



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**CALIDAD DE AGUA, BIOACUMULACIÓN DE METALES
PESADOS Y NIVELES DE ESTRÉS EN LA TRUCHA ARCOÍRIS
(*Oncorhynchus mykiss*) EN LAS JAULAS FLOTANTES DEL
DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RUBEN ROJAS APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con bastante respeto y amor a mis padres Gerardo Rojas Araujo y Apolinaria Apaza Benito quienes me apoyaron en los momentos más difíciles y siempre estuvieron al pendiente de mí.

Para mi compañera de vida Heleynne, por su paciencia, amor, comprensión y apoyo incondicional en este proyecto y por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

Para mi hijo Misael Fabricio, que, con su llegada a este mundo incentivo a lograr mis objetivos y metas trazadas, quien es mi motor y motivo de seguir adelante.

Finalmente, a mis docentes y amigos a quienes siempre les compartieron la sabiduría para lograr este sueño, aconsejándome para ir por el camino correcto en los momentos más difíciles de mi formación profesional, siempre los llevaré en mi corazón.

Ruben Rojas Apaza



AGRADECIMIENTOS

- *A la Universidad Nacional del Altiplano Puno a la Facultad y Escuela profesional de Ingeniería Química*

Así mismo, por su gran apoyo dedicación, motivación y asesoramiento desinteresado, hizo posible la culminación de este trabajo, agradecimiento especial a mi asesora a la Dra. Edith Tello Palma.

Ruben Rojas Apaza



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION..... 17

1.1.1. Objetivo general..... 17

1.1.2. Objetivos específicos. 17

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 18

2.2 MARCO TEORICO. 22

2.2.1 Trucha Arcoíris. 22

2.2.2. Características de la trucha Arcoíris. 22

2.2.3. Clasificación taxonómica de la trucha Arcoíris. 23

2.2.4. Morfología. 24

2.2.5. Hábitat..... 24

2.2.6. Ciclo de Vida. 25

2.2.7. Desarrollo biológico. 25

2.2.7.1. Etapa de Ovas. 26



2.2.7.2. Etapa de Alevines.	26
2.2.7.3. Etapa Juvenil.....	26
2.2.7.4. Etapa de Pre Engorde.....	26
2.2.7.5. Etapa de Engorde (Tamaño Comercial).	26
2.2.7.6. Etapa de Reproductores.	27
2.2.7.7. Apareamiento.....	27
2.2.8. Hábitos Alimenticios.	28
2.2.9. Partes Anatómicas de trucha.....	28
2.2.9.1. Aspecto Exterior.	28
2.2.11. Hígado de trucha Arcoíris.....	29
2.2.12. Agua.....	30
2.2.13. Aspectos Físicoquímicos del agua.....	31
2.2.14. Potencial de hidrogeno (pH).....	31
2.2.15. Conductividad eléctrica.	31
2.2.16. Oxígeno Disuelto (OD).....	32
2.2.17. Temperatura.....	32
2.2.18. Turbiedad.....	32
2.2.19. Metales pesados.	33
2.2.20. Contaminación acuática.....	34
2.2.21. Movimiento de residuos de metales pesados en el Ambiente.	34
2.2.22. Metales pesados en el cuerpo de agua.	34
2.2.23. Metales pesados en agua.....	36
2.2.25. Metales pesados en peces.	37
2.2.27. Vía de entrada de los metales pesados en truchas.	38
2.2.28. Plomo.....	38



2.2.29. Cadmio.....	39
2.2.31. Mercurio.	41
2.2.32. Lago Titicaca.	42
2.2.33. Coliformes termotolerantes.	42
2.2.34. Cortisol.	43
2.2.35. Correlación de Pearson.	43

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.	46
3.2. POBLACION Y MUESTRA.	46
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	48
3.3.1. Materia prima.....	48
3.3.2. Materiales.	48
3.3.3. Reactivos.....	48
3.3.4. Equipos.	49
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.	50
3.4.1. Obtención de materia prima.....	51
3.4.2. Selección y Clasificado.....	51
3.4.3. Pesado de truchas Arcoíris.....	52
3.4.4. Análisis fisicoquímico de agua.	53
3.4.5. Análisis microbiológico de agua.	53
3.4.6. Análisis de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris.	54
3.4.7. Análisis de metales pesados en musculo de truchas Arcoíris.....	55
3.4.8 Análisis de cortisol.	56
3.5. TRATAMIENTO ESTADISTICO.	57



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.	58
4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL HÍGADO Y MUSCULO DE TRUCHAS ARCOÍRIS DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO.	61
4.2.4 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CORTISOL EN LAS TRUCHAS ARCOÍRIS DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO.	66
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	68
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS.	68
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES	77
VII. REFERENCIAS.....	78
ANEXOS.....	83

ÁREA: Tecnología Ambiental

LINEA: Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11 de Febrero de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de la trucha Arcoíris.....	24
Figura 2.	Hígado de trucha Arcoíris.....	30
Figura 3.	Cadmio en el ambiente.	41
Figura 4.	Jaulas flotantes de lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.	46
Figura 5.	Obtención de las truchas Arcoíris.....	51
Figura 6.	Selección y clasificado de las truchas Arcoíris.....	52
Figura 7.	Pesado de las truchas Arcoíris.	52
Figura 8.	Aguas muestreadas de las jaulas flotantes del lago Titicaca.	53
Figura 9.	Extracción de hígado de la trucha Arcoíris.....	55
Figura 10.	Extracción de musculo de trucha Arcoíris.....	56
Figura 11.	Extracción de la sangre para la muestra de cortisol.....	57
Figura 12.	Regresión – curva de regresión ajustada.	75



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valor nutricional de la trucha Arcoíris.	23
Tabla 2.	Muestra seleccionada de truchas Arcoíris.	47
Tabla 3.	Análisis fisicoquímico del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.	58
Tabla 4.	Análisis microbiológico del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.	60
Tabla 5.	Concentración de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.	61
Tabla 6.	Concentración de metales pesados en musculo de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.	63
Tabla 7.	Concentración de metales pesados en aguas de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.	65
Tabla 8.	Niveles de cortisol en las truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.	67
Tabla 9.	Calidad del agua usando la T-Student	69
Tabla 10.	Análisis de Varianza en Hígado y Musculo de las truchas Arcoíris con altas concentraciones de metales pesados	70
Tabla 11.	Resultados de coeficiente de correlación de Pearson en T-Student de comparación de metales pesados en hígado y musculo	71



Tabla 12. Análisis de concentraciones de metales pesados en Hígado y Musculo de las truchas Arcoíris	72
Tabla 13. Valores estimados de Cortisol	74



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CE	:	Conductividad Eléctrica
CEDEP	:	Centro de estudios para el desarrollo y la participación
µg/dl	:	Microgramos por decilitro
cm	:	Centímetros
g	:	Gramos
°C	:	Grados Celsius
Mg/kg	:	Miligramos por kilogramo
Mn	:	Manganeso
Fe	:	Hierro
Pb	:	Plomo
Cr	:	Cromo
Cd	:	Cadmio
Hg	:	Mercurio
Cu	:	Cobre
Zn	:	Zinc
OD	:	Oxígeno disuelto
µg/g	:	Microgramos por gramo
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
EU	:	Unión Europea
FA	:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la
ECA	:	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental
LMP	:	Límites máximos permisibles
NMP/100	:	Número más probable por 100 MI
CMP	:	Contenido máximo permitido
X	:	Bioacumulación de metales pesados
r	:	Coefficiente de correlación de Pearson



COV(x,y)	:	Covarianza entre X y Y.
Sx	:	Desviación estándar de X.
SY	:	Desviación estándar de Y.



RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en los laboratorios Analíticos del Sur de Arequipa y las muestras de trucha se obtuvieron de las jaulas flotantes del lago Titicaca, ubicado en el distrito de Chucuito provincia y departamento de Puno. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de agua, la concentración de metales pesados y los niveles de estrés en las truchas Arcoíris de las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno. Los análisis fisicoquímicos se realizaron por volumetría y fotometría, los metales pesados se determinaron por espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y el cortisol se analizó con un Analizador Automático de Inmunoensayos. En los resultados se observó que la conductividad eléctrica en el agua fue superior a los límites máximos permisibles cuyo valor es de $1\,569\ \mu\text{S}/\text{cm}$. Así mismo se pudo comprobar la presencia de plomo en hígado de las truchas Arcoíris cuyos valores superan los contenidos máximos permitidos, este fenómeno se pudo apreciar en algunas muestras cuyas tallas son de 18 cm y 28 cm, las mismas tienen valores en plomo de 0,9887 mg/kg, y 0,683 mg/kg respectivamente; así mismo se pudo apreciar la presencia de plomo en el musculo de las truchas Arcoíris, los valores que se determinaron fueron de 0,5981 mg/kg, 0,3264 mg/kg, 0,3168 mg/kg, y 0,613 mg/kg, valores que superan enormemente los contenidos máximos permitidos por las normas, al realizar el análisis respecto al Plomo, este presenta el coeficiente de correlación de Pearson, un $r = 0.193$ para hígado y $r = 0.120$ para los musculo, indicando una correlación positiva pero débil. Concluyéndose que, la concentración de plomo en el hígado y los músculos de las truchas Arcoíris, presentan un alto grado de contaminación en las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

Palabras Clave: Trucha, Arcoíris, metales, jaulas, flotantes.



ABSTRACT

The present work was carried out in the Analytical Laboratories of the South of Arequipa and the trout samples were obtained from the floating cages of Lake Titicaca, located in the district of Chucuito, province and department of Puno. The objective of this work was to determine the water quality, the concentration of heavy metals and the stress levels in the Rainbow trout of the Floating Cages of Lake Titicaca in the District of Chucuito - Puno. Physicochemical analyzes were performed by volumetry and photometry, heavy metals were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and cortisol was analyzed with an Automatic Immunoassay Analyzer. In the results, it was observed that the electrical conductivity in the water was higher than the maximum permissible limits, whose value is 1 569 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Likewise, it was possible to verify the presence of lead in the liver of rainbow trout, whose values exceed the maximum allowed content. This phenomenon was observed in some samples whose sizes are 18 cm and 28 cm, they have lead values of 0.9887 mg/kg, and 0.683 mg/kg respectively; Likewise, the presence of lead in the muscle of the rainbow trout could be appreciated, the values that were determined were 0.5981 mg/kg, 0.3264 mg/kg, 0.3168 mg/kg, and 0.613 mg/kg, values that greatly exceed the maximum contents allowed by the standards, when performing the analysis regarding Lead, it presents the Pearson correlation coefficient of $r = 0.193$ for liver, and $r = 0.120$ for muscle, indicating a positive but weak correlation. Concluding that the concentration of lead in the liver and muscles of rainbow trout, present a high degree of contamination in the floating cages of Lake Titicaca in the District of Chucuito - Puno.

Keywords: Trout, Rainbow, metals, cages, floating.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El Lago Titicaca es el lago navegable más alto del mundo, y se reconoce como un ecosistema de vital importancia, debido a que en él se encuentran importantes recursos acuáticos que están siendo afectados por los procesos de contaminación, lo cual se está generando pérdidas importantes de la vida acuática en la bahía del lago Titicaca, por lo tanto representa una serie de amenazas, poniendo en riesgo el bienestar y la existencia de la vida acuática en el lago Titicaca y a los seres humanos quienes consumen directamente las truchas Arcoíris.

La contaminación por metales pesados es una de las formas más peligrosas de contaminación del medio ambiente, ya que no son biodegradables tanto químicamente o biológicamente, contrariamente a la gran mayoría de los contaminantes de tipo orgánico, pueden ser acumulados de forma iónica (Campos, 1990).

La contaminación por metales pesados es una problemática ambiental en el Lago Titicaca, La pesca que es una de las actividades importantes en esta región, se está viendo perjudicada debido a la contaminación de estos metales, en la bahía interior de Puno, la contaminación impacta directamente en la flora y fauna acuática del ecosistema, como las actividades mineras, el vertimiento de aguas residuales municipales, la disposición inadecuada de residuos sólidos y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales, que son las que generan contaminación por metales pesados en el lago Titicaca. La contaminación por metales pesados en cuerpos de agua constituye un peligro para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes en ellos. Los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor de estos compuestos, por lo que son un indicador importante de la contaminación, su consumo se puede



convertir en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso.

El gobierno del Perú mediante la Ley N° 29338 ley de Recursos Hídricos, “tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados” (Congreso de la República del Perú, 2009), esta ley también explica que los gobiernos regionales y gobiernos locales, a través de sus instancias correspondientes, “intervienen en la elaboración de los planes de gestión de recursos hídricos de las cuencas”, todo esto con el fin de regular el uso y gestión de los recursos hídricos de nuestra región, evitando el derramamiento de aguas tóxicas que se vierten en el lago Titicaca, la cantidad y el nivel de contaminación del vertimiento de aguas tóxicas en el lago Titicaca y los ríos cercanos a las poblaciones y centros mineros, se encuentran en niveles muy altos, se conoce que mensualmente se vierten un total de 1 544 314,82 metros cúbicos de aguas tóxicas en las unidades hídricas, de Azángaro y Pucara, que finalmente llegan a la cuenca del río Ramis proveniente de la gran minería, mediana minería, pequeña minería y minería artesanal (Ticona, 2019).

El nivel de conocimiento sobre la contaminación del lago Titicaca que posee la población del distrito de Chucuito, es diferenciado e insuficiente, situación que se encuentra condicionada por el acceso a información y la escasa educación ambiental, sin embargo, no se encuentra condicionada por el ingreso familiar.

Las actitudes que posee la población del distrito de Chucuito sobre gestión de residuos sólidos son diferenciadas, condicionado por las prácticas ambientales de la familia en el hogar, el acceso a servicios básicos en la vivienda y la localización espacial de la vivienda con respecto a la bahía del lago Titicaca (Mamani, 2018).



1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

1.1.1. Objetivo general.

Determinar la calidad de agua, la concentración de metales pesados y los niveles de estrés en las truchas Arcoíris de las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

1.1.2. Objetivos específicos.

- Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.
- Determinar la concentración de metales pesados en el hígado y musculo de las truchas arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.
- Determinar los niveles de cortisol en las truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

Álvarez et al. (2014), realizó el estudio “Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la Laguna Chinancocha-Llanganuco, periodo 2012 – 2013”, lo cual determinó la concentración de los metales pesados en hígado, branquias, gónadas y músculo de peces, tomados en ocho puntos de la cuenca del río Santa, encontrando una distribución de concentraciones de tipo normal logarítmico y una acumulación preferente de aluminio, manganeso, zinc en branquias y de cadmio, hierro y cobre en hígado, también comparó el comportamiento de los metales pesados tanto en agua como en peces, tomados de un ambiente no contaminado como la laguna Chinancocha – Llanganuco. Según sus resultados observó que la concentración de plomo, zinc y cromo en las muestras de agua del Río Santa, superó el límite máximo permisible comparado con las Normas Internacionales.

Azaro (2014), realizó la investigación del “Análisis de la toxicidad de metales contaminantes sobre el crecimiento de *Escherichia coli*: efecto del cromo, plomo y cadmio en solución”, lo cual estudió la sensibilidad de *Escherichia coli*, a metales contaminantes como cromo, plomo y cadmio; también evaluó la capacidad de respuesta del microorganismo a posibles efectos tóxicos sinérgicos de soluciones multimetales (cromo, plomo y cadmio); así mismo analizó el efecto del cromo trivalente y cromo hexavalente sobre el crecimiento de *Escherichia coli*, el cromo trivalente y en la concentración utilizada no generó una disminución del crecimiento bacteriano. En contraste, la forma hexavalente de este metal si genero un efecto tóxico sobre el crecimiento bacteriano y la curva de crecimiento de *Escherichia coli* no fue alterada en forma significativa por cadmio o plomo, a una concentración de 25 a 200 partes por



millón. Sin embargo, el autor menciona a otros estudios, en los cuales se observa un efecto tóxico de estos metales sobre el crecimiento de *Escherichia coli* (Peng y col., 2007; Helbig y col., 2008; Callantara y Ghaffari, 2008) en un rango de concentración similar al empleado en este estudio.

Boy (2015), realizó el estudio de “Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e *hydrilla verticillata* del lago de Izabal - Guatemala”, lo cual llegó a los siguientes resultados: el pez chumbimba mostro valores promedio de concentración ($\mu\text{g/g}$) en tejido muscular de zinc, estroncio, níquel y arsénico que fueron de $0,53 (\pm 0,77)$, $0,17 (\pm 0,09)$, $0,59 (\pm 0,9)$ y $0,01 (\pm 0,01)$ respectivamente.

Betancourt (2011), en su trabajo de investigación comparó la concentración de metales, en los órganos de dos especies del río Orinoco: *Pellona flavipinnis* (sardinata) e *Hypophthalmus marginatus* (Bagre paisano); lo cual encontró que los metales con mayores niveles de concentración fueron Mn, Fe y Cr pero no en Pb, Cu, y Zn, en donde las vísceras por su condición metabólica constituyo el compartimiento de todos los metales. Además, determinó que según las legislaciones utilizadas no existe riesgo por el consumo, siempre y cuando su consumo semanal no sobrepase los 4,5 Kg aproximadamente.

Chaname (2009), estudió la “Bioacumulación de metales pesados, procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *oncorhynchus mykiss* "trucha Arcoíris", de los centros de producción de la provincia de Yauli - Junín”, lo cual encontró en el hígado de las truchas Arcoíris una concentración de cobre que osciló entre $1,37 \mu\text{g/g}$, en enero y el máximo $38,50 \mu\text{g/g}$, en marzo, mientras que el zinc varió entre $10,23 \mu\text{g/g}$, en mayo y $60,56 \mu\text{g/g}$, en marzo.

Chipana (2014), estudió los signos corporales externos, internos e histología pancreática en alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Puno, en el que concluye que las malformaciones más frecuentes que se encontraron fueron con mayor



frecuencia exoftalmia y malformaciones branquiales en menor frecuencia, además los de crecimiento retardado y escoliosis – lordosis no tuvieron relación con la mortalidad obtenida en los peces, sin embargo las malformaciones presentan relación con la deficiencia de requerimientos nutricionales, manejo inadecuado, oxígeno y temperatura del agua.

Corrales (2013), Realizó un estudio de metales pesados en dos especies de peces y llegó a los siguientes resultados, con valores de los límites de detección de $2,0 \mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$ para el cobre, $2,0 \mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$ para el zinc $2,0 \mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$.

Fernandez et al. (2009), investigaron los niveles del mercurio en peces de Madre de Dios, Analizaron 10 especies, de los cuales tres especies como la mota punteada, zungaro y chambira detectaron concentraciones sobre el límite máximo del mercurio de (0,5 ppm).

Gonzales (2017), en su trabajo de investigación denominada, “Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la bioacumulación de cadmio y mercurio y su relación con el crecimiento en truchas arco iris (*oncorrhynchus mykiss*), de dos criaderos de la región de Junín – Perú”, lo cual el 25% y 30% de los 20 resultados sobrepasan los límites máximos permisibles, y la bioacumulación de Cadmio y Mercurio se ve favorecida a medida que el peso y edad aumentan en las Truchas “Arcoíris” (*Oncorhynchus Mykiss*), de los criaderos del distrito de Huayhuay- Yauli.

Huaranga et al. (2012), realizó el estudio de Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú, en la cual la concentración de Fe, Cu, Pb, Cd, Zn y As, tanto en el agua, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche y durante el año 1980 se presentó la mayor contaminación por metales pesados en agua; mientras que los niveles más altos de concentración de metales pesados en suelos, se presentó en la margen derecha de la cuenca media; en lo referente a la



contaminación de metales pesados en los cultivos, en la yuca (*Manihot esculentus*) se encontró una mayor concentración de metales pesados.

Mamani (2011), En su trabajo de investigación, Los valores de pH tomados de las muestras de agua indicaron una variación de 8,14 a 8,94; y el pH de (8,94) a (9) superó el límite máximo de los ECAs para el agua, la concentración de mercurio en pejerrey en cuatro estaciones de muestreo, no superó el límite máximo permisible para peces. También determinó una correlación positiva significativa entre la concentración de mercurio y la edad del pejerrey, en cuanto a la ingesta diaria de los pescadores encontró una variabilidad y el 90,64 por ciento que consume pejerrey regularmente estaría en riesgo, concluyendo que los pejerreyes de la zona norte del lago Titicaca no son aptos para el consumo.

Perea (2006), en su investigación la concentración de metales en las muestras de agua fue creciente a medida que el punto de muestreo se situaba al estuario, resaltó que la concentración de cadmio de la muestra de agua del punto más próximo a la desembocadura, fue la concentración más elevada. La concentración de cadmio fue bastante similar en todas las muestras de músculo, por otro lado, las concentraciones de plomo en músculo, agallas y tejido blando mostraron una distribución irregular respecto al punto de muestreo.

Vásquez et al. (2015), estudiaron la evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*oncorhynchus mykiss*), en jaulas flotantes en la laguna Arapa – Puno, lo cual indica que las truchas en Arapa y en lago Titicaca respecto al oxígeno disuelto oscila entre 4,5 – 7,5 mg/L, los valores encontrados disminuyen en los meses de verano, cuando la temperatura del agua supera los 19,0°C, en donde pueden presentarse concentraciones por debajo de 5,0 mg/L, generando estrés en la trucha por las dificultades para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de



sus branquias.

Zevallos (2018), estudió la Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac, lo cual en las truchas Arcoíris se encontró que las concentraciones de antimonio, arsénico, cadmio, mercurio, níquel, plomo y selenio en los (puntos 1 y 3) de su investigación, se encontraron debajo de los límites del ECA.

2.2 MARCO TEORICO.

2.2.1 Trucha Arcoíris.

La trucha Arcoíris es un pez que pertenece a la familia de los salmónidos, su nombre científico es *Oncorhynchus mykiss*, es una especie introducida a nuestro país, siendo originaria de las desembocaduras del Océano Pacífico en Norte América, la trucha Arcoíris es una especie muy resistente de rápido crecimiento, tolerantes a una amplia gama de ambientes y manipulación, su nombre deriva de la peculiar coloración que posee, la misma que varía en función del medio de la talla, sexo, tipo de alimentación, y grado de maduración sexual (Gamarra et al., 2017).

La Trucha se caracteriza por tolerar aguas adversas, mejor que la mayoría de las especies acuícolas. La calidad ambiental juega un papel importante en el proceso de las enfermedades lo cual las Truchas han sido clasificadas como resistentes a las enfermedades.

2.2.2. Características de la trucha Arcoíris.

La trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez eurihalino de agua dulce y de mar de la familia de los salmónidos, distribuido de forma nativa por el norte del océano Pacífico, desde Japón pasando por el mar de Bering hasta la península de Baja

California en México, aunque de forma artificial ha sido introducida por el hombre en muchos lugares. Está incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Gonzales, 2012).

La temperatura del agua tiene un acontecimiento directo sobre los aspectos productivos y reproductivos de las truchas, el ritmo de crecimiento de los alevinos y adultos, principalmente sobre el grado de actividad metabólica e indirectamente como ya se mencionó con la temperatura del agua, influye en la concentración de oxígeno disuelto en ella, la concentración de productos metabólicos (amoníaco), así como el tiempo y grado de descomposición (Oliva, 2011). En la Tabla 1, se detalla los valores nutricionales de la trucha Arcoíris.

Tabla 1. Valor nutricional de la trucha Arcoíris.

VALOR NUTRICIONAL	
Proteínas	15,7 g
Fibra dietética	0 g
Carbohidratos	0 g
Grasas	3 g
Calorías	91 kcal

Fuente. Camacho et al. 2000.

2.2.3. Clasificación taxonómica de la trucha Arcoíris.

Reino	:	Animal
Familia	:	Salmonidae
Género	:	Oncorhynchus
Especie	:	Mykiss
Nombre científico	:	Oncorhynchus mykiss

Nombre común : Trucha Arcoíris

2.2.4. Morfología.

La trucha Arcoíris presenta un cuerpo alargado y fusiforme, con 60- 66 vértebras, 3-4 espinas dorsales, 10-12 radios blandos dorsales, 3-4 espinas anales, 8-12 radios blandos anales y 19 radios caudales. Como todos los salmónidos, tiene una aleta adiposa, generalmente con un borde negro.

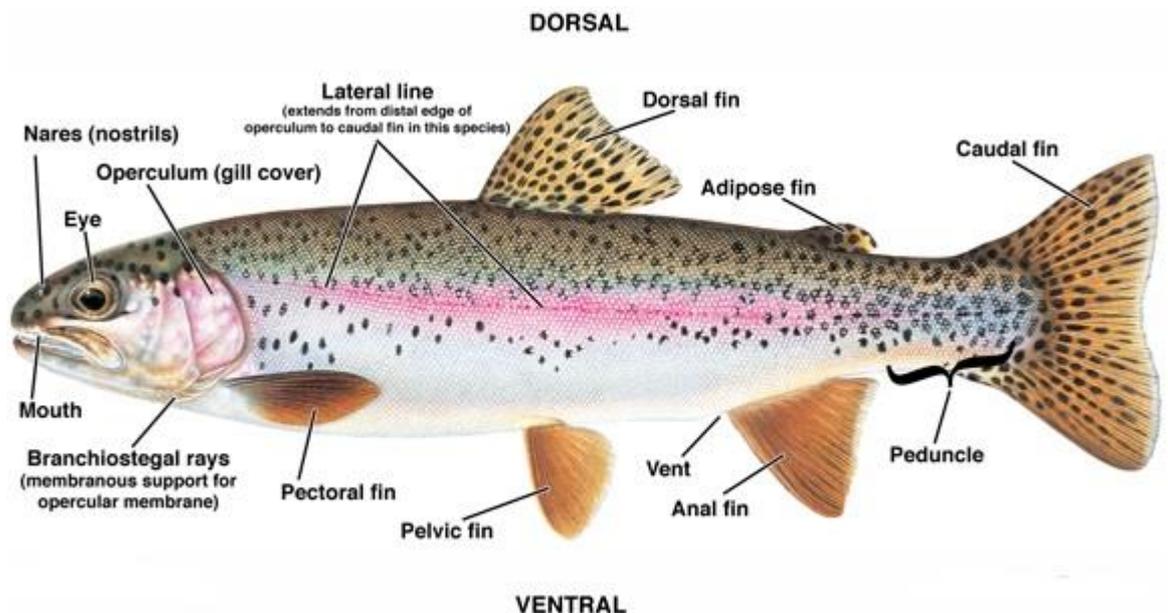


Figura 1. Esquema de la trucha Arcoíris.

Fuente: Wikipedia.es

2.2.5. Hábitat.

La trucha es un salmónido que habita en las aguas frías, claras oxigenadas de los lagos y arroyos en altas altitudes, en zonas tropicales y subtropicales, habita en arroyos de agua corriente, pero en zonas de gran altitud (superior a 1 500 m.s.n.m.), cuyas temperaturas en los meses más cálidos no rebasen los 21°C, es originaria de la vertiente del Pacífico de América del Norte desde Alaska hasta California. En México, su



distribución natural abarca corrientes de aguas frías y cristalinas de las zonas montañosas, valles y depresiones más altas de los estados de Baja California, Sinaloa, Sonora, Chihuahua, como resultado de los programas de siembra y repoblación llevados a cabo por diversas dependencias, su distribución abarca las zonas templadas y frías (Ortega, 2000).

2.2.6. Ciclo de Vida.

El ciclo de vida de la trucha Arcoíris se lleva a cabo en corrientes de agua dulce y en embalses naturales, de tal manera que no ocurre una migración hacia el mar, se describen cinco etapas de desarrollo durante el ciclo de vida son huevo, desarrollo embrionario y eclosión, alevín, cría, juvenil y adulto o edad reproductiva. En cautiverio está en función del manejo que se les aplique a los reproductores. La hembra madura por primera vez a los 18 meses, el tamaño de los huevos depende del peso y de la edad de las hembras, por lo que se recomienda usar hembras reproductoras de tres años o más (Camacho et al., 2000).

2.2.7. Desarrollo biológico.

El desarrollo biológico de la trucha comprende ciertas etapas según el departamento de Pesca y Acuicultura, que va desde los huevos fertilizados, hasta llegar a la etapa de reproductores, y cada uno de ellos posee ciertas características diferenciales, sin embargo, solo se describirán las etapas que se desarrollarán en el proceso productivo para el desarrollo de dicho proyecto, considerándose así las siguientes etapas:



2.2.7.1. Etapa de Ovas.

Son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva, esta fase larvaria puede durar entre 15 y 30 días, dependiendo de la temperatura del agua. (Ministerio de la producción, 2015).

2.2.7.2. Etapa de Alevines.

Esta etapa comprende el cultivo de trucha Arcoíris , desde su talla promedio de siembra 2,5 cm hasta 10 cm; con pesos promedios entre 0,19 a 12,5 g respectivamente; esta fase tiene una duración de 3 meses, según Produce – 2009 (Ministerio de la producción, 2015).

2.2.7.3. Etapa Juvenil.

Esta etapa comprende tallas de cultivo de 10 hasta 18 cm, con pesos promedios de 12,5 a 30,7 g; respectivamente, esta fase tiene una duración de 2 a 3 meses, según Produce – 2009 (Ministerio de la producción, 2015).

2.2.7.4. Etapa de Pre Engorde.

Durante esta etapa los peces se encuentran hasta alcanzar la talla de 18 - 22 cm, con pesos respectivos de 30,7 a 67 g. Esta fase tiene una duración de dos meses, según Produce – 2009 (Ministerio de la producción, 2015).

2.2.7.5. Etapa de Engorde (Tamaño Comercial).

En esta fase las truchas se encuentran hasta alcanzar el tamaño comercial, es decir de 22 a 28 cm con pesos aproximados de 200 – 250 g, que es el peso que mayormente es



demandado por el mercado regional. Esta etapa tiene una duración de 2 meses, según Produce – 2009 (Ministerio de la producción, 2015).

2.2.7.6. Etapa de Reproductores.

con tallas de 30 cm a más, y pesos entre 350 y 400 g obteniéndose después de los 11 - 13 meses, que tienen que tener un período de cultivo como mínimo de 3 años en las hembras y a los 2 o dos años y medio los machos, según centro de estudios para el desarrollo y la participación (CEDEP, 2009).

2.2.7.7. Apareamiento.

La trucha Arcoíris se reproduce en las partes altas de los ríos, donde las hembras una vez que alcanzan la madurez depositan los huevos, este evento tiene lugar en los fondos de grava de un río u arroyo con una velocidad de corriente rápida. Su reproducción la llevan a cabo durante los meses de Setiembre a febrero, desovando en torrentes poco profundos, de fondo gravoso y aguas claras, en los que la hembra excava nidos normalmente en presencia del macho, que no toma parte en la construcción, sino que se emplea en establecer peleas por la posición de la hembra. Los movimientos vigorosos del cuerpo de la hembra sobre la grava fina del fondo producen una depresión en forma de cuenca. La producción simultánea de los óvulos y la esperma es esencial, ya que este último solo es capaz de vivir en el agua durante un minuto cuando mucho. Los espermatozoides son organismos que se mueven activamente y es presumible que sean atraídos por los óvulos mediante algún estímulo químico, cuando un espermatozoide penetra en el óvulo a través del micrópilo, este se cierra, impidiendo la entrada a un segundo espermatozoide (Camacho et al., 2000).



2.2.8. Hábitos Alimenticios.

La trucha Arcoíris es una especie carnívora entomófaga, ligeramente ictiófaga, consumen cladóceros y copépodos al pasar a la etapa juvenil o de adulto complementan su alimentación con crustáceos, moluscos, lombrices, ajolotes, etc. la trucha arcoíris al estar sujeta a un sistema de cultivo intensivo depende su alimentación completamente de alimentos balanceados ricos en proteínas. (Zamora. 1986).

El proceso de engorde de la trucha se calcula entre los ocho y diez meses, tiempo en el cual alcanza su talla comercial (Higuera, 1987).

2.2.9. Partes Anatómicas de trucha.

2.2.9.1. Aspecto Exterior.

La piel es la primera barrera de protección del pez frente al medio acuático esta es húmeda y tiene en la epidermis glándulas mucosas que a través de la secreción de mucus lubrican la piel y la protegen de agentes externos nocivos, el mucus puede aumentar por agentes irritantes, parásitos y bacterias, por otra parte le permite al pez desplazarse mejor, el olor típico de los peces está dado por el mucus, También se encuentran en la piel una cubierta de escamas que protegen al cuerpo y una serie de pigmentos y células sensitivas de la línea lateral, algunos peces recién nacidos como las truchas, no tienen escamas, estas se forman a medida que crecen comenzando aproximadamente a desarrollarse desde los tres centímetros de longitud a partir de la dermis, las escamas tienen cuatro campos; anterior, posterior y dos laterales que solo el posterior es visible, el resto está cubierto por la dermis, todos los factores que influyen en el crecimiento se traducen de alguna manera en la escama de todos estos factores, quizá el más importante sea la alimentación, ya que cuando el pez se alimenta abundantemente, la escama presenta una zona bien



calcificada y ancha y cuando el pez deja de alimentarse (por causas como frío, reproducción o disminución en la cantidad de alimento) hay poca calcificación y se forma una zona estrecha que se interpretaría como anillo de crecimiento, Mediante el estudio de las escamas se puede determinar en algunos casos, la edad y el número de frezas entre otras cosas, los pigmentos son sustancias químicas producidas en su mayoría por el pez, lo cual se alojan en células especializadas llamadas cromatóforos o están impregnados en los tejidos de estos pigmentos, que pertenecen a cuatro grupos principales como; carotenoides, flavinas, melaninas y guaninas, La melanina es sintetizada en la dermis en células llamadas melanóforos que según su concentración producen color pardo gris o negro. Las guaninas son cristales macroscópicos de desecho metabólico que se depositan en la superficie de la escama dando una cubierta plateada altamente reflectada, los carotenoides son pigmentos de tonalidad anaranjada que no son sintetizados por el pez, sino que deben ser incorporados por el alimento, ya sea a través del balanceado o por medio de crustáceos en el ambiente natural, luego sí son reelaborados por el pez y fijados a los tejidos adiposos, La flavina produce color rojo o amarillo las coloraciones de los peces, que pueden haber a fenómenos físicos de refracción de la luz Por ejemplo, las guaninas pueden dar coloraciones iridiscentes, estos cambios de color les sirven para camuflarse, reconocer especies, sexo, etc. (Mancini, 2002).

2.2.11. Hígado de trucha Arcoíris.

Actúa como órgano digestivo accesorio, el hígado secreta bilis por un conducto a la vesícula biliar, el hígado también desintoxica los metales pesados, drogas y pesticidas a los que podría ser expuesto el animal (Gamarra et al., 2017).



Figura 2. Hígado de trucha Arcoíris.

Fuente: Elaboración propia

2.2.12. Agua.

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos, tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza (Laguna, 2020).

Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella.

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso (Vásquez, 2000).

Desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. Sin embargo, por esta



misma propiedad, puede transportar una serie de sustancias tóxicas al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible.

2.2.13. Aspectos Fisicoquímicos del agua.

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su composición física y química en algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la Ley de Acción de Masas y la Ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles.

2.2.14. Potencial de hidrogeno (pH).

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua, del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas), estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática.

2.2.15. Conductividad eléctrica.

Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio), la Conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca), por ejemplo, aguas que corren en sustrato graníticos tienden a tener menor conductividad, ya que ese sustrato está compuesto por materiales que no se ionizan, las descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^-



2 u otros iones que deben tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), o compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifiquen mayormente la Conductividad.

2.2.16. Oxígeno Disuelto (OD).

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables, por lo tanto, el nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal, generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad, Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

2.2.17. Temperatura.

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

2.2.18. Turbiedad.

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua, la clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez, los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton que la tierra puede llegar al agua por la erosión o el escurrimiento de tierras cercanas, los sedimentos pueden ser revueltos por



demasiada actividad en el agua, ya sea por parte de los peces o los humanos, por otro lado las aguas residuales son el resultado de las descargas de agua y los altos niveles de plancton que pueden deberse a nutrientes excesivos en el agua.

2.2.19. Metales pesados.

En las zonas costeras los metales pesados como Hg, Ni, Cd y Pb son de origen antrópico y deben ser introducidos al sistema marino por actividades tales como minería, agricultura, descarga de aguas residuales, entre otras (Márquez et al., 2008).

En aguas superficiales, los metales pesados existen en forma de coloides, partículas, y como fases disueltas, aunque debido a su baja solubilidad estas últimas suelen presentar concentraciones muy bajas en forma iónica o complejos orgánicos metálicos, en las formas coloidales y partículas los metales pesados aparecen como hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfuros, o adsorbidos en minerales del grupo de arcillas, sílice y materia orgánica. La solubilidad de los metales pesados en las aguas superficiales está controlada por el pH, el tipo de ligantes en los que se encuentran adsorbidos, el estado de oxidación de las fases minerales y el ambiente redox del sistema (Connell et al., 1984).

En las zonas costeras los metales pesados como Hg, Ni, Cd y Pb son de origen antrópico y deben ser introducidos al sistema marino por actividades tales como minería, agricultura, descarga de aguas residuales, entre otras Márquez et al. (2008), en el litoral costero el Zn y Pb pueden entrar al mar por vía de efluentes domésticos, industriales, descargas de los ríos y mediante emanaciones a la atmósfera, y posteriormente ser depositados y acumulados en el sedimento mediante procesos biogeoquímicos (Acosta et al., 2002).



2.2.20. Contaminación acuática.

El agua es un recurso renovable en peligro por culpa de la actividad humana. Toda el agua pura procedente de las lluvias, ya antes de llegar al suelo recibe su primera carga contaminante, cuando disuelve sustancias como anhídrido carbónico, óxido de azufre y de nitrógeno que la convierten en lluvia ácida. Ya en el suelo, el agua discurre por la superficie o se filtra hacia capas subterráneas. Al atravesar los campos el agua del río se carga de pesticidas y cuando pasa por ciudades arrastra productos como naftas, aceites de auto, metales pesados, etc. Los ríos muestran una cierta capacidad de deshacerse de los contaminantes, pero para eso necesitan tener un tramo muy largo en las cuales las bacterias puedan realizar su trabajo depurador.

2.2.21. Movimiento de residuos de metales pesados en el Ambiente.

Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones. Si bien los metales pesados tienen una actividad tóxica reconocida a concentraciones altas, los organismos vivos tienen necesidad vital de alguno de ellos, ya que son necesarios para diversas funciones fisiológicas.

2.2.22. Metales pesados en el cuerpo de agua.

Las aguas superficiales y subterráneas contienen siempre en estado natural una serie de sales disueltas, éstas se originan por el contacto del agua en movimiento con los diversos materiales del suelo y subsuelo; De la misma forma el agua recoge materia orgánica natural de las hojas, hierbas y vegetación en diversos estados de biodegradación y, diluye gases atmosféricos. El resultado de estos contactos es que el agua acumula



ciertas cantidades de impurezas naturales por disolución o reacción química seguida de disolución Hem (1961), En aguas superficiales, los metales pesados existen en forma de coloides, partículas, y como fases disueltas, aunque debido a su baja solubilidad estas últimas suelen presentar concentraciones muy bajas en forma iónica o complejos orgánicos metálicos. En las formas coloidales y partículas los metales pesados aparecen como hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfuros, o adsorbidos en minerales del grupo de arcillas, sílice y materia orgánica. La solubilidad de los metales pesados en las aguas superficiales está controlada por el pH, el tipo de ligantes en los que se encuentran adsorbidos, el estado de oxidación de las fases minerales y el ambiente redox del sistema Connell et al., (1984), en las aguas subterráneas, el comportamiento de los metales pesados es función de la composición del acuífero, la composición de la materia en suspensión y la composición química del agua. De este modo los acuíferos con mayores niveles de metales adsorbidos serán aquellos constituidos por arenas finas y limos. Además, los metales pesados tienen una gran afinidad por los ácidos húmicos, arcillas orgánicas y óxidos cubiertos de materia orgánica (McCullough et al., 1999).

La química del agua controla la tasa de adsorción/desorción de los metales hacia y desde el acuífero. La adsorción elimina el metal del agua y lo almacena en el acuífero, mientras que la desorción devuelve los metales al agua, favoreciendo su movilización. La desorción de los metales suele producirse debido a los siguientes cambios físico-químicos en el agua: (1) Aumento de la salinidad, que produce una competitividad entre los metales y los cationes, (2) disminución del potencial redox, que se da normalmente bajo condiciones deficitarias de oxígeno, y (3) disminución del pH, que provoca un incremento de la competitividad entre los metales y los iones hidrógeno, además de producirse una disolución de los complejo metal carbonato, liberándose los iones del metal en el agua.



Una inversión de estas condiciones favorece la adsorción de metales por los minerales del acuífero (Lopez et al., 2001).

La concentración natural de metales en los ecosistemas acuáticos depende de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca hidrográfica al que pertenece, sin embargo, Tulonen et al. (2006), indica que algunos productos químicos atropo génicos son poco probable que entren en el medio acuático debido a la forma en que se utilizan. En otros casos, los procesos de degradación, tales como el metabolismo microbiano, la hidrólisis acuosa, o fotólisis, disminuyen notablemente las concentraciones de las sustancias químicas antes o después de entrar en los sistemas acuáticos, reduciendo así la probabilidad de exposición significativa de los organismos acuáticos Russell et al. (2008). Aunque asociamos a los metales pesados con la contaminación directa del agua y los alimentos mediante vertidos, en realidad son transportados en su mayor parte de un lugar a otro a través del aire, como gases o especies absorbidas, o como especies adsorbidas en las partículas materiales suspendidas. Así, por ejemplo, cerca de la mitad de la entrada de metales pesados en los Grandes Lagos (grupo de cinco lagos en la frontera entre Canadá y Estados Unidos) es debida a la deposición desde el aire (Baird, 2001).

2.2.23. Metales pesados en agua.

La concentración de metales en agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces, las branquias se exponen a metales a través del agua ya que están constantemente en contacto directo con los riñones que están expuestos a los metales del agua porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón (Farell, 1993).



En general, el orden de acumulación de metales pesados en la red trófica es como sigue: capa biológica=sedimentos más invertebrados más peces (Deacon & Driver, 1999). Aunque las concentraciones absolutas de metales están más elevadas en la capa biológica y sedimentos. Los datos de un estudio realizado por Farag et al. (1998), demuestran que los metales Son biodisponibles y magnifiquen a través de niveles tróficos, sí se bioacumulan a concentraciones que causen efectos fisiológicos en peces.

2.2.24. Metales pesados en invertebrados acuáticos.

Los metales presentes en los tejidos de invertebrados nos documentan una ruta a través de la cual los metales se mueven hacia arriba en la cadena trófica. Tanto es así, que los invertebrados pueden influir en las concentraciones de los metales acumulados en los macro invertebrados bénticos y por tanto en peces.

2.2.25. Metales pesados en peces.

Los metales pesados pueden entrar en los peces por 3 posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante, a través de la ingestión de comida, también importante, y por último y con una importancia menor, a través de la superficie corporal.

2.2.26. Factores que afectan la acumulación de metales pesados en peces.

El medio acuático puede ser dividido en tres compartimentos principales; agua, sedimentos y organismos vivos, los elementos metálicos naturalmente presentes en el medio ambiente o introducidos artificialmente por las actividades humanas se reparten en estos compartimentos en función de diferentes mecanismos de naturaleza química, física o biológica. Los intercambios entre estos compartimentos estarán influenciados por las variaciones de los factores ecológicos abióticos (características fisicoquímicas del agua y de los sedimentos) o bióticos (hábitat, régimen alimentario, naturaleza y cantidad de



alimento disponible) y por las variaciones del débito fluvial según las estaciones y fluctuaciones climatológicas (Anadon et al., 1984)

2.2.27. Vía de entrada de los metales pesados en truchas.

Ingestión versus absorción de agua, Las branquias son el principal lugar de ingreso para sustancias disueltas del agua, Este tejido está expuesto a cantidades mucho mayores de tóxicos que los pulmones de un animal terrestre, en las branquias el agua y la sangre fluyen a contracorriente, el epitelio es muy delgado porque sólo dos capas de células con una gran área de contacto, Hay tóxicos que son principalmente absorbidos de los alimentos y otros del agua respirada. Por ejemplo; el 90% del mercurio acumulado en los peces entra vía la ingesta.

2.2.28. Plomo.

Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plomo (gris oscuro), que se empaña para adquirir un color gris mate, es flexible, inelástico y se funde con facilidad, su fusión se produce a 327,4 °C y hierve a 1725 °C, Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos órgano metálicos (Castro et al., 2002)

Al ser absorbido por el organismo, el plomo pasa al torrente sanguíneo en donde se distribuye básicamente a tres diferentes compartimentos; El primero, donde el 90 por ciento del plomo presente en la sangre está unido a los eritrocitos teniendo una vida media de 35 días, este compartimento central está en contacto directo con las vías de absorción



y excreción renales y con los otros compartimientos, con los que mantiene una situación de equilibrio; además de este plomo ligado al hematófite, hay otra fracción sérica ligada a las proteínas ricas en azufre; el segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos principalmente el riñón, hígado. Sin embargo, la vida media del plomo en este compartimiento es de 40 días; el tercer compartimento lo constituye el hueso que contiene la mayor cantidad (80-90 por ciento) del plomo almacenado en el organismo (Gamarra et al., 2017).

Actualmente la mayor fuente de plomo es la atmósfera, aunque su contenido está disminuyendo gracias a la prohibición de utilizar gasolina con plomo. El plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías, esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida, esta es la razón por la que los sistemas de tratamiento de aguas públicas ajustan el pH del agua potable, el plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano y es muy dañino después de ser ingerido en la comida, o a través del aire o el agua.

2.2.29. Cadmio.

El cadmio es un metal de color blanco brillante, dúctil, maleable y resistente a la corrosión, su densidad es de 8,642 g/cm³ y sus vapores son 3,88 veces más pesados que el aire, su presión de vapor es relativamente alta, por lo que pasa fácilmente al estado de vapor y en este estado se oxida rápidamente produciendo óxido de cadmio que permanece en el aire, Cuando en la atmósfera hay gases o vapores reactivos, como los bióxidos de azufre o de carbono, reaccionan con ellos y produce respectivamente carbonato, sulfito, hidróxido, sulfato y cloruro de cadmio. El cadmio está presente en la naturaleza como óxidos complejos, los sulfuros y los carbonatos de zinc, plomo y cobre, no se recupera como producto principal de las minas, sino como un subproducto de la extracción de otros



metales no ferrosos, principalmente de minerales de zinc, alrededor del 18 por ciento del consumo mundial proviene del reciclaje, los usos principales del cadmio refinado son; en baterías y pilas de (Ni, Cd), pigmentos para plásticos, cerámica y esmaltes, estabilizadores para plásticos, placas de hierro y acero, también como elemento de aleación de plomo, cobre y estaño, lo cual existen dos principales fuentes de obtención de cadmio, de tipo primario obtenido de la recuperación de la fundición del zinc y del cadmio, la otra fuente es de tipo secundario, derivado del reciclaje de baterías de níquel-cadmio, de las aleaciones de cobre-cadmio, hierro y otros, así como del reciclaje de polvos de hierro y cadmio (Patiño, 2018).

El Cadmio es a menudo transportado mediante transportadores de Zinc, aunque estos transportadores permiten al Cd alcanzar el citoplasma celular, no está establecido que el transporte de Cadmio interfiera con el Zinc, Sin embargo, una vez dentro de la célula el Cadmio interactúa e induce el complejo distribuye al Cadmio, pero su formación puede impactar la homeostasis del Zinc (Maret et al., 2012).

El cadmio no se encuentra en el ambiente como un metal puro, es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos en el zinc, plomo y menas de cobre, es relativamente barato, ya que se trata de un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, como el zinc y el cobre, Sus variadas aplicaciones en la galvanoplastia, la galvanostegia y la galvanización, así como su uso en plásticos, pigmentos para crear tintes, pinturas, y cerámica, y baterías de níquel y cadmio, se deben a su gran resistencia a la corrosión y a sus propiedades electroquímicas, los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio, En la población general la comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio, la cual suele ser de carácter crónico (Pérez y Azcona, 2012).

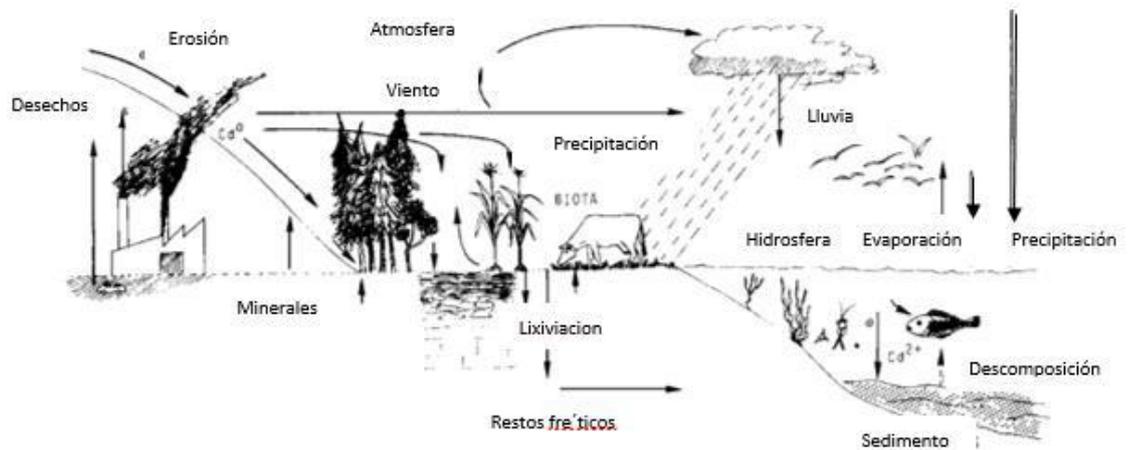


Figura 3. Cadmio en el ambiente.

Fuente: Russel et al., 2008.

2.2.30. Efectos del cadmio.

Los efectos tóxicos del cadmio se manifiestan especialmente en los huesos y riñones y las personas que tienen bajas reservas de hierro son particularmente vulnerables a estos efectos adversos, lo cual es de interés informar y hacer notar los efectos provocados por este metal ubicado entre los más peligrosos, según la Agencia Estadounidense para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, así como continuar impulsando la educación para la salud con el fin de evitar la contaminación ambiental por cadmio (Pérez & Azcona, 2012).

2.2.31. Mercurio.

El mercurio es un elemento químico con el símbolo Hg y número atómico 80, en la literatura antigua era designado comúnmente como plata líquida y también como azogue o hidrargiro. Elemento de aspecto plateado, metal pesado perteneciente al bloque D de la tabla periódica, el mercurio es el único elemento metálico líquido en condiciones estándar de laboratorio; el único otro elemento que es líquido bajo estas



condiciones es el bromo (un no metal), aunque otros metales como el cesio, el galio, y el rubidio se funden a temperaturas ligeramente superiores.

El mercurio aparece en depósitos en todo el mundo, principalmente como cinabrio (sulfuro de mercurio). El pigmento rojo denominado bermellón se obtiene triturando cinabrio natural o sulfuro de mercurio obtenido por síntesis.

2.2.32. Lago Titicaca.

El Titicaca (en aimara: *Titiqaqa*, de *titi*, 'gato salvaje' y *qaqa* 'cabello cano'; en referencia al gato andino gris) Wikipedia (2021), es el lago navegable más alto del mundo, ubicado en los Andes centrales, dentro de la meseta del Collao, a una altitud media de 3812 m s. n. m. entre los territorios de Bolivia y Perú. Posee un área de 8300 km² de los cuales el 56 % (4996 km²) corresponden a Perú y el 44 % (3304 km²) a Bolivia y 1125 km de costa, su profundidad máxima se estima en 281 m y se calcula su profundidad media en 107 m. Su nivel es irregular y aumenta durante el verano austral.

El Lago Titicaca está siendo contaminado por aguas residuales que son vertidas por poblaciones aledañas. Dicha contaminación se da por aguas servidas, residuos sólidos, residuos de explotación minera entre otros de la región andina. Esto se da por la falta de educación ambiental y políticas ambientales poco promovidas por el Municipio de Copacabana que actualmente son causantes de la muerte de muchas especies vivas (flora y fauna) que habitan en el Lago Titicaca (Fonturbel, 2008).

2.2.33. Coliformes termotolerantes.

Las bacterias coliformes termotolerantes forman parte del total del grupo coliforme, son definidas como bacilos gram - negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, la mayor especie en el grupo de coliformes fecal

es el *Escherichia coli*, la presencia de coliformes en el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

2.2.34. Cortisol.

Mucho se ha investigado respecto al efecto de temperaturas por arriba o debajo del rango de seguridad en los peces, aunque es probable que el efecto conservado se deba a la disminución del oxígeno en el agua, cuando las temperaturas se elevan, el epitelio lamelar de las branquias se presentó encogido y las células pilares colapsadas, cuando se expuso a los peces (truchas), a temperaturas entre 30 °C y 45 °C. Bajo estas condiciones, encontraron que el hígado presenta un esteatosis y en el páncreas cambios auto líticos, además en las células tubulares renales hubo cambios degenerativos. El estrés por frío también ha sido estudiado en tilapias (*Oreochromis mossambicus*), exponiéndolas a temperaturas hasta 5 °C y se ha detectado también contracciones del epitelio lamelar (Ocampo et al., 2008).

2.2.35. Correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson, se simboliza con la letra minúscula r , cuya fórmula matemática se expresa a continuación:

$$r = \frac{COV(XY)}{SxSy}$$

Donde:

X = Bioacumulación de plomo, cadmio y mercurio.

Y = Crecimiento de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

r = Coeficiente de correlación de Pearson

$COV(x,y)$ = Covarianza entre X y Y.

Sx = Desviación estándar de X.

σ_Y = Desviación estándar de Y.

Las fórmulas matemáticas se expresa de la siguiente manera:

Determinación de la media aritmética de X.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Determinación de la media aritmética de Y.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

Determinación de desviación estándar de X.

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum (X_i)^2}{n} - \bar{X}^2}$$

Determinación de desviación estándar de Y.

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum (Y_i)^2}{n} - \bar{Y}^2}$$

Determinación de la covarianza.

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum X_i Y_i}{n} - \bar{X} \bar{Y}$$

De esa manera se desarrolla el coeficiente de correlación de Pearson, con las variables de bioacumulación de metales pesados y el crecimiento de truchas.

El rango de los posibles resultados de este coeficiente es (-1,1).



- 0 indica que no hay correlación.
- 1 indica una correlación positiva perfecta.
- -1 indica una correlación negativa perfecta.
- H_0 = las variables no están relacionadas, $r=0$.
- H_a = las variables están relacionadas, $r \neq 0$.

b) Estadístico de Waller-Duncan.

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{n \sigma_{\bar{Y}}^2}{S_j^2}$$

a) Nivel de significación: 5%.

c) Regresión lineal simple.

Donde:

y= es el Nivel de Cortisol ($\mu\text{g/dl}$).

x = Peso de truchas.

Realizando los cálculos respectivos, obtenemos la siguiente ecuación.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Después de realizar los cálculos, obtenemos los siguientes resultados para la estimación de valores.

$$y = 2.032 + 0.006 X + \varepsilon$$

Con esta fórmula, obtenemos una tabla con los resultados estimados.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.

Las muestras de trucha utilizadas para esta investigación son provenientes de las jaulas flotantes de lago Titicaca del distrito de Chucuito Puno, ubicado a 3845 msnm, con coordenadas UTM 19L 395877 8475869. Donde, los análisis de metales pesados se realizaron en los laboratorios analíticos del sur E.I.R.L. de la ciudad de Arequipa y los análisis de cortisol se realizaron en el laboratorio de patología clínica y banco de sangre de la Clínica Americana de Juliaca de la provincia de San Román región Puno.



Figura 4. Jaulas flotantes de lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. POBLACION Y MUESTRA.

Muestreo.

Se recolectaron 15 truchas Arcoíris de 2 jaulas flotantes separado por una malla, ubicado en el lago Titicaca de distrito de Chucuito Puno, en la primera jaula se recolecto 8 truchas Arcoíris, lo cual se seleccionó 3 truchas Arcoíris según talla entre 17 cm, 18 cm

y 28 cm respectivamente (Ver Tabla 2), en la segunda jaula se recolecto 7 truchas Arcoíris de los cuales solo se seleccionaron 2 truchas según talla entre 37 cm y 43 cm; las 5 muestras de truchas Arcoíris seleccionados se obtuvieron para las muestras de hígado, musculo y sangre para cortisol.

Para las muestras de calidad de agua, se obtuvieron agua de las 2 jaulas flotantes, en frascos de vidrio y polietileno según el procedimiento de laboratorio analítico del sur.

Tabla 2. Muestra seleccionada de truchas Arcoíris.

Muestra	Peso (g.)	Talla (cm.)
M-1	55	17
M-2	60	18
M-3	225	28
M-4	640	37
M-5	965	43

Fuente: Elaboración propia.

La muestra sigue un diseño aleatorio al azar, puesto que la crianza de los peces se realiza en jaulas separadas por tamaños y edades, junto con otras características fisiológicas. Las muestras deben ser tomadas al azar para eliminar sesgos, una cantidad suficiente de la captura debe muestrearse para tener en cuenta la variación existente entre muestras. El método empleado para la obtención de estimados relativos de peces es el de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), este método implica la captura de los ejemplares de peces en el campo con un determinado arte de pesca, siendo la unidad de esfuerzo empleada el factor para obtener el valor estandarizado de las colectas (por ejemplo, el área de la parte del tramo que se ha muestreado en cada caso, el número de lances de



atarraya realizado o el tiempo de uso del equipo de pesca eléctrica, etc.) (Palma et al., 2014).

3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.

3.3.1. Materia prima.

- Hígado, musculo y sangre de truchas Arcoíris: se obtuvieron de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito Puno.
- Aguas: se extrajo de las jaulas flotante del lago Titicaca del distrito de Chucuito, Puno.

3.3.2. Materiales.

- Cooler.
- Frascos de plástico.
- Frasco de winkler.
- Frascos de vidrio.
- Bolsas herméticas.
- Jeringas.
- Cuchillo.
- Balanza analítica.

3.3.3. Reactivos.

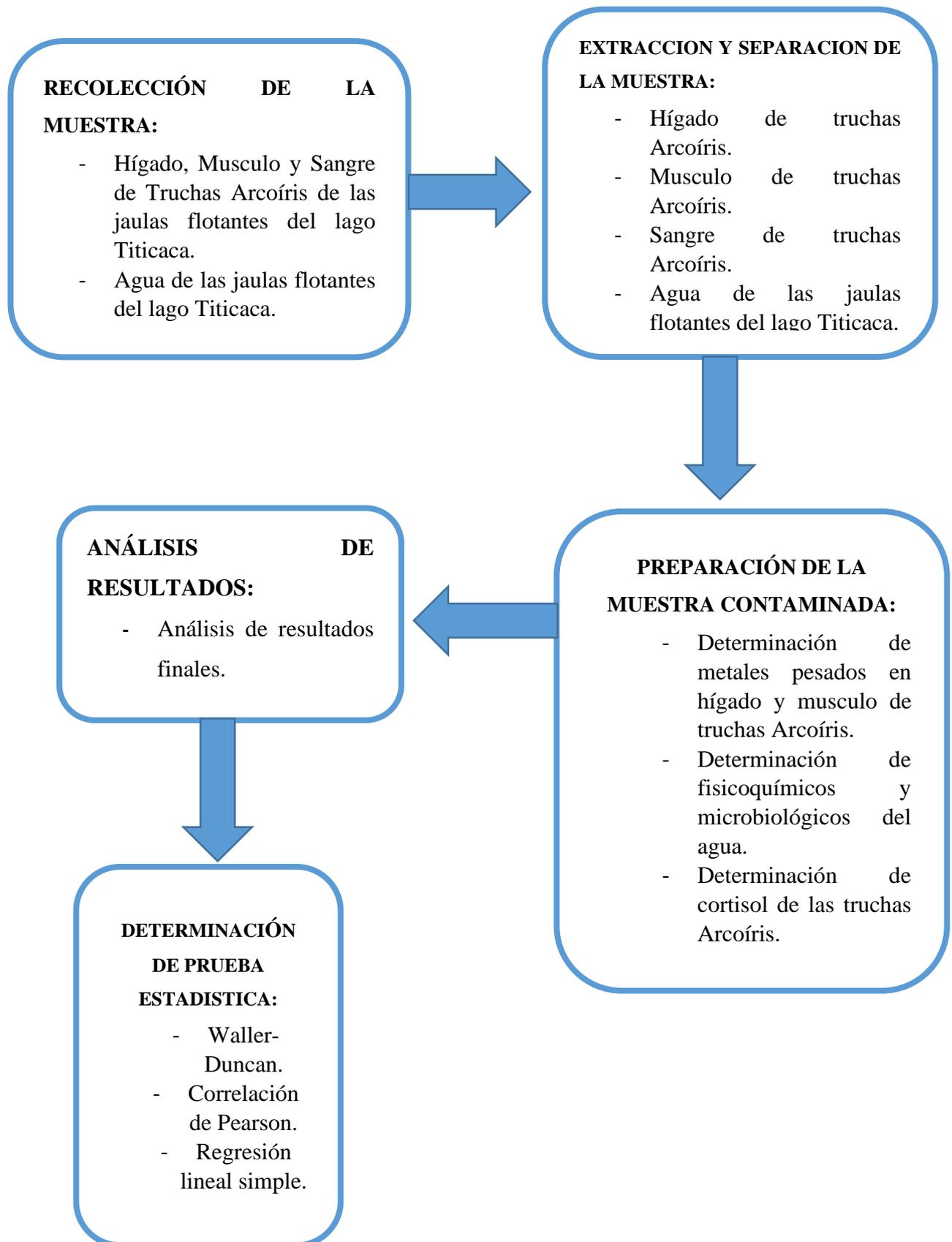
- Ácido sulfúrico, Q.P. al 98%.
- Ácido clorhídrico, Q.P. al 37%.
- Hidróxido de sodio, QP.



3.3.4. Equipos.

- Espectroscopia de ICP-OES.
- Kjeldahl.
- Potenciómetro.
- Analizador automático de inmuno ensayos Tosoh - AIA 360 (Tosoh, 2010).
- Balanza analítica.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.



3.4.1. Obtención de materia prima.

En la Figura 5, se muestra la recolección de Las truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), se obtuvieron de criadero de truchas de las jaulas flotantes del lago Titicaca ubicado en el distrito de Chucuito – Puno; y las agua también se obtuvieron del mismo lugar.



Figura 5. Obtención de las truchas Arcoíris.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Selección y Clasificado.

Para la obtención de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Figura 6), se seleccionó de la siguiente manera:

- Se seleccionaron las truchas Arcoíris según talla y peso, para luego ser candidatos a ser clasificados y extraer la sangre a cada uno de ellos.
- Las aguas también se obtuvieron en los envases proporcionados por el laboratorio.



Figura 6. Selección y clasificado de las truchas Arcoíris.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Pesado de truchas Arcoíris.

En la Figura 7 se realiza el pesado de cada uno de las truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en una balanza analítica comercial, considerando la talla que se ha seleccionado.



Figura 7. Pesado de las truchas Arcoíris.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Análisis fisicoquímico de agua.

Procedimiento.

Al momento de la obtención de la muestra de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), se obtuvo también las aguas para análisis físico químico, microbiológico y metales pesados en frascos de vidrio y de plástico, previamente rotulados según el procedimiento de muestreo indicado por el laboratorio, para luego almacenar en cooler refrigerado con hielo y algunos con preservantes con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, en seguida se envió al laboratorio de la ciudad de Arequipa laboratorio analíticos del sur, para obtener resultados de análisis físico químico de laboratorio.



Figura 8. Aguas muestreadas de las jaulas flotantes del lago Titicaca.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5. Análisis microbiológico de agua.

Procedimiento.



Para el análisis microbiológico se realizó una toma de muestra directa a una profundidad de 20 cm para la detección de coliformes termo tolerantes. En este caso, se dejó un espacio del 10% del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias. Igualmente, la muestra fue en laboratorios analíticos del sur E.I.R.L. ubicado en el parque industrial de rio seco C-1 cerro colorado – Arequipa, y así obtener el resultado de coliformes fecal en NMP/100 ml, mediante técnica de fermentación de múltiples tubos para miembros de grupos de coliformes.

3.4.6. Análisis de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris.

Procedimiento.

Después de haber extraído la sangre se procede a extraer el hígado de las truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), según seleccionado; lo cual se utilizó un cuchillo filo esterilizado para abrir la capa protectora de las truchas y así extraer el hígado de las truchas Arcoíris según seleccionado; para luego envasar en una bolsa hermética rotulado y almacenado en cooler refrigerado con hielo, hasta su llegada al laboratorio, las muestras fueron procesadas en laboratorios analíticos del sur, ubicado en el parque industrial de rio seco C-1 cerro colorado – Arequipa, y así obtener el resultado de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), mediante el método de determinación de trazas de elementos en los alimentos mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente.



Figura 9. Extracción de hígado de la trucha Arcoiris.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.7. Análisis de metales pesados en musculo de truchas Arcoiris.

Procedimiento.

Luego de extraer el hígado se procedió a extraer el musculo de truchas Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), con un cuchillo filo y esterilizado; se cortó un lado de las paredes donde se acumula la mayor cantidad de músculos, es extraído y llevado a una bolsa hermética rotulado, cada una de las muestras, para luego ser almacenado en cooler previamente refrigerado con hielo hasta su llegada al laboratorio, las muestras fueron procesadas en laboratorios analíticos del sur E.I.R.L. ubicado en el parque industrial de rio seco C-1 cerro colorado – Arequipa de la ciudad de Arequipa. Y así obtener el resultado de metales pesados en hígado de truchas Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), mediante el método de, determinación de trazas de elementos en los alimentos mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente.

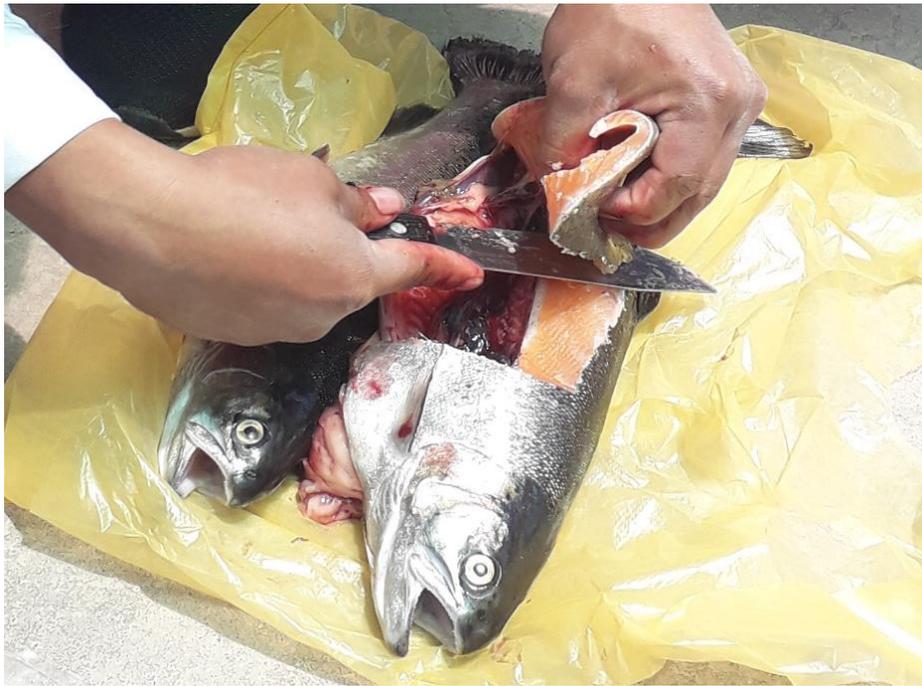


Figura 10. Extracción de musculo de trucha Arcoíris.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.8 Análisis de cortisol.

Procedimiento.

Una vez pesado las truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), se obtiene la sangre para cortisol, utilizando jeringas con agujas esterilizadas de 5 ml, mediante punción en la región caudal, hasta llegar a tocar la espina dorsal y dar un pequeño retroceso para llegar a la vena caudal, y succionar con el embolo de la jeringa recolectando 2 ml a 5 ml de sangre. Posteriormente se procedió a trasladar la sangre a envases de 5 ml debidamente rotuladas y almacenado en un cooler que contenía hielo, para luego trasladar al laboratorio de la clínica americana de juliaca, así obtener los resultado de cortisol, lo cual se realizó con un Analizador Automático de Inmunoensayos TOSOH - AIA 360, el inmuno ensayo basado en la Quimioluminiscencia, el procedimiento fue rápido, debido a que el equipo es de alta tecnología, lo cual se colocaron los viales en 0,5 ml (muestras) al carrusel del

analizador, luego se presionó el botón START, se esperó aproximadamente 20 minutos, y se obtuvieron los resultados en $\mu\text{g}/\text{dl}$, (Anexo G).



Figura 11. Extracción de la sangre para la muestra de cortisol.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TRATAMIENTO ESTADISTICO.

En esta investigación el diseño experimental es más adecuado con la correlación de Pearson y ANOVA, porque nos permite hallar estadísticamente la concentración de metales pesados en hígado y musculo de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), para las pruebas estadísticas de cortisol se ha utilizado regresión lineal simple.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

Los parámetros fisicoquímicos fueron analizados en los laboratorios analíticos del sur de Arequipa, los que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis fisicoquímico del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.

Parámetros	Unidad de medida	ECA	Resultado
Aceites y Grasas	mg/L	5,00	b<0,32
Cianuro Libe	mg/L	0,0052	<0,005
Color	Pt/Co	20(a)	<2
Conductividad	μS/cm	1000	1569
Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	3
Fenoles	mg/L	2,56	<0,001
Fosforo Total	mg/L	0,035	<0,01
Nitratos (NO ³⁻)	mg/L	13	36,43
Amoniac Total (NH ₃)	mg/L	1	0,101
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	1,4
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	6,4
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	8,57
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	1,9
Sulfuros	mg/L	0,002	<0,31
Temperatura	°C	Δ3	17,9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se muestra los parámetros físicos químicos del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno, analizado en Laboratorios Analíticos del Sur, al comparar con los ECA y los resultados obtenidos; se puede apreciar que superan los límites máximos permisibles, en este trabajo la conductividad presenta un valor de 1569 μS/cm, en cambio en el ECA se reporta un valor de 1000 μS/cm, para los Nitratos (NO³⁻) en este trabajo tiene un valor de 36,43 mg/L,



comparado con el de los ECA cuyo valor es de 13 mg/L, Si se considera el Nitrógeno Total que se tiene el cual reporta un valor de 1,4 mg/L, en el ECA se reporta un valor de 0,315 mg/L, para los Sulfuros presenta el valor de 0,31 mg/L, comparado con el ECA este tiene 0,002 mg/L, estos valores nos indican que se tiene contaminación. estos procesos contaminantes, independientemente de su origen, se encuentran afectados, en cantidad e importancia, por las características del medio receptor, los usos del agua y calidades exigidas a la misma, aportes hídricos indirectos en relación a las características de la zona y otros factores que afecten a la dispersión de los contaminantes, es por ello en la actualidad la degradación de la calidad del agua de los ríos y lagos es evidente desde hace tiempo, para su resolución de este problema se debe buscar implementar urgentemente una legislación que controle o evite la emisión de contaminantes, así mismo se debe sensibilizar a las personas que trabajan en esta zona, para que se puedan implementar sistemas especializados para la crianza de Truchas, debido a que en la actualidad existe el incremento de la demanda de agua para diversos usos, que en su retorno al medio natural y como consecuencia de la actividad humana se aumenta su carga contaminante. Como se puede apreciar existe contaminación en diversos lugares de nuestro país por ejemplo en el trabajo de Zevallos (2018), determino los parámetros fisicoquímicos en Challhuahuacho Apurímac, donde también se puede apreciar que los nitratos superaron enormemente los límites máximos permisibles del ECA presentando un valor de 15,467 mg/l. este debido que es un centro minero.

Los otros parámetros analizados como aceites y grasas, color, DBO₅, fenoles, fosforo total, amoniaco total, potencial de hidrogeno y solidos suspendidos totales, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles del ECA, pero si se sigue trabajando bajo este sistema tradicional, en el futuro nuestra Región de Puno se verá

afectada en su salud, como es conocido el agua es imprescindible para la vida, sin embargo, pocas veces pensamos en la multitud de usos que habitualmente le damos.

Con lo que se puede demostrar que esta agua circundante de las Jaulas presenta un determinado grado de contaminación, la presencia de algunos contaminantes afecta la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, estos también producen una alteración del receptor hídrico, afectando a su cantidad o caudal disponible en un determinado lugar y tiempo.

Tabla 4. Análisis microbiológico del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.

Parámetros	Unidad de medida	ECA	Resultado
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	<1,8

Fuente: elaboración propia

Si se analizan el parámetro microbiológico coliformes termotolerantes, según la Tabla 4, se puede apreciar que no presenta una contaminación microbiológica, lo cual se mantiene dentro de los límites máximos permisibles cuando se compara con los ECA; pese a la peligrosidad de este tipo de contaminación para la salud humana, los efectos reales de la misma sobre las aguas subterráneas suelen estar notablemente amortiguados debido a los mecanismos de autodepuración de los acuíferos y especialmente del suelo y de la zona no saturada de los mismos, También en el trabajo de Zevallos (2018), al realizar la investigación en 4 puntos diferentes, las concentraciones del coliformes termotolerantes, oscilaron entre 17 NMP/100ml, 4,5 NMP/100ml, 13 NMP/100ml y 31 NMP/100ml respectivamente, estos valores también se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL HÍGADO Y MUSCULO DE TRUCHAS ARCOÍRIS DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO.

La concentración de los metales pesados en hígado y musculo de truchas Arcoíris, se realizó en la ciudad de Arequipa en los laboratorios analíticos del sur E.I.R.L. de los cuales apreciamos los resultados en la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5. Concentración de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.

Parámetro	Unidad de medida	Resultado (mg/kg)	CMP (mg/kg)	Talla (cm)	Peso (g)
plomo	mg/kg	0,23540	0,30	17	55
	mg/kg	0,98870	0,30	18	60
	mg/kg	0,68300	0,30	28	225
	mg/kg	0,27690	0,30	37	640
	mg/kg	1,01390	0,30	43	965
cadmio	mg/kg	0,00866	0,050	17	55
	mg/kg	0,02148	0,050	18	60
	mg/kg	0,01630	0,050	28	225
	mg/kg	0,01637	0,050	37	640
	mg/kg	0,01870	0,050	43	965
mercurio	mg/kg	0,04907	0,50	17	55
	mg/kg	0,10665	0,50	18	60
	mg/kg	0,05673	0,50	28	225
	mg/kg	0,04154	0,50	37	640
	mg/kg	0,03188	0,50	43	965

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, se muestran las concentraciones de metales pesados en hígado de truchas Arcoíris según talla y peso, así mismo se coloca en la tabla las normas establecidas por SANIPES, al analizar la tabla se puede apreciar respecto al cadmio y mercurio estos valores se encuentran dentro de los contenidos máximos permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo salvo en la talla 18 de la trucha Arcoíris el contenido de mercurio de 0,10665 mg/kg, es mucho más alto que los demás concentraciones de mercurio pero igual se mantiene dentro de los contenidos



máximos permitidos. Al considerar el plomo, sus valores superan los contenidos máximos permisibles en las tallas de la Trucha como 18, 28 y 43, sus valores que se tienen son de 0,9887 mg/kg, 0,683 mg/kg, y 1,0139 mg/kg respectivamente, en las demás tallas 17 cm y 37 cm de las truchas Arcoíris que se referencian en la Tabla 5 se encuentran dentro de los contenidos máximos permitidos, según Wright y Welbourn (2002), los metales se originaron por acción antrópica, la bioacumulación es el proceso por el cual ciertas sustancias tienden a acumularse en los tejidos vivos, en función de la concentración de éstas Arnot y Gobas (2006), indica que el proceso está relacionado con las características lipofílicas, fisiológicas y bioquímicas de los organismos, por otro lado Fernández y Freire (2005), llega a la conclusión de que los contaminantes como los metales pesados después que son ingeridas su eliminación metabólica se hacen lenta y dificultosa, tendiendo a acumularse en órganos como el hígado, riñón, branquias entre otros, sin embargo, Gonzales (2017), en su trabajo de investigación determino la presencia de cadmio y mercurio, cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos, en 25% y 30% de los 20 resultados realizados, por otro lado en la investigación realizada por Chaname (2009), determinó plomo en el hígado de truchas Arcoíris, cuyos valores estaban por encima de los límites máximos permisibles, la concentración de los mismos osciló entre 0,98 $\mu\text{g/g}$ en marzo y 10,49 $\mu\text{g/g}$ en enero, por lo tanto los análisis de la concentración de metales pesados de esta investigación, se realizaron a finales del mes de Enero de 2021.

Tabla 6. Concentración de metales pesados en musculo de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

Parámetro	Unidad de medida	Resultado (mg/kg)	CMP (mg/kg)	Talla (cm)	Peso (g)
plomo	mg/kg	0,59810	0,30	17	55
	mg/kg	0,32640	0,30	18	60
	mg/kg	0,25450	0,30	28	225
	mg/kg	0,31680	0,30	37	640
	mg/kg	0,61300	0,30	43	965
cadmio	mg/kg	0,00963	0,05	17	55
	mg/kg	0,00922	0,05	18	60
	mg/kg	0,00659	0,05	28	225
	mg/kg	0,00845	0,05	37	640
	mg/kg	0,01435	0,05	43	965
mercurio	mg/kg	0,03360	0,50	17	55
	mg/kg	0,04009	0,50	18	60
	mg/kg	0,03476	0,50	28	225
	mg/kg	0,04376	0,50	37	640
	mg/kg	0,03628	0,50	43	965

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6, se muestra la concentración de metales pesados que se encuentran presentes en musculo de truchas Arcoíris según su talla y peso lo cual comparando estos valores obtenidos con los establecidos por SANIPES; se puede apreciar que los valores obtenidos respecto al cadmio y al mercurio, se encuentran dentro de los contenidos máximos permitidos, respecto a los metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo, pero si analizamos los valores del plomo musculo de truchas Arcoíris, estos superan los contenidos máximos permitidos, en la cual considerando algunas truchas Arcoíris cuyas tallas son 17, 18, 37 y 43, estos presentan valores excesivos de 0,5981 mg/kg, 0,3264 mg/kg, 0,3168 mg/kg y 0,613 mg/kg, respectivamente superando los contenidos máximos permitidos, si se puede apreciar la talla 28 de la trucha Arcoíris este se encuentra dentro de los contenidos máximos permitidos establecido por



SANIPES, así mismo García (2002), determinó que el plomo en hígado y musculo varió de 0,07 a 0,15 $\mu\text{g/g}$, la acumulación del plomo en la escama fue de 2,37 $\mu\text{g/g}$, seguida de la medula con 0,06 $\mu\text{g/g}$, siendo no significativa en el hígado y músculo, encontrándose debajo de los contenidos máximos permitidos, Sin embargo Corrales (2013), en su investigación presento valores de concentración superior al límite de detección, respecto al mercurio en musculo del pez corvina rubia ($0,035 \mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$) y al límite de cuantificación ($0,07 \mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$). Por otro lado, Mamani (2011), investigó la concentración de mercurio en pejerrey de la zona norte del lago Titicaca en Segnagachi, ramis, cuyo trabajo de investigación determinó que, en los peces de 2,3 y 4 años de edad, alcanzaron una concentración de mercurio de $0,040 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $0,090 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $0,145 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Respectivamente, por lo tanto Yi et al. (2011), indica que el metabolismo normal de los peces, los metales esenciales son tomados desde el agua, los alimentos o sedimentos, de manera similar a estos, los no esenciales también son absorbidos por los peces y se bioacumulan en sus tejidos, lo cual depende principalmente, de las concentraciones de metales en el agua, sedimentos, género, edad, periodo de exposición y nivel trófico, del mismo modo Cuellar y Cuellar (2000), sostiene que la presencia de metales en el agua, permite la acumulación en tejidos y órganos de peces, así los riñones están expuestos a los metales del agua, porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón, de igual manera el hígado y músculo, también están expuestos a la contaminación de estos metales, los cuales son bioacumulados lentamente en los tejidos.

Tabla 7. Concentración de metales pesados en aguas de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

Parámetro	Unidad de medida	Resultado mg/L	LMP (mg/L)
Antimonio	mg/L	<0,00049	0,64
Arsénico	mg/L	0,0120	0,15
Bario	mg/L	0,06421	0,7
Cadmio disuelto	mg/L	<0,00011	0,00025
Cobre	mg/L	0,0055	0,1
Cromo VI	mg/L	<0,00039	0,011
Mercurio	mg/L	<0,00041	0,0001
Níquel	mg/L	0,00254	0,052
Plomo	mg/L	<0,0026	0,0025
Selenio	mg/L	<0,002	0,005
Talio	mg/L	<0,0013	0,0008
Zinc	mg/L	<0,0031	0,12

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 7, se observa la concentración de metales pesados presentes en aguas de las jaulas flotantes del lago Titicaca, si se realiza un análisis de algunos metales como el Hg cuyo valor es menor o igual a 0,00041 mg/L, y para el Pb presenta un valor menor o igual a 0,0026mg/L, para el Talio también posee un valor menor igual a 0,0013 mg/L, lo cual estos valores reportados superan los límites máximos permisibles establecidos por el ECA, en cambio, los parámetros presentados por el Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio disuelto, Cobre, Cromo VI, Níquel, Selenio, Zinc se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Sin embargo, Huaranga et al. (2012), realizó el trabajo en la cuenca alta, media y baja del río Moche, lo cual concluyó que en la cuenca alta y durante el año 1980 se presentó la mayor contaminación por metales pesados en agua, mientras que los niveles más altos de concentración de metales pesados en suelos, se presentó en el margen derecho de la cuenca media, en lo referente a la contaminación de metales pesados en los cultivos en la yuca (*Manihot esculentus*), se encontró una mayor concentración de metales pesados, de manera similar en el trabajo de Perea (2016), los metales pesados en las muestras de agua fue creciente a medida que el punto de muestreo



se situaba más interiormente en el estuario, resaltando que la concentración de cadmio en la muestra de agua del punto más próximo a la desembocadura, fue la concentración más elevada.

La concentración de metales pesados en aguas de Jaulas flotantes, se encuentra en mayor concentración por encima de los límites máximos permisibles, considerando el mercurio (Hg), plomo (Pb) y talio (Ta), y algunos otros metales se encuentran en menor concentración respecto al Límites máximos permisibles, establecidos por los estándares de calidad ambiental (ECA); por otra parte las truchas Arcoíris criados en Jaulas Flotantes del lago Titicaca, presenta alto contenido de Plomo, estos resultados se explica según citado por Amundsen et al. (1997), Quienes afirman que los metales pesados pueden entrar en los peces por 3 posibles vías; a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante, a través de la ingestión de comida, también importante, y por último con una importancia menor, a través de la superficie corporal y a la hora de acumularse tienen órganos más afines que otros y la mayoría de los autores coinciden en resultados parecidos de patrones de acumulación.

4.2.4 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CORTISOL EN LAS TRUCHAS ARCOÍRIS DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de la clínica americana de Juliaca, según talla y peso de las truchas Arcoíris, se obtuvieron resultados del cortisol en cada una de las muestras, los cuales apreciamos los resultados en la Tabla 8.

Tabla 8. Niveles de cortisol en las truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito - Puno.

Peso (g.)	Talla (cm.)	Cortisol (ng/ml)
55	17	3,5
60	18	15,7
225	28	84,7
640	37	20,3
965	43	91,7

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 8, se observa los niveles de cortisol en sangre de truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), considerando las tallas 43 cm y 28 cm de truchas Arcoíris, los niveles de cortisol son mucho más altos que las tallas 17, 18 y 37 respectivamente, la talla para la trucha de 28 cm es igual a 84,7 ng/ml y para una trucha de 43 cm es igual a 91,7 ng/dl, sin embargo, la tallas 17 cm es igual a 3,5 ng/ml, 18 cm es igual a 15,2 ng/ml y 37 cm es igual a 20,3 ng/ml. Los cuales son mínimos al comparar con otros autores que realizaron similares investigaciones sobre cortisol, por otro lado la talla 28 se asemeja a los resultados obtenidos por; Huanca (2017), cuando realizó niveles de cortisol y glucosa en truchas Arcoíris de la laguna de Arapa, donde las truchas de talla 27 obtuvo como resultado 87,7 ng/ml de cortisol en la sangre de truchas Arcoíris y comprobó que los peces sometidos a algún tipo de estrés agudo presentan niveles de cortisol superiores a los peces que no son sometidos a ningún tipo de estrés, de igual forma los valores normales del cortisol en los peces sin ser sometidos a estrés agudo, indica Bermejo et al. (2015), demostrando que las truchas “Arcoíris” que no fueron sometidos a estrés presentaron los niveles plasmáticos de cortisol entre 10,12 a 15,56 ng/ml. Por otro lado Trenzado (2004), menciona que las truchas “Arcoíris” que no fueron sometidos a ningún tipo de estrés presentan niveles de cortisol plasmático entre 22,66 y 33,26 ng/ml. también Vásquez et al. (2015), cuando realizó su investigación concluye que la temperatura del agua de



19,0°C, pueden presentarse concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 5,0 mg/L, generando estrés en la trucha por las dificultades para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de sus branquias.

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El análisis estadístico se realizó mediante programas de minitab 17 y ANOVA, obteniendo resultados significantes.

La correlación se realizó entre las variables; concentración de plomo, cadmio, mercurio y crecimiento de truchas, lo cual se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, que expresa el grado de asociación entre las variables estimadas.

Hipótesis General.

a) Hipótesis.

La calidad de agua, la concentración de metales pesados y los niveles de estrés en las truchas Arcoíris presentan un alto grado de contaminación del lago Titicaca en las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

Ho: No hay contaminación.

Ha: Existe un alto grado de contaminación.

b) Nivel de significación: 5%.

c) Prueba estadística.

4.4. Prueba de hipótesis.

Hipótesis Especifica 1.

a) Hipótesis.

Ho: La calidad de agua no presentan un alto grado de contaminación del lago Titicaca en las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

Ha: La calidad de agua presentan un alto grado de contaminación del lago Titicaca en las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

b) Nivel de significación: 5%.

c) Estadístico de prueba.

Tabla 9. Calidad del agua usando la T-Student

Calidad del Agua	Unidad Medida	Media	Varianza	Desv. Estándar	T-Calculada	T-Tabla $\alpha/2$	Decisión
Conductividad	μ S/cm	1488,67	4972,33	70,51	12,0	2,92	Se acepta Ha
Nitratos (NO ₃ -)	mg/L	32,66	11,32	3,36	10,1	2,92	Se acepta Ha
Nitrógeno Total	mg/L	1,3	0,01	0,1	17,1	2,92	Se acepta Ha
Sulfuros	mg/L	0,3	0,0001	0,01	51,6	2,92	Se acepta Ha

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 9 podemos observar que los valores de la T-Student calculada superan el valor de la T de la Tabla, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indica que la calidad de agua presenta un alto grado de contaminación del lago Titicaca en las Jaulas Flotantes del lago Titicaca del Distrito de Chucuito – Puno.

d) Conclusión.

En conclusión, podemos afirmar que la calidad del agua, los parámetros físico-químicos del agua circundante de las jaulas flotantes del lago Titicaca presentan una alta contaminación del distrito de Chucuito – Puno.

Hipótesis Específica 2.

a) Hipótesis.

Ho: El grado de contaminación en el hígado y musculo de las truchas Arcoíris no presentan concentraciones de metales pesados en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.



Ha: El grado de contaminación en el hígado y musculo de las truchas Arcoíris, presentan altas concentraciones de metales pesados en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

- b) Nivel de significación: 5%
- c) Prueba estadística

Para esta prueba estadística hacemos uso del análisis de varianza para evaluar los datos son los siguientes resultados.

Tabla 10. Análisis de Varianza en Hígado y Musculo de las truchas Arcoíris con altas concentraciones de metales pesados

		ANOVA				
		Suma de	gl	Media	F	Sig.
		cuadrados		cuadrática		
Resultado (mg/kg)	Entre grupos	1,676	2	0,838	28,365	0,000
	Dentro de grupos	0,798	27	0,030		
	Total	2,473	29			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 10 podemos observar que entre los metales pesados estudiados existen diferencias significativas con un valor de ($F_{\text{Tabla}} = 3,35 > F_{\text{Calc}} = 28,365$) con una significancia menor al 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 11. Resultados de coeficiente de correlación de Pearson en T-Student de comparación de metales pesados en hígado y musculo

Metales	Estadísticos	Metales pesados en hígado	Metales pesados en Musculo
Plomo (Pb)	Media	0,640	0,422
	Varianza	0,140	0,029
	Observaciones	5,000	5,000
	Coeficiente de correlación de Pearson(r)	0,193	0,120
	Estadístico t	-5,547	-5,567
	P(T<=t) una cola	0,003	0,003
	Valor crítico de t (una cola)	2,132	2,132
Cadmio (Cd)	Media	0,016	0,010
	Varianza	0,000	0,000
	Observaciones	5,000	5,000
	Coeficiente de correlación de Pearson(r)	0,315	0,487
	Estadístico t	-5,588	-5,590
	P(T<=t) una cola	0,003	0,003
	Valor crítico de t (una cola)	2,132	2,132
Mercurio (Hg)	Media	0,057	0,038
	Varianza	0,001	0,000
	Observaciones	5,000	5,000
	Coeficiente de correlación de Pearson(r)	-0,693	0,284
	Estadístico t	-5,658	-5,672
	P(T<=t) una cola	0,002	0,002
	Valor crítico de t (una cola)	2,132	2,132

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 muestra los valores de la correlación de Pearson por tipo de metal encontrado en hígado y musculo en truchas. Al realizar un análisis de Plomo (Pb) vemos que la correlación de Pearson es ($r = 0,193$ para hígado, y $r = 0,120$ para musculo) indicando una correlación positiva pero débil, en Cadmio (Cd) vemos una correlación positiva media ($r = 0,315$ para hígado, y $r = 0,487$ para musculo), contrario al mercurio donde la correlación de Pearson ($r = -0,693$ para hígado, y $r = 0,284$ para musculo) donde se observa que la correlación entre la cantidad de mercurio afecta al crecimiento de las truchas cuando están presentes en el hígado, mientras que si estos se encuentran en los músculos se incrementa cuando la concentración de mercurio se incrementa.

Se puede observar que para el análisis de la prueba T de Student en todas las pruebas realizadas tenemos el estadístico T-student y la probabilidad para una cola donde se aprecia una alta significancia siendo todos menores al 0,05 tanto en hígado como en musculo, por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

d) Conclusión.

Podemos concluir que La concentración de metales pesados presentan un alto grado de contaminación en hígado y musculo de truchas Arcoíris del lago Titicaca en las Jaulas Flotantes del Distrito de Chucuito – Puno, presentes en hígado y en músculos.

Así mismo presentamos las agrupaciones de realizadas mediante el uso del estadístico de Waller-Duncan para identificar los grupos a los que corresponden, con los siguientes resultados.

Tabla 12. Análisis de concentraciones de metales pesados en Hígado y Musculo de las truchas Arcoíris

Waller-Duncan ^{a,b} Metales	N	Resultado (mg/kg)	
		Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Cadmio	10	0,013	
Mercurio	10	0,047	
Plomo	10		0,531

Fuente: Elaboración propia.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

b. Razón de gravedad de error de Tipo 1/Tipo 2 = 100.

Interpretación:

Tal como se observa en la tabla 12, existen 2 grupos diferenciados claramente.

El primer grupo está conformado por el Cadmio y el mercurio que se encuentran



presentes en el hígado y músculos de las truchas y sus concentraciones son similares.

El segundo grupo corresponde al plomo la cual se encuentra presente en el hígado y músculos claramente en concentraciones más elevadas en truchas Arcoíris en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

e) Conclusiones.

En conclusión, podemos afirmar con un 95% de confianza que el grado de contaminación en el hígado y musculo de las truchas Arcoíris presentan altas concentraciones de metales pesados en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno, especialmente concentraciones de plomo, claramente más alta que el cadmio y el mercurio.

Hipótesis Especifica 3.

a) Hipótesis.

Ho: Los niveles de cortisol son normales en las truchas Arcoíris en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

Ha: Los niveles de cortisol son elevados en las truchas Arcoíris en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno.

b) Nivel de significación: 5%.

c) Prueba estadística.

Para esta prueba estadística hacemos uso del análisis de varianza para evaluar los datos de los resultados de la tabla 8.

En esta ocasión probaremos los resultados del Peso con los niveles de cortisol, obteniendo la siguiente formula de regresión.

Donde:

y= Es el Nivel de Cortisol (ng/ml)

x = Peso de truchas



Realizando los cálculos respectivos, obtenemos la siguiente ecuación.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Después de realizar los cálculos, obtenemos los siguientes resultados para la estimación de valores.

$$y = 2.032 + 0.006 X + \varepsilon$$

Con esta fórmula, obtenemos una tabla con los resultados estimados.

Tabla 13. Valores estimados de Cortisol

Muestra	Peso (g.)	Talla (cm.)	Cortisol (ng/ml)
M-1	55	17	3,5
M-2	60	18	15,7
M-3	225	28	84,7
M-4	640	37	20,3
M-5	965	43	91,7
Pronostico	100		26,32
	800		68,32
	1000		80,32
	1500		110,32

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Regresión – curva de regresión ajustada.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la Tabla 13 y de la Figura 12, vemos que existe una relación entre el Peso y los niveles de Cortisol, indicando que a mayor peso la cantidad de Cortisol es mayor.

d) Conclusiones.

En conclusión, podemos afirmar que los niveles de cortisol son elevados de las truchas Arcoíris en las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno, especialmente cuando estos van tomando más peso.



V. CONCLUSIONES

- En base a los análisis de la calidad de agua de las jaulas flotantes del lago Titicaca, en la zona del distrito de Chucuito departamento de Puno, los siguientes parámetros conductividad eléctrica, nitratos, nitrógeno total y sulfuros superan los límites máximos permisibles, lo cual no cumple con los estándares de calidad ambiental y se describe que existe contaminación en las aguas de las jaulas flotantes del lago Titicaca , pero los coliformes fecales se encuentra debajo del rango de los límites máximos permisibles.
- Se pudo observar que la concentración de metales pesados en el hígado y musculo de las truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno, existe un alto grado de contaminación que sobrepasan los contenidos máximos permitidos en la parte de hígado y músculo, principalmente la concentración de plomo (Pb), es claramente mayor, y sobrepasa los contenidos máximos permitidos, afectando al hígado y músculos de las truchas Arcoíris estudiados, sin embargo los metales como el Cadmio y mercurio se encuentran dentro de los contenidos máximos permitidos.
- Por último, los niveles de cortisol en las truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago Titicaca del distrito de Chucuito – Puno, también se encuentran sometidas a un mayor rango de estrés, con mayor edad de las truchas se observaron mayor cantidad de cortisol y a menor edad, menor cantidad de cortisol.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios que reduzcan el plomo, de las aguas del lago Titicaca, ya que supera los límites máximos permisibles de estándares de calidad ambiental.
- Realizar la concentración de los metales pesados en riñones de las truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), de las jaulas flotantes del lago Titicaca.
- Realizar estudios de cortisol en pejerrey criados en el lago Titicaca, para identificar el nivel de estrés.



VII. REFERENCIAS

- Álvarez, R., Amancio, F. (2014). "Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de aguadel río santa y de la laguna chinancocha-llanganuco periodo 2012 – 2013". Huaraz: tesis para optar el Profesional de Ingeniera Ambiental.
- Azaro, R. (2014). Analisis de la toxicidad de metales contaminantes sobre el crecimiento de escherichia coli: efectos del cromo, plomo y cadmio en solucion. Argentina: Tesis para optencion del grado academico de magister en salud ambiental.
- Betancourt, A. (2011). Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso bagre paisano y sardinata. Guayana: Universidad Nacional Experimental de Guayana. Facultad de Ciencias Ambientales.
- Boy, P. (2015). Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e hydrilla verticillata del lago de izabal. Guatemala: Informe de tesis.
- Camacho, E., Moreno, M., Rodriguez, M., Luna, C., y Vazquez, M. (2000). Guía para el cultivo de la trucha. SEMARNAP. Dirección general de acuacultura. p. 63-68
- Campos, N. (1990). La contaminacion por metales pesados en la cienaga grande de santa marta, caribe colombiano. caldasia: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Golombia. A. A. 1016, Santa Marta, Golombia.
- Chaname, F. (2009). Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalurgica en tejidos de oncorhynchus mykyss "trucha Arcoíris" de los centros centros de produccion de la provincia de yauli - Junin. trujillo: tesis doctorado.
- Chipana, R. (2014). Determinación de los signos corporales externos, internos e histología pancreática en alevinos de trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Puno: informe de tesis de la Universidad Nacional del Altiplano.



- Congreso de la República del Perú. (2009). Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>.
- Corrales, D. (2013). estudio del contenido de metales pesados en dos especies de peces e la zona costera de montevideo, Uruguay. montevideo: informe de tesis .
- Fernandez, E., Gonzales, H. (2009). Niveles de Mercurio en Peces de Madre de Dios. Madre de Dios: informe .
- Fonturbel, E. (2008). Contaminación ambiental y cultural en el Lago Titikaka: estado actual y perspectivas. Universidad de Los Lagos.
- Garay, A., Marín, B., y Vélez, M. (2001). Contaminación marino en Colombia. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: IMVEMAR serie de publicaciones periódicas N°. 8. p. 12-101.
- Gamarra, N., y Uceda, R. (2017). Determinacion de metales pesados por espectrofotometria de absorcion aatomica en truchas Arcoíris “Oncorhynchus mykiss”del rio chiapuquio de ingenio - huancayo. huancayo: tesis de la universidad inca garcilazo de la vega.
- Gonzales, S. (2017). “Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la bioacumulación de cadmio y mercurio y su relación con el crecimiento en truchas Arcoíris (oncorrhynchus mykiss) de dos criaderos de la región Junín Perú”. Lima: informe de tesis.
- Gonzales, S. (2012). Plan de negocios para la ampliación y desarrollo de un criadero especializado en el cultivo y comercializacion de trucha en la parroquia de Iloa, canton quito . Quito: Pontificia universidad catolica del ecuador.



- Huanca, U. (2017). Niveles de cortisol y glucosa como “truchas Arcoíris ” (oncorhynchus mykiss), utilizando anestésicos en la laguna de arapa. Puno: Tesis titulado de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V., y Huaranga, F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria*. 3(2012), 235-247.
- Laguna, J. (2020). Análisis Puntual De Calidad De Agua En El Cuerpo De Agua Superficial Los Moyanos En El Municipio De Planadas-Tolima Con Base En Variables Físicoquímicas Y Macroinvertebrados Acuáticos.
- Lopez, J., Garcia, O., Grima, J., Ballesteros, B., y Perez, M. (2001). Técnicas de biorecuperación in situ en acuíferos contaminados por metales pesados. Instituto Geológico y minero de España. oficina de proyectos de valencia, 233-243
- Mamani, Y. (2018). “Conocimientos y actitudes de la población del distrito de Chucuito sobre contaminación de la bahía del lago Titicaca, 2017”. Puno: Informe de tesis de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Mamani, E. (2011). "Acumulación de mercurio en pejerrey (*Basilichthys bonariensis*): en hábitat Norte del lago Titicaca". Lima: informe de tesis.
- Mancini, A. (2002). Introducción a la biología de los peces. . Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I.
- Ministerio de la producción. (2015). Especies cultivadas en el Perú. Ministerio de La Producción Despacho Viceministerial de Pesquería - Dirección General de Acuicultura., 511- 21.
- Ocampo, R., Rios, L., Betancur, L., y Ocampo, D. (2008). Curso Practico de Quimica Organica. Enfocado a Biología y Alimentos. Universidad de Celdas.



Oliva, L. (2011). Manual de buenas prácticas de producción. Acuícola en el cultivo de truchas Arcoíris.

Palma, C., Arana, J., y Samanez, I. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. In Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>

Patiño, M. (2018). "Determinacion de Cadmio y Plomo en las partes anatomicas de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) del rio de chalhuanca". Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas .

Perea, A. (2006). "Bioindicador para el monitoreo de cadmio y plomo en aguas residuales". Mexico.

Pérez, P., y Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas.

Romeu, B., Larrea, J., Lugo, D., Rojas, N., y Heydrich, M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 43(3).

Ticona, S. (2019). "Regulación e influencia de las políticas tributarias frente a la contaminación de aguas tóxicas del lago Titicaca en la region de Puno". *Universidad nacional de altiplano - Puno, facultad de ciencias contables y administrativas*.

Vásquez, W., Talavera, M., y Inga, M. (2015). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha(*oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna arapa - Puno. *articulo de revista*, 14.



Vásquez Villanueva, J. A. (2000). Diseño de evaluación técnico-económica de una planta potabilizadora de 100 litros/segundo a partir de agua de río (p. 2–6). Tecnológico Nacional de Mexico.

Zevallos, d. I. (2018). "Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha Arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) en challhuahuacho, apurímac".
Lima: tesis para optar el grado de maestro en sanidad acuícola.

Wikipedia. (2021). Titicaca - Wikipedia, la enciclopedia libre. Lago Titicaca.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Titicaca>.



ANEXOS

ANEXO A: Contenidos máximos permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícola de consumo humano directo.

(8) Pelados y descabezados.
(9) Productos desconchados excepto carne de cangrejo $m = 5 \times 10^4 M = 5 \times 10^6$, Carne de cangrejo $m = 10^5 M = 10^6$
(10) Sólo para productos empacados al vacío.

1.3.2 CONTAMINANTES

El control de contaminantes en productos pesqueros y acuícolas para consumo humano directo, se realizará mediante determinaciones de:

- Metales Pesados (Plomo, Cadmio y Mercurio),
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) - Benzopirenos
- Dioxinas y Furanos, PCBs y similares a Dioxinas.
- Plaguicidas y
- Residuos de Productos Farmacéuticos y Sustancias Prohibidas



1.3.2.1 METALES PESADOS

• Frecuencia de control

El control se realizará en forma semestral o cuando el SANIPES lo determine conveniente.

• Plan de muestreo

Las unidades muestrales se obtendrán de acuerdo a la NTP 700.002.

• Estándares de certificación

El lote será aceptado cuando los valores no superen el contenido máximo respectivo establecido en la Tabla N° 06 ó N° 07.



Tabla N° 06 - Contenidos máximos permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo



METAL PESADO	Nº	PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)
Plomo ⁽¹⁾	1	Carne de pescado ^{(2) (3)}	0,30
	2	Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen ⁽⁴⁾ . En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura), la carne de los apéndices.	0,50
	3	Moluscos bivalvos ⁽⁵⁾	1,5
	4	Cefalópodos (sin vísceras) ⁽⁶⁾	1,0
	5	Complemento alimenticio ⁽⁶⁾	3,0
Cadmio ⁽¹⁾	1	Carne de pescado ^{(2) (3)} , excluida las especies enumeradas en los puntos 2, 3 y 4	0,050
	2	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : bonito (<i>Sarda sarda</i>) mojarra (<i>Diplodus vulgaris</i>) anguila (<i>Anguilla anguilla</i>) lisa (<i>Chelon labrosus</i>) jurel (<i>Trachurus species</i>) emperador (<i>Luvarus imperialis</i>) caballa (<i>Scomber species</i>) sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) sardina (<i>Sardinops species</i>) atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>) acedia o lenguadillo (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10
	3	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : Melva (<i>Auxis species</i>)	0,20
	4	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : anchoa (<i>Engraulis species</i>) pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)	0,30



	5	Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen ⁽⁴⁾ . En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura), la carne de los apéndices.	0,50
	6	Moluscos bivalvos ⁽⁵⁾	1,00
	7	Cefalópodos (sin vísceras) ⁽⁵⁾	1,00
	8	Complementos alimenticios ⁽⁶⁾ compuestos exclusiva o principalmente de algas marinas desecadas, de productos a base de algas marinas o de moluscos bivalvos desecados.	3,00
Mercurio ⁽⁷⁾	1	Producto de la pesca ⁽⁵⁾ y carne de pescado ^{(2) (3)} , excluidas las especies enumeradas en el punto 2. El contenido máximo para los crustáceos se aplica a la carne de los apéndices y al abdomen (4). En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura), se aplica a la carne de los apéndices.	0,50
	2	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : Rape (<i>Lophius species</i>) Perro del norte (<i>Anarhichas lupus</i>) bonito (<i>Sarda sarda</i>) anguila (<i>Anguilla species</i>) reloj (<i>Hoplostethus species</i>) cabezudo (<i>Coryphaenoides rupestris</i>) fletán (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) rosada del Cabo (<i>Genypterus capensis</i>) merlin (<i>Makaira species</i>) gallo (<i>Lepidorhombus species</i>) salmonete (<i>Mullus species</i>) rosada chilena (<i>Genypterus blacodes</i>) lucio (<i>Esox lucius</i>) tasarte (<i>Orcynopsis unicolor</i>) capellán (<i>Trisopterus minutus</i>) pailona (<i>Centroscymnus coelolepis</i>) raya (<i>Raja species</i>) gallineta nórdica (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>) pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>) pez cinto (<i>Lepidopus caudatus</i>), sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>) besugo o aligote (<i>Pagellus species</i>) tiburón (todas las especies) escolar (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>) esturión (<i>Acipenser species</i>) pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>)	1,0
	3	Complementos alimenticios ⁽⁶⁾	0,10
Estaño	1	Alimentos enlatados diferentes de las bebidas	200

(*) Referencia:
FACTORES DE TRANSFORMACIÓN DE METALES PESADOS. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. España Subdirección General de Gestión de Riesgos Alimentarios. Octubre/2013.
(1) a) Reglamento (CE) N° 629/2008 DE LA COMISIÓN de 2 de julio de 2008 se modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006.
b) Reglamento (CE) N° 420/2011 DE LA COMISIÓN de 29 de abril de 2011 se modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006.
(2) Pescado enumerado en esta categoría, tal como se define en la categoría a), excluido el hígado de pescado contemplado en el código NC03027000, de la lista del artículo 1 del Reglamento (CE) n° 104/2000 del Consejo (DO L 17 de 21.1.2000, p. 22). Reglamento modificado en último lugar por el Acta relativa a las condiciones de adhesión de la República Checa, la República de Estonia, la República de Chipre, la República de Letonia, la República de Lituania, la República de Hungría, la República de Malta, la República de Polonia, la República de Eslovenia y la República Eslovaca, y a las adaptaciones de los Tratados en los que se fundamenta la Unión (DO L 236 de 23.9.2003, p. 33). En caso de productos alimenticios desecados, diluidos, transformados o compuestos, se aplicará el artículo 2, apartados 1 y 2.
(3) Si el pescado está destinado a ser consumido entero, el contenido máximo se aplicará al pescado entero.
(4) El cefalotórax de los crustáceos queda excluido de esta definición.
(5) Productos alimenticios incluidos en las categorías c) y f) de la lista del artículo 1 del Reglamento (CE) no 104/2000, según proceda (especies enumeradas en la entrada correspondiente). En caso de productos alimenticios desecados, diluidos, elaborados o compuestos, se aplicará el artículo 2, apartados 1 y 2.
(6) El contenido máximo se aplica al complemento alimenticio comercializado.
(7) Reglamento (CE) N° 1881/2006 relativo al Estaño inorgánico (3.4.1).

ANEXO B: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua; categoría 4; conservación del ambiente acuático; sub categoría E-1 lagunas y lagos. (Minam, 2017)

18 NORMAS LEGALES Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano						
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático						
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo (a) Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentadorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 (b) Después de la filtración simple.
 (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3).
 Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2



ANEXO C: Certificado de analisis fisico quimico y microbiologico de las aguas de las jaulas flotantes del lago titicaca



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00031

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 1 de 4

Clave generada : 3629C0D4

Señores : RUBEN ROJAS APAZA
Dirección : PROL. 28 DE JULIO S/N SANDIA PUNO
Atención : RUBEN ROJAS APAZA
Proyecto : CALIDAD DE AGUA, BIOACUMULACION DE METALES PESADOS Y NIVELES DE ESTRÉS EN LA TRUCHA ARCOIRIS (oncorhynchus mykiss) EN LAS JAULAS FLOTANTES DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUBEN ROJAS APAZA
Registro de muestreo : 023-21
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente

Fecha de recepción : 29/01/2021
Fecha de ensayo : 29/01/2021
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna/Lago	CHUCUITO - PUNO - PUNO	E:404036 / N:8244834	29/01/2021	7:02

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)



Validar el informe
via web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00031

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 2 de 4

Clave generada : 3629COD4

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3093	*806	*807		*819	*835	*841	*862	*865	3050	808	
		NO3	Color	C E	T	CN Libre	P	O2	N Total	Fenoles	N NH3	pH	T
		mg/L	Pt Co	mS/cm	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	°C
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	36,43	a<2	1,569	16,1	a<0,005	a<0,01	6,4	1,40	a<0,001	0,101	8,57	17,9

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	846	849	858	859
		SST	S=	Aceites y Grasas	DBO-5
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	1,9	a<0,31	b<0,32	3


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico"=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00031

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 3 de 4

Clave generada : 3629C0D4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	872
		Coliformes Fecal NMP/100 mL
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	<1,8

José A. Ortiz Condori
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"*<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00031

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 4 de 4

Clave generada : 3629C0D4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW.22 nd Ed. Ítem 4500-NO3. Part.C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
*806	Método de Ensayo para la determinación de color en agua método fotométrico	[^a 1.6 - 500] Pt Co
*807	ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua	[- 50] mS/cm
*819	ASTM D 2036 - 06 Método de ensayo estándar para Cianuro libre fotometría	[^a 0.005 -] mg/L
*835	Método de Ensayo para fósforo total fotometría	[^a 0.02 - 50] mg/L
*841	Oxígeno Disuelto en agua: SMEWW. 22 st Ed. Part. 4500-O C.Azide Modification	[^a 0.18 - 20] mg/L
*862	ASTM D 3590 - 02 Método de ensayo estándar para nitrógeno total Kjeldahl en agua	[^a 0 - 5000] mg/L
*865	Método de ensayo estándar para Fenoles en agua por fotometría	[^a 0.001 - 10] mg/L
3050	Ensayo para la determinación de Nitrógeno como Amonio en aguas por colorimetría 2016 N° 3050. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.005 - 250] mg/L
808	Determinación de pH en aguas SMEWW. 22 th Ed 4500-H pH Part.B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 14] Unidad de pH
846	Sólidos Suspendedos Totales en aguas SMEWW. 23rd Ed. Ítem 2540-Solids D. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 7.6 - 200000] mg/L
849	Ensayo de Sulfuros en aguas : SMEWW. 22 th Ed. 4500-S ²⁻ Part F. Iodometric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.31 - 10000] mg/L
858	Método de ensayo para determinación de Aceites y grasas en agua 2013 Doc 858. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.32 - 1000] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.5 - 20000] mg/L
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group , Fecal Coliform Procedures(EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 1.8 -] NMP/100 mL

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"^aValor numérico"=Límite de detección del método, "^bValor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



ANEXO D: Certificado de analisis de metales pesados en aguas de las jaulas flotantes del lago titicaca



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00030

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 1 de 3

Clave generada : 412EF042

Señores : RUBEN ROJAS APAZA
Dirección : PROL. 28 DE JULIO SIN SANDIA PUNO
Atención : RUBEN ROJAS APAZA
Proyecto : CALIDAD DE AGUA, BIOACUMULACION DE METALES PESADOS Y NIVELES DE ESTRÉS EN LA TRUCHA ARCOIRIS (oncorhynchus mykiss) EN LAS JAULAS FLOTANTES DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUBEN ROJAS APAZA
Registro de muestreo : 023-21
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente
Fecha de recepción : 29/01/2021
Fecha de ensayo : 29/01/2021
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna/Lago	CHUCUITO - PUNO - PUNO	E:404036 / N:8244834	29/01/2021	7:02

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00030

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 2 de 3
Clave generada : 412EF042

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796	800	802							
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	0,0120	b<0,00041	b<0,0024	b<0,029	1,104	0,06421	b<0,000079	66,3	b<0,00011	0,000174

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	b<0,00039	0,0055	0,306	13,7	0,27528	32,12	0,00406	0,00080	127	0,00254	0,0090	b<0,0026

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802								
		Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000052	AGUA DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO-PUNO	b<0,00049	b<0,002	0,1847	0,00691	1,029	0,00154	b<0,0013	0,00329	b<0,0031


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444562.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00030

Fecha de emisión: 9/02/2021

Página 3 de 3

Clave generada : 412EF042

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[> 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[> 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

a : Límite detección b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



ANEXO E: Certificado de analisis de metales pesados en musculo de truchas Arcoíris
de las jaulas flotantes del lago titicaca, del distrito de chucuito Puno

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00002

Pág: 1/3

Hoja de datos

Señores: RUBEN ROJAS APAZA
Dirección: PROL. 28 DE JULIO SIN SANDIA PUNO
Atención: RUBEN ROJAS APAZA
Proyecto: PROYECTO DE TESIS
Producción(s) Declarado(s): Alimentos
Nro de muestras: 5
Muestra y cargo de(l): RUBEN ROJAS APAZA
Registro de muestreo: 001-21
Fecha de recepción: 29/01/2021
Fecha de ensayo: 29/01/2021
Fecha de emisión: 10/02/2021
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : --

Método de ensayo aplicado

*5090 Determination of trace elements in food by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry

(Materia húmeda)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
AL21000006	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 6	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:56:00
AL21000007	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 7	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:59:00
AL21000008	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 8	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	8:04:00
AL21000009	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 9	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	8:06:00
AL21000010	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 10	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	8:10:00

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-04.

"V" Valor numérico "L" Límite de detección del método, "M" Valor numérico "L" Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de conformidad con normas de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Este informe es válido en base de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento a su sola.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Ortiz A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

NH-18 N° 1781



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444562
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00002

Hoja de resultados

10/02/2021

Pág.: 3/3

Codigo Interno #	Nombre de Muestra	5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090	
		Ni	MT	Cu	MT	Zn	MT	As	MT	Sr	MT	Mo	MT	Ag	MT	Cd	MT	Sb	MT	Ba	MT	Hg	MT	Tl	MT	Pb	MT	Th	MT	U	MT						
AL21000006	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 6	140,41	µg/kg	322,9	µg/kg	1910,5	µg/kg	109,16	µg/kg	126,57	µg/kg	574,83	µg/kg	79,39	µg/kg	28,70	µg/kg	9,63	µg/kg	127,70	µg/kg	33,60	µg/kg	1,63	µg/kg	598,1	µg/kg	1,438	µg/kg	0,325	µg/kg						
AL21000007	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 7	233,13	µg/kg	505,7	µg/kg	4109,6	µg/kg	190,06	µg/kg	1258,12	µg/kg	45,56	µg/kg	50,87	µg/kg	9,22	µg/kg	3,11	µg/kg	153,06	µg/kg	40,09	µg/kg	6,08	µg/kg	326,4	µg/kg	1,508	µg/kg	0,365	µg/kg						
AL21000008	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 8	173,95	µg/kg	600,2	µg/kg	3241,0	µg/kg	178,15	µg/kg	117,80	µg/kg	1578,04	µg/kg	48,41	µg/kg	14,92	µg/kg	6,59	µg/kg	102,74	µg/kg	34,76	µg/kg	4,11	µg/kg	254,5	µg/kg	1,221	µg/kg	0,283	µg/kg						
AL21000009	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 9	321,47	µg/kg	396,1	µg/kg	2421,2	µg/kg	147,01	µg/kg	142,05	µg/kg	1813,58	µg/kg	55,23	µg/kg	9,34	µg/kg	8,45	µg/kg	104,71	µg/kg	43,76	µg/kg	3,76	µg/kg	316,8	µg/kg	1,392	µg/kg	0,370	µg/kg						
AL21000010	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 10	127,77	µg/kg	441,4	µg/kg	1956,6	µg/kg	102,13	µg/kg	151,15	µg/kg	470,79	µg/kg	36,58	µg/kg	43,94	µg/kg	14,35	µg/kg	124,40	µg/kg	36,28	µg/kg	3,76	µg/kg	613,0	µg/kg	2,158	µg/kg	2,440	µg/kg						


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Isoto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"x-Valor numérico"=Límite de detección del método, "y-Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier errata o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1778



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00002

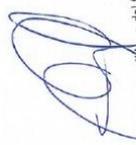
Hoja de resultados

10/02/2021

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		
		Li	Be	B	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
AL21000008	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 6	18,39	0,445	499,3	359801	193954	7226	44 952	874823	154527	127579	4730,2	48,63	835,76	159,22	5417	15,90							
AL21000007	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 7	44,73	0,153	398,9	628327	294863	7885	48 826	1463318	>25000000	339428	5076,9	56,20	961,13	224,24	7256	22,80							
AL21000008	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 8	64,70	0,657	407,3	493200	291887	7769	49 551	1550957	1175467	385143	5183,9	72,40	842,71	274,80	7235	23,00							
AL21000009	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 9	82,56	0,228	353,1	476316	286282	7418	49 500	1547888	1267728	424571	5442,2	68,14	793,57	279,33	7618	20,32							
AL21000010	MUSCULO DE TRUCHA ARCOIRIS 10	20,54	0,667	368,9	268683	267475	7864	36 618	1361688	1036030	107241	5468,8	65,78	724,48	224,83	6742	12,89							

97


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"V-Valor numérico"=Limite de detección del método. "M-Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Esta terminantemente prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin autorización expresa de LAS. Cualquier errata o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1779



ANEXO F: Certificado de analisis de metales pesados en Hígado de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago titicaca, del distrito de chucuito Puno.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00001

Pág: 1/3

Hoja de datos

Símbolos: RUBEN ROJAS APAZA
Dirección: PROL. 28 DE JULIO SIN SANDIA PUNO
Atención: RUBEN ROJAS APAZA
Proyecto: PROYECTO DE TESIS
Producción(s) Declarado(s): Alimentos
No de muestras: 5
Registro a cargo de(l): RUBEN ROJAS APAZA
Fecha de recepción: 001-21
29/01/2021
Fecha de ensayo: 29/01/2021
Fecha de emisión: 10/02/2021
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : ...

Método de ensayo aplicado

*5030 Determination of trace elements in food by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry (Materia húmeda)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb. /AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
AL21000001	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 1	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:31:00
AL21000002	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 2	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:36:00
AL21000003	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 3	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:40:00
AL21000004	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 4	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:47:00
AL21000005	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 5	CHUCUITO-PUNO-PUNO	29/01/21	7:53:00

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"Valor numérico": Límite de detección del método, "Valor Numérico": Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de idoneidad de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Este informe es válido en el territorio de la jurisdicción de la U.C. cualquier empresa o comercio en el exterior de este territorio debe estar autorizado por la U.C. para poder emitir este documento.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1780

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00001

10/02/2021

Hoja de resultados

Código Interno #	Nombre de Muestra	5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090		5090			
		Li	Ba	B	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
AL21000001	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 1	14,81	0,204	994,9	491276	81225	5347	20 949	910334	380520	39864	4115,7	125,07	627,04	711,85	18087	36,50										
AL21000002	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 2	58,74	1,027	1446,5	1681705	216829	13706	63 243	2382559	>2500000	148674	7125,8	386,36	1502,16	1867,90	42094	90,30										
AL21000003	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 3	66,32	0,384	1072,9	972814	151314	11566	48 219	1497863	>2500000	98358	8432,6	320,42	1032,81	1485,28	26967	88,28										
AL21000004	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 4	78,30	0,549	497,4	856093	157804	6144	32 707	1794361	1387459	70747	5985,6	280,05	791,70	1771,03	27060	54,20										
AL21000005	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 5	52,09	2,382	642,6	755591	148752	6007	31 128	1568847	1020843	59061	5988,6	245,61	609,09	1339,41	15748	39,99										

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"Valor numérico"= Límite de detección del método, "Valor Numérico"= Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier erradura o conexión en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1777

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-AL-21-00001

Hoja de resultados

10/02/2021

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	5090 Ni		5090 Cu		5090 Zn		5090 As		5090 Se		5090 Sr		5090 Mo		5090 Ag		5090 Cd		5090 Sb		5090 Ba		5090 Hg		5090 Tl		5090 Pb		5090 Th		5090 U	
		MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg	MT	µg/Kg		
AL21000001	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 1	98,96		>25000	9170,7	121,25	622,75	277,65	192,37	131,76	8,66	7,81	118,76	49,07	5,46	235,4	10,100	0,648															
AL21000002	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 2	258,04		>25000		335,93	1120,17	742,08	329,60	179,22	21,48	138,76	248,28	106,65	18,56	988,7	13,730	1,288															
AL21000003	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 3	193,23		20957	14478,4	221,11	720,01	630,45	209,11	56,53	16,30	64,28	164,41	56,73	20,88	683,0	8,506	0,783															
AL21000004	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 4	262,96		>25000	10198,8	138,13	897,35	358,69	297,94	85,64	16,37	8,10	80,99	41,54	17,51	276,9	2,488	2,221															
AL21000005	HIGADO DE TRUCHA ARCOIRIS 5	213,43		>25000	9805,8	93,79	691,85	279,36	266,74	68,69	18,70	9,58	61,91	31,88	14,40	1013,9	2,214	2,635															

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniería Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Esta terminantemente prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier erradura o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

ANEXO G: Informe de resultados de cortisol en truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago titicaca, del distrito de chucuito Puno.

CLÍNICA AMERICANA



ANÁLISIS DE CORTISOL EN SANGRE DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

DE LAS JAULAS FLOTANTES DEL LAGO TITICACA DEL DISTRITO DE CHUCUITO - PUNO

Muestra	Peso (gr.)	Talla (cm.)	Cortisol (ug/dl)	Método	Fecha de Análisis
M-1	55	17	0.35	Inmunofluorescencia enzimática	29/01/2021
M-2	60	18	1.57	Inmunofluorescencia enzimática	29/01/2021
M-3	225	28	8.47	Inmunofluorescencia enzimática	29/01/2021
M-4	640	37	2.03	Inmunofluorescencia enzimática	29/01/2021
M-5	965	43	9.17	Inmunofluorescencia enzimática	29/01/2021



ANEXO H.



Fig. H.1. Recoleccion de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago titicaca, del distrito de chucuito Puno



Fig. H.2. Recoleccion de truchas Arcoíris de las jaulas flotantes del lago titicaca, del distrito de chucuito Puno



Fig. H.3. Almacenamiento de las muestras de agua para su analisis



Fig. H.4. Extraccion de higado de truchas Arcoíris



Fig. H.5. Extracción de músculo de truchas Arcofís



Fig. H.6. Proceso para la determinación de cortisol en analizador automático de inmunoensayos.