



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LA TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) Y EL RIESGO PARA EL CONSUMO HUMANO EN LA PROVINCIA DE SAN MIGUEL-CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Gian Erick Estrada Santacruz

Iván Machuca Cotrina

Asesor:

M. Sc. Marieta Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis lo dedicamos principalmente a Dios, por ser Él que nos guía, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso y así obtener la meta que nos hemos propuesto. A mi Madre por su paciencia, trabajo y sacrificio en todos estos años en los que estuve en la universidad y es el orgullo y el privilegio de ser su hijo. y A mis Hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, y a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos asesoraron para aclarar nuestras dudas presentadas para la elaboración de la tesis

**Gian Erick Estrada Santacruz**

A Dios por a verme dado la vida. La voluntad y la oportunidad de estudiar. A mis Padres por estar siempre a mi lado cuando más lo necesito, en los buenos y malos momentos de mi vida, por mostrarme en cada momento su apoyo incondicional y el interés para que estudie y me desarrolle completa mente en todos los aspectos de mi vida, ya que son para mí la base fundamental de mi vida pues ellos me han sabido guiar , levantarme y sostenerme sin importar el camino y poniéndome antes de sus compromisos personales gracias por mostrarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr que con un poco de esfuerzo nada es imposible sin importar el tiempo y el espacio.

**Iván Machuca Cotrina**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos primeramente a Dios por bendecirnos y cuidarnos día a día, por guiarnos a lo largo de nuestra vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, Agradezco a mi Madre por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y ayudarme a lo largo de este proyecto tanto con sus consejos, valores y principios; así como también económicamente para poder realizar las diligencias y compra de materiales necesarios para nuestra investigación.

**Gian Erick Estrada Santacruz.**

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de la tesis. Gracias por creer en mi y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar cada día.

**Iván Machuca Cotrina**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1 Realidad problemática .....	11
1.2 Formulación del problema.....	31
1.3 Objetivos.....	31
<b>1.3.1 Objetivo general.....</b>	<b>31</b>
<b>1.3.2 Objetivo Especifico.....</b>	<b>31</b>
1.4 Hipótesis .....	32
<b>1.4.1 Hipótesis General .....</b>	<b>32</b>
<b>1.4.2 Hipótesis Especifica.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPITULO II. METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
2.1. Tipo de investigación .....	33
2.2. Diseño de investigación.....	33
2.6. Materiales, Instrumentos .....	35
2.7. Procedimiento.....	35
2.8 Aspectos Éticos .....	39
<b>CAPITULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
4.1. Discusión .....	50

4.2. Conclusiones.....	54
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<b>Posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 3</b>	<b>Características de las muestras de las truchas obtenidas para el estudio de los metales pesados. ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 4</b>	<b>Resultados de la evaluación de metales pesados en trucha según la lectura del laboratorio. ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 5</b>	<b>Contenidos máximos de permisibles en tejidos muscular de peces según el reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión Europea. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 6</b>	<b>Comparación de resultados obtenidos con los contenidos máximo permisibles del reglamento (CE) N°1881/2006 .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 7</b>	<b>Referenciación de datos no cancerígeno Muestra 1 (San Lorenzo) de las concentraciones, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 8</b>	<b>Resultados de datos no cancerígeno muestra 1 (San Lorenzo) de la concentración, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo. ....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 9</b>	<b>Referenciación de datos para calcular el riesgo individual de cáncer Muestra 1 (San Lorenzo) .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 10</b>	<b>Resultados de datos para calcular el riesgo individual de cáncer Muestra 1 (San Lorenzo) .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 11</b>	<b>Referenciación de datos no cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de las concentraciones, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo. ....</b>	<b>46</b>

<b>Tabla 12 Resultados de datos no cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de la concentración, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 13 Referenciación de datos para calcular riesgo individual de cáncer y número máximo de casos Muestra 2 (Pampacuyoc).....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 14 Resultados de datos para calcular el riesgo individual de cáncer y el número máximo de casos Muestra 2 (Pampacuyoc).....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 15. Matriz de consistencia .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 16. Operacionalización de variable 1 .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 17. Operacionalización de variable 2 .....</b>	<b>65</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura1:</b>	<b>ubicación</b>	<b>del</b>	<b>área</b>	<b>de</b>
estudio.....				<b>34</b>
<b>Figura2: Comparación de resultados obtenidos con los contenidos máximo</b>				
<b>permisibles del reglamento (CE) N°1881/2006, según su origen de procedencia del</b>				
<b>caserío San Lorenzo y Pampacuyoc.....</b>				<b>42</b>



## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1 Ecuación para la determinación de la dosis no cancerígeno.....</b>	<b>37</b>
<b>Ecuación 2 Ecuación calculo para DRF .....</b>	<b>38</b>
<b>Ecuación 3 Ecuación para calcular el riesgo no cancerígeno .....</b>	<b>38</b>
<b>Ecuación 4 Ecuación para calcular el riesgo individual de cáncer .....</b>	<b>38</b>

## RESUMEN

Este trabajo está enfocado en la trucha Arcoíris, pez muy consumido en la región Cajamarca. El objetivo es determinar los niveles de concentración de metales pesados producidos por actividades antropogénicas o por condiciones naturales mineralógicas que son un riesgo para el consumo. Las muestras fueron recolectadas de los caseríos de San Lorenzo y Pampacuyoc y analizadas en el Laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos de Lima, utilizando el método Espectrofotometría; reportando para San Lorenzo la cantidad de 0.002 mg/ kg de Cadmio, 0.002 mg/kg de Mercurio, 0.007 mg/kg de Arsénico y 0.031 mg/kg de Plomo y para Pampacuyoc la cantidad de 0.001 mg/ kg de Cadmio, Mercurio 0.001 mg/kg de Mercurio, 0.008 mg/kg de Arsénico y 0.041 mg/kg de Plomo, estas concentraciones no superan los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento (CE) N°1881/ 2006 de la Comisión de las Comunidades Europeas; así mismo, se realizó la evaluación del riesgo asociado al consumo de trucha utilizando la guía Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) por exposición oral (RFD) establecida por la guía EPA; respecto a riesgos cancerígenos y no cancerígenos; los resultados obtenidos son aproximaciones a cero lo que significa que el riesgo es menor.

**Palabras clave:** Metales pesados, Espectrofotometría, riesgo, trucha.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

El equilibrio de los ecosistemas se ha visto alterado en las últimas décadas por un aumento de contaminantes, entre los metales pesados provenientes de la creciente industrialización y demás actividades antropogénicas que generan una gran cantidad de residuos que, sin tratamiento adecuado, son vertidos a los ríos, que sirven como fuente de transporte de estas sustancias a las cuencas y cuerpos de agua hasta el medio marino (Gamboa & Bonilla, (1983) citado por Padilla (2005)).

El problema de la contaminación provocada por metales, es actualmente un tema al que se le continua dedicando la mayor atención, pues a diferencia de los contaminantes orgánicos no se degradan ni química ni biológicamente en la naturaleza, a pesar de que los compuestos que los contienen sí pueden alterarse, siendo uno de los problemas más graves de su persistencia, la amplificación biológica en la cadena trófica y como consecuencia de este proceso los niveles de metales en los organismos superiores de la cadena, pueden alcanzar valores mayores a los que se encuentran en el aire o en el agua, lo cual puede provocar que muchas plantas o animales lleguen a constituir un peligro para la salud y producir intoxicación en los organismos superiores, cuando se ingieren como alimento ((Jiménez, et al., 2000)

Los estudios de metales pesados se han incrementado en las dos últimas décadas, como respuesta a la eliminación de los contaminantes por las concentradoras de minerales localizadas en la zona alto andina en el sur de Latinoamérica, los cuales llevan abundantes residuos minerales, que se dispersan en el cauce de los ríos a lo largo y ancho de las cuencas; los cuales producen efectos tóxicos en los peces, como asfixia debida a la

coagulación de mucus sobre las branquias, lesión directa sobre las branquias, acumulación de metales en tejidos internos y lesiones intensas sobre estos tejidos (Anadón et al., 1984).

En Colombia, una de las problemáticas ambientales más importantes se refiere al uso de metales pesados en sectores productivos minero, energético, agrícola e industrial (Rudas et al., 2013). Lo anterior ha llevado a que la contaminación química por metales pesados, constituya una de las más peligrosas amenazas para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes. Sin embargo, es escaso el conocimiento que se tiene en el país acerca del problema generado por la disposición de metales pesados en los cuerpos de agua, su impacto sobre el recurso hídrico, el deterioro de ecosistemas y la salud humana (Beltrán & Gómez, 2015).

Los estudios realizados en el Perú sobre minería y medio ambiente, reportan que los metales pesados más frecuentes que se eliminan en la industria minera, son: cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico y cadmio, que en muchos casos superan los límites máximos permisibles, trayendo como consecuencia alteración de los cuerpos de agua y en algunos casos ocasionan desastres en los ríos y lagunas, como el caso del río Mantaro, que recibe residuos de la industria minera que tiene sus concentradoras con mala ubicación y deficiente sistema de acondicionamiento de sus relaves, que al llegar al cuerpo de agua, altera su estado desde la parte superficial hasta el fondo, convirtiéndose en un peligro para la fauna y flora de la cuenca, que está desapareciendo. (Ministerio de Energía y Minas, 1993).

A pesar de los nutrientes que tiene el pescado (trucha) y todos sus beneficios para su consumo, en aguas continentales de la región Cajamarca el recurso hídrico que es fuente de vida para las truchas, provienen de efluentes de actividades mineras o agrícolas,

por ello representan un riesgo para la salud humana, debido a que los peces pueden acumular contaminantes del ambiente acuático en sus tejidos, estos contaminantes como metales pesados son bioacumulables en los seres vivos a pesar de estar en pequeñas concentraciones a lo largo del tiempo se vuelve un problema que afecta a la salud, en el caso de la trucha es un pez muy resistente y de fácil adaptación a diferentes ambientes acuáticos y tiene la facilidad de acumular todo tipo de sustancias por lo cual es perjudicial no solo para ciclo de vida del pescado sino también para el hombre.

En tal sentido, el presente trabajo de investigación se centrará en determinar los niveles de concentración de Pb, Cd y As en la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y la determinación del riesgo para su consumo en la provincia San Miguel – Cajamarca 2019 Existen diversas investigaciones donde realizan estudios aplicativos sobre las concentraciones de metales pesados en trucha y su riesgo hacia la salud de las personas.

### **1.1.1 Antecedentes**

#### **Internacionales**

Pis, Lezcano & Serrano (2008), en una Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, “Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de la presa Hanabanilla Cuba”, el objetivo, se centró en la determinación de los niveles de metales pesados de la trucha (*M. salmoides floridanus*) que se desarrolla en la mencionada presa; así como en el agua y el sedimento de la misma que pueden influir en la contaminación del pescado, con vistas a determinar si el consumo de este no ofrecía riesgo para la salud humana. La investigación posee un diseño experimental, se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un equipo Pye Unicam SP-9 con llama aire-acetileno y la determinación del mercurio (Hg) por generación de hidruros. Teniendo como conclusión, de la secuencia de concentración

hallada para los metales pesados en la presa Hanabanilla fue: en las truchas: Fe > Zn > Pb > Mn > Cu > Hg > Cd, donde, La trucha (*M. salmoides floridanus*) que se cultiva en la presa Hanabanilla presentó niveles de Pb por encima de los límites establecidos en Cuba para pescado, sin embargo por el consumo limitado y ocasional de la misma en la población, estos niveles no ofrecen peligro para la salud.; en el agua: Pb > Fe > Zn = Mn = Cu > Cd, y en el sedimento: Fe > Mn > Zn > Pb > Cd > Hg, estando los metales en agua y sedimento dentro de los niveles propios de ecosistemas no contaminados.

Barraza, Recavarren & Sanzano, (2018), en su tesina titulada “Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea”, tiene como objetivo, Cuantificar la concentración de los metales pesados, en el tejido muscular de las especies estudiadas. Los estudios confirmaron que, en mayor o en menor medida, las aguas de la costa marplatense se encuentran contaminadas con los 4 metales pesados estudiados, ya que estuvieron presentes en los tejidos musculares de las especies analizadas, La investigación es de tipo descriptiva y de diseño experimental. Se utilizó como técnica para la cuantificación de los distintos metales pesados, la espectrofotometría de absorción atómica, por medio de tres métodos diferentes: por el método de horno de grafito, el método de llama y el método de vapor frío con formación de hidruros, de acuerdo al metal evaluado. obteniendo como conclusión, Las concentraciones de los 4 metales pesados determinados, en las muestras de Merluza Austral y Pescadilla no excedieron el nivel máximo permitido en Argentina, ni los niveles máximos de la Unión Europea.

Barros, Dorian & Marrugos, (2016), en su artículo de investigación titulado, “Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia”, el presente estudio pretende evaluar los niveles de concentración de algunos metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn y Hg)

en sedimento y en las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus*. La investigación posee un diseño experimental, donde, Las muestras de sedimento y tejido biológico se analizaron en un espectrofotómetro de Absorción Atómica ICE 3500 Thermo Scientific, siguiendo el procedimiento para metales por llama, horno de grafito y vapor frío Logrando como conclusión, que La fauna acuática correspondiente a las especies *L. synagris* y *L. vivanus*, y el sedimento superficial de las costas de La Guajira presentan concentraciones no elevadas de metales pesados. Los niveles de los metales Pb, Cd, Ni, Zn y Hg en los sedimentos superficiales, en ninguno de los casos sobrepasan la normativa nacional e internacional, de tal forma que estos metales pesados no presentan riesgo para los organismos presentes en el ecosistema marino, presentándose en niveles tolerables. Estos metales, al compararlos entre sí, no presentan diferencias estadísticamente significativas, se encuentran en cantidades inmovilizados en el sedimento, especialmente el Ni, Cu y Hg. Las especies *L. synagris* y *L. vivanus* pueden ser utilizadas como organismos centinelas en el programa de monitoreo de la calidad de las aguas de la costa de La Guajira, pues bioconcentran más de doscientas veces los niveles de mercurio presentes en el sedimento del mar.

Cordero, (2007), en su tesis titulada, “Presencia de metales pesados en trucha (salmo *trutta linnaeus: salmonidae*) en el lago de Tota”. Tiene como objetivo, determinar las concentraciones de cadmio, plomo, cromo, hierro, magnesio y cobre, en el hígado, branquias y musculo de truchas colectas en el lago de Tota, La investigación es de tipo descriptiva y de diseño experimental, para el proceso y la obtención de resultados, se llevó a cabo metodología sugerida en el numeral 3110 Metals by Atomic Absorption Spectrophotometry, que obtuvo como conclusión, que los resultados obtenidos en este estudio y su posterior análisis, que el lago Tota existe una presencia de metales pesados.

## Nacionales

Rivera & Moccetti, (2018), en su tesis titulada, “Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú” El objetivo del estudio fue cuantificar la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces destinado a consumo humano y de muestras de agua de río en tres localidades (A=Catac, B=Taricá y C=Palmira) de la ciudad de Huaraz, la investigación posee un estudio transversal descriptivo, El análisis fue realizado por la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) mediante la técnica de absorción atómica de flama (AASF). Logrando concluir, Las concentraciones de Pb fueron mayores que las permisibles por la EC para músculo de peces en las tres zonas (Catac, Taricá y Palmira). Así como el lugar de procedencia (laguna y río). En caso del Hg, los niveles estuvieron por encima de los permisibles en la zona de Palmira, y se encontró concentraciones de Hg mayores a las permisibles por la EPA en muestras de agua en las tres zonas muestreadas. No hubo diferencia para el caso de Pb y Cd.

Barzola, (2017), en su tesis, Comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima, con el objetivo, Comparar los niveles de concentración de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio comercializadas en Lima. Las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima, donde, se determinó por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Horno de Grafito y Generador de Hidruros. La investigación es experimental, presentan un valor mínimo de 0.13 mg/Kg y un valor máximo de 0.39 mg/Kg de mercurio no superando el parámetro establecido en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera.



Espinoza & Falero (2015), es su tesis, “Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo”, tuvo como objetivo, evaluar la acumulación de metales contaminantes en peces, en relación con la calidad para el consumo humano, la investigación posee un diseño experimental, Las muestras fueron analizadas por los siguientes métodos para ensayos de absorción atómica, que tuvieron sus respectivos límites de detección (L.D.), teniendo como conclusión, la polución está ampliamente dispersa, esta varía considerablemente según la ubicación geográfica. Este estudio llena un vacío respecto a la información del contenido de Hg, Cd, Pb y As en el tejido muscular de tres especies comúnmente consumidas en la región Tumbes. Basado en las muestras colectadas, se verificó que los factores como la especie de peces y la talla influyen la actividad metabólica de un espécimen, revelando diferentes patrones de bioacumulación, con resultados relevantes para Pb y As.

Zevallos, S. (2018), en su tesis, “calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac”, tiene como objetivo, Determinar la calidad de agua del río Challhuahuacho y su relación con los niveles de estrés en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). La investigación es de diseños experimental, logrando determinación de Metales en muestras Orgánicas por Espectrometría de Masas con flama de acoplamiento inductivo. Las concentraciones de metales pesados en el músculo de las truchas se encontraron por debajo de los Contenidos Máximos Permitidos, por lo que se considera que este indicador no presenta un riesgo para la salud humana.

### **1.1.2 Conceptos Básicos**

En nuestra investigación es importante resaltar algunas definiciones, las cuales se mencionadas a continuación.

### **A. Trucha Arcoíris**

La trucha arco iris es una especie originaria de América del Norte, con cierto grado de domesticidad y proveniente de varias especies del Pacífico, presente de forma natural en los ríos que desembocan en el Pacífico, desde el sur de Alaska hasta el norte de México (JACUMAR).

Fue introducida para la pesca deportiva y la acuicultura en todos los continentes (salvo la Antártida) a finales del siglo XIX, iniciándose su cría en España en los años 60 (JACUMAR).

Se reproduce sólo de forma esporádica en nuestros ríos, por lo que no suele dar lugar a poblaciones estables.

En lo que a su producción se refiere, se realiza con poblaciones mayoritariamente hembras, que alcanzan la talla comercial de ración, de manera más eficiente (JACUMAR).

Tiene escamas bastante pequeñas y de colores tornasolados. El dorso es de color azul a verde oliva, los flancos plateados y vientre blanquecino. Presenta manchas negras en la cabeza, cuerpo, aletas dorsales y cola. Su coloración varía en función del hábitat, la alimentación, el tamaño y la condición sexual. (JACUMAR).

Su cuerpo es alargado y un tanto comprimido, en general, algo diferente a la trucha común, que es una especie más territorial y con comportamiento más bentónico. Se diferencia de ésta por tener la cabeza más pequeña y moteado negro por debajo de la línea media, en la aleta adiposa y en la caudal. Presenta además una amplia banda irisada de tono rosáceo en la

línea lateral. Puede alcanzar los 80 cm, aunque el tamaño más común es entre 20 y 40 cm, con un peso de 500 g a los 6 kg (JACUMAR).

En cuanto a la trucha común (*Salmo trutta*), sorprendentemente, en varias autonomías sólo está permitida su crianza por el sector privado, y las producciones dependen de los más de 20 centros oficiales. La comercialización de esta especie, sin guía de origen, está prohibida en varias autonomías (JACUMAR).

### **B. Habidad y comportamiento de la trucha arcoíris**

Vive en las aguas frías y limpias de ríos y lagos. Por su mayor grado de domesticidad frente a otras especies de salmónidos, se la considera más sencilla de estabular. Algunas variedades soportan temperaturas más cálidas y aguas con menos movimiento que la trucha común. Puede tolerar temperaturas que van desde los 0 a los 28-30°C, aunque el desove y crecimiento ocurren en un rango más estrecho, entre los 9 y los 14°C (JACUMAR).

Es un pez muy resistente y tolerante a una amplia gama de ambientes, lo que le hace muy apto para la cría. Crece más rápido que la trucha común, alcanzando la madurez sexual por lo general a los 2 o 3 años de vida (JACUMAR).

Las hembras pueden poner hasta 2.000 huevos por Kg. de peso corporal. La mayoría desovan sólo una vez, en primavera, entre enero y mayo (JACUMAR).

Habita de forma permanente en ríos y lagos, pero existe una variedad, conocida como cabeza de acero (“steelhead”) que migra al mar para crecer y alimentarse y regresa al agua dulce a desovar. Variedades extensamente criadas en Chile, Noruega, Dinamarca, etc (JACUMAR).

Su alimentación es muy variada y consiste principalmente en invertebrados (insectos, moluscos y crustáceos), huevos y pequeños peces (JACUMAR).

### **C. Comercialización de la trucha**

En los mercados la forma más común de encontrarla es entera, fresca y eviscerada o sin eviscerar, pero existen una gran diversidad de formas de presentación. Se comercializa como filetes sin espinas, congelada y productos de alto valor añadido: ahumados, precocinados, patés, etc (JACUMAR).

Alcanza el tamaño comercial a los 9 meses, necesitando entre 12 y 18 meses para alcanzar el “tamaño sartén” (entre los 280 y 400 g). La talla óptima de comercialización varía globalmente, siendo por lo general en Europa entre 1 y 2 kg (JACUMAR).

Las preferencias en cuanto al color de la carne también varían, prefiriéndose la carne blanca en EE.UU. y rosada en Europa. En el caso de España, la “trucha asalmonada” representa un 55% de la comercializada y la “trucha blanca” un 45% (JACUMAR).

En 2017 el consumo de trucha ha bajado un 11% con respecto a los datos de 2016 (Fuente: Apromar. La Acuicultura en España 2018)

### **D. Metales pesados**

El término metal pesado es ampliamente utilizado en materia de contaminación ambiental; una de las definiciones químicas más aceptada los define como metales con una densidad mayor o igual a 5 g cm<sup>-3</sup> (Cañizares, 2000).

Los metales pesados pueden convertirse en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. La liberación de efluentes industriales, emisiones vehiculares, actividades agrícolas, extracción de minerales y el refinamiento de productos mineros son consideradas las principales fuentes de contaminación por metales pesados en los ecosistemas terrestres, acuáticos y aéreos (Jing & Yang, 2007).

### **E. Origen y distribución de los metales pesados**

Se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas. (Londoño L, Londoño T, Muñoz F, 2016)

**Tabla 1.**

***Posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados***

<b>Origen Contaminación</b>	<b>Metal pesado Involucrado</b>
<b>Natural, proveniente del suelo</b>	Cadmio, bromo, flúor, cobre
<b>Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos</b>	Arsénico, cobre, plomo, mercurio
<b>Del suelo arenoso y envase de vidrio</b>	Silicio
<b>Por el equipo de procesamiento</b>	Cobre, Hierro, níquel, estaño, plomo, zinc
<b>Debido al almacenamiento</b>	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio
<b>Por oxidación en el envase</b>	Hierro y cobre
<b>Debido al procesamiento</b>	Cobre, cadmio, arsénico
<b>Suplementos alimenticios en dietas animales</b>	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico

Fuente: Adaptado de Arnold, 1980.

**F. Características generales de los metales pesados y el riesgo a la salud**

**Cadmio.** Es relativamente raro en la naturaleza se asocia al zinc. Es de color blanco ligeramente azulado. Peso atómico 112 y densidad relativa 8. Tiene ocho isótopos estables y presenta once radioisótopos inestables de tipo artificial (Peris, 2006).

Naturalmente no se encuentra en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinado de los minerales de zinc. Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Bélgica, Luxemburgo y República de Corea son productores importantes (Eurachem, 2014).

Para la mayoría de los seres vivos la principal fuente de exposición al cadmio son los alimentos y el agua pequeñas partículas de cadmio son absorbidas por el aparato respiratorio, especialmente en trabajadores de la industria del cadmio y en personas expuestas al humo del tabaco. En animales, los rangos de absorción son muy diversos, pero más bajos que en humanos. Las especies con dieta vegetal son los de mayor acumulación de cadmio, debido a que los alimentos ricos en fibra como cereales, vegetales y papas contribuyen a una mayor exposición (Dickson T, 2013)

La Organización Mundial de la Salud (2013) menciona que la presentación y severidad de los signos, síntomas y alteraciones en el organismo se relaciona con las cantidades, el tiempo de exposición y con la vía de entrada del metal. En exposición crónica se observa anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos (cefalea, vértigo, alteración del sueño, temores, sudoración, paresia, contracciones musculares involuntarias), pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata y pulmón. En intoxicación aguda hay neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, dolor abdominal, diarrea, fallo renal, y finalmente puede ocurrir aberraciones cromosómicas, efectos teratogénicos y congénitos. En riñón (túbulos renales) se puede acumular hasta por 30 años (international lead association)

**Arsénico.** Número atómico es 33, se distribuye ampliamente en la naturaleza, peso atómico 74. Tiene 17 nucleídos radiactivos. La forma metálica es conductor térmico y eléctrico fácil de romper y de baja ductilidad (Agencia catalana de seguridad alimentaria, 2009)

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel, anticorrosivos, vidrio, cerámica, pinturas, pigmentos, medicamentos. En alimentación animal como factor de crecimiento, gases venenosos de uso militar, etc. (Pereira J, Pereira F, Schmidt L, 2013)

Los síntomas agudos aparecen de tres a cinco días después de exposición a niveles elevados de arsénico, los síntomas incluyen incoordinación, ataxia, transcurridos unos pocos días cerdos y aves pueden aparecer paralizados, aunque seguirán comiendo y bebiendo, también hay ceguera y eritema cutáneo en animales albinos. Los terneros presentan síntomas gastrointestinales (Cintia, 2013).

En humanos la toxicidad crónica con arsénico causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones vasculares en sistema nervioso e hígado. Las complicaciones agudas aparecen por exposición a dosis elevadas y pueden ser letales, sus primeros efectos suelen ser fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia (Moreno, 2013).

El arsénico está clasificado en el grupo I de sustancias cancerígenas por la IARC. Los tipos de cáncer afectan la piel (basilioma y carcinoma de células escamosas), pulmón (carcinoma broncogénico), hemangiosarcoma hepático, linfoma y cáncer de vejiga, riñón y nasofaringe (Casey C, Smith & A Zhang P, 2010).

**Plomo.** Número atómico 82, peso atómico 207, color azulado, Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos (Hardman G, Limbrid L, Molinoff R, Goodman A, Gilman´a G, 2011). En la industria, los compuestos más importantes son óxidos y tetraetilo de plomo, forma aleaciones con estaño, cobre, arsénico, bismuto, cadmio y sodio.

El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo (Rahimi E, 2013)

Se usa como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, en monitores de computadores y pantallas de televisión, joyería, latas de conserva, tintes para el pelo, grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, plumadas, armamento, radiación atómica, insecticidas, etc. (Lanphear P, Dietrich k, Auinger P, 2012)

La absorción de plomo es un grave riesgo de salud pública; provoca retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La intoxicación se debe a la ingestión accidental de compuestos de plomo o a la ingestión por parte de los animales de forrajes o alimentos



con plomo, procedentes de áreas ambientalmente contaminadas (Agency for toxic substances and disease control, 2011)

La absorción de plomo por vía oral es cerca al 10% en adultos y se puede incrementar hasta 50% en niños. El plomo absorbido se distribuye en riñón, hígado, encéfalo y huesos por semejanza con el calcio. El mayor depósito de plomo son los huesos hasta por 20 años; interfiere en la función del calcio, inhibe la síntesis de hemoglobina y causa daño neurológico. Los efectos agudos en sistema nervioso central consisten en parestesia, dolor y debilidad muscular, crisis hemolítica-anemia grave y hemoglobinuria. También afecta riñones con oliguria y albuminuria. Aunque la intoxicación aguda puede causar la muerte, es más frecuente que el paciente se recupere y presente intoxicación crónica con daño gastrointestinal, neuromuscular, nervioso, hematológico, renal y reproductivo (Mcrrill C., Boyer L., Flood T. & Ortega L, 2013)

A nivel gastrointestinal hay anorexia, cefalea, estreñimiento, espasmo intestinal y dolor abdominal. El síntoma neuromuscular presenta debilidad muscular y cansancio seguida de parálisis de músculos del antebrazo, muñeca y dedos de la mano y algunas veces pies, estos síntomas eran característicos de enfermedad de pintores, en la actualidad la sustitución de pigmentos con plomo y las mejoras en las condiciones de seguridad e higiene industrial están propiciado la desaparición de esta intoxicación (Crespo F., Miranda M. & López M, 2013)

Los primeros síntomas de encefalopatía en niños son letargo, vómitos, irritabilidad, pérdida de apetito y mareos, que avanzan hasta desembocar en ataxia, reducción de la consciencia provocando finalmente coma y muerte. La tasa de

mortalidad por encefalopatía debida a plomo es alta aproximadamente 25%, muchos de los pacientes que se recuperan quedan con secuelas, entre ellas retraso mental, convulsiones y atrofia óptica.

La exposición al plomo se ha asociado con esterilidad y muerte neonatal en personas. En animales se ha demostrado efecto tóxico sobre los gametos y aumento de la concentración de plomo en sangre materna, que reduce la duración de la gestación y de peso al nacimiento de las crías (Tavakoly B., Sulaiman A., Monazami G. & Salleh A. 2011)

El plomo puede desencadenar efectos teratogénicos en sistema nervioso del feto e interferir con su desarrollo normal. El plomo y sus compuestos están clasificados en el grupo 2B, probablemente cancerígenos para el hombre (IARC).

**Cobre.** Número atómico 29, es un metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, eléctricas, físicas y mecánicas, además de su abundancia. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Tiene dos isótopos naturales estables  $^{63}\text{Cu}$  y  $^{65}\text{Cu}$  y nueve isótopos inestables (radiactivos). De cientos de compuestos fabricados de manera industrial, el más importante es el sulfato de cobre.

El cobre se usa en equipo eléctrico, maquinaria industrial, construcción, en aleaciones de bronce: latón, níquel, clavos, pernos, objetos decorativos, tuberías, techos, monedas, utensilios de cocina, joyería, muebles, maquillaje, pinturas, instrumentos musicales y medios de transporte. Además, el sulfato de cobre es uno

de los primeros compuestos utilizados en alimentación animal como pesticidas, las sales de cobre poseen efectos fungicidas y algicidas (Repetto, M. & Sanz, P. 2012)

La exposición crónica de alimentos conservados en recipientes de cobre genera lesión hepáticas en niños (Ramakritinan C, Chandurvelan R, Kumaraguru A, 2012)

Algunos efectos de intoxicación son: hemólisis letal en vacas lecheras a dosis de 38 mg/kg PV. El ganado ovino es la especie más sensible a la intoxicación, tolera apenas 25 mg/kg PV. Tanto en los casos agudos como en crónicos la mortalidad se acerca al 100%. En bovinos consumos de 220 a 880 mg/kg de peso corporal pueden causar la muerte (International Cadmium Association, 2014)

Altas concentraciones de sales solubles de cobre conllevan a coagulación proteica e inflamación severa de mucosa digestiva, si el animal sobrevive desarrollará hemólisis intravascular. Las muertes rápidas se deben a insuficiencia hepática, mientras que los decesos tardíos se producen por insuficiencia renal. No existe evidencia de efectos cancerígenos del cobre o sus compuestos por ninguna vía de exposición.

Puede generar diversas alteraciones como: anemia hipocrómica, disminuye la tasa de crecimiento, diarreas, cambios de coloración del pelo o de lana, ataxia neonatal, alteración del crecimiento, infertilidad temporal e insuficiencia cardiaca (García J, Méndez J, Pásaro E, Laffon b, 2012)

**Mercurio.** Número atómico 80 y peso atómico 200. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente. El mercurio forma soluciones- amalgamas con otros metales (oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio), se encuentra

comúnmente como sulfuro, también como rojo de cinabrio, en menor abundancia metalcinabrio negro y el menos común cloruro de mercurio.

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire, por consiguiente, no puede mojar la superficie con la cual esté en contacto.

Se usa en empastes dentales, fabricación de pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos (baterías, conmutadores), pinturas, catálisis, agricultura (fungicidas, pesticidas), productos farmacéuticos, pulpa, papel (Arthington J, 2013) cosméticos, cremas y jabones para la piel y drogas herbales, termómetros clínicos (Soo Y., Chow K., Lam .C, Lai F., Szeto C., Chan M. & Li P. 2013) Y en minería de oro, cobre, plata y carbón cientos de toneladas, por su facilidad de formar amalgamas y así extraerlos fácilmente. La intoxicación crónica por mercurio se presenta temblores, hipertrofia de tiroides, taquicardia, gingivitis, cambios en la personalidad, eretismo, pérdida de memoria, depresión severa, delirios y alucinaciones. Los tres rasgos más usados para reconocer la enfermedad profesional en la industria son la excitabilidad, los temblores y la gingivitis. Además, hay daño renal por exposición crónica al mercurio, efectos reversibles, que cesan cuando la persona evita exponerse. Los vapores de mercurio se absorben en la circulación sanguínea pulmonar y sistema nervioso central, los principales efectos del metilmercurio en adultos son neurológicos, mientras que la exposición durante el embarazo provoca la aparición de lesiones congénitas del sistema nervioso.

En animales se altera la función renal, presión sanguínea, ritmo cardiaco y digestivo. Además, afecta la fertilidad, incrementa el índice de abortos y provoca alteraciones en fetos y recién nacidos (Acosta, N., Castilla Y. & Cortes, M. 2011)

La inhalación de altas concentraciones de mercurio puede provocar bronquitis corrosiva y neumonías agudas que causan la muerte. La exposición crónica ocasiona daños al sistema nervioso central. Los efectos teratogénicos son devastadores, la exposición del feto provoca alteración del desarrollo y migración de neuronas causando la disrupción de la arquitectura normal del cerebro, los compuestos de metilmercurio se clasifican en el grupo 2B posiblemente cancerígenos para el hombre (Shoemaker & Ghaemgham, 2003)

**Tabla 2.**

***Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial***

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Caso</b>	<b>Muertos</b>	<b>heridos</b>
<b>1900</b>	Manchester, Inglaterra	Arsénico en la cerveza	70	6.000
<b>1960</b>	Tailandia, India, Bangladesh, Taiwán	Uso de aguas subterráneas para agricultura contaminadas con altos niveles de As		>70 millones
<b>1968</b>	Irak	Contaminación organomercurial en el pan (cereales)	500	> 5.000
<b>1960</b>	Bahía Minamata Japón	Peces contaminados con metilmercurio	3.000	> 10.000
<b>1975</b>	USA	Niños-diversos grados de intoxicación pinturas con plomo	200	800 daño cerebral > 400.000

<b>1945</b>	Japón	Intoxicación masiva con cadmio, por consumo de arroz y agua contaminada	300	> 1.000
<b>1970</b>	Japón	Enfermedad Itai-Itai por cadmio	180	7.000
<b>1984</b>	Bhopal, India	Fuga de metil isocianato	>2.500	>10.000

**Fuente:** Adaptado de Arnold, 1980.

La presente investigación está respaldada con la siguiente normativa:

### **G. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la comisión europea**

Reglamento por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios.

### **Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories**

Una encuesta de 1988, financiada por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) y realizado por la American Fisheries Society, identificó la necesidad de estandarizar los enfoques para evaluar riesgos y desarrollar avisos de consumo de pescado que son comparables en diferentes jurisdicciones. Cuatro componentes principales fueron identificado como crítico para el desarrollo de un enfoque consistente basado en el riesgo: prácticas estandarizadas para muestreo y análisis de peces, riesgo estandarizado métodos de evaluación, procedimientos estandarizados para la gestión de riesgos, decisiones y enfoques estandarizados para comunicar el riesgo al público en general.

Para abordar las preocupaciones planteadas por los encuestados, la EPA comenzó a desarrollar una serie de cuatro documentos diseñados para proporcionar orientación a los estados, locales, regionales y funcionarios tribales de salud ambiental responsables del diseño de contaminantes programas de monitoreo y emisión de avisos de consumo de pescado y

mariscos. Está es esencial que los cuatro documentos se usen juntos, ya que no hay un volumen único, aborda todos los temas involucrados en el desarrollo del consumo de pescado. Los documentos están destinados a proporcionar solamente orientación y no constituyen un requisito reglamentario.

### **La presente investigación se justifica**

La metodología usada fue a base de análisis documental, permitiendo recoger la información necesaria, que permitirá a otras personas o investigadores replicarlo y utilizarlo como una guía que le permita el correcto desarrollo y fundamentación de sus propias investigaciones académicas.

### **1.2 Formulación del problema**

- ¿Cuáles son las concentraciones de Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico en la trucha arcoíris y cuál es el riesgo asociado a su consumo en la provincia de San Miguel Departamento de Cajamarca?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la concentración de Plomo, Mercurio, Cadmio y Arsénico en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y el riesgo para consumo humano en la provincia San Miguel-Cajamarca 2019.

#### **1.3.2 Objetivo Especifico**

Comparar las concentraciones de Plomo, Mercurio, Cadmio y Arsénico con el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas.

Realizar la evaluación del riesgo asociado al consumo de trucha arcoíris en el distrito de San Miguel utilizando la guía evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA).

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis General**

Las concentraciones de Pb, Cd y As en la trucha generan un riesgo para los consumidores en la provincia de San Miguel.

### **1.4.2 Hipótesis Especifica**

Las concentraciones de Pb, Cd, As Y Hg en la trucha arcoíris superan los valores establecidos por el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas.

El consumo de la trucha arco iris afectado con los metales pesados Pb, Cd, Hg y As representan un riesgo a la salud humana en la provincia de san miguel.



## **CAPITULO II. METODOLOGIA**

### **2.1. Tipo de investigación**

EL presente trabajo se aplicó una investigación cuantitativa, de tipo descriptiva que se limita a observar y describir los fenómenos (estudios de casos, encuestas, estudios de seguimiento, estudios etnográficos) y que pretende interpretar lo que es, comparativa porque representa un conjunto de procesos secuencial y probatorio, consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada.

### **2.2. Diseño de investigación**

Según las características del estudio se trata de un diseño no experimental, analítico, y se utilizará el método cuantitativo para determinar la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en las muestras de trucha. Se recolectarán las muestras, analizaran y la información reportada será procesada e interpretada.

### **2.3. Población**

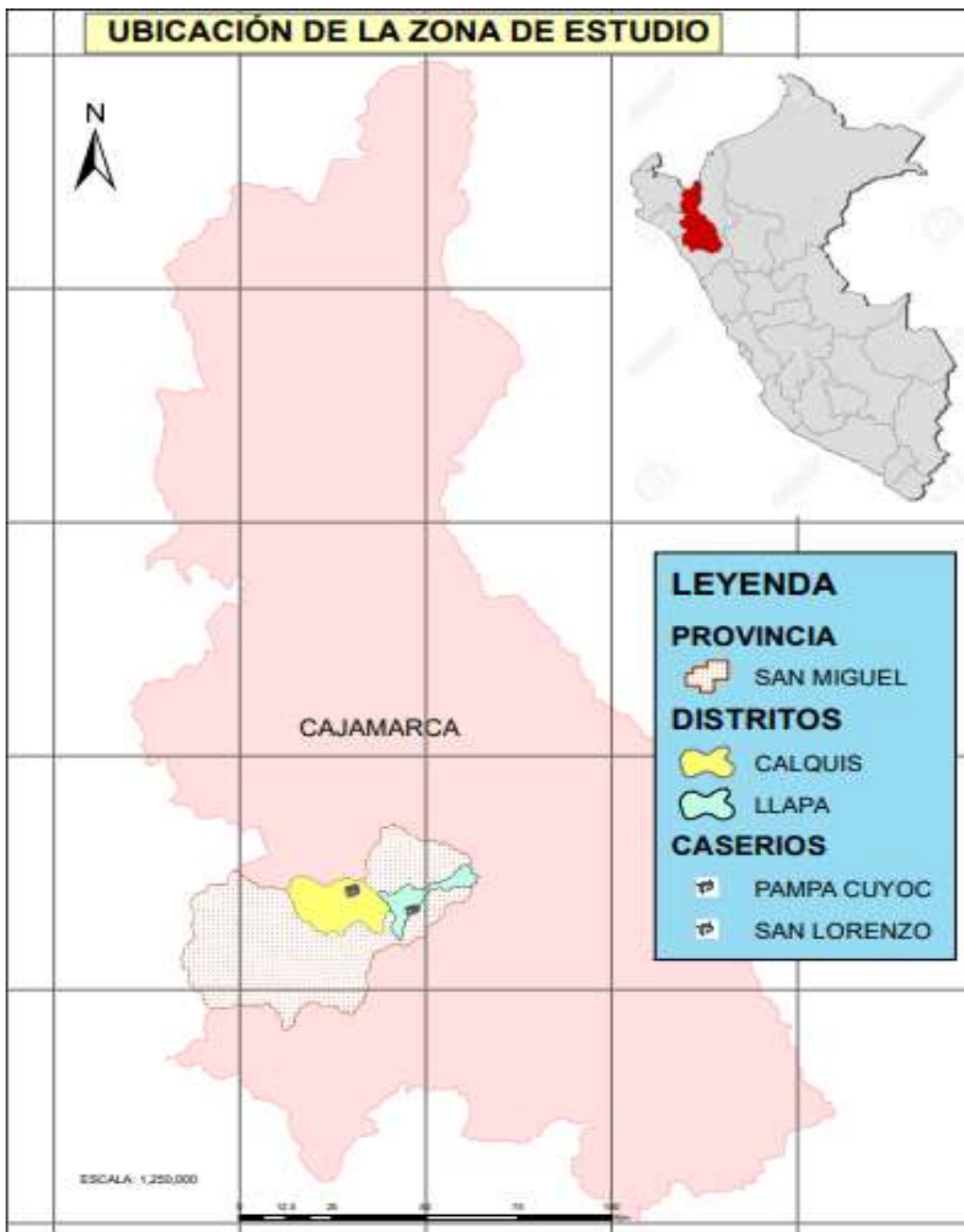
La población de esta investigación está compuesta por las 2 piscigranjas de trucha de los caseríos de Pampacuyoc y San Lorenzo.

### **2.4. Muestra**

Está conformada de 2 muestreos simples al Azar de trucha arco iris, la primera muestra son 4 truchas extraídas de la piscigranja artesanal del caserío de Pampacuyoc y la segunda muestra son 4 truchas extraídas de piscigranja del centro poblado de San Lorenzo.

### **2.5 Ubicación del área de Estudio**

El área de estudio está situada en los caseríos de Pampacuyoc y San Lorenzo ubicados en los distritos de Calquis y Llapa, provincia de San Miguel con coordenadas UTM 17 M 742431.75; E 9227813.33 en la zona noroccidental del Perú, Departamento de Cajamarca, el área de estudio tiene una elevación promedio a los 3200 msnm.



**Figura N° 1:** Ubicación del área de Estudio

## 2.6. Materiales, Instrumentos

### **Materiales:**

- Encuestas (Hábitos de consumo)
- Cámara fotográfica.
- Contenedor de policarbonato.
- Libreta de apuntes.
- Lapicero.
- Celular Android.

### **Instrumentos:**

- Impresora.
- Computadora.
- GPS.
- Espectrofotómetro de absorción atómica modelo mb3000.

## 2.7. Procedimiento

El material de estudio está constituido por la trucha Arco Iris que se extrajo de los criaderos de los caseríos de Pampacuyoc y San Lorenzo en la provincia de San Miguel departamento de Cajamarca.

Para cada criadero se extrajeron 4 truchas Arco Iris de una población de 50 truchas para la obtención de los contaminantes As, Pb, Hg y Cd.

El procedimiento para determinar la contaminación de Cd, Hg, As, y Pb se desarrolló siguiendo la secuencia mostrada a continuación en dos partes.

### A. Extracción de la trucha Arco Iris

Con un anzuelo se extrajo 4 truchas Arco Iris al azar de tamaño promedio de 25 cm de una población promedio de 50 truchas Arco Iris, el procedimiento se realizó tanto en el criadero de Pampacuyoc como en el criadero de San Lorenzo.

#### B. Traslado de la trucha Arco Iris.

Las muestras de trucha fueron conservadas y refrigeradas en contenedores de policarbonato a -20 °C y fueron trasladados a la ciudad de Lima dentro de las 24 primeras horas obtenidas las muestras (ver tabla 3).

El análisis de las muestras de trucha se fue realizado en el laboratorio SLAP – Sistema de Servicios y Análisis Químicos en la ciudad de Lima.

El laboratorio utilizó el método de plasma de Conducción Inductiva (ICP-MS), Absorción Atómica, MON-117-SSA1-1994//lectura ICP-MS, absorción atómica/Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada, una vez obtenido los análisis de las muestras nos envió un informe de resultados (Anexo 4 Informe De Ensayo)

Un instrumento de orientación para evaluar si superan el contenido máximo de contaminante presente en los tejidos de la trucha, se utilizó el **Reglamento de la Comisión Europea N° 1881/2006**, que fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, y así mismo, se realizó **la evaluación del riesgo asociado al consumo de trucha arcoíris en el distrito de San Miguel utilizando la guía evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA)**. Es por ello, que se va a realizar un análisis aplicando dicha guía.

### Caracterización del riesgo no cancerígeno

La asesoría de riesgos preliminar sobre riesgos no cancerígenos de los residuos tóxicos recomendada por la EPA se establece en las fases siguientes:

A. Identificación de las condiciones discretas de exposición:

- Vía de exposición
- Frecuencia
- Duración
- Dosis administrada

B. Determinar las dosis de referencia apropiadas para cada tipo de condición discreta.

C. Calcular el peligro que suponen los efectos no cancerígenos comparando la dosis de exposición con respecto a la DR<sub>f</sub> recomendada.

D. Añadir cuando es apropiado, un índice de riesgo por la intervención de múltiples agentes químicos o vías de exposición.

La relación de la fase 3 se emplea para calcular el riesgo no cancerígeno y en la cuarta fase nos indica que se deben sumar estos índices de riesgo cuando un conjunto de estas incide sobre un órgano destino.

Cuando la suma total de los índices es menor que uno, el riesgo de efectos negativos sobre la salud se considera aceptable.

#### *Ecuación 1 Ecuación para la determinación de la dosis no cancerígeno*

Cadmio, Mercurio, Arsenico y Plomo.

$$\checkmark \frac{\text{CONCENTRACION } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times \text{CONSUMO DIARIO PROMEDIO } \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{\text{PESO PROMEDIO DE LA PERSONA } \text{kg}}$$

### ***Ecuación 2 Ecuación calculo para DRF***

Para el DRF los valores se obtienen de la página EPA, dosis de referencia para exposición oral (RfD).

- ✓ Cadmio =  $1 \times 10^{-3}$
- ✓ Mercurio =  $3 \times 10^{-4}$
- ✓ Arsénico =  $3 \times 10^{-4}$
- ✓ Plomo =  $5 \times 10^{-4}$

### ***Ecuación 3 Ecuación para calcular el riesgo no cancerígeno***

Cadmio, Mercurio, Arsénico

$$\checkmark \frac{\text{DOSIS} \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{dia}}{\text{DRF} \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{dia}}$$

### **Caracterización del riesgo cancerígeno**

Un FPC consiste en la caída de la curva de dosis y respuesta a exposiciones muy bajas.

El tamaño del factor viene expresado como la dosis diaria inversa (mg/kg día)<sup>-1</sup> y este factor y multiplicado por la dosis en los términos aprobados (mg/kg día) nos permite calcular directamente el riesgo.

### ***Ecuación 4 Ecuación para calcular el riesgo individual de cáncer***

Cadmio, Mercurio, Arsénico, Plomo

- ✓ Consumo diario promedio (mg/día) X 1/peso promedio(kg) X FPC (mg/kg día)

Los resultados serán resumidos mediante estadísticas descriptivas. Se comparará la concentración de cada uno de los metales pesados encontrados en las muestras de trucha con el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas.

Así mismo, se calculó el riesgo para la salud del consumidor mediante la guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. Demostrando el Empleo del Factor de Potencia Cancerígena FPC, que consiste en la caída de la curva de dosis y respuesta a exposiciones muy bajas, también se mostrara el tamaño del factor viene expresado como la dosis diaria inversa  $(\text{mg}/\text{kg día})^{-1}$  y este factor y multiplicado por la dosis en los términos aprobados  $(\text{mg}/\text{kg día})$  nos permite calcular directamente el riesgo por el consumo de metales pesados en trucha arcoíris.

## **2.8 Aspectos Éticos**

En la presente investigación se están considerando los aspectos éticos que salvaguarda en primer lugar, la propiedad intelectual de los autores, respecto a las teorías y conocimientos diversos; citándolos apropiadamente por derecho de autor y precisando las fuentes bibliográficas en donde se encuentra lo referenciado.

### CAPITULO III. RESULTADOS

Durante el mes de octubre del 2019 se recolectaron 2 muestras de los criaderos de Pampacuyoc y San Lorenzo de la provincia de San Miguel, donde se extrajo 4 truchas de cada criadero de una población promedio de 50 truchas.

**Tabla 3.**

*Características de las muestras de las truchas obtenidas para el estudio de los metales pesados.*

lugar de crianza	Lugar de procedencia	Truchas extraídas	Dimensiones promedias de las truchas	
			Peso (gr)	Tamaño (cm)
Piscigranja	San Lorenzo	4	210	21.4
	Pampacuyoc	4	270	23.7

De acuerdo en la tabla 4 se detalla el lugar de procedencia y las concentraciones de metales pesados en el tejido muscular de la trucha Arco Irirs de los resultados obtenidos de acuerdo a la lectura del laboratorio.

**Tabla 4.**

*Resultados de la evaluación de metales pesados en trucha según la lectura del laboratorio.*

Lugar de procedencia	Metales analizados			
	Plomo (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
San Lorenzo	0.031	0.007	0.002	<0.001
Pampacuyoc	0.041	0.008	0.001	<0.001



De acuerdo con normas legales que fijan el contenido máximo para **determinados contaminantes en los productos alimenticios permiten comparar las concentraciones de Pb, Cd, Hg y As con el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas.**

**Tabla 5.**

*Contenidos máximos de permisibles en tejidos muscular de peces según el reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión Europea.*

Reglamento (CE) N° 1881/2006	Metales			
	Plomo	Cadmio	Arsénico	Mercurio
Contenidos máximos (mg/kg)	0.3	0.05	-	0.5

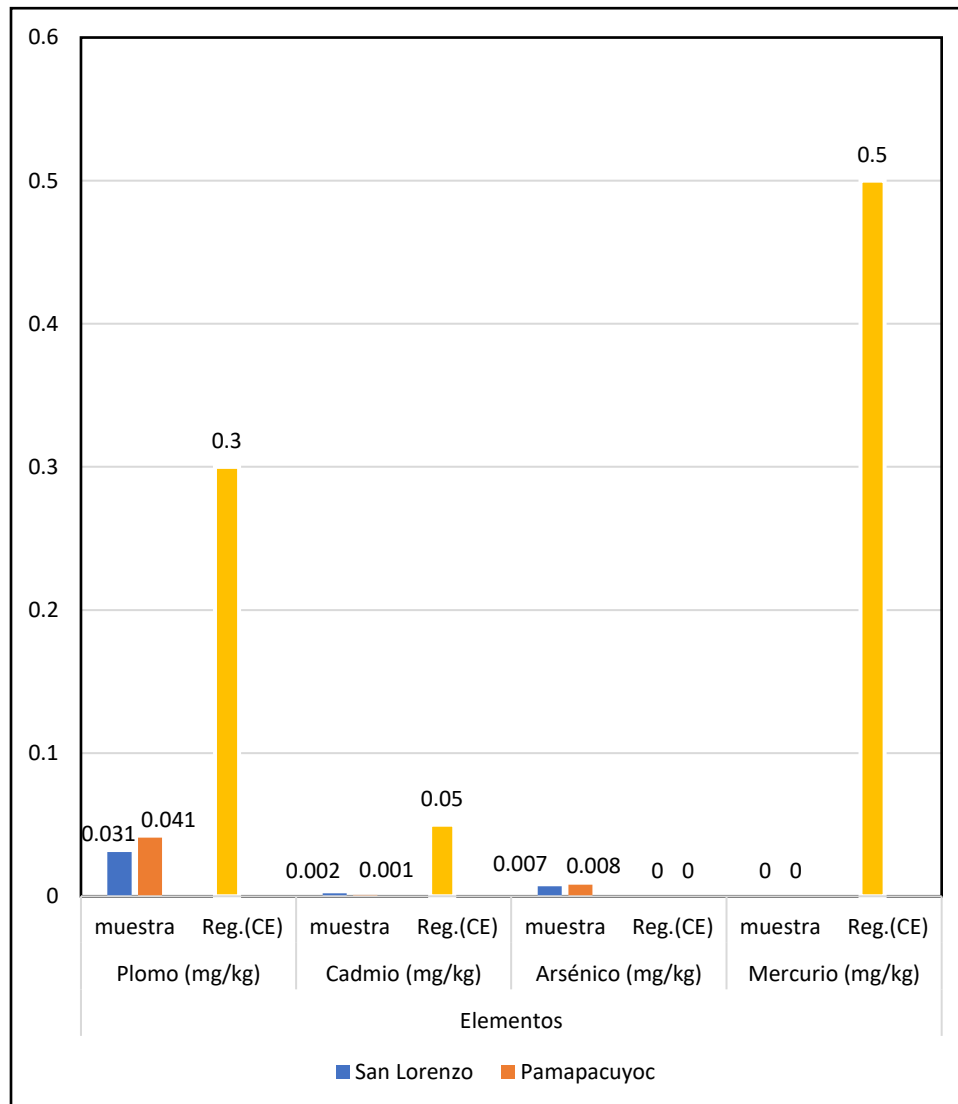
En la tabla 6, se detalla los resultados de la evaluación de metales pesados en trucha según la lectura del laboratorio y Contenidos máximos de permisibles en tejidos muscular de peces según el reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión Europea, se genera una comparación para determinar si dichos resultados pasan o están dentro de los estándares establecidos en el reglamento (tabla 6).

**Tabla 6.**

*Comparación de resultados obtenidos con los contenidos máximo permisibles del reglamento (CE) N°1881/2006*

	Elementos							
	Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Arsénico (mg/kg)		Mercurio (mg/kg)	
	Muestra	Reg.(CE)	muestra	Reg.(CE)	muestra	Reg.(CE)	muestra	Reg.(CE)
<b>San Lorenzo</b>	0.031	0.3	0.002	0.05	0.007	-	<0.001	0.5
<b>Pampacuyoc</b>	0.041	0.3	0.001	0.05	0.008	-	<0.001	0.5

De acuerdo a la tabla 6 de comparación de resultados se puede apreciar que ningún elemento de las dos muestras sobrepasan los contenidos máximos establecidos por el reglamento (CE) 1881/2006.



**Figura N° 2.** Comparación de resultados obtenidos con los contenidos máximo permisibles del reglamento (CE) N°1881/2006, según su origen de procedencia del centro poblado San Lorenzo y del caserío Pampacuyoc.

En la figura 1 se muestra los resultados obtenidos en comparación con el reglamento de la Comisión Europea que establece contenidos máximos de permisibles, las

concentraciones del Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio no superan a los estándares establecidos en el Reglamento (CE) N° 1881/2006.

**Tabla 7.**

*Referenciación de datos no cancerígeno Muestra 1 (San Lorenzo) de las concentraciones, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo.*

Sustancia	Concentración mg/kg	Dosis mg/Kg día	DRF mg/Kg día	Riesgo Dosis /DRF
CADMIO	0.002			
MERCURIO	0.001			
ARSENICO	0.007			
PLOMO	0.031			

**Resultados de la dosis**  $\left( \frac{\text{CONCENTRACION } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times \text{CONSUMO DIARIO PROMEDIO } \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{\text{PESO PROMEDIO DE LA PERSONA kg}} \right)$

Cadmio

✓  $1.142857143 \times 10^{-5} \text{ mg/kg.día}$

Mercurio

✓  $5.714285714 \times 10^{-6} \text{ mg/kg.día}$

Arsénico

✓  $4 \times 10^{-5} \text{ mg/kg.día}$

Plomo

✓  $1.771428571 \times 10^{-4} \text{ mg/kg.día}$

### Cálculo para DRF

Para el DRF los valores se obtienen de la página EPA, dosis de referencia para exposición oral (RfD).

✓ Cadmio =  $1 \times 10^{-3}$

✓ Mercurio =  $3 \times 10^{-4}$

✓ Arsénico =  $3 \times 10^{-4}$

✓ Plomo =  $5 \times 10^{-4}$

### Resultados del cálculo del riesgo (Dosis mg/Kg día entre DRFmg/Kg día) (2)

Cadmio

✓ = 0.01142857143

Mercurio

✓ = 0.01904761905

Arsénico

✓ = 0.1333333333

Plomo

✓ = 0.3428734512

**Tabla 8.**

*Resultados de datos no cancerígeno muestra 1 (San Lorenzo) de la concentración, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo.*

Sustancia	Concentración mg/kg	Dosis mg/Kg día	DRF mg/Kg día	Riesgo Dosis /DRF
CADMIO	0.002	$1.142857143 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-3}$	0.01142857143
MERCURIO	0.001	$5.714285714 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-4}$	0.01904761905
ARSENICO	0.007	$4 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-4}$	0.01904761905
PLOMO	0.031	$1.771428571 \times 10^{-4}$	Not applicable.	-

**Tabla 9.**

*Referenciación de datos para calcular el riesgo individual de cáncer Muestra 1 (San Lorenzo)*

Sustancia	Concentración mg/kg	Riesgo individual (mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día)
CADMIO	0.002	
MERCURIO	0.001	
ARSENICO	0.007	
PLOMO	0.031	

**Resultados del riesgo individual ((mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día))**

Cadmio

✓ 0.0000112

Mercurio

✓ 0.0000056

Arsénico

✓ 0.0000392

Plomo

✓ 0.0001736

**Tabla 10.**

*Resultados de datos para calcular el riesgo individual de cáncer Muestra 1 (San Lorenzo)*

Sustancia	Concentración mg/kg	Riesgo individual (mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día)
CADMIO	0.002	1.12 x 10 <sup>-5</sup>
MERCURIO	0.001	5.6 x 10 <sup>-6</sup>
ARSENICO	0.007	3.92 x 10 <sup>-5</sup>
PLOMO	0.031	1.73 x 10 <sup>-4</sup>

**Tabla 11.**

*Referenciación de datos del no cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de las concentraciones, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo.*

Sustancia	Concentración mg/L	Dosis mg/Kg día	DRF mg/Kg día	Riesgo Dosis /DRF
CADMIO	0.001			
MERCURIO	0.001			
ARSENICO	0.008			
PLOMO	0.041			

**Resultados de la dosis** ( $\frac{\text{CONCENTRACION } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times \text{CONSUMO DIARIO PROMEDIO } \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{\text{PESO PROMEDIO DE LA PERSONA kg}}$ )

Cadmio

✓ 5.7 x 10<sup>-6</sup> mg/kg.día

Mercurio

✓  $5.7 \times 10^{-6}$  mg/kg.día

Arsénico

✓  $4.5 \times 10^{-5}$  mg/kg.día

Plomo

✓  $2.3 \times 10^{-4}$  mg/kg.día

### Cálculo para el DRF

Para el DRF los valores se obtienen de la página EPA, dosis de referencia para exposición oral (RfD).

✓ Cadmio =  $1 \times 10^{-3}$

✓ Mercurio =  $3 \times 10^{-4}$

✓ Arsénico =  $3 \times 10^{-4}$

✓ Plomo =  $5 \times 10^{-4}$

### Resultados del cálculo del riesgo (Dosis mg/Kg día entre DRFmg/Kg día)

Cadmio

✓ = 0.0057

Mercurio

✓ = 0.019

Arsénico

✓ = 0.15

Plomo

✓ =0.404

**Tabla 12.**

*Resultados de datos no cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de la concentración, dosis, Referencia de Dosis por Exposición Oral y el riesgo.*

Sustancia	Concentración mg/L	Dosis mg/Kg día	DRF mg/Kg día	Riesgo Dosis /DRF
CADMIO	0.001	$5.7 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	0.0057
MERCURIO	0.001	$1.9 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-4}$	0.019
ARSENICO	0.008	$1.5 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-4}$	0.15
PLOMO	0.041	$2.3 \times 10^{-4}$	Not applicable.	-

**Tabla 13.**

*Referenciación de datos para calcular riesgo individual de cáncer y número máximo de casos Muestra 2 (Pampacuyoc)*

Sustancia	Concentración mg/kg	Riesgo individual (mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día)
CADMIO	0.001	
MERCURIO	0.001	
ARSENICO	0.008	
PLOMO	0.041	

**Resultados del riesgo individual ((mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día))**

Cadmio

✓ 0.0000056

Mercurio



✓ 0.0000056

Arsénico

✓ 0.0000448

Plomo

✓ 0.0002296

**Tabla 14.**

*Resultados de datos para calcular el riesgo individual de cáncer y el número máximo de casos Muestra 2 (Pampacuyoc)*

Sustancia	Concentración mg/kg	Riesgo individual (mg/día) X 1/(kg) X (mg/kg día)
<b>CADMIO</b>	0.001	$5.6 \times 10^{-6}$
<b>MERCURIO</b>	0.001	$5.6 \times 10^{-6}$
<b>ARSENICO</b>	0.008	$4.48 \times 10^{-5}$
<b>PLOMO</b>	0.041	$2.29 \times 10^{-4}$

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En la Tabla 6 de comparación de resultados se puede apreciar que los elementos como cadmio, mercurio, plomo y arsénico están por debajo de los límites máximo permisibles permitidos por el reglamento (CE) N°1881/2006. En las zonas de estudio de San Lorenzo y Pampaculloc, se puede analizar que de acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio SLAB los niveles de concentración de metales pesados en la trucha arcoíris es muy baja, lo cual significa que no hay alteraciones e impactos negativos los cuales perjudiquen el tiempo de vida de la trucha arco iris en el sistema acuático.

En los estudios de Pis, Lezcano & Serrano (2008), en su estudio titulado *Metales pesados en trucha (Micropterus salmoides floridanus) de la presa Hanabanilla Cuba*. se obtuvieron 2 muestras diferentes denominados muestra 1 y muestra 2, donde en la muestra 1 obtuvieron resultados de Plomo 1.51 mg/kg, de Cadmio 0.1 mg/kg y Mercurio de 0.23 mg/kg y en la muestra 2 obtuvieron resultados de Plomo 0.27 mg/kg, de Cadmio 0.07 mg/kg y Mercurio de 0.11 mg/kg, y así mismos, demostraron que los niveles de Plomo sobrepasan los límites establecidos en la Norma Cubana (NC 493; 2006), siendo 0.3 el Límite Admisible de dicha norma.

Así mismo, Rivera & Moccetti, (2018), en su estudio de la *Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú*, realizó análisis en 3 lugares obteniendo resultados, donde, en Catac obtuvo resultados de Plomo 0.007 mg/kg, Mercurio 0.063 mg/kg y cadmio 0.000 mg/kg y en Palmira obtuvo Plomo 0.007 mg/kg Mercurio 0.032 mg/kg y cadmio 0.000 mg/kg y, así mismo, en

Taricá obtuvo resultados Plomo 0.010 mg/kg Mercurio 0.171 mg/kg y cadmio 0.000 mg/kg, en caso de los metales analizados se realizó una comparación con la Comisión Reguladora Europea (EC) N° 1881/2006, los cuales no sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos en la EC.

Y también, Zevallos, S. (2018), en su tesis titulada, “*calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (oncorhynchus mykiss) en Challhuahuacho, Apurímac*”, obtuvo resultados de 4 puntos diferentes, donde en el punto 1 señalo Plomo <0.04 mg/kg, Mercurio <0.02 mg/kg, Cadmio <0.02 mg/kg; punto 2 señalo Plomo <0.04 mg/kg, Mercurio <0.02 mg/kg, Cadmio <0.02 mg/kg; punto 3 señalo Plomo <0.04 mg/kg, Mercurio <0.02 mg/kg, Cadmio <0.02 mg/kg y en punto 4 señalo Plomo <0.04 mg/kg, Mercurio <0.02 mg/kg, Cadmio <0.02 mg/kg; estos resultados fueron comparados con los CMP (Contenidos Máximos Permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo) de diferentes países como de Japón, China, Chile Perú, así también como, de la Unión Europea y la Unión Aduanera, los cuales dichos resultados no sobrepasaron ningún de los Límites Permitidos que están establecidos por cada norma.

Por otro lado, Cordero, (2007), en su tesis titulada, “*Presencia de metales pesados en trucha (salmo truttu linnaeus: salmonidae) en el lago de Tota*”. Determino las concentraciones de Cadmio 4 mg/kg, Plomo 1.45 mg/kg, Cromo 2.60 mg/kg, de Hierro 91.99 mg/kg, Maganesio 300,02 mg/kg, y de Cu 17.87 mg/kg. Lo cual el autor, solo llega a determinar la existencia de altos índices de contaminantes por metales pesados.

Así mismo, en otro estudio relaciona a la acumulación de metales pesados en tejido de peces, Espinoza & Falero (2015), es su tesis, “*Niveles de mercurio, cadmio, plomo y*

*arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo*, realiza en siete especies de peces de río, obteniendo como resultados en Lisa se determinó Mercurio 0.014 mg/kg, Cadmio 0.030 mg/kg, Plomo 0.600 mg/kg, y Arsénico 0.450 mg/kg, en Mojarra el Mercurio 0.030 mg/kg, Cadmio 0.070 mg/kg, Plomo 0.070mg/kg, y Arsénico 0.020 mg/kg, en Dica Mercurio 0.057 mg/kg, Cadmio 0.065 mg/kg, Plomo 0.450 mg/kg, y Arsénico 0.020 mg/kg, en Sábalo el Mercurio 0.012 mg/kg, Cadmio 0.065 mg/kg, Plomo 0.070 mg/kg, y Arsénico 0.080 mg/kg, Camotillo el Mercurio 0.059 mg/kg, Cadmio 0.060 mg/kg, Plomo 0.450 mg/kg, y Arsénico 0.010 mg/kg, Periche Mercurio 0.115 mg/kg, Cadmio 0.150 mg/kg, Plomo 0.500 mg/kg, y Arsénico 0.010 mg/kg, y en Chalaco Mercurio 0.015 mg/kg, Cadmio 0.100 mg/kg, Plomo 0.500 mg/kg, y Arsénico 0.030 mg/kg, los datos obtenidos se realizó una comparación con Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas, demostrando que los peces Lisa, Mojarra, Dica, Sábalo, Camotillo, Pariche y Chalaco sobrepasan los Límites Permitidos de Cadmio y Plomo establecidos en dicha norma, así también, los peces Lisa, Mojarra, Dica, Sábalo, Camotillo, Pariche y Chalaco no sobrepasan los Límites Permitidos de Mercurio y Arsénico establecidos en la misma norma.

También, Barraza, Recavarren & Sanzano, (2018), en su tesina titulada “*Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea*”, realizando análisis en dos muestras diferentes dando como resultado en la Merluza el Mercurio 0.029 mg/kg, Cadmio 0.039 mg/kg, Plomo 0.010 mg/kg y Arsénico 0.0205 mg/kg y también la muestra de Pescadilla obtuvo como resultados en Mercurio 0.0275 mg/kg, Cadmio 0.041 mg/kg, 0.027 mg/kg y en Arsénico 0.0225 mg/kg, estos resultados fueron comprados por dos norma legales una de ellas es Limites Nacionales de Argentina y el otro

es de la Unión Europea CE N° 1882/2006, los cuales los resultados no sobrepasan ninguno Límites establecidos por dichas normas.

Y finalmente, Barros, Dorian & Marrugos, (2016), en su artículo de investigación titulado, “*Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de Lutjanus synagris y Lutjanus vivanus de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia*”, tomo una muestra de dos dientes especies para determinar la acumulación de metales pesados presentes, lo cual en la muestra de la especie *Lutjanus synagris* obtuvo como resultado en Plomo 63.4 µg/kg, Cadmio 5.4 µg/kg, Níquel 2552 µg/kg, en Zinc 2380 mg/kg y en Mercurio 47 µg/kg, en la muestra de la especie *Lutjanus vivanus* obtuvo como resultados en Plomo de 66.8 µg/kg, Cadmio 4,9 µg/kg, Níquel 2490 µg/kg, Zinc 2510 µg/kg y en Mercurio de 52 µg/kg, basándose en la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos de América, las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* presentan concentraciones de Ni, Pb y Zn, dentro del límite de tolerancia a la biodisponibilidad metálica, lo que indica que estos metales no presentan riesgo para los organismos estudiados presentes en el ecosistema marino. La concentración de los elementos Pb, Cd y Hg determinadas en hígado y riñón de los organismos se encontraron por debajo de los niveles máximos establecidos por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, para pescado entero, medallones y trozos, y al contenido máximo en productos alimenticios correspondiente al Reglamento CE N° 466 de la Comisión Europea.

Teniendo en cuenta la Guía ERSA (Guía Para La Elaboración De Estudios De Evaluación De Riesgos A La Salud Y El Ambiente) se evaluó el riesgo asociado por metales pesados donde se realizó los cálculos para evaluar el riesgo cancerígeno y no cancerígeno mediante fórmulas. Los resultados obtenidos para el riesgo no cancerígeno Muestra 1 (San Lorenzo) de los

metales pesados son: cadmio 0.01142857143, mercurio 0.01904761905 y arsénico 0.1333333333; resultados obtenidos para el riesgo no cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de metales pesados son: cadmio 0.0057, mercurio 0.019, arsénico 0.15.

También se obtuvieron resultados para el riesgo cancerígeno Muestra 1 (San Lorenzo) de los metales pesados son: cadmio 0.0000112, mercurio 0.0000056, arsénico 0.0000392 y plomo 0.0001736; resultados obtenidos para el riesgo cancerígeno Muestra 2 (Pampacuyoc) de metales pesados son: cadmio 0.0000056, mercurio 0.0000056, arsénico 0.0000448 y plomo 0.0002296.

Los valores son aproximaciones a cero lo cual esto significa que es menor el riesgo, y por lo tanto no existe un riesgo significativo, y si los valores son aproximados a 1, dando lugar a un mayor riesgo.

## 4.2. Conclusiones

Con el presente trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que la concentración de metales pesados en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para el criadero San Lorenzo fueron para Cadmio 0.002 mg/ kg, Mercurio 0.002 mg/kg, Arsénico 0.007 mg/kg y Plomo 0.031 mg/kg y para el criadero Pampacuyoc las cantidades de Cadmio 0.001 mg/ kg, Mercurio 0.001 mg/kg, Arsénico 0.008 mg/kg y Plomo 0.041 mg/kg.
- Los análisis obtenidos de las concentraciones de Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico se compararon con el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas, demostrando que dichos metales pesados analizados están por debajo del límite

establecido por dicho reglamento; por lo tanto, significa que es poco probable una contaminación vía oral por el consumo de pescado a corto plazo.

- Finalmente, la evaluación del riesgo asociado por su consumo, mediante la guía de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente Guía ERSA, calculamos el riesgo cancerígeno y no cancerígeno mediante fórmulas establecidas por dicha guía en donde los resultados de Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio son aproximados a cero, esto significa que el riesgo por el consumo humano de trucha arcoíris en la provincia de San Miguel es probablemente negativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, N., Castilla, Y. & Cortes, M. (2011). *Identificación de riesgos químicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Ministerio de salud y Protección Social. Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos*. 1 ed. Bogotá (Colombia): Instituto Nacional de Salud, 248 p. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Er-peligros-biologicos-en-leche.pdf>
2. Agency For Toxic Substances And Disease Control, (2011). *División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU*. Washington (USA): Servicio de Salud Pública, 269 p. Obtenido de, [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs97.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs97.pdf)
3. Anadón, A., Muñoz, M. & Ortiz, J. (1984). *Acumulación tisular de zinc, plomo, cobre, hierro y cromo en truchas de río, Salmo trutta fario. En Acción Ecotoxicológica*. Vol. 19: 9 - 16. Zaragoza. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
4. Arthington, J. (2013), *Trace mineral nutrition and immune competence in cattle. Proceedings of 64th Annual Minnesota Nutrition Conference. Minneapolis*, obtenido, <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2006/Arthington.pdf>
5. Barraza, M., Recavarren, M., & Sanzano, P. (2018). *Veterinaria y Zootecnia, Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea*, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Obtenido de, <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1759/Barraza,%20Mart%c3%adn%20Horacio%20Emmanuel.PDF?sequence=1&isAllowed=y>



6. Barrios, O., Dorian, C., y Negrete, J. (2016). *Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de Lutjanus synagris y Lutjanus vivanus de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia*, Universidad de Córdoba. Obtenido de, [https://upn.blackboard.com/bbcswebdav/internal/courses/INVE.1503.219435.12310.V/announcements/684454\\_1/Orihuela%20Vigo%20Rodrigo%20Alonso%20-%20Camacho%20T%C3%A1vara%20Jos%C3%A9%20Ignacio.pdf](https://upn.blackboard.com/bbcswebdav/internal/courses/INVE.1503.219435.12310.V/announcements/684454_1/Orihuela%20Vigo%20Rodrigo%20Alonso%20-%20Camacho%20T%C3%A1vara%20Jos%C3%A9%20Ignacio.pdf)
7. Barzola, R. (2017). *Comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Obtenido de, <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1442/Tesis%20BARZOLA%20COMUN%20ROSA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
8. Bilandžić, N., Dović, M. Et Al & Sedak, M. (2012). *Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia*. *Food Chemistry*. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
9. Cañizares R. (2000) Bioabsorción de metales pesados mediante el uso de biomasa. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 42: 131-143. Obtenido de, <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9620789>
10. Casey, C., Smith, A. & Zhang, P. (2010), *Microminerals in human and animal milk*. In: *Handbook of milk composition*. 1 ed. New York (USA): Academic Press, 2010, p. 543-575. Obtenido de, <https://pdfs.semanticscholar.org/0000/4288a2daf6c882b1ecc3b6a6fbf35fd94a60.pdf>
11. Chanamé, F. (2009). *Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de Oncorhynchus mykiss “trucha arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín*, Universidad

- Nacional de Trujillo. Obtenido de,  
<http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5400/Tesis%20Doctorado%20-%20Fern%c3%a1n%20Cosme%20Chaname%20Zapata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Cintia, H. (2013). *Estudio de acumulación de metales pesados en los sedimentos de jaulas de peces de crianza y en puertos de la isla de Tenerife*, Universidad de la Laguna, Obtenido de,  
<file:///D:/Users/Ivan/Downloads/Cintia%20Hern%C3%A1ndez%20S%C3%A1nchez.pdf>
13. Cordero, R. (2007), *Presencia de metales pesados en trucha (salmo trutta linnaeus: salmonidae) en el lago de Tota*. Universidad de los Andes. Obtenidos de ,  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9603/u295423.pdf?sequence=1>
14. Dickson, T. (2013). *Química Enfoque Ecológico*. 2 ed. México D.F. (México): Limusa, Noriega Editores, 2013, 102 p, Obtenido de,  
[https://www.noriega.com.mx/libro/quimica-un-enfoque-ecologico\\_367](https://www.noriega.com.mx/libro/quimica-un-enfoque-ecologico_367)
15. Espinoza D., & Falero S. (2015), *Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de,  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12016/10738>
16. Eurachem, G. (2014), *The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. 2 ed. Ohio (USA): 2014, p. 52.73.

Obtenido de,

[https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV\\_guide\\_2nd\\_ed\\_EN.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf)

17. Gamonal, L. (2016), *Planes de negocio de trucha andina en el marco de la Ley Procompite del Ministerio de Economía y Finanzas*. Obtenido de,

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/procompite/2016/plan\\_negocio/Pauta\\_planes\\_de\\_negocio\\_trucha\\_andina.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/procompite/2016/plan_negocio/Pauta_planes_de_negocio_trucha_andina.pdf)

18. International Cadmium Association (2011). *Cadmium*. Obtenido de:

<http://www.cadmium.org>

19. International Lead Association (2013). *Agency International Lead*, Obtenido de,

<https://www.ila-lead.org/>

20. JACUMAR. Junta Nacional Asesora De Cultivos Marinos, Obtenido De,

<https://www.mapa.gob.es/app/jacumar/especies/Documentos/Trucha.pdf>

21. Jiménez, R., Díaz, M., Pomares, S. Alleyne, I., Torres, C. & Aguilar. 2000. *procedimiento analítico para la determinación de metales en tejido de peces (Micropogonias furnieri) por espectroscopía atómica*. En *Química*, Vol. XII (1): 32-

41. La Habana. Obtenido de,

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5400/Tesis%20Doctorado%200%20Fern%C3%A1n%20Cosme%20Chaname%20Zapata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

22. Jing Y., He Z., & Yang X. (2007), *Role rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soil*. *Journal Zhejiang Univ. Sci. B.*, 8: 192-207. Obtenido de,

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17323432>

23. Lanphear, B., Dietrich, K. & Auinger, P. *Cognitive deficits associated with blood lead concentration*, Obtenido de, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11354334>

24. Li, A, Chan, M., Leung, T., Cheung, R. & Lam, T. (2010). *Mercury intoxication presenting with tics. Archives Health Children*, 83(1), p. 174-175, Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
25. Mcrill, C., Boyer, L., Flood, T. & Ortega, L. (2013), *Mercury toxicity due to the use of a cosmetic cream. Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Obtenido de, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10652682>
26. Ministerio De Energía y Minas, (1993). Minería y medio ambiente. *Un enfoque técnico-legal de minería en el Perú*. Lima, Perú. 181 pp. Obtenido de, [http://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=4&idTitular=66&idMenu=sub57&idCateg=66](http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=4&idTitular=66&idMenu=sub57&idCateg=66)
27. Moreno, G. (2013). *Toxicología Ambiental*. 1 ed. Madrid (España): Interamericana de editores, 2013, 361 p. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
28. Padilla, E. (2005). *Eficiencia de Eichhornia crassipes, Cyperus corimbosus y Scirpus californicus en la acumulación de metales pesados cobre zinc, plomo y hierro. Tesis Doctoral*. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. Obtenido de, <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5400/Tesis%20Doctorado%200-%20Fern%C3%A1n%20Cosme%20Chaname%20Zapata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
29. Peris, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon*, Universidad de Valencia, Obtenido de, <http://roderic.uv.es/handle/10550/15104>

30. Pis, A., Lezcano, M., & Serrano, P. (2008). *Metales pesados en trucha (Micropterus salmoides floridanus) de la presa Hanabanilla Cuba*. Universidad de Zaragoza España. Obtenido de, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49422779001>
31. Rahimi, E. (2013). Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. Food Chemistry, Obtenido de, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23122075>
32. Ramakritinan, C., Chandurvelan, R. & Kumaraguru, A. (2012). *Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks. Cerithedia cingulata G, and Modiolus philippinarum H*. Indian Journal of Geo-Marine Sciences. Obtenido de, [https://www.researchgate.net/publication/286322393\\_Acute\\_Toxicity\\_of\\_Metals\\_Cu\\_Pb\\_Cd\\_Hg\\_and\\_Zn\\_on\\_Marine\\_Molluscs\\_Cerithedia\\_cingulata\\_G\\_and\\_Modiolus\\_philippinarum\\_H](https://www.researchgate.net/publication/286322393_Acute_Toxicity_of_Metals_Cu_Pb_Cd_Hg_and_Zn_on_Marine_Molluscs_Cerithedia_cingulata_G_and_Modiolus_philippinarum_H)
33. Repetto, M. & Sanz, P. (2012). Toxicología de los metales. En: M. REPETTO. Postgrado en Toxicología. 1 ed. Sevilla (España): Ilustre Colegio oficial de Químicos, 192 p. Obtenido de, [http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2019/06/Revista-de-Toxicolog%C3%ADa-36.1\\_30-06-19.pdf](http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2019/06/Revista-de-Toxicolog%C3%ADa-36.1_30-06-19.pdf)
34. ReyCrespo, F., Miranda, M. & Lópezalonso, M. (2013). *Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW (Spain)*. Food and Chemical Toxicology. Obtenido de, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23391598>
35. Rivas, W. (2018), Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. Obtenido de,

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10095/Rivas\\_aw.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10095/Rivas_aw.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

36. Rivera, F. & Moccetti N. (2018), *Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenidos de, <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/STV/article/view/3376/pdf>
37. Shoemaker, P. & Ghaemghami, J. (2013). *Protecting the public from mercury exposure: success through microexchange events*. American Journal Public Health, p.1997-1999. Obtenido de, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1448138/>
38. Soo, Y., Chow, K., Lam, C., Lai, F., Szeto, C., Chan, M.H. & Li, P. (2013). *Whitened face woman with nephritic syndrome*. American Journal Kidney, Obtenido de, [https://www.ajkd.org/article/S0272-6386\(03\)50033-6/abstract](https://www.ajkd.org/article/S0272-6386(03)50033-6/abstract)
39. Tavakoly, B., Sulaiman, A., Monazami, G. & Salleh, A. (2011) *Assessment of Sediment Quality According to heavy metal status in the West Port of Malaysia*. Engineering and Technology, 3(2), p. 633-637. Obtenido de, <https://publications.waset.org/8965/assessment-of-sediment-quality-according-to-heavy-metal-status-in-the-west-port-of-malaysia>
40. Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, 19 de diciembre 2006. Obtenido de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/1881.2006-CONTENIDO-MAXIMO-CONTAMINANTE.pdf>

41. United States Environmental Protection Agency (Usepa). Recommended Guidelines for Measuring Metals in Puget Sound Marine Water, Sediment, and Tissue Samples. Washington, DC: Office of Science and Technology, Washington. United States Environmental Protection Agency, 1997. Obtenido <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/volume1.pdf>
42. World Health Organization, (2015). *Inorganic Lead. Environmental Health Criteria*. Geneva (Suiza): 2005,165 p. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
43. Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, R. & Yendis, H. (2008). *Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro*. Estado Falcón. Obtenido de, [http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev20\(3\)/6.%20Efecto%20del%20riego%20con%20aguas.pdf](http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev20(3)/6.%20Efecto%20del%20riego%20con%20aguas.pdf)
44. Zevallos, S. (2018), *calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoiris (oncorhynchus mykiss) en Challhuahuacho, Apurímac*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Obtenido de, [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)

## Anexos

### Anexo 1 (Matriz de consistencia)

**Tabla 15. Matriz de consistencia**

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<b>Niveles de concentración de plomo, cadmio y arsénico en la trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) y la determinación del riesgo para su consumo en la provincia San Miguel – Cajamarca 2019.</b>	General	General	General	Factores	Pb	Tipo de investigación
	¿Cuáles son la concentración de plomo, cadmio y arsénico en trucha arcoíris y cuál es el riesgo asociado a su consumo en la provincia de San Miguel?	-Determinar la concentración de plomo, cadmio y arsénico en la trucha arcoíris ( <i>oncorhynchus mykiss</i> ) y el riesgo para su consumo en la provincia San Miguel.  Específico - Comparar las concentraciones de Pb, Cd y As con el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de la Comunidades Europeas.  -Realizar la evaluación del riesgo asociado al consumo de trucha arcoíris en el distrito de San Miguel.	la -Los niveles de concentración de Pb, Cd y As en la trucha arcoíris pueden generar un riesgo alto para los consumidores en la provincia de San Miguel.  Específica -Las concentraciones de Pb, Cd y As en trucha arcoíris superan los valores establecidos por normas internacionales para especies de consumo.  -Mediante la guía evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) evaluar si presenta riesgo asociado al consumo de la trucha arcoíris.	químicos	Cd  As	-Pre-experimental  Nivel de investigación  -Descriptivo analítico comparativo
				Factores Físicos	Tamaño  Peso	Diseño de la investigación  -Cuantitativo  Técnica de investigación de datos
				Periodo de consumo	N° de días	-Observación  -Diseño de encuesta  -Base de datos  -Recolección de la especie
				Cantidad de consumo	Kg	-Análisis en laboratorio de espectrometría atómica



Anexo 2 (Operacionalización de variable 1)

**Tabla 16. Operacionalización de variable 1**

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	
Variable 1	la concentración de metales pesados en los tejidos de la trucha arcoiris	las altas concentraciones de algunos metales pesados, al ser utilizadas como receptores de descargas antrópicas, representa un riesgo para la salud humana, debido a su incremento en los efectos adversos causados por su elevada persistencia en el ambiente, los cuales ingresan al ambiente acuático, principalmente por descargas directas de fuentes industriales, siendo la industria minera una de las más importantes (Chanamé, 2009)	En la determinación de la concentración de los metales pesados dependen de los factores químicos y físicos	Factores químicos	Pb	Mg/Kg	
					Cd		
				Factores físicos	Ar	tamaño	kg
					Peso	cm	

Anexo 3 (Operacionalización de variable 2)

**Tabla 17. Operacionalización de variable 2**

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable 2	valores del riesgo asociados al consumidor de la trucha arcoiris	El consumo per cápita de pescado de río es 0.1 kg/persona en Lima Metropolitana (según INEI, Encuesta nacional de presupuestos familiares 2008 a 2009), y en el 2014 y 2015 el consumo per cápita sube a 1.5 kg por persona, según estimación de Sierra Exportadora. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2016)	La cantidad de los valores determina el riesgo al consumidor	Periodo de consumo	Tiempo	N°. Días
				Cantidad de consumo	Cantidad	kg

Anexo 4 (Resultados de Laboratorio)



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO  
SL-IE-14102019-01

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente : ERICK ESTRADA  
DNI : 72218213  
Dirección : Cajamarca

2. FECHAS

Inicio : 09 de Octubre 2019  
Finalización : 11 de Octubre 2019  
Emisión de informe : 14 de Octubre 2019  
Observaciones : —

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 20°C  
Humedad Relativa : 50.1%

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

Ensayo solicitado : Determinación de Metales  
: Plasma de Conducción Inductiva (ICP-MS), Absorción  
Atómica  
Método utilizado : NOM-117-SSA1-1994///Lectura por ICP MS, Absorción  
Atómica/ Método de prueba para la determinación de  
cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y  
mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

Página 1 de 2



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C. SLAB**

**5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

**M1:** Muestra de trucha San Lorenzo

**M2:** Muestra de trucha Pumayoc

**6. RESUMEN DE RESULTADOS**

**Tabla N°1: Resultados de los ensayos para la muestra M1**

Metal	Unidad	Concentración
Cadmio, Cd	mg/kg	0.002
Mercurio, Hg	mg/kg	<0.001
Arsénico, As	mg/kg	0.007
Plomo, Pb	mg/kg	0.031

**Tabla N°2: Resultados de los ensayos para la muestra M2**

Metal	Unidad	Concentración
Cadmio, Cd	mg/kg	0.001
Mercurio, Hg	mg/kg	<0.001
Arsénico, As	mg/kg	0.008
Plomo, Pb	mg/kg	0.041

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1237