



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Bioacumulación por mercurio y plomo en el tejido muscular  
trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado, Pallpata  
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Larico Quispe, Jesus Angel (ORCID: 0000-0001-9874-7281)

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a Dios que me ha dado la oportunidad de titularme, también va dedicada a mi familia, en especial a mis padres por el apoyo que me brindan.

### **Agradecimiento**

Agradecer a Dios en primer lugar por darme esta oportunidad de crecer profesionalmente. Agradezco a mi familia en especial a mis padres por su apoyo incondicional en la vida y en mi carrera de estudios, a mi adorada Madre por darme las fuerzas de seguir adelante. También tengo que agradecer a mi novia Pamela por su apoyo incondicional.

Agradezco también a la Universidad César Vallejo, por dar esta oportunidad de titulación, agradecer a mi asesor por sus consejos que me ayudaron a lograr esta tesis.

## Índice de contenido

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	10
3.1.1. Tipo de Investigación .....	10
3.1.2. Diseño de Investigación .....	10
3.2 Variables y operacionalización .....	10
3.3 Población, muestra y muestreo.....	10
3.3.1 Población .....	10
3.3.2 Muestra y muestreo.....	11
3.4.1 Técnicas.....	13
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5 Procedimientos.....	14
3.7 Aspectos éticos .....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSIONES.....	25
VII. RECOMENDACIONES .....	26
REFERENCIAS .....	27
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1: Equipos de monitoreo para peces.....	12
Tabla 2: Ubicación de las estaciones de muestreo en el área de evaluación... 12	
Tabla 3: Parámetros Físico-químicos del río salado.....	18
Tabla 4: concentraciones de mercurio y plomo en tejido animal.....	20
Tabla 5: Pesos y talla de las truchas.....	22
Tabla 6 Matriz de Operacionalización de variables .....	2

## Índice de figuras

Figura 1: Estimación de Mercurio de forma natural y antropogenico.....	7
Figura 2: Trucha Arcoíris .....	9
Figura 3: Georreferenciación de puntos de monitoreo en el río Salado, Pallpata, Espinar. ....	13
Figura 4: Medición de la longitud a la trucha arcoíris en el punto SA-65. ....	14
Figura 5: Captura de peces por pesca eléctrica en el punto RS-01.....	15
Figura 6: Medición de longitud de la trucha arcoíris en el punto RS-03.....	16
Figura 7: Pesaje de trucha arcoíris en el punto RS-03.....	16
Figura 8: Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto SA-65.....	17
Figura 9: Medición del potencial de hidrogeno en el río Salado. ....	18
Figura 10: Medición de la conductividad eléctrica en el río Salado. ....	19
Figura 11: Medición del oxígeno disuelto en el río Salado. ....	20
Figura 12: Concentraciones de mercurio y plomo en tejido muscular de <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arcoíris).....	21
Figura 13: Peso y talla de trucha arcoíris. ....	22

## Resumen

Las actividades mineras podrían estar afectando la calidad de los cuerpos de agua y por consiguiente su vida ictiológica, motivo por el cual se evaluó la calidad de agua y las concentraciones de mercurio y plomo en el tejido muscular de la trucha arcoíris en el río Salado.

Se realizó la medición de parámetros físico-químicos como: pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, Temperatura y Turbiedad, comparando con el ECA CAT. 4, en 4 estaciones de monitoreo los cuales son: RS-01, RS-03, SA -65 y RT-05, donde también se realizó la captura de la trucha arcoíris, por medio de un equipo llamado electro Fisher, las muestras fueron derivadas al laboratorio ALS LS PERÚ SAC.

Las truchas capturadas, fueron medidas y pesadas, teniendo un promedio por cada estación de monitoreo. Las concentraciones de mercurio en el tejido muscular de la trucha arcoíris fueron: 0.031, 0.328, 0.0413, 0.0106 mg/kg y de plomo fueron: <0.002 mg/kg respectivamente, se concluyó que las concentraciones de mercurio y plomo en el tejido muscular de la trucha se encuentran por debajo de los límites máximos establecido por SANIPES, comprobando que la especie no afecta de importancia a la población que consume dichos productos ictiológicos.

**Palabras clave:** Bioacumulación, trucha arcoíris, metales pesados.

## **Abstract**

Mining activities could be affecting the quality of water bodies and consequently their ichthyological life, which is why the water quality and concentrations of mercury and lead in the muscle tissue of rainbow trout in the Salado River were evaluated.

Physicochemical parameters such as: Ph, Conductivity, Dissolved Oxygen, Temperature and Turbidity were measured, comparing with the ECA CAT. 4, in 4 monitoring stations which are: RS-01, RS-03, SA-65 and RT-05, where the capture of rainbow trout was also carried out, by means of a team called electro Fisher, the samples were referred to the ALS LS PERÚ SAC laboratory.

The captured trout were measured and weighed, taking an average for each monitoring station. The concentrations of mercury in the muscle tissue of rainbow trout were: 0.031, 0.328, 0.0413, 0.0106 mg / kg and lead were: <0.002 mg / kg respectively, it was concluded that the concentrations of mercury and lead in the muscle tissue of trout are below the maximum limits established by SANIPES, verifying that the species does not significantly affect the population that consumes these fish products.

**Keywords:** Bioaccumulation, rainbow trout, heavy metals.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera es una actividad extractiva que genera ingresos económicos para el estado, la región y los distritos donde se ubica el proyecto, generando empleos directos e indirectos, invirtiendo en programas sociales a favor de la población cercanos a la unidad minera, también, genera impactos ambientales en su área de influencia directa e indirecta, modificando las condiciones iniciales de los diversos componentes ambientales de los cuales está compuesto un ecosistema.

La producción de minerales, generan residuos, los cuales están compuestos por diversos metales tóxicos, que pueden modificar la calidad de los cuerpos de agua superficial y la vida acuática de ríos y lagunas, afectando en especial a las especies ictiológicas, reduciendo el número de las especies y tamaño, llegando afectar a la población que realiza el consumo directo de dicha especie (Nakano et al. 2015).

La modificación de la calidad de agua del río Salado viene siendo modificada por actividades económicas como la minería, ganadería, agricultura y por la desembocadura de efluentes en el Distrito de Pallpata, identificando la presencia de metales pesados en todo su trayecto que atraviesa por la ciudad, con futuras consecuencias a la población que hace uso de dichas aguas para su consumo diario.

Las poblaciones de peces silvestres están expuestas a múltiples factores químicos, entre los metales esenciales y no esenciales, la necesidad de una evaluación de los metales y sus riesgos en dichas especies es primordial para conocer si existe contaminación del cuerpo de agua (Petitjean et al. 2019, p. 2; Anyanwu et al. 2018, p.2; Wang et al. 2020, p.3). El buen estado ecológico de los cuerpos de agua es un objetivo a nivel mundial, por lo tanto, (Posthuma et al. 2019, p, 1) han enfatizado la necesidad de metodologías de evaluación de riesgos en especies ictiológicas por la presencia de metales pesados, proponiendo medidas de protección y restauración.

La toxicidad y riesgo cancerígeno de los metales implican muchos aspectos, es de conocimiento que cada metal tiene propiedades fisicoquímicas únicas que determinan diversos mecanismos toxicológicos específicos, estos afectan las funciones biológicas, bioquímicas y de comportamiento en diferentes tipos de especies de peces (Stankeviciute et al. 2014, p.3; Sauliute, Markuckas y Stankeviciute 2020,

p.4), los cuales están expuestos al metal a través de los alimentos en el tracto gastrointestinal y el agua en las branquias, siendo el hígado el órgano encargado de la excreción de metales en los peces (Zhai et al. 2017, p.5; Sures, Dezfuli y Krug 2003, p.6), de los diversos metales el Plomo (Pb) es uno de los más tóxicos, esto debido a su facilidad de asociación con átomos de oxígeno y azufre en proteínas para formar complejos estables (Witeska 2005, p10).

La determinación de mercurio y plomo en la especie trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado, brindará información sobre la calidad ecológica de las aguas superficiales de dicho río, así poder proponer planes de protección y restauración, por parte de las instituciones públicas encargadas de velar por la calidad del agua, estandarizando límites máximos permisibles nacionales de la presencia de metales en tejido muscular en productos ictiológicos continentales los cuales pueden ser consumidos por la población establecida cerca a dicho río y así poder investigar si la presencia de dichos metales se debe a la presencia de alguna actividad minera y si es de forma natural, comunicando los resultados con los pobladores del distrito de Pallpata dando a conocer la calidad de las aguas de su río del cual ellos hacen uso para sus actividades diarias.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación es ¿Cómo evaluamos la bioacumulación por mercurio y plomo en el tejido muscular de la especie Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto) en el río Salado?
- ¿Cuáles de los parámetros físico-químicos sobrepasan los estándares de calidad para agua en el río Salado?
- ¿Cuál es la concentración de plomo y mercurio en el tejido muscular de la especie Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)?

El objetivo general fue evaluar la bioacumulación de mercurio y plomo en el tejido muscular de la especie trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado, en el distrito de Pallpata. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Realizar mediciones de parámetros físico-químicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto) en las aguas superficiales del río Salado.
- Comparar los resultados de parámetros físico-químicos obtenidos, con los Estándares de Calidad para agua Categoría 4.
- Evaluar los resultados de metales pesados en tejido muscular de la especie (trucha arcoíris) (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado.

La hipótesis de la investigación es la siguiente: En el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) se encuentra bioacumulado por mercurio y plomo en el río salado, y de la hipótesis nula: El tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) no se encuentra bioacumulado por mercurio y plomo en el río salado.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional y nacional se encuentra diversos trabajos de investigación donde evalúan la calidad de las aguas mediante el análisis de un organismo vivo, y sus efectos a la salud, a continuación, se presenta antecedentes referidos a nuestro tema de investigación.

(Stankevičiūtė et al. 2021, p.1) evaluó las condiciones naturales biológicas de la exposición a metales como Zn, Cu, Ni, Cr, Pb y Cd, en la especie *Oncorhynchus mykiss* a nivel molecular, celular, fisiológico y su respuesta a concentraciones máximas permitidas (MPC) en las aguas de Estados Unidos, determinando que la exposiciones a mezclas de metales en MPC produce efectos genotóxicos en la sangre de los peces y un efecto letárgico sobre el comportamiento de *O. mykiss*, aumentando significativamente los niveles de Cd, Cr y Ni acumulado en el tejido de las branquias, la especie depuro con éxito Cr y Ni en menos de 28 días, sin embargo los niveles de Cd solo disminuyo aproximadamente un 40% durante el mismo período, también, se evaluó su capacidad para restaurar su integridad de su ADN después de la exposición, después de 28 días el resultado fue insuficientemente largo para los eritrocitos con anomalías nucleares. En conclusión, los cambios en la MPC de Cd producen efectos negativos en la especie *O. mukiss*.

(Razavi et al. 2019, p.1) muestreo la bioacumulación de mercurio (Hg) en arroyos que drenan en áreas agrícolas y forestales de forma natural, se tomaron muestras de las siguientes especies (*Blacknose dace*, *Rhinichthys atratulus*, *Semotilus atromaculatus*, *Creek chub*) y se recolectaron macro invertebrados y perifiton los cuales fueron usados para evaluar la concentración de Hg en el agua, los resultados fueron los siguientes, *Blacknose dace* tenía concentraciones más altas que *Creek chub* (229ng/g frente a 195ng/g de peso seco), concluyendo que las concentraciones de Hg en peces de arroyo no fueron motivo de preocupación, si se considera una proporción significativa de *Blacknose dace* (22-73%) y *Creek chub* (5-69%).

(Samanta 2018) evaluó la bioacumulación de metales pesados en condiciones naturales y niveles de estrés en el trucha arcoíris en el río Challhuahuacho-Cuzco, se tomaron 4 puntos de monitoreo, se midió los parámetros de campo

(pH, T°, OD y Conductividad), se analizó los metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en musculo de trucha arcoíris y se tomaron muestras de sangre para determinar la concentración de cortisol plasmático. Los resultados mostraron que las concentraciones de metales pesados en el musculo de la trucha se encontraron por debajo de los contenidos máximos permitidos, no presentando un riesgo a la salud por su consumo, la prueba de ELISA para cortisol plasmático mostro bajos niveles de estrés en las truchas.

(Rivas, Canales y Bazalar 2018) determinaron la concentración de arsénico y plomo en agua y trucha en la provincia de Oyón-Lima en condiciones naturales, las muestras fueron analizadas por espectrofotometría de Absorción Atómica, los resultados en arsénico en agua y en la trucha fue de 7.480 ppb y 2.100 ppb y de plomo fue de 0.180 ppb y 0.040 ppb respectivamente, concluyendo que el arsénico se encuentran por debajo del límite máximo permisible (LMP) y el plomo supera los LMP.

(Patiño 2018) evaluó la concentración de cadmio y plomo en escamas, músculos, tejido óseo y el hígado de la trucha, mediante espectrofotometría de absorción atómica, mediante el método horno grafito, la concentración de plomo en las escamas, medula, fue de 2.37 µg/g, 0.06 µg/g respectivamente, en hígado y musculo se encuentran debajo del límite de detección (LD), mientras que el cadmio, en hígado fue de 1.52 µg/g, en escamas, músculos y medula se encuentran por debajo del LD, los resultados de plomo se encuentran debajo de los límites permisibles, mientras que el cadmio en el hígado sobrepaso límites permisibles, siendo este un órgano no comestible por el humano.

(Varol, Kaya y Alp 2017, p.1) evaluó la concentración de diez metales en la trucha arcoíris cultivada en la presa karakaya en condiciones naturales en Turquía, los resultados indicaron que las concentraciones de metales en la trucha arco iris no superan el máximo nivel permitido, su factor de biomagnificación de los diez metales fueron b1 (no están biomagnificados), el cociente de peligro objetivo para los metales fueron inferior a 1, lo que indica que no hay un riesgo para la salud de los consumidores, el valor de riesgo de cáncer al As inorgánico fue inferior a 10<sup>-6</sup> lo que indica que no hay riesgo carcinogénico, concluyendo, que el consumo de la trucha arco iris cultivada en el embalse es segura para el consumo humano.

(Alsop et al. 2016) examinó los efectos interactivos potenciales de plomo (Pb) en agua y en la dieta (lombrices) de la trucha arcoíris juveniles durante un periodo de 7 semanas. Las truchas expuestas al Pb en agua fueron de 20 a 60 veces mayor con la exposición a través de la dieta, sin embargo, la exposición combinada redujo la acumulación de Pb, la homeostasis del  $\text{Ca}^{2+}$  en la trucha no se vio afectada, si hubo cambios en los impactos de  $\text{Na}^+$ , reduciendo su concentración en la sangre durante la exposición al agua y combinadas. Concluyendo que la transmisión de Pb a través de la dieta fue menor con respecto al transmitido al agua.

(Scudder et al. 2015, p. 1) evaluó la bioacumulación de mercurio en pescado, determinando factores de bioacumulación de peces (BAF), proporciones de mercurio (Hg) en peces (Hgfish) y agua (Hgwater), estos fueron utilizados para evaluar los efectos de los métodos de normalización/estandarización de Hgfish y los números de muestra de peces en las estimaciones de BAF, del análisis de permutación indico que las estimaciones de Hgfish en 8 truchas dieron como resultado coeficientes inferiores al 20%, estos resultados están destinados a respaldar el monitoreo regular del mercurio y mejorar el programa de reducción de carga.

La contaminación de ecosistemas acuáticos continentales por metales pesados es un problema mundial, debido a que dichas sustancias son bioacumulables en órganos como el hígado, riñones y tóxicos para el ser humano (Fernández y Tejada 2017).

El pH nos indica el comportamiento acido-base del agua, se mide a escala de 0-14, donde 7 el agua califica como neutra, la mayoría de agua naturales se encuentra entre 6-9 unidades de pH (Romero 1998), la conductividad eléctrica es la capacidad de agua para pasar corriente eléctrica en un cuerpo de agua debido a la presencia de solidos inorgánicos disueltos, este parámetro es afectado por la variación de la temperatura, el oxígeno disuelto, es importante para la presencia de vida acuática en los cuerpos de agua, los cuales lo utilizan para respirar (Marín 2003; Manahan 2000).

El mercurio (UNEP 2013) proveniente de forma natural y antropogénico como se puede observar en la figura 1, y el plomo está representado por el 90% de las reservas a nivel mundial.

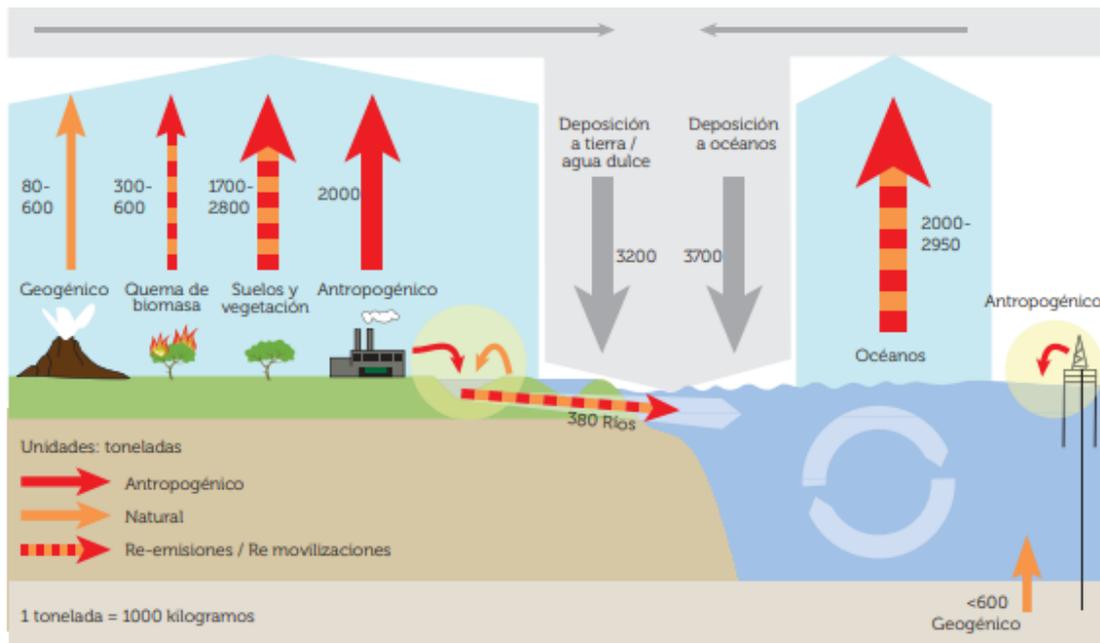


Figura 1: Estimación de Mercurio de forma natural y antropogénico (UNEP 2013).

Los metales pesados como el arsénico, cromo, cadmio, mercurio, plomo, cobalto, níquel, zinc no se degradan biológicamente ni químicamente, siendo permanente en la naturaleza (Huaranga et al. 2012). La exposición a altos niveles de estos metales afecta seriamente el cerebro y los riñones, causando abortos hasta llegar a la muerte (Spiess 2010).

A continuación, describiremos los conceptos de metales pesados y algunos de ellos, así como, el organismo en evaluación.

Los metales pesados son absorbidos por las truchas a través de las branquias, consumo de sedimento en el río, estos tienden a permanecer en los tejidos y órganos. Afectando en el crecimiento, desarrollo y reproducción disminuyendo el volumen de dicha especie (Alibabic, Vahcic y Bajramovic 2007, p. 21).

El arsénico, es un metaloide presente en muchas formas químicas las que difieren en sus características físicas, químicas y biológicas con diferentes toxicidades (Shah et al. 2009, p.41), su forma inorgánica es la más tóxica en comparación con la orgánica, siendo el  $As^{+3}$  el más dañino (Eisler 2000, p. 33), la exposición a este metal está relacionada a diferentes tipos de cáncer como es el hepático, linfático y al sistema hematopoyético (Shah et al. 2009, p. 8).

El cadmio, es tóxico para todas las formas de vida, se usa en la producción de acero galvanizado, pigmentos y en la fabricación de acumuladores (Eisler 2000, p. 35), es bioacumulable en organismos acuáticos, causando daños hepáticos, renales,

al sistema nervioso y al humano causa daños a los huesos (Rodríguez, Gonzáles y Suarez 2007, p.54).

El cobre, en niveles normales es esencial para el crecimiento y metabolismo de todos los organismos vivos, en exceso causa daños severos en branquias, daño epitelial, desprendimiento de epidermis e hipoxia (Rodríguez, Gonzáles y Suarez 2007, p. 56).

El plomo, es un metal toxico en sus diversas formas químicas y los medios de ingreso al cuerpo es por inhalación, ingestión y absorción dérmica, se acumula en el riñón en las células del túbulo contorneado proximal de la corteza renal, produciendo cambios morfológicos que incluyen fibrosis intersticial y edema (Eisler 2000, p. 37), en altas concentraciones en organismos acuáticos puede dañar las branquias, deformaciones de los fetos, infertilidad y formaciones tumorales (Rodríguez, Gonzáles y Suarez 2007, p. 56).

El zinc, es un elemento esencial para todos los organismos vivos, asegurando la estabilidad de membranas y ribosomas (Eisler 2000, p. 38), la deficiencia de este puede causar el síndrome de enanismo nutricional en adolescentes varones, en altas concentraciones produce envenenamiento agudo incluyendo anorexia, depresión, enteritis, diarrea y en casos agudos hasta la muerte.

El hierro, se encuentra en varias enzimas responsables del transporte de oxígeno como son la hemoglobina y mioglobina (INTA 1988, p.45), siendo esencial para el desarrollo de humano, las cantidades de consumo depende de la edad, sexo, estado fisiológico (Spiro 2004, p. 10; WHO 2003, p.450), en exceso en organismo acuático reduce el desarrollo, crecimiento, daño histológico y llegando a la mortalidad (NRC 1993, p. 25), en los humanos el exceso de hierro produce daños al hígado (Paris 2000, p. 16)

La Trucha arcoíris presenta un color verde olivo en el dorso con tinte más claro en los flancos que tiene reflejos rosas, azules, violetas y cobrizo, de una longitud promedio de 50 cm (Blanco 1994, p. 61), es un salmónido que habita en aguas frías y oxigenadas en lagos y ríos de la sierra superiores a 1500 m.s.n.m., (Ortega 2000), se conocen siete etapas en su ciclo de vida: 1) huevo, 2) desarrollo embrionario, 3) eclosión, 4) alevín, 5) cría, 6) Juvenil, 7) Adulto o edad reproductiva (Camacho et al. 2000, p. 13), es una especie carnívora entomáfila, ligeramente ictiófaga, en su etapa juvenil comen cladóceros y copépodos, en la

etapa adulta se alimenta de crustaceos, moluscos y lombrices, la trucha en cautiverio su alimentación es con alimentos balanceados ricos en proteínas (Zamora y Blanco 1986, p. 45), el tiempo de engorde está en promedio de nueve meses, donde llega a una talla comercial, el valor nutricional es el siguiente: proteínas 15.7g, grasas 3g, carbohidratos 0g y calorías 91 kcal (Camacho et al. 2000, p. 14), su clasificación taxonómica de la trucha arcoíris es la siguiente: Reino: *Animal*, Phylum: *Chordata*, Subphylum: *Vertebrata*, Superclase: *Pisces*, Clase: *Osteichthyes*, Subclase: *Actinopterygii*, Orden: *Salmoniformes*, Familia: *Salmonidae*, Género: *Oncorhynchus*, Especie: *Mykiss*, Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss* y nombre común: trucha arcoíris.



Figura 2: Trucha Arcoíris, (Aguilera y Noriega 1985, p. 15).

### III. MÉTODOLÓGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

De acuerdo al enfoque, la investigación es de tipo cuantitativa (Hernández, Fernández y Baptista 2014). La investigación cuantitativa recoge datos de naturaleza cuantitativa y se soporta en la estadística; además, “los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener presente que las decisiones críticas sobre el método se toman antes de recolectar los datos” (Hernández et al., 2014, p. 6).

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo básica, el objetivo es incrementar los conocimientos científicos contrastando con la parte práctica, recopilando, analizando y comparando resultados.

##### 3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación es no experimental.

Se realizará una investigación Descriptiva y contemplará un diseño transversal.

A continuación, se realizará una breve explicación de las características del diseño de la investigación.

**Descriptiva**, debido a que en primer lugar se realizará la caracterización de los metales pesados (Pb y Hg) en tejido animal de la trucha arcoíris. Posteriormente, se procederá a evaluar la concentración de plomo y mercurio en el tejido animal.

**Transversal**, dado que el estudio de las variables planteadas en el plan de cierre a proponer, se va medir en un determinado momento en el tiempo.

#### 3.2 Variables y operacionalización

Las variables independientes, son los metales pesados plomo (Pb) y mercurio (Hg) y parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura y turbiedad; mientras que la variable dependiente es la concentración en tejido animal trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

#### 3.3 Población, muestra y muestreo

##### 3.3.1 Población

La población fue la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), del río salado, distrito de Pallpata, provincia de Espinar, departamento de Cusco. La escasa diversidad en la comunidad de peces registrados, es característico

en la región andina, cuya diversidad taxonómica es considerada escasa, esto quiere decir, que posee un número reducido de especies.

### **3.3.2 Muestra y muestreo**

La muestra fue obtenida luego de la captura de la trucha arcoíris, para el muestreo de peces en el río Salado, se determinó cuatro puntos de monitoreo en el río Salado, para la captura se empleó un equipo portátil de pesca eléctrica que tiene como ventaja inmovilizar temporalmente a los peces para su fácil captura. El muestreo se realizó de acuerdo a los métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (MINAM, 2014, p. 45), fue realizado por dos personas, un operador del equipo y un recolector provisto de una red de mano. El operador de este equipo caminó aguas arriba a lo largo de la orilla aplicando una descarga eléctrica (120 V a 650 Voltios y 60 Hz) en las inmediaciones de las zonas en las que se presume la presencia de peces.

La corriente eléctrica es transmitida entre electrodos colocados en el agua provocando que los peces que están en el área sean atraídos hacia el electrodo positivo. Una vez que los peces pasen cerca del ánodo, la corriente actuará como un narcótico aturdiendo a los peces. El portador de la red de mano, que se encuentra aguas abajo, recogió los peces aturridos y los colocó en un balde con agua. El muestreo en cada estación tuvo una duración aproximada de 20 minutos. Las muestras fueron tomadas en puntos donde el acceso no presenta inconvenientes, cabe indicar que el flujo de agua era homogéneo. Para el muestreo de los parámetros físico-químicos se realizó siguiendo estrictamente el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA 2016).

Tabla 1: Equipos de monitoreo para peces.

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
GPS Garmin	1
Regla metálica 30 cm	1
Ictiometro	1
Electrofisher	1
Pesola	1
Red de cuchara	1
Baldes	2
Multiparámetro	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Ubicación de las estaciones de muestreo en el área de evaluación.

<b>Estaciones</b>	<b>Coordenadas WGS 94 UTM 19L</b>	
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
RS-01	252205	8358773
RS-03	251028	8359992
SA-65	259677	8350003
RT-05	250746	8359398

Fuente: Elaboración propia.

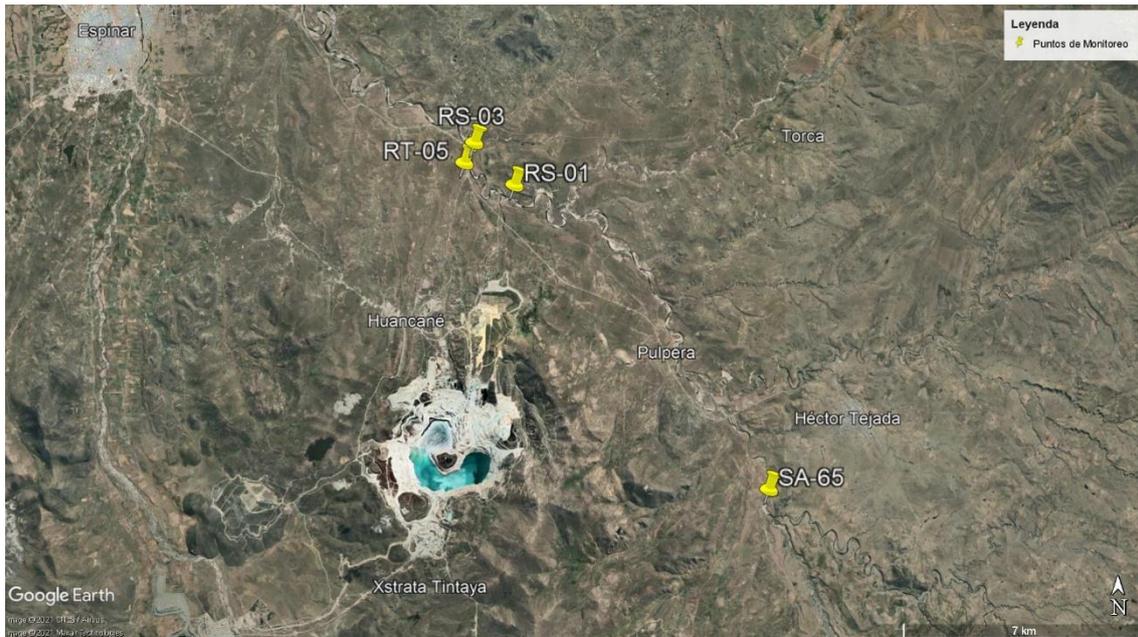


Figura 3: Georreferenciación de puntos de monitoreo en el río Salado, Pallpata, Espinar.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas

Se realizó mediante la técnica de observación. Se procedió a la captura de la trucha arcoíris en el río Salado, seguidamente se le tomará su peso (gr.) y se le medirá la longitud con un mínimo de 15 cm para el análisis de Mercurio y Plomo en el tejido muscular. Las muestras serán colocadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas para su distinción y congeladas hasta ser entregadas al laboratorio acreditado por INACAL, para el análisis de tejido.



Figura 4: Medición de la longitud a la trucha arcoíris en el punto SA-65.

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación fueron:

- Informes de ensayo.
- Reporte fotográfico.
- Cuaderno de campo
- Microsoft Excel.

### 3.5 Procedimientos

Según el (MINAM 2014), en la colecta de peces en el río Salado depende del objetivo de estudio, el cual es obtener información de plomo y mercurio en trucha arcoíris, para el muestreo de tejido muscular. En la pesca eléctrica participan tres personas como mínimo, la primera persona será el responsable en llevar el electro Fisher y sus accesorios que forman este equipo, de manera que al recorrer las aguas superficiales, con el ánodo y cátodo, producirán un efecto de aturdimiento en los peces, es allí donde la segunda persona que va detrás sujeta una red de mano para capturar a los peces aturdidos, es de obligatoriedad que lleven puestos guantes

que aíslen la corriente eléctrica; la tercera persona es la que recibe los peces para la identificación, tomar fotografías, medirlos, pesarlos y destinarlos para las muestras de tejido. Las muestras serán procesadas en el laboratorio acreditado, mediante el método de ensayo EPA Method 200.3 Rev. 1 April (1991) / EPA Method 6020 B Rev. 2 July (2014) determinación de metales: referenciado por procedimiento de preparación de muestras para la determinación espectroquímica de elementos recuperables en tejido biológico por ICP-MS.



Figura 5: Captura de peces por pesca eléctrica en el punto RS-01.



Figura 6: Medición de longitud de la trucha arcoíris en el punto RS-03.

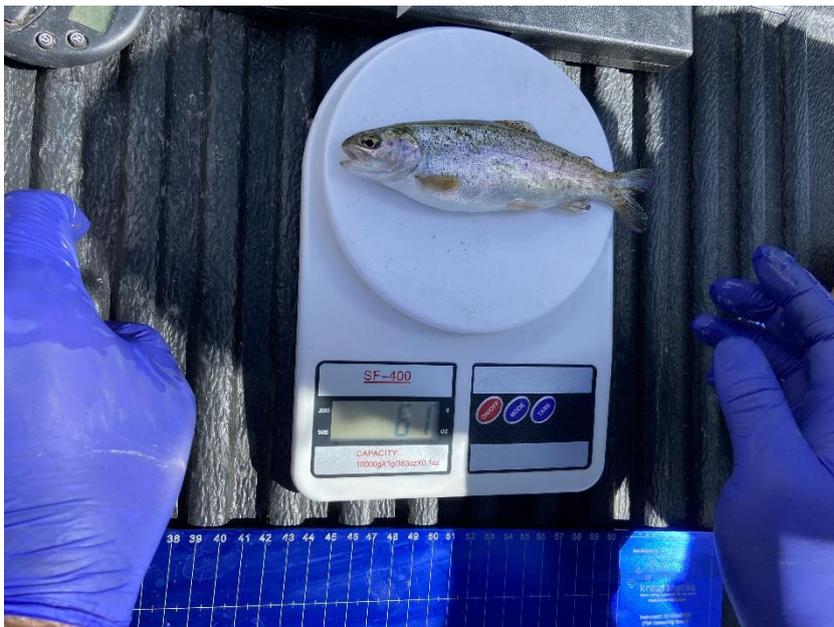


Figura 7: Pesaje de trucha arcoíris en el punto RS-03.



Figura 8: Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto SA-65.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Para el método de análisis de datos en la presente investigación, se considerará las medidas tanto de peso (gr.) y longitud (mm) de la trucha arcoíris, presentando un promedio por punto de monitoreo; para el procesamiento de datos se utilizó el programa Microsoft Excel.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación que lleva como título Bioacumulación por mercurio y plomo en el tejido muscular trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado, Pallpata, 2021, se ha desarrollado con información veraz y confiable, ya que los medios en la cual obtuvimos dicha información proceden de fuentes confiables, la investigación se ha plasmado de manera correcta en la redacción, se ha respetado la autenticidad de los autores involucrados en dicha investigación y se ha respetado la norma internacional ISO 690 garantizando la originalidad de la tesis.

## IV. RESULTADOS

A continuación, se procedió a describir las figuras de los resultados encontrados en el proceso de investigación, en el orden de los objetivos de investigación.

### 4.1 Resultados de la medición y comparación de parámetros de campo.

Tabla 3: Parámetros Físico-químicos del río salado.

Parámetros	Unidad	Estaciones				ECA-CAT-4
		RS-01	RS-03	SA-65	RT-05	
pH	Unidad pH	8.23	8.4	8.38	9.43	6.5-9.0
Conductividad E.	μS/cm	681	701	1287	340	1000
Oxígeno disuelto	mg/L	7.6	8.31	8.09	8.09	<5
Temperatura	°C	11.3	14	8.9	16.6	-
Turbiedad	NTU	1.06	1.05	0.98	1.88	-

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, se observó los resultados de la medición de pH en las cuatro estaciones de monitoreo sobre las aguas del río Salado.

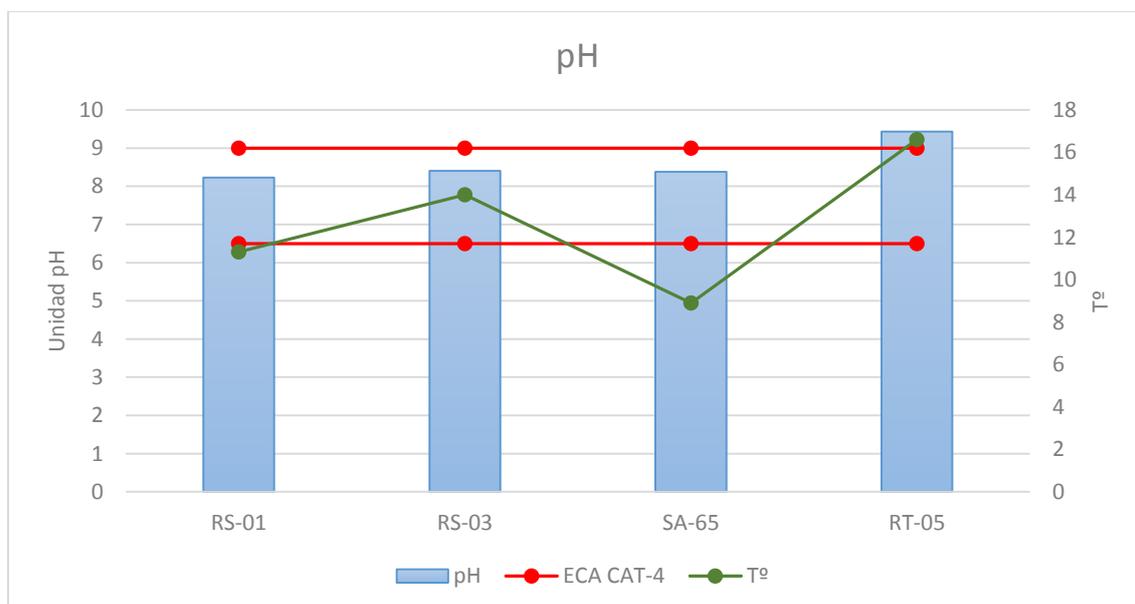


Figura 9: Medición del potencial de hidrogeno en el río Salado.

Como podemos observar en la figura 9, el pH en la estación de monitoreo RS-01 es de 8.23, en RS-03 es de 8.40, RT-05 es de 9.43 y SA-65 es de 8.38, en comparación con la con los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 4 conservación del ambiente acuático, dicho parámetro se encuentra dentro de los

rangos establecido por la normativa, excepto la estación RT-05. Con respecto a la temperatura esta se encuentra entre los 8.9 C° y 11.3 C°.

En la figura 10, se observó los resultados de la medición de la conductividad eléctrica en las cuatro estaciones de monitoreo sobre las aguas del río Salado.

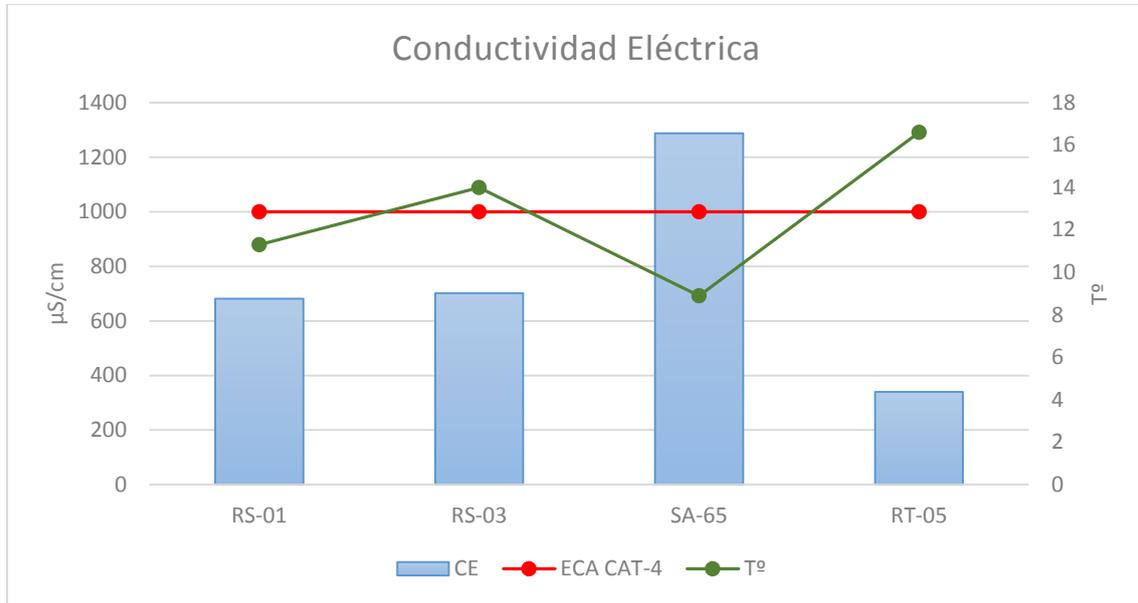


Figura 10: Medición de la conductividad eléctrica en el río Salado.

Como podemos observar en la figura 10, la conductividad eléctrica en la estación de monitoreo RS-01 es de 681 µS/cm, en RS-03 es de 701 µS/cm, RT-05 es de 340 µS/cm y SA-65 es de 1287 µS/cm, en comparación con la con los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 4 conservación del ambiente acuático, las estaciones RS-01 y RS-03 se encuentran por debajo del rango establecido por la normativa, mientras que, la estación SA-65 se encontró por encima, evidenciando la presencia de aniones y cationes. Con respecto a la temperatura esta se encuentra entre los 8.9 C° y 11.3 C°.

En la figura 11, se observó la medición de oxígeno disuelto en las cuatro estaciones de monitoreo sobre el río Salado.

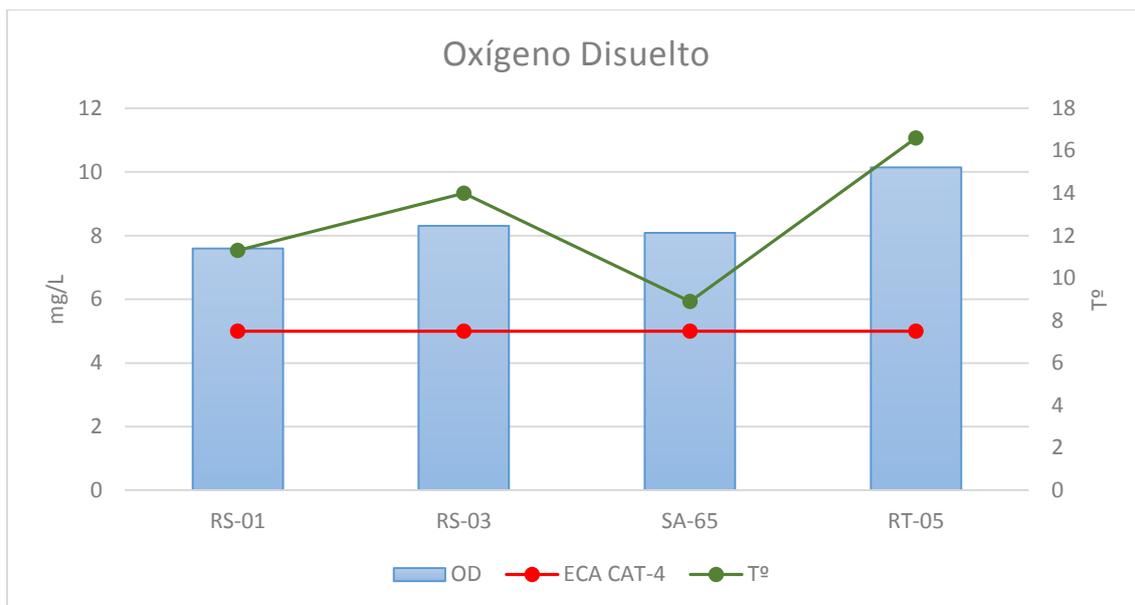


Figura 11: Medición del oxígeno disuelto en el río Salado.

Como podemos observar en la figura 11, el oxígeno disuelto en la estación de monitoreo RS-01 es de 7.6 mg/L, en RS-03 es de 8.31mg/L, RT-05 es de 8.09 mg/L y SA-65 es de 8.09 mg/L, en comparación con la con los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 4 conservación del ambiente acuático, las tres estaciones por encima del rango establecido por la normativa, indicando que el río salado presenta buenos niveles de oxígeno. Con respecto a la temperatura esta se encuentra entre los 8.9 Cº y 11.3 Cº.

#### 4.2 Resultados de la concentración y comparación de parámetros de mercurio y plomo.

En la figura 12, se observó las concentraciones de mercurio y plomo para las cuatro estaciones de monitoreo sobre tejido muscular en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Tabla 4: concentraciones de mercurio y plomo en tejido animal.

Parámetros	Tejido Animal trucha			
	RS-01	RS-03	SA-65	RT-05
Mercurio	0,031	0,0328	0,0413	0,0106
Plomo	0,002	0,002	0,002	0,002
LM Hg			0,5	
LM Pb			0,3	

Fuente: Elaboración propia.

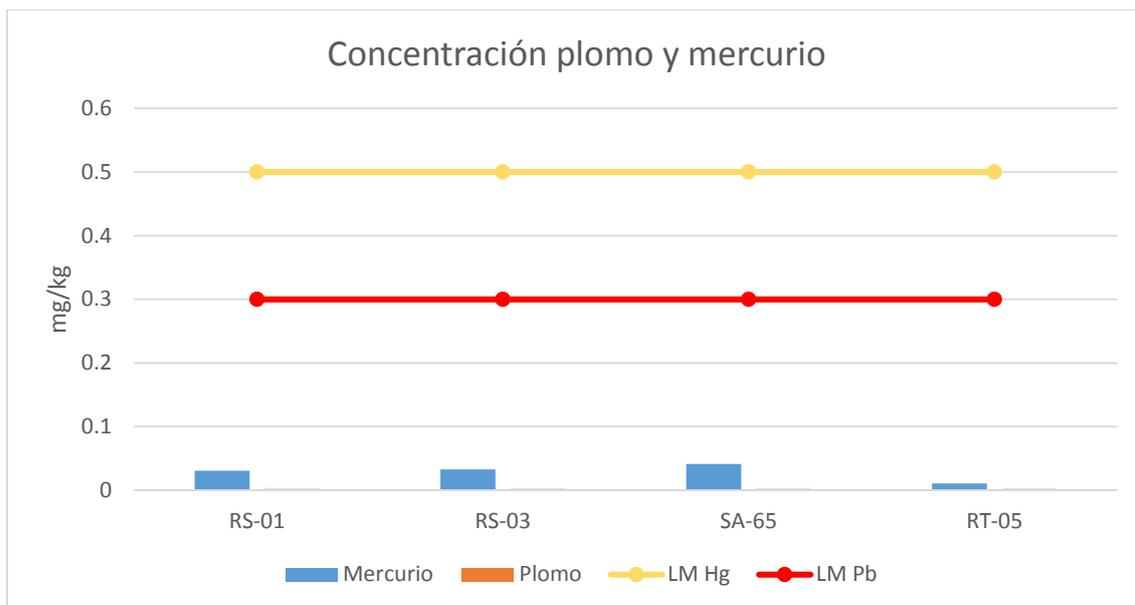


Figura 12: Concentraciones de mercurio y plomo en tejido muscular de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Como podemos observar en la figura 12, las concentraciones de mercurio en la estación de monitoreo RS-01 es de 0.031 mg/kg, en RS-03 es de 0.0328 mg/kg, RT-05 es de 0.0106 y SA-65 es de 0.0413 mg/kg, mientras que, el plomo en las tres estaciones se encuentra por debajo de los 0.002 mg/kg que es límite de detección, comparando con la Resolución Directiva ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE los límites máximos (LM) de plomo es de 0.3 mg/kg y de mercurio es de 0.5 mg/kg, las concentraciones analizadas, se encuentran por debajo de los indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación.

En la figura 13 se observó el tamaño (mm) y el peso (g) promedio de las truchas capturadas en la sobre las aguas del río Pallpata, con los siguientes resultados promedios en talla 122.78 mm, 118.90 mm, 145.50 mm y 151.11 mm y de pesos 18.30 g, 27.47 g, 32.22 g y 42.22g en las estaciones de monitoreo RS-01, RS-03, RT-05 y SA-65, respectivamente.

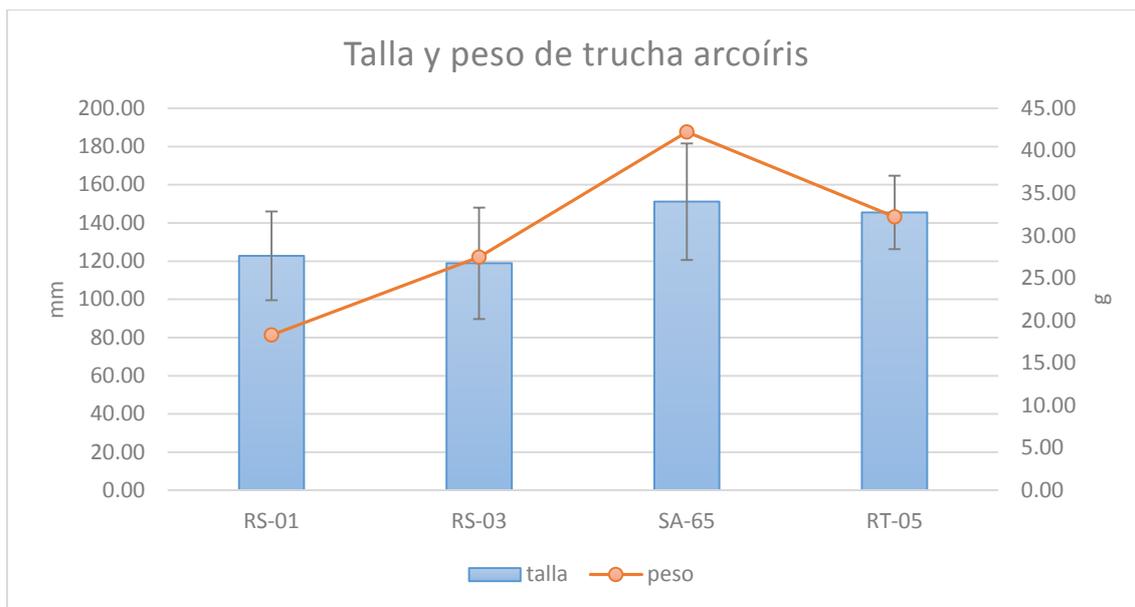


Figura 13: Peso y talla de trucha arcoíris.

Tabla 5: Pesos y talla de las truchas.

Fecha de registro	Estación de monitoreo	Método	Nombre común	Especie	Nombre local	Longitud total (mm)	Peso (gr)
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	110	14
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	85	6,3
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	105	10,4
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	160	35
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	145	24,7
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	150	31,9
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	125	18
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	105	11,1
23/04/2021	RS-01	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	120	13,3
24/04/2021	RS-03	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	101,2	9,5
24/04/2021	RS-03	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	160	63
24/04/2021	RS-03	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	95,5	9,9
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	315	349
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	350	497
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	120	19
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	125	24
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	130	26
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	150	42
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	155	38
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	150	34
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	135	30
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	130	31
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	110	15

26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	170	62
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	110	16
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	170	52
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	185	64
26/04/2021	SA-65	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	200	76
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	175	51
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	140	22,6
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	145	34,2
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	170	52
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	150	33
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	110	14,4
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	140	26,6
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	125	20,5
27/04/2021	RT-05	Electropesca	Trucha Arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	165	42,8

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio fueron los siguientes, con respecto a los parámetros físico-químicos los únicos que sobrepasan el ECA para agua fue la conductividad en la estación SA-65 y el pH en la estación RT-05; las concentraciones de plomo y mercurio en tejido de la trucha arcoíris, dichos metales no pasan los límites máximos establecido por SANIPES, dichos resultados fueron semejantes a los encontrados por (Razavi et al. 2019) con respecto a Hg evaluado en peces de arroyo *Blacknose dace* y *Creek chub*, los cuales no superan los límites máximos, de la misma manera (Samanta 2018) evaluó plomo y mercurio en la trucha arcoíris encontrándose estos metales por debajo de los límites máximos. De igual manera los resultados de (Patiño 2018) que evaluó plomo en tejido muscular de la trucha, no supero los límites establecidos por SANIPES.

## VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados de la medición de los parámetros de campo en el río Salado fueron los siguientes, RS-01 (pH 8.23, 681  $\mu\text{S/cm}$ , 7.6 mg/L, 11.3 °C), RS-03 (pH 8.40, 701  $\mu\text{S/cm}$ , 8.31 mg/L, 14.0°C), SA-65 (pH 8.38, 1287  $\mu\text{S/cm}$ , 8.09 mg/L, 8.9°C) y RT-05 (pH 9.43, 340  $\mu\text{S/cm}$ , 8.09 mg/L, 16.6 °C).
2. De la comparación de los parámetros físico-químicos, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto con los estándares de calidad ambiental para agua de categoría 4 conservación del ambiente acuático, la estación RT-05 en el parámetro de pH sobrepasa ligeramente y con respecto a la conductividad eléctrica la estación SA-65 también pasó lo establecido en los ECA's, los demás parámetros se encuentran dentro de la normativa ambiental.
3. Se llegó a la conclusión que las concentraciones de metales Pb y Hg en tejido muscular de las truchas arcoíris en el río salado no superan lo indicado por la normativa, comprobando que la hipótesis que sí existe concentraciones mínimas de los metales, que estas no afectan a la salud de la población que usa este recurso ictiológico para su consumo.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la investigación científica con varias muestras de los metales en el río Salado aumentando más estaciones de monitoreo para obtener una data más amplia de la calidad fisicoquímica de dicho río.
2. Realizar monitoreos por temporadas de sequía y lluvias así poder evaluar las características fisicoquímicas y la cantidad de truchas arcoíris y los efectos de los metales en dicha especie.
3. Cruzar información con las entidades gubernamentales encargadas de monitorear la calidad del río Salado y su vida acuática y así tener una interpretación más exacta de las características fisicoquímicas e hidrobiológicas de dicho río.

## REFERENCIAS

- AGUILERA, P. y NORIEGA, P., 1985. La trucha y su cultivo. *FONDEPESCA*, pp. 66.
- ALIBABIC, V., VAHCIC, N. y BAJRAMOVIC, M., 2007. Bioaccumulation of metals in Fish of Salmonidae Family and the Impact on Fish Meat Quality. *Environ Monit Assess.*, vol. 131, pp. 349-364.
- ALSOP, D., NG, T.Y.T., CHOWDHURY, M.J. y WOOD, C.M., 2016. Interactions of waterborne and dietborne Pb in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: Bioaccumulation, physiological responses, and chronic toxicity. *Aquatic Toxicology* [en línea], vol. 177, pp. 343-354. ISSN 18791514. DOI 10.1016/j.aquatox.2016.06.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.06.007>.
- ANA, 2016. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. *Autoridad Nacional del Agua* [en línea], pp. 92. Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>.
- ANYANWU, P.I., TARFA, F.D., SHAMAKI, D.E. y ANYANWU, G.O., 2018. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of *Anthocleista vogelii* planch root bark extracts. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* [en línea], vol. 210, no. 012006. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/210/1/012006>.
- BLANCO, M., 1994. La Trucha, cría industrial. *Ed. Mundi-prensa.*, vol. 2ª Ed., pp. 76.
- CAMACHO, E., MORENO, M., RODRÍGUEZ, M., LUNA, C. y VÁZQUEZ, M., 2000. Guía para el cultivo de la trucha. *SEMARNAP Dirección general de acuicultura.*, pp. 81.
- EISLER, R., 2000. Handbook of Chemical Risk Assessment, Hazard to Humans, Plants and Animal. *Lewis publishers*, pp. 650.
- FERNÁNDEZ, J. y TEJADA, P., 2017. Determinación de metales pesados en mariscos comercializados en el Puerto de Huacho. *Big Bang Faustiniiano*, vol.

5.

- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. Metodología de la investigación. *Mc-Graw-Hill*,
- HUARANGA, M., MÉNDEZ, G., QUILCAT, L. y HUARANGA, A., 2012. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad-Perú. *Sci Agropecu* [en línea], vol. 3, no. 3, pp. 235-247. Disponible en: doi:10.17268/sci.agropecu.2012.03.05.
- INTA, 1988. Conocimientos actuales de Nutrición. *Universidad de Chile*,
- MANAHAN, S., 2000. Environmental chemistry. *7th ed, Florida, Lewis; pp 72-108.*,
- MARÍN, R., 2003. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. *1ra Ed. Madrid, Diaz de Santos; pp 1-70.*,
- MINAM, 2014. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124174155. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>.
- NAKANO, T., KAMEDA, M., YAMAGUCHI, T., SATO, M., AFONSO, L.O., IWAMA, G.K. y DEVLIN, R.H., 2015. Effects of Thermal Stressors on Growth-Related Gene Expressions in Cultured Fish. En *Marine Productivity: Perturbations and Resilience of Socio-ecosystems. Springer International Publishing.*, pp. 147-157.
- NRC, 1993. Nutrient requirement of fish. *National Academy Press.*,
- ORTEGA, J., 2000. Manejo y alternativas de desarrollo para el cultivo de la trucha arco iris. *SEDAP*, pp. 5-20.
- PARIS, E., 2000. Intoxicaciones: Epidemiología, Clínica y Tratamiento. *U. Católica de Chile*, pp. 302.
- PATIÑO, M., 2018. Determinación de cadmio y plomo en las partes anatómicas de la trucha (*oncorhynchus mykiss*) del río de Chalhuanca. *Universidad*

*Nacional Micaela bastidas de Apurímac.*, pp. 90.

- PETITJEAN, Q., JEAN, S., GANDAR, A., CÔTE, J., LAFFAILLE, P. y JACQUIN, L., 2019. Stress responses in fish: from molecular to evolutionary processes. *Sci. Total. Environ.* [en línea], vol. 684, pp. 371-380. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.357>.
- POSTHUMA, L., ALTENBURGER, R., BACKHAUS, T., KORTENKAMP, A., MÜLLER, C., FOCKS, A., DE ZWART, D. y BRACK, W., 2019. Improved component-based methods for mixture risk assessment are key to characterize complex chemical pollution in surface waters. *Environ. Sci. Eur.* [en línea], vol. 31, no. 70. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0246-5>.
- RAZAVI, R.N., CUSHMAN, S.F., HALFMAN, J.D., MASSEY, T., BEUTNER, R. y CLECKNER, L.B., 2019. Mercury bioaccumulation in stream food webs of the Finger Lakes in central New York State, USA. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea], vol. 172, no. July 2018, pp. 265-272. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2019.01.060. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.060>.
- RIVAS, W., CANALES, C. y BAZALAR, J., 2018. Determinación de arsénico y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. *In Crescendo* [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 211-220. Disponible en: <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/1982>.
- RODRÍGUEZ, A., GONZÁLES, J. y SUAREZ, R., 2007. Bioacumulación por Metales Pesados en el Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), habitante de la cuenca alta del río Bogotá. *Revista electrónica de ingeniería en producción acuícola*, vol. 2.
- ROMERO, J., 1998. Calidad de aguas. *Nomos*. 210p.,
- SAMANTA, Z., 2018. Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac. *Universidad Peruana Cayetano Heredia* [en

línea], pp. 62. Disponible en:

[http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3645/Calidad\\_ZevallosDeLaTorre\\_Samanta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3645/Calidad_ZevallosDeLaTorre_Samanta.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

SAULIUTE, G., MARKUCKAS, A. y STANKEVICIUTE, M., 2020. Response patterns of biomarkers in omnivorous and carnivorous fish species exposed to multicomponent metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) mixture. Part III. *Ecotoxicol* [en línea], vol. 29, no. 3, pp. 258-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02170-y>.

SCUDDER, E.B.C., RIVA-MURRAY, K., KNIGHTES, C.D., JOURNEY, C.A., CHASAR, L.C., BRIGHAM, M.E. y BRADLEY, P.M., 2015. Optimizing fish sampling for fish-mercury bioaccumulation factors. *Chemosphere* [en línea], vol. 135, pp. 467-473. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2014.12.068. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.068>.

SHAH, Q., KAZI, G., ARAIN, B., JAMALI, K., AFRISI, I., JALBANI, N., BAIG, A. y KANDHRO, A., 2009. Accumulation of arsenic in different fresh water fish species—potential contribution to high arsenic intakes. *Food Chemistry*, vol. 112, pp. 520-524.

SPIESS, F., 2010. Determinación de elementos traza Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe, As en Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss* mediante espectrofotometría de absorción atómica en la X Y XIV regiones de Chile. 2010. ,

SPIRO, T., 2004. Química Medioambiental. *Pearson Educación*, vol. 2ª Ed., pp. 504.

STANKEVIČIŪTĖ, M., MAKARAS, T., PAŽUSIENĖ, J., ČAPUKOITIENĖ, B., SAULIUTĖ, G., JURGELĖNĖ, Ž., RAUDONYTĖ-SVIRBUTAVIČIENĖ, E. y JOKŠAS, K., 2021. Biological effects of multimetal (Ni, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn) mixture in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Laboratory exposure and recovery study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 216. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2021.112202.

STANKEVICIUTE, M., SAULIUTE, G., SVECEVICIUS, G., KAZLAUSKIENE, N. y

- BARSIENE, J., 2014. Genotoxicity and cytotoxicity response to environmentally relevant complex metal mixture (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd) accumulated in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Part I: importance of exposure time and tissue dependence. *Ecotoxicology* [en línea], vol. 27, no. 8, pp. 1069-1086. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1960-2>.
- SURES, B., DEZFULI, B.S. y KRUG, H., 2003. The intestinal parasite *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) interferes with the uptake and accumulation of lead (<sup>210</sup>Pb) in its fish host chub (*Leuciscus cephalus*). *Int. J. Parasitol*, vol. 33, pp. 1617-1622.
- UNEP, 2013. Mercury: Time to Act. *UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.*
- VAROL, M., KAYA, G.K. y ALP, A., 2017. Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River: Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 599-600, pp. 1288-1296. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.05.052. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.052>.
- WANG, Z., WALKER, G., MUIR, D.C.G. y NAGATANI-YOSHIDA, K., 2020. Toward a global understanding of chemical pollution: a first comprehensive analysis of national and regional chemical inventories. *Environ. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 5, pp. 2575-2584.
- WHO, 2003. Iron in Drinking – water. Background document for development of World Health Organization Guidelines for Drinking – water Quality. ,
- WITESKA, M., 2005. Stress in fish – hematological and immunological effects of heavy metals. *Electronic Journal of Ichthyology*, vol. 1, pp. 35-41.
- ZAMORA, S. y BLANCO, M., 1986. Diagnostico de estado actual de la trucha arcoíris de México. , pp. 26-35.
- ZHAI, Q., WANG, H., TIAN, F., ZHAO, J., ZHANG, H. y CHEN, W., 2017. Dietary *Lactobacillus plantarum* supplementation decreases tissue lead accumulation and alleviates lead toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Res.*,

vol. 48, pp. 5094-5103.

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 6

*Matriz de Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Metales pesados, Mercurio y Plomo	Metal toxico que produce cambios morfológicos en el humano (Eisler 2000, p. 37)	Concentración	Inorgánico	mg/kg	Continua
Parámetros Físicoquímicos	Son parámetros que deben ser medidos in situ, de esta manera tendremos un pre diagnóstico de la calidad de agua.	Concentración	pH Conductividad Oxígeno disuelto Temperatura Turbiedad	Unidad de pH $\mu\text{S}/\text{cm}$ mg/L $^{\circ}\text{C}$ NTU	Continua
Tejido muscular Trucha Arcoíris	Especie de color verde de una longitud de 50 cm, vive en el agua continentales (Blanco 1994, p 61)	Especie	Biológica	Número de especies	Discreta

## Anexo 3: Otros anexos

### Certificado de acreditación de laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C.

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**ALS LS PERÚ S.A.C.**

Laboratorio de Ensayo  
En su sede ubicada en: Av. República Argentina N° 1859, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.  
Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**  
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 28 de marzo de 2018  
Fecha de Vencimiento: 27 de marzo de 2022

  
**MÓNICA NÚÑEZ CABANILLAS**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

CredA N° : 0184-2018-INACAL/DA  
Certificado N° : 010-2018-INACAL/DA  
Registro N° : LE-028

Fecha de emisión: 09 de abril de 2018

Este presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcabala de Acreditación y símbolo de acreditación, el cual se encuentra disponible en la página web [www.inacal.gob.pe/credenciales/credenciales](http://www.inacal.gob.pe/credenciales/credenciales) o al acceso de Internet del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del OEAU de Inter-Acreditación, Cooperación OMACO e Internacional Acreditación, Foros OMF y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-00P-0004 Ver. 02



## INFORME DE ENSAYO: 23741/2021

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 37

N° ALS		221048/2021-02					
Fecha de Muestreo		23/04/2021					
Hora de Muestreo		09:20:00					
Tipo de Muestra		Tejido Animal					
Identificación		RS-D1					
Parámetro	Ref. Mé.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (k=1)
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Tejido por ICP-MS</b>							
Pata (Ag)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,0016	<0,0004	NE
A. amonio (Al)	16671	07/05/2021	mg/g	0,08	0,20	0,36	0,21
A. selenio (As)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,010	0,083	0,035
Bario (Ba)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,010	<0,002	NE
Berio (Be)	16671	07/05/2021	mg/g	0,006	0,0034	<0,0006	NE
Calcio (Ca)	16671	07/05/2021	mg/g	3,00	4,40	209,6	10,5
Cadmio (Cd)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,0012	<0,0002	NE
Cobalto (Co)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,0024	0,1338	0,0185
Cromo (Cr)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,008	<0,004	NE
Cobre (Cu)	16671	07/05/2021	mg/g	0,066	0,016	0,585	0,048
Hierro (Fe)	16671	07/05/2021	mg/g	0,04	0,24	4,74	0,30
Mercurio (Hg)	16671	07/05/2021	mg/g	0,006	0,0020	0,0420	0,0035
Plata (Pt)	16671	07/05/2021	mg/g	14,00	22,00	3696	320
Magnesio (Mg)	16671	07/05/2021	mg/g	3,00	5,20	238,0	16,9
Manganeso (Mn)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,022	0,628	0,050
Mofoeno (Mo)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,004	<0,002	NE
Sodio (Na)	16671	07/05/2021	mg/g	2,40	3,60	719,8	23,3
Niquel (Ni)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,006	<0,002	NE
Potasio (K)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,006	<0,002	NE
Antimonio (Sb)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,006	<0,002	NE
Selenio (Se)	16671	07/05/2021	mg/g	0,02	0,04	0,41	0,05
Stroncio (Sr)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,008	0,067	0,014
Talio (Tl)	16671	07/05/2021	mg/g	0,032	0,042	0,434	0,062
Tiurno (Ti)	16671	07/05/2021	mg/g	0,032	0,018	0,068	0,019
Teluro (Te)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,0014	0,0706	0,0024
Uranio (U)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,0006	<0,0002	NE
Vanadio (V)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,008	<0,002	NE
Zinc (Zn)	16671	07/05/2021	mg/g	0,06	0,08	6,30	0,61

N° ALS		221049/2021-02					
Fecha de Muestreo		24/04/2021					
Hora de Muestreo		12:10:00					
Tipo de Muestra		Tejido Animal					
Identificación		RS-D3					
Parámetro	Ref. Mé.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (k=1)
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Tejido por ICP-MS</b>							
Pata (Ag)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,0016	<0,0004	NE
A. amonio (Al)	16671	07/05/2021	mg/g	0,08	0,20	<0,08	NE
A. selenio (As)	16671	07/05/2021	mg/g	0,004	0,010	0,062	0,014
Berio (Be)	16671	07/05/2021	mg/g	0,002	0,010	<0,002	NE



### INFORME DE ENSAYO: 23741/2021

N° ALS		221049/2021-1-0					
Fecha de Muestreo		24/04/2021					
Hora de Muestreo		12:10:00					
Tipo de Muestra		Tojón Animal					
Identificación		RS-03					
Parámetro	Ref. Méf.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (+/-)
Berio (Be)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,004	<0,006	NE
Calcio (Ca)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	4,40	284,6	13,9
Cadmio (Cd)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,002	<0,0002	NE
Cobalto (Co)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,0024	0,0655	0,0077
Cromo (Cr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,008	<0,004	NE
Cobre (Cu)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,068	0,016	0,303	0,038
Hierro (Fe)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,04	0,24	2,79	0,44
Mercurio (Hg)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,0010	0,0328	0,0036
Potasio (K)	16871	07/05/2021	mg/kg	14,00	22,00	3746	330
Magnesio (Mg)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	3,20	248,4	17,7
Manganeso (Mn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,022	0,385	0,036
Níquel (Ni)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Sodio (Na)	16871	07/05/2021	mg/kg	2,40	3,60	678,5	23,4
Plomo (Pb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Antimonio (Sb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Selenio (Se)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,02	0,04	0,53	0,07
Estibio (Sn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,008	<0,002	NE
Stroncio (Sr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,042	0,66	0,073
Talio (Tl)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,018	0,062	0,019
Talio (Tl)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,0014	0,0108	0,0024
Urano (U)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,0008	<0,0002	NE
Vanadio (V)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Zinc (Zn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,06	0,08	7,78	0,37

N° ALS		221050/2021-1-0					
Fecha de Muestreo		26/04/2021					
Hora de Muestreo		08:30:00					
Tipo de Muestra		Tojón Animal					
Identificación		SA-65					
Parámetro	Ref. Méf.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (+/-)
BOT. ENSAYOS DE METALES - Metales en Tojón por ICP-MS							
Plata (Ag)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,0016	<0,0004	NE
Aluminio (Al)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,08	0,20	<0,08	NE
Arsénico (As)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,010	0,074	0,015
Bario (Ba)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,010	<0,002	NE
Berio (Be)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,0024	<0,0006	NE
Calcio (Ca)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	4,40	270,9	13,3
Cadmio (Cd)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,002	<0,0002	NE
Cobalto (Co)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,0024	0,0541	0,0068
Cromo (Cr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,008	<0,004	NE
Cobre (Cu)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,068	0,016	0,398	0,036
Hierro (Fe)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,04	0,24	4,26	0,35
Mercurio (Hg)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,0010	0,0413	0,0042
Potasio (K)	16871	07/05/2021	mg/kg	14,00	22,00	3620	305
Magnesio (Mg)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	3,20	233,1	15,4



## INFORME DE ENSAYO: 23741/2021

N° ALS		23741/2021-0					
Fecha de Muestreo		26/04/2021					
Hora de Muestreo		08:30:00					
Tipo de Muestra		Tejón Anual					
Identificación		SA-65					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (±)
Manganeso (Mn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,022	0,261	0,030
Niobio (Nb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Sodio (Na)	16871	07/05/2021	mg/kg	2,40	3,60	709,2	23,1
Níquel (Ni)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Plomo (Pb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Antimonio (Sb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Selenio (Se)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,02	0,04	0,23	0,05
Estaño (Sn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Estroncio (Sr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,042	0,235	0,061
Tiempo (Ti)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,018	0,052	0,016
Talio (Tl)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,0004	0,0016	0,0146	0,0028
Uranio (U)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,0002	0,0006	<0,0002	NE
Vanadio (V)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Zinc (Zn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,06	0,08	7,66	0,16

### Observaciones

- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución de análisis para los ensayos en campo realizados por ALS Perú S.A.C., se refieren a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Métd.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- En relación a la estimación de incertidumbre:
  - ±: Símbolo que denota la definición del intervalo de confianza en el cual se encuentra el valor reportado.
  - Valores de incertidumbre altos respecto al valor reportado, se dan para concentraciones cuyo orden de magnitud es próximo al límite de cuantificación.
  - El valor de estimación de la incertidumbre indicado en las muestras del presente informe, corresponden solo a la etapa del análisis.
  - Si el valor de incertidumbre es expresado como:
    - NE - No estimada, para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.

### DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
RS-01	Cliente	Tejón Anual	30/04/2021	24/04/2021	8338773N 251205E	-	Previamente por el cliente	Reservado por el cliente
RS-03	Cliente	Tejón Anual	30/04/2021	24/04/2021	8338952N 251028E	-	Previamente por el cliente	Reservado por el cliente
SA-65	Cliente	Tejón Anual	30/04/2021	26/04/2021	8338033N 250677E	-	Previamente por el cliente	Reservado por el cliente



## INFORME DE ENSAYO: 23742/2021

N° ALS		23742/2021-0					
Fecha de Muestreo		27/04/2021					
Hora de Muestreo		09:00:00					
Tipo de Muestra		Tejido Animal					
Identificación		RT-05					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (e-)
Berio (Be)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,004	<0,0006	NE
Cadmio (Cd)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	4,40	299,2	14,1
Cadmio (Cd)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,002	<0,0002	NE
Cobalto (Co)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,004	0,0261	0,0044
Cromo (Cr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,008	<0,004	NE
Cobre (Cu)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,068	0,116	0,749	0,062
Hierro (Fe)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,04	0,24	4,46	0,57
Mercurio (Hg)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,006	0,0010	0,0106	0,0022
Plomo (Pb)	16871	07/05/2021	mg/kg	14,00	22,00	3466	308
Magnesio (Mg)	16871	07/05/2021	mg/kg	3,00	3,20	229,3	16,4
Manganeso (Mn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,022	0,564	0,048
Níquel (Ni)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Sodio (Na)	16871	07/05/2021	mg/kg	2,40	3,60	821,3	25,3
Kupero (K)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Potasio (K)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Antimonio (Sb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	<0,002	NE
Selenio (Se)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,02	0,04	1,16	0,10
Estibio (Sb)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,006	1,355	0,064
Estroncio (Sr)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,042	0,449	0,063
Tiempo (Ti)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,012	0,018	0,076	0,039
Talio (Tl)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,004	0,004	<0,0004	NE
Uranio (U)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,0008	<0,0002	NE
Vanadio (V)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,002	0,004	<0,002	NE
Zinc (Zn)	16871	07/05/2021	mg/kg	0,06	0,08	7,87	0,57

### Observaciones

- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentran por debajo del límite de Cuantificación, no sirven para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución de análisis para los ensayos en campo no coinciden por ALS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Métd.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- En relación a la estimación de incertidumbre:
  - 4/- Símbolo que denota la definición del intervalo de confianza en el cual se encuentra (menor o mayor) valor reportado.
  - Valores de incertidumbre altos respecto al valor reportado, se dan para concentraciones cuyo orden de magnitud es próximo al límite de cuantificación.
  - El valor de estimación de la incertidumbre indicado en las muestras del presente informe, se responde solo a la etapa de análisis.
  - Si el valor de incertidumbre es expresado como:
    - NE = No estimado, para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO



## INFORME DE ENSAYO: 23743/2021

NF ALS		222011/2021-0.0					
Fecha de Muestreo		23/04/2021					
Hora de Muestreo		09:20:00					
Tipo de Muestra		Agua Superficial					
Identificación		RS-D1					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (±)
<b>B02 ENSAYOS EN CAMPO</b>							
Conductividad	1825	23/04/2021	uS/cm	---	---	551,00	4,2E+0
Oxígeno Disuelto	20392	23/04/2021	mg/L	0,05	0,13	7,60	3,7E-2
pH	1840	23/04/2021	Unidad de pH	---	---	6,23	4,0E-2
Temperatura de la Muestra	1844	23/04/2021	°C	---	---	13,3	2,0E-1
Turbidez (Campo)	1845	23/04/2021	UNT	0,08	0,20	1,06	1,0E-1
<b>B15 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>							
Perfil de Calidad (especies detectadas)*	18886	12/05/2021	---	---	---	VER OTRO	---

NF ALS		222013/2021-0.0					
Fecha de Muestreo		24/04/2021					
Hora de Muestreo		12:10:00					
Tipo de Muestra		Agua Superficial					
Identificación		RS-D3					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (±)
<b>B02 ENSAYOS EN CAMPO</b>							
Conductividad	1825	24/04/2021	uS/cm	---	---	701,00	4,3E+0
Oxígeno Disuelto	20392	24/04/2021	mg/L	0,05	0,13	6,31	4,1E-2
pH	1840	24/04/2021	Unidad de pH	---	---	6,40	4,0E-2
Temperatura de la Muestra	1844	24/04/2021	°C	---	---	14,0	2,0E-1
Turbidez (Campo)	1845	24/04/2021	UNT	0,08	0,20	1,05	1,0E-1
<b>B15 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>							
Perfil de Calidad (especies detectadas)*	18886	12/05/2021	---	---	---	VER OTRO	---

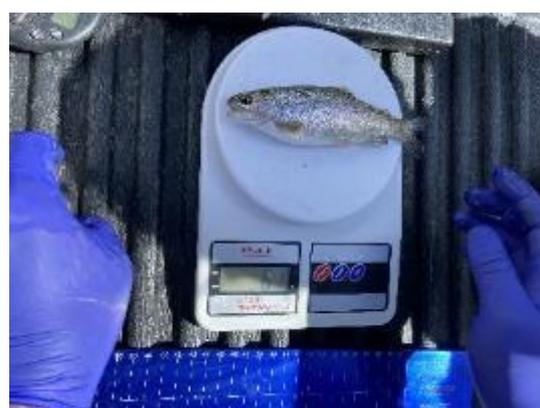
NF ALS		222014/2021-0.0					
Fecha de Muestreo		26/04/2021					
Hora de Muestreo		08:30:00					
Tipo de Muestra		Agua Superficial					
Identificación		SA-05					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (±)
<b>B02 ENSAYOS EN CAMPO</b>							
Conductividad	1825	26/04/2021	uS/cm	---	---	1282,00	7,9E+0
Oxígeno Disuelto	20392	26/04/2021	mg/L	0,05	0,13	6,09	4,0E-2
pH	1840	26/04/2021	Unidad de pH	---	---	6,38	4,0E-2
Temperatura de la Muestra	1844	26/04/2021	°C	---	---	8,9	2,0E-1
Turbidez (Campo)	1845	26/04/2021	UNT	0,08	0,20	0,98	9,9E-2
<b>B15 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>							
Perfil de Calidad (especies detectadas)*	18886	12/05/2021	---	---	---	VER OTRO	---

NF ALS		221043/2021-0.0					
Fecha de Muestreo		21/04/2021					
Hora de Muestreo		12:45:00					
Tipo de Muestra		Agua Superficial					
Identificación		RT-D5					
Parámetro	Ref. Métd.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (±)
<b>B02 ENSAYOS EN CAMPO</b>							
Conductividad	1825	21/04/2021	uS/cm	---	---	160,00	2,1E+0
Oxígeno Disuelto	20392	21/04/2021	mg/L	0,05	0,13	10,14	5,2E-2
pH	1840	21/04/2021	Unidad de pH	---	---	9,43	4,0E-2
Temperatura de la Muestra	1844	21/04/2021	°C	---	---	10,6	2,0E-1
Turbidez (Campo)	1845	21/04/2021	UNT	0,08	0,20	1,88	1,2E-1
<b>B15 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>							
Perfil de Calidad (especies detectadas)*	18886	12/05/2021	---	---	---	VER OTRO	---

Fotos  
RS-01

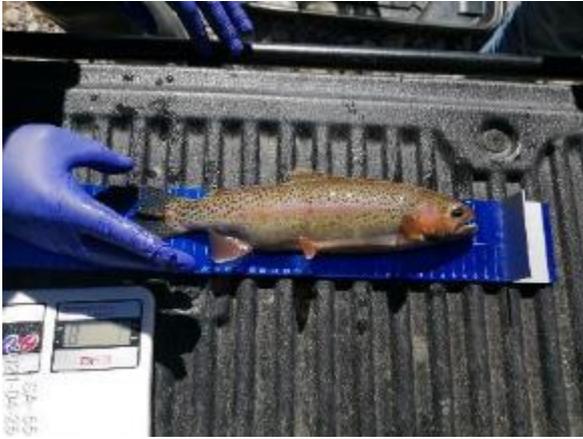


RS-03



SA-65





RT-05



### Validación de la medición de parámetros de campo

Identificación de muestra	Hora	Conductividad		X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	U	Oxígeno Disuelto (mg/L)		X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	U	pH		X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	U	Temperatura (°C)		X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	U
		(μs/cm)		≤ (r)		7.60	≤ (r)	8.23		≤ (r)	11.30	≤ (r)					
				6.36			0.06			0.07		0.70					
RS-01	09:20	680.00	681.00	2.00	6.19	7.58	7.60	0.04	0.66	8.22	8.23	0.02	0.07	11.30	11.30	0.00	0.31
		682.00				7.62				8.24				11.30			
		701.00				8.33				8.37				13.80			
RS-03	12:10	701.00	701.00	0.00	6.28	8.29	8.31	0.04	0.72	8.42	8.40	0.05	0.07	14.20	14.00	0.40	0.36
		701.00				8.29				8.42				14.20			
SA-65	08:30	1286.00	1287.00	2.00	9.32	8.11	8.09	0.04	0.70	8.37	8.38	0.01	0.07	8.90	8.90	0.00	0.27
		1288.00				8.07				8.38				8.90			
RT-05	12:45	342.00	340.00	4.00	4.91	10.13	10.14	0.02	0.87	9.41	9.43	0.04	0.08	16.50	16.60	0.20	0.41
		338.00				10.15				9.45				16.70			



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, LARICO QUISPE JESUS ANGEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: " Bioacumulación por mercurio y plomo en el tejido muscular trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el río Salado, Pallpata 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
LARICO QUISPE JESUS ANGEL <b>DNI:</b> 71950337 <b>ORCID</b> 0000-0001-9874-7281	Firmado digitalmente por: JLARICOQU el 14-02-2022 08:53:31

Código documento Trilce: INV - 0561508