0.2800	No significativo	
Recuento de glóbulos blancos	9.28	2	0.0004	Significativo	≥30 cm
Heterófilos	1.79	2	0.1787	No significativo	
Linfocitos	1.64	2	0.2051	No significativo	
Monocitos Tranf Raíz (X+0.5)	0.71	2	0.4977	No significativo	
Eosinófilos Tranf Raíz (X+0.5)	0.67	2	0.5170	No significativo	
Hemoglobina	3.62	2	0.0345	Significativo	21-29 cm
Hematocrito	14.93	2	<0.0001	Significativo	≥30 cm

Fuente: Elaboración propia.



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: 016-2022

CONSTANCIA

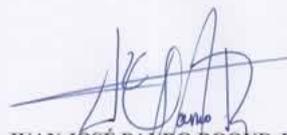
EL QUE SUSCRIBE, **DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE BOTÁNICA Y BIOTECNOLOGÍA** DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

HACE CONSTAR:

Que el (la) Bachiller **VERÓNICA MERCEDES CUSI PINEDA**, 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: **“PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) SEGÚN SEXO, PESO Y LONGITUD ESTÁNDAR EN JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA - LOCALIDAD DE OJHERANI, REGIÓN PUNO”**, 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, 03 de octubre del 2022.


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



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

Por el presente documento, Yo VERONICA MERCEDES GUSTI PINEDA,
identificado con DNI 70308978 en mi condición de egresado de:

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

DE Biología

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

" PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS
(Oncorhynchus mykiss Walb.) SEGUN SEXO, PESO Y LONGITUD ESTÁNDAR EN SALSAS
FLOTANTES DEL LAGO TITICACA - LOCALIDAD DE OLIVERANI, REGIÓN 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 22 de ABRIL del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo VERÓNICA MERCEDES COSI PINEDA,
identificado con DNI 70308978 en mi condición de egresado de:

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

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

"PARAMETROS HEMATOLOGICOS EN JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (Oncorhynchus mykiss Walb.) SEGUN SEXO, PESO Y LONGITUD ESTANDAR EN JAUAS FLOTANTES DEL UBO TICACA - LOCALIDAD DE OJHERANI, REGION 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 22 de ABRIL del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella