

**UNIVERSIDAD INCA
GARCILASO DE LA VEGA**



**FACULTAD DE CIENCIAS
FARMACÉUTICAS
Y BIOQUÍMICA**

**“DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA POR ABSORCIÓN
ATÓMICA DE LA BIOACUMULACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO
Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO EN TRUCHAS ARCO
IRIS (*ONCORRHYNCHUS MYKISS*) DE DOS CRIADEROS DE LA
REGIÓN JUNÍN PERÚ”**

**Tesis para optar al Título Profesional de Químico
Farmacéutico y Bioquímico**

TESISTA:

SARA GONZÁLEZ ALARCÓN

ASESOR:

DRA Q.F. HEDDY TERESA MORALES QUISPE

FECHA DE SUSTENTACION:

13 DE OCTUBRE DEL 2017

**LIMA – PERÚ
2017**

TÍTULO:

“DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE LA BIOACUMULACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO EN TRUCHAS ARCO IRIS (*ONCORRHYNCHUS MYKISS*) DE DOS CRIADEROS DE LA REGIÓN JUNÍN PERÚ”

DEDICATORIA

A mi padre Alcides González Cubas por su sacrificio y por brindarme lo mejor de su apoyo en cada momento, que Dios te regale mucha salud para gozar más de tu linda presencia.

A mi madre Esperanza Alarcón Pérez por su apoyo y amistad incondicional.

A la memoria de mis abuelos Julio Alarcón y Teodolinda Pérez quienes con su humildad y sencillez me mostraron el camino del amor y la bondad.

A mis queridas tías: Rosa, Claudia y Blanca Alarcón Pérez por su apoyo y amor en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar mi camino y bendecirme con las dos personas que más amo en este mundo, mis padres, les doy las infinitas gracias por estar siempre a mi lado, por sus sacrificios y apoyo en los momentos más difíciles; por ellos estoy aquí. Gracias.

Mi agradecimiento a la Dra. Teresa Morales y Dr. Edwin Alarcón por su experiencia conocimientos y su tiempo dedicado al desarrollo de la parte metodológica de mi estudio. Gracias por su buena predisposición y ayuda ante cualquier consulta y por saber transmitir tranquilidad ante diversas situaciones de incertidumbre.

A Priscila Crisanto Paredes por su amistad, por avanzar y celebrar juntas cada éxito alcanzado, a Luna Cabrera Alarcón, por ser más que una prima, una gran amiga quien con su motivación y alegría me dio fuerzas para culminar esta investigación. Un sincero y profundo agradecimiento a los excelentes profesionales, maestros y amigos quienes asesoraron externamente y revisaron el presente trabajo, con su amabilidad y experiencia enriquecieron mis conocimientos: Dr. Q.F Florencio Ninantay de la Vega y Q.F Daniel Echevarría Rodríguez Sawao. No me puedo olvidar de la ayuda que me brindaron las personas en los puntos de crianza de las truchas y la ardua labor que en conjunto se realizó para la recolección de las muestras.

A mi facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega por brindarme el lugar de trabajo y los medios necesarios para realizar mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria

Agradecimientos

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Índice de Anexos

Resumen

Abstract

Introducción..... 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3

1.1. Descripción de la realidad problemática 3

1.2. Identificación y Formulación del problema 5

 1.2.1. Problema general 5

 1.2.2. Problemas específicos 5

1.3. Objetivos de la investigación 6

 1.3.1. Objetivo general 6

 1.3.2. Objetivos específicos 6

1.4. Justificación de la investigación 7

1.5. Limitaciones de la investigación..... 8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 9

2.1. Antecedentes de la Investigación 9

 2.1.1. Antecedentes nacionales 9

 2.1.2. Antecedentes internacionales 13

2.2. Bases Teóricas 16

 2.2.1. Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)..... 16

 2.2.1.1. Características fenotípicas de la trucha peruana 16

 2.2.1.2. Aspectos Generales de la truchicultura 18

 2.2.1.3. Factores de crianza que determinan su peso y
 crecimiento 22

 2.2.2. Metales pesados.....27

 2.2.2.1. Bioacumulación 27

2.2.2.2. Cadmio	28
2.2.2.3. Mercurio	36
2.3. Bases Legales	46
2.3.1. Normas internacionales	46
2.4. Formulación de Hipótesis	47
2.4.1. Hipótesis general	47
2.4.2. Hipótesis específicas	47
2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores	48
2.5.1. Variables de estudio	48
2.6. Definición de Términos Básico.....	49
CAPITULO III. METODOLOGÍA	53
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	53
3.1.1. Tipo de la investigación.....	53
3.1.2. Nivel de la investigación.....	54
3.2. Diseño de la Investigación	54
3.3. Población y Muestra de la Investigación	55
3.3.1. Población	55
3.3.2. Muestra	55
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	55
3.4.1. Técnica	55
3.4.2. Instrumentos	55
3.4.2.1. Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-600.....	55
3.4.2.2. Ficha de recolección de datos.....	58
3.5. Equipos, Materiales y Reactivos	59
3.6. Procedimiento Experimental	61
3.7. Técnicas Estadísticas de Análisis de Datos.....	63
CAPITULO IV. RESULTADOS	65
4.1. Resultados de la Investigación	65
4.1.1. Coeficiente de correlación de Pearson entre cada dimensión de la variable (X) nivel de bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) crecimiento de las truchas	65

4.1.2. Coeficiente de correlación de Pearson entre la variable (X) Nivel de bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) crecimiento de las truchas	66
4.2. Análisis de los Resultados	66
4.2.1. Frecuencia de respuestas de la variable (X) nivel de bioacumulación de Cadmio y Mercurio	67
4.2.2. Frecuencia de respuestas de la variable (X) crecimiento	71
4.3. Contrastación de Hipótesis	77
4.3.1. Hipótesis principal	78
4.3.2. Hipótesis secundarias	79
4.4. Discusión de Resultados	81
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1. Conclusiones	84
5.2. Recomendaciones	85
Referencias Bibliográficas	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01	Clasificación Taxonómica de la trucha Arcoíris	17
Tabla N° 02	Condiciones de laboratorio se ha reportado la ocurrencia de síntomas asociados a una toxicidad de metales	27
Tabla N° 03	Propiedades Químicas	30
Tabla N° 04	Propiedades Físicas	31
Tabla N° 05	Propiedades Químicas	37
Tabla N° 06	Propiedades Físicas	37
Tabla N° 07	Límites máximos permisibles según la EU	47
Tabla N° 08	Parámetros de crecimiento de las truchas según la EU	47
Tabla N° 09	Resumen de Resultados Juicio de expertos	58
Tabla N° 10	Curva de calibración del equipo	59
Tabla N° 11	Curva de calibración del equipo	60
Tabla N° 12	Presenta los resultados de cada dimensión de la variable (X) Nivel Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) Crecimiento de las truchas	65
Tabla N° 13	Presenta los resultados de la variable (X) Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) Crecimiento de las truchas	66
Tabla N° 14	Presenta las opciones de los resultados de Cadmio y Mercurio	66
Tabla N° 15	Presenta las opciones de los resultados Crecimiento de las truchas	67
Tabla N° 16	Tabla de frecuencias del Ítem N° 1	67
Tabla N° 17	Tabla de frecuencias del Ítem N° 1	68
Tabla N° 18	Tabla de frecuencias del Ítem N° 2	69
Tabla N° 19	Tabla de frecuencias del Ítem N° 2	70
Tabla N° 20	Tabla de frecuencias del Ítem N° 1. Poner encima del cuadro	71
Tabla N° 21	Tabla de frecuencias del Ítem N° 1	72
Tabla N° 22	Tabla de frecuencias del Ítem N° 2	73

Tabla N° 23	Tabla de frecuencias del Ítem N° 2	74
Tabla N° 24	Tabla de Valores Máximos permisibles de Cadmio y Mercurio en relación al peso y edad truchas Arcoíris del distrito de Huayhuay provincia de Yauli- Junín (hi%)	75
Tabla N° 25	Tabla de Valores Máximos permisibles de Cadmio y Mercurio en relación a la talla y edad en truchas Arcoíris del distrito de Huayhuay provincia de Yauli- Junín (hi%)	76
Tabla N° 26	Presenta los resultados de contrastación de Hipótesis de la variable Nivel de concentración de Cadmio y Mercurio y Crecimiento de las truchas	78
Tabla N° 27	Ficha de Recolección de datos criadero del Ingenio	95
Tabla N° 28	Ficha de Recolección de datos criadero de Huayhuay	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01	Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	18
Figura N° 02	Criadero de truchas distrito de Ingenio	20
Figura N° 03	Criadero de truchas distrito de Huayhuay	20
Figura N° 04	Equipo de Absorción Atómica SHIMADZU AA-6800	56
Figura N° 05	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1	68
Figura N° 06	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1	68
Figura N° 07	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2	69
Figura N° 08	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2	70
Figura N° 09	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1	71
Figura N° 10	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1	72
Figura N° 11	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2	73
Figura N° 12	Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2	74
Figura N° 13	Representación Porcentual (hi%) de la Bioacumulación de cadmio y mercurio con respecto al peso, y edad de las truchas Arcoíris	75
Figura N° 14	Representación Porcentual (hi%) de la Bioacumulación de cadmio y mercurio con respecto a la talla y edad de las truchas Arcoíris	77
Figura N° 15	Mapa de ubicación geográfica distrito de Ingenio-Huancayo	106
Figura N° 16	Mapa de ubicación geográfica distrito de Huayhuay-Yauli	106
Figura N° 17	Espectrómetro de Absorción Atómica de Horno Grafito USAQ-UMMS	107
Figura N° 18	Criadero de truchas el Ingenio	108
Figura N° 19	Criadero de truchas Huayhuay	109
Figura N° 20	Recolección de truchas Arco iris de la misma dad en ambos criaderos	110
Figura N° 21	Medición del tamaño peso de las truchas Arco iris	111
Figura N° 22	Preparación de las muestras tejido muscular de truchas Arco iris en USAQ-UMMS	112

Figura N° 23	Análisis de cadmio y mercurio en tejido muscular	113
Figura N° 24	Obtención de Resultados del Análisis de cadmio y mercurio en tejido muscular en USAQ-UMMS	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1	Matriz de Consistencia	93
Anexo N° 2	Ficha de recolección de datos.....	95
Anexo N° 3	Certificado de Análisis experimental	97
Anexo N° 4	Constancia de participación en el proceso experimental Laboratório USAQ	105
Anexo N° 5	Testimonios fotográficos	106
Anexo N° 6	Formato de validación de instrumento	115

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue demostrar que la bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, según los límites máximos permisibles establecidos por la EU, la investigación en relación al enfoque es cuantitativa, pues esta tuvo como fin comprobar la hipótesis con la medición numérica aplicando el análisis estadístico, es transversal pues se desarrolló en un solo momento. El estudio propuesto alcanzó el nivel descriptivo correlacional debido a que se describieron dos fenómenos que se presentaron en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Además se demostró el grado de asociación o correlación de las variables: Niveles de bioacumulación de cadmio y mercurio y factores de Crecimiento de las truchas Arcoíris. Esta investigación responde a un diseño cuasi experimental. Este estudio tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables. Para lo cual se utilizó una ficha de recolección de datos, la cual permitió obtener los valores comparativos de peso, talla y edad en ambos criaderos de dicha región. El análisis experimental fue realizado en el laboratorio de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la universidad Mayor de San Marcos mediante el uso del equipo de Absorción Atómica, siguiendo los detalles del procedimiento con los materiales y reactivos óptimos para encontrar la concentración de metales pesados en las 40 muestras respectivamente. Como resultados de la investigación se encontraron que los criaderos de la Región Junín presentan diferencias significativas en la bioacumulación de metales, el criadero de Ingenio no presenta cadmio ni mercurio mientras que el criadero de Huayhuay presenta el 55 y 80 por ciento de cadmio y mercurio respectivamente. Con respecto a la relación talla, peso y edad de las truchas con la cantidad de concentración bioacumulada en sus organismos esta fue de 0.66 lo cual indica una relación directamente proporcional positiva moderada. Las concentraciones máximas encontradas en el distrito de Huayhuay fueron 998,66ppb para mercurio y 175,809 ppb para cadmio, 11 de las 20 muestras se encontraron por sobre los límites máximos permisibles para cadmio y mercurio según los estándares establecidos por la EU.

Palabras clave: Metales pesados, trucha, crecimiento, espectrofotometría

ABSTRAC

The main objective of this investigation was to demonstrate that the bioaccumulation of Cadmium and Mercury determined by Atomic Absorption Spectrophotometry is related to the growth of *Oncorhynchus mykiss* in two hatcheries in Junín, according to the maximum permissible limits established by the EU, the study in relation to the approach is quantitative, since the latter was aimed at testing hypotheses with the numerical measurement applying the statistical analysis, is transverse as it will be developed in a single moment. The proposed study reached the descriptive level correlation because they were described two phenomena that occurred in a specific temporal and geographical circumstance. In addition, it demonstrates the degree of association or correlation of the variables: Cadmium and Mercury bioaccumulation levels and Rainbow trout growth factors. This investigation responds to a quasi-experimental design. This study aims to evaluate the relationship between two or more concepts, categories or variables. A data collection form was used to obtain the comparative values of weight, height and age in both hatcheries of this region. The experimental analysis was carried out in the laboratory of the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering of the University of San Marcos using the Atomic Absorption equipment, following the procedure details with the materials and optimum reagents to find the concentration of heavy metals in the 40 samples respectively. As a result of the investigation were found that the breeding sites of the Region Junín present significant differences in the bioaccumulation of metals, Ingenio does not present bioaccumulation and Huayhuay 55 and 80 percent of Cadmium and Mercury respectively. Regarding the relation size, weight and age of the trout with the amount of concentration bioaccumulated in their organism this was of 0.66 which indicates a moderate positive relation. The maximum concentrations found in Huayhuay were 998.66 ppb for Mercury and 175.809 ppb for Cadmium, 11 of the 20 samples are above the maximum allowable limits for Cadmium and Mercury according to the standards established by the EU.

Keywords: Heavy metals, trout, growth, spectrophotometry

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación propuesta se orienta en la necesidad de entender o explicar de qué manera en las últimas décadas el problema de la contaminación provocada por ciertos metales pesados como cadmio y mercurio representa un peligro permanente para la salud humana y las especies, debido a su toxicidad, persistencia y a su tendencia a bioacumularse en el agua, sedimento y en los organismos vivos como los peces. Cuando los metales pesados y metaloides están en altas concentraciones estos pueden ser considerados como venenos. ⁽¹⁾

En razón de que los peces son un componente integral de los ecosistemas acuáticos, además de ser una fuente importante de proteína para los seres humanos, ya que desempeñan un importante papel en los flujos de energía, reciclaje de nutrientes y para el mantenimiento de los equilibrios de la comunidad de estos ecosistemas ⁽²⁾ las especies acuáticas tienen un conjunto de estudios en los cuales se han podido establecer parámetros de Bioacumulación máxima permisible según estándares internacionales con la finalidad de que las especies no se vean afectadas por el consumo o bioacumulación en sus organismo.

Las consecuencias de la contaminación acuática provoca enfermedades o signos de toxicidad en el ecosistema acuático; tal podemos mencionar al cadmio y mercurio los cuales en peces de agua dulce provocan escoliosis, hiperactividad, disminución del contenido de calcio en los huesos, lordosis, cola negra, anemia, degeneración de la aleta caudal, alteración del peso y crecimiento, disminución en el hematocrito y deficiencia alimenticia. ⁽³⁾

Por lo tanto la siguiente investigación se sustenta en la siguiente interrogante: ¿La bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín? En este contexto el desarrollo de la temática tiene la siguiente estructura:

En el capítulo I se realiza el planteamiento y formulación del problema del estudio.

En el capítulo II se investigaron los antecedentes que sustentan el estudio, las normas nacionales e internacionales que regulan los parámetros de la concentración máxima de metales pesados en organismo acuáticos y en el hombre y se definen los términos correspondientes a la investigación.

En el capítulo III se presenta la metodología de la investigación, se explica la recolección de las muestras, el tipo de investigación, instrumentos de recolección de datos, la validación de los instrumentos, el procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo IV se analizan los resultados, se prueba la hipótesis y se definen los resultados.

Y como parte final en el capítulo V encontramos las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El distrito de Ingenio y el distrito de Huayhuay ambos en la región Junín son dos de los puntos más importantes en la producción de truchas en el Perú con un aproximado de 10.000 y 2000 toneladas al mes respectivamente y tienen un porcentaje muy alto de participación a nivel nacional. Sin embargo uno de los factores principales que estaría afectando su proceso de reproducción en las piscigranjas sería la bioacumulación de metales pesados. Un informe de la Dirección de Pesquería publicado por el diario el Comercio indico que la contaminación que realizan las personas que viven cerca las cuencas al lavar ropa, tirar basura, uso de plaguicidas, residuos de recreos turísticos y la contaminación de las mineras, causan riesgo en el cultivo de la trucha ⁽⁴⁾

Debido a que los pescados de agua dulce son alimentos de una gran relevancia nutricional, su aporte de proteínas, vitamina D, yodo, selenio, vitamina B12 y ácidos grasos omega 3 los convierten en un pilar básico de la alimentación saludable en la región Junín pero estos mismos están expuestos a contaminantes ambientales los cuales a una exposición por encima de una concentración umbral pueden ser extremadamente tóxicos. Es por ello que desde hace tiempo preocupa a los expertos el hecho de que algunas especies de truchas contengan metales pesados. Estos metales se han acumulado en las últimas décadas en cantidades excesivas en el medio acuático, debido fundamentalmente a la contaminación producida por la actividad humana y minera.

La captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influidos no solo por su concentración sino también es relevante el tiempo de exposición y los factores bióticos del ambiente. En caso de los peces al estar continuamente expuestos a los metales sufren un proceso de bioacumulación y estos metales presentan un efecto sobre el desarrollo embrionario y el crecimiento larval pudiendo reducir el tamaño de las poblaciones de peces o incluso causar la extinción en su totalidad en embalses contaminados. También se ha demostrado que pueden afectar a sus órganos vitales como hígado y riñones causando malformaciones. Por lo tanto en etapas de desarrollo y crecimiento la cantidad de metales pesados bioacumulados depende de su longitud, peso y tamaño de los ejemplares causando asimetrías morfológicas en el cuerpo de los peces. ⁽⁵⁾

El Perú es un país que también tiene este problema en la crianza de peces de agua dulce, y probablemente a nivel fluvial en los ríos, por la minería ilegal los desembalses de metales desembocan en los ríos y estos a su vez en criaderos de truchas, lo que puede traer una contaminación en estas especies acuáticas muy apreciadas por los lugareños y viajeros que llegan a estas regiones donde la crianza y venta es parte de su economía.

Una de las causas de contaminación por metales pesados es la presencia de la actividad minería en la sierra central en distritos como la Oroya, Huari y Huayhuay lo cual desde años ha originado los llamados conflictos sociales y ambientales, y también muestra la precariedad y vulnerabilidad del estado peruano para exigir el cumplimiento de la ley a determinadas empresas. ⁽⁶⁾

En esta orientación la investigación tiene como propósito determinar mediante el método de absorción atómica la presencia de cadmio y mercurio en truchas Arco Iris de los criaderos del distrito de Ingenio provincia de Huancayo y del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín y establecer la relación que existe con respecto al crecimiento de esta especie.

La caracterización de la realidad problemática señalada anteriormente se conduce en la orientación de que se puede agravar si no hay una explicación,

interpretación o estudio adecuado con respecto a la bioacumulación de metales en esta región lo cual puede causar graves problemas ambientales y poner en riesgo las especies acuáticas.

El propósito del estudio es construir una alternativa de información y una forma nueva de interpretar los factores que favorecen la bioacumulación de cadmio y mercurio en las especies acuáticas. Para hacer frente a esta problemática de contaminación esta investigación propone brindar la guía adecuada de información y entendimiento sobre los factores que intervienen en la bioacumulación de metales pesados.

1.2. IDENTIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿La bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿La bioacumulación de cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017?
2. ¿La bioacumulación de mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017?
3. ¿Existe diferencia significativa entre la bioacumulación de cadmio y mercurio en truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio frente al criadero de Huayhuay región Junín, abril 2017?
4. ¿La bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris

(*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Demostrar si la bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Demostrar si la bioacumulación de cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.
2. Demostrar si la bioacumulación de mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.
3. Evaluar si existe diferencia significativa en la bioacumulación de cadmio y mercurio en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio frente al criadero de Huayhuay región Junín.
4. Evaluar si la bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se justifica teóricamente ya que sus resultados enriquecerán el marco teórico existente respecto a la actividad de la truchicultura en la Región Junín y el alto índice de producción de trucha Arcoíris en el distrito de Ingenio y Huayhuay en el cual encontramos una gran diferencia en la producción de la especie tanto en calidad como en cantidad a pesar de tener las mismas condiciones de crianza. Es importante porque los beneficiarios de esta investigación serán la población que consume esta especie y los productores quienes esperan tener mayor productividad y mejor calidad del producto final con miras a exportación ya que este pez es muy apreciado en la región y en el país.

Metodológicamente este estudio y las diferentes pruebas experimentales se realizaron mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Sistema de Generación de Hidruros, para identificar y cuantificar la concentración de metales pesados, los cuales se han depositado a lo largo de los años y pueden causar daño en la salud y tener un impacto en el desarrollo del pez. Además si consideramos la actividad de la industria minera actualmente en esta región es factible considerar que el agua utilizada en los ambientes de crianza para esta especie este afectada por los efluentes de muchas industrias, las mismas que traerían cantidades importantes de metales pesados.

Esta investigación tiene utilidad porque a partir de los resultados que se den en ella, otros investigadores podrán profundizar más en los análisis sobre este campo, además esta investigación es útil porque permitirá abrir un abanico de futuras investigaciones sobre la presencia de otros metales, además permitirá a los organismos nacionales directamente involucrados en la prevención de las enfermedades y cuidado de la salud como es el ministerio de salud y ambiente, tener una herramienta de consulta a mano.

En cuanto a su alcance, esta investigación servirá para nuevas ideas en estudios que presenten situaciones similares a las que aquí se plantean, la importancia de conocer la presencia y bioacumulación de estos metales en

las truchas Arco Iris de los criaderos de Ingenio y Huayhuay es encontrar una relación entre dicha bioacumulación con el tamaño, peso y edad de las truchas y conocer si esta se ve favorecida por dichos factores.

Finalmente el análisis de resultados realizados mediante Química Analítica proporcionaran la evidencia científica que nos permite medir los elementos tóxicos que componen esta problemática para avanzar en la discusión de medidas de prevención que efectivamente contribuyan a detener el impacto de la crisis ambiental y biológica, para empezar a implementar políticas y programas de prevención integral para la región Junín y otras poblaciones similares del valle del Mantaro. ⁽⁷⁾

1.5 . LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- a) La investigación se limita a informar aspectos tales como la Bioacumulación de cadmio y mercurio en Truchas Arco Iris
- b) La investigación solo se limita a realizar la investigación in-vitro, no utilizara animales de experimentación en el presente trabajo
- c) El presupuesto se limita solo a un estudio de 2 ensayos por muestra de espectrofotometría de absorción atómica con sistema de generación de Hidruros.
- d) El investigador sólo tiene acceso al laboratorio en los horarios en los cuales el establecimiento lo permita previa coordinación con el director encargado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Vera G. et al (2001) en su tesis titulada “Pruebas eco toxicológicas con Cadmio y Cromo usando postlarvas del pejerrey *Odontesthes (Austromenidia)*” realizada en la universidad Mayor de San Marcos, tuvieron como objetivo determinar la concentración de estos metales pesados en pruebas eco toxicológicas usando muestras de postlarvas de pejerrey, como resultado del estudio se demostró una alta sensibilidad del pez a concentraciones elevadas de cadmio en concentraciones mayores de 0.512 mg. L donde la especie demostró alteraciones nerviosas y problemas respiratorios mientras que los individuos muertos presentaron lesiones en la piel a manera de fisuras en la zona abdominal estas observaciones coincidieron con las observadas por Larson et al en 1981 quienes señalaron que los peces expuestos a cobre, mercurio y cadmio están propensos a sufrir alteraciones histopatológicas en los tejidos donde ocurre intercambio iónico ⁽⁸⁾

Jaramillo Á, Amancio F (2012 – 2013). En su estudio denominado “Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha-Illanganuco” tuvieron como objetivo determinar el grado de bioacumulación de metales pesados en peces, la metodología empleada el estudio de determinación de hierro, cobre, plomo, cadmio, cromo y zinc fue el método de espectrofotometría de absorción atómica, y para la determinación de Mercurio se efectuó por la EEA acoplado a la cámara de vapor frío en el laboratorio SAG. De acuerdo a los resultados se observó que en todos los puntos donde se muestreo de la cuenca del Ríos Santa, tanto en creciente como en vaciante, superaron los límites máximos

permisibles con respecto a la bioacumulación de plomo, zinc y cromo comparados con los límites máximos permisibles reportados por las Normas Internacionales. En cuanto al mercurio, no se encontró concentraciones en los diferentes puntos, de la cuenca tampoco pasaron el límite máximo permisible cuando fueron comparados con los valores reportados por las Normas Internacionales ⁽⁹⁾

Huancaré R. (2014) En sus tesis denominada "Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna de Mamacocha, área de influencia minera en Cajamarca-Perú." Tuvieron como objetivo identificar las lesiones histopatológicas presentes en la especie de cultivo por exposición a un ambiente contaminado. Se colectaron 35 peces con las siguientes características: edad de entre 8 a 9 meses, peso=200 g \pm 1,7 y talla=26,65 cm \pm 1,43) al azar para obtener muestras de branquias, hígado y músculo estriado esquelético, además se tomó muestra de un litro de agua de la laguna. En la investigación se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica. Obteniendo como resultados que los metales pesados en agua no superaron el límite máximo permisible; sin embargo, algunos valores de As, Cd y Hg en sedimento estuvieron por encima del nivel permitido. Los tres tejidos analizados bioacumularon mayor cantidad de Zn y Ba y en menor cantidad Cd, Cr, Cu y Pb. Y finalmente mediante una técnica de tinción histopatológica identificaron en branquias las alteraciones más importantes, las lamelas presentaron degeneración hidrópica, acortamiento, fusión y necrosis, en el filamento se observó hiperplasia de células basales indiferenciadas y necrosis. En el hígado se observó degeneración, hidrópica grasa, y necrosis; y en músculo estriado esquelético se encontró edema intramuscular y degeneración hialina y granular. Los índices promedio obtenidos muestran que las branquias (28,77) fueron más afectadas que el hígado (25,77) y músculo estriado esquelético (18,29) respectivamente. Con esta investigación concluyeron que las lesiones en los tejidos estudiados pueden ser inducidas por los metales pesados debido a que son similares a las reportadas en varias investigaciones a exposición natural y controlada a

metales pesados, y también a la bioacumulación encontrada en cada tejido
(10)

Chanamé F. (2009). En su Tesis de doctorado titulada “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”, estudio la bioacumulación Cu, Zn, Fe y Pb en tejidos del hígado, riñón y músculo de 7 centros de producción de dicha provincia. Para el análisis de metales pesados totales del agua usada por los centros de producción, se tomaron muestras en forma mensual, y para determinar la concentración de metales en los tejidos se colectaron 28 truchas de 250 g y 27 cm, en promedio. La determinación y cuantificación de metales pesados del agua y de los tejidos de las truchas, se realizó por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, según la metodología recomendada por la FAO. En dicha investigación se confirmaron los niveles elevados de Zn, Fe y Pb en el agua a excepción del Cu, así mismo se encontró niveles de Zn, Fe y Pb en el agua, superiores a los estándares de calidad ambiental, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú para los ríos de la costa y sierra y a los límites máximos permisibles de la Unión Europea para el cultivo de trucha. En los tejidos, la concentración de Cu, Zn, Fe y Pb en hígado, riñón y músculo de truchas se encontró resultados superiores a los obtenidos por otros autores y a los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para carne de pescado y por la Nom-0127-SSA1-1993 mexicana para los productos de la pesca frescos, refrigerados y congelados ⁽¹¹⁾

Argota G, Miranda E, Argota H. (2013). En su tesis titulada “Predicción Eco toxicológica de parámetros fisicoquímicos, plomo y cadmio en el río Ramis - Cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú”, tuvieron como objetivo evaluar la predicción eco toxicológica de parámetros físico químicos de calidad ambiental de las aguas, así como el efecto de toxicidad por exposición a plomo y cadmio mediante un bioensayo piloto con la especie *Gambusia punctata*. Como parámetros físico-químicos se determinó la conductividad eléctrica, dureza total, alcalinidad total, sólidos totales, oxígeno disuelto,

demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Con todos los parámetros se realizó una predicción ecotoxicológica mediante el programa Gecotox, además de determinarse el efecto de toxicidad aguda de las aguas a través de la especie como modelo experimental. Con esta especie fue determinado conjuntamente, el efecto bioacumulativo en las branquias e hígado, niveles de plomo y cadmio. Como resultados obtuvieron que entre los meses no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) y que tuvieron un gran peso dentro del sistema, explicando el 82,89 por ciento del peso y la varianza. El programa Gecotox, indicó riesgo alto para las aguas en la zona de convergencia residual ambiental ya que estas presentaron un efecto de toxicidad aguda letal muy cercano al 50 por ciento de dilución total, finalmente, los metales estudiados mostraron capacidad de bioacumulación, y se confirmó que las aguas del río Ramis presentan efectos eco toxicológicos.⁽¹²⁾

Espinoza D, Falero S. (2015). En un estudio publicado en la Revista del Instituto de Investigación, cuyo título lleva por nombre: “Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y sus riesgos para la salud humana por el consumo de estos peces”, en dicha investigación se recolectaron siete muestras tejido muscular de peces de este río, las cuales fueron analizadas mediante absorción atómica: vapor hidruro y llama. Los resultados obtenidos se compararon con los contenidos máximos permisibles (CMP) y se determinó que el contenido promedio de Mercurio y Arsénico es inferior al CMP correspondiente, Sin embargo el contenido de plomo y cadmio superó el parámetro de calidad CMP, no cumpliendo con dicho parámetro.⁽¹³⁾

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pis M. et al (2008). Realizaron por primera vez en Cuba un estudio sobre los metales pesados en la especie de trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) cultivada en la presa Hanabanilla, una de las atracciones turísticas de la provincia de Villa Clara. El objetivo de su investigación fue estudiar la

concentración de Pb, Cd, Hg Fe, Cu, Zn y Mn, tanto en la especie como en el agua y sedimento de la presa, teniéndose en cuenta que a la misma son emitidos residuales urbano-industriales y agrícolas sin tratar portadores de estos elementos. El método analítico utilizado fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados encontrados mostraron que en el pescado los niveles de plomo promedio ($0,82 \pm 0,07$ mg/kg) se encontraron por encima de los límites máximos establecidos en las normas nacionales (0,3 mg/kg) y que las concentraciones más bajas de todos los metales se observaron en los ejemplares de menor talla y peso. El agua de esta presa no presentó concentraciones de metales por encima de lo establecido en las normas nacionales, y en el sedimento los metales aumentaron su concentración en la época de lluvia lo que indicó su arrastre a la presa, presentándose los niveles más elevados en la estación debido a la abundancia de materia orgánica presente. La secuencia de concentración hallada de los metales fue: Truchas: Fe > Zn > Pb > Mn > Cu > Hg > Cd; 2) Agua: Pb > Fe > Zn = Mn = Cu > Cd; y Sedimento: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Hg. Por estos resultados los autores recomiendan que este pescado sea consumido de forma limitada para evitar riesgos a la salud humana salud ⁽¹⁴⁾

López E. (2005). En su tesis titulada “Bioacumulación y Biomagnificación de Mercurio en diferentes poblaciones de peces en la amazonia Boliviana” en el cual tuvo como objetivo medir la relación de bioacumulación de este metal con el tamaño, peso y la edad de los peces en estudio así como también evaluar la influencia del ámbito alimentario, el sexo y la madurez sexual en seis especies de peces piscívoros y no piscívoros de importancia regional en las cuencas de los ríos Itenez y Madre de Dios de la amazonia. El equipo utilizado para el análisis fue un espectrómetro de absorción atómica. Como resultados el autor encontró que la bioacumulación de Mercurio presenta correlaciones positivas entre la concentración y las características mencionadas de todas las especies donde se encontró relación entre las dos variables. La bioacumulación de Mercurio presento correlaciones positivas entre la concentración por la longitud estándar, el peso y la edad en todas las especies de estudio. La madurez sexual tuvo influencia en la bioacumulación. La tasa de crecimiento está relacionada negativamente con la bioacumulación

de Mercurio donde solamente los individuos de 600 mm de longitud sobrepasaron el límite máximo permisible recomendado por la OMS de 500 ng.⁽¹⁵⁾

Bermeo F, Celleri A. (2016) En su tesis titulada “Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces y su relación con la edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute-Molino Ecuador”. Tuvieron como objetivo principal determinar la concentración de metales pesados: Cadmio, plomo y mercurio en muestras de hígado en *Orchorynchus mykiss* y *Ciprinus carpio*, mediante el método de Absorción Atómica. Como Resultados encontraron que existe bioacumulación de Arsénico en hígado de *O. mikiss* y *C. carpio* en relación a la longitud de los individuos así mismo el autor determino que existen niveles altos de concentración de mercurio específicamente en organismos de menor tamaño y en los de mayor tamaño los niveles disminuyen por lo tanto se concluyó que existe una relación inversamente proporcional en relación con el tamaño y peso de los individuos. Los autores sostienen que la morfometría de las dos especies no se vio afectada por la concentración de metales pesados en este caso porque la concentración de estos metales se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles incluyendo la calidad del agua la cual se encuentra en óptimas condiciones para la crianza de estas especies ⁽¹⁶⁾.

Losada Ernesto et al (2006) En su estudio denominado “Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la laguna de Metztlán, Hidalgo, México”, en el cual tuvieron como objetivo determinar metales pesados que afectan la cadena alimenticia por su bioacumulación. En el estudio se analizaron Al, Cd, Ca, Cr, Pb, Mg, K, Na, Zn, bioacumulados en esta especie que es cultivada en la zona de estudio. La técnica utilizada fue la Espectrofotometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP). Como resultados se encontraron que el Cd y Cr no fueron detectados por el equipo, el Pb no se detectó en músculo, branquias y vísceras; únicamente se registró en piel y huesos, exhibiendo la mayor concentración en huesos. Finalmente, los autores registraron altos contenidos de Al en todos los órganos. Como discusión final agregaron que la bioacumulación

metales en Metztitlán es evidente, se manifiesta con altos contenidos de Al en todos los órganos de esta especie, la presencia de Pb en la piel y huesos, se debe a su sustitución en la ruta metabólica por el Ca⁽¹⁷⁾

Anadón A. et al (1984) Realizaron una investigación con el propósito de determinar el contenido de metales pesados en truchas de río. *Salmo Trutta fario* como posible causa a cuatro casos de mortandad aparecidos en diferentes regiones fluviales españolas en 1981. Las muestras de truchas fueron recogidas en las localidades próximas a Ramales (Santander). Burgos y Teruel y en Juarros del Río Moros en Segovia-España las cuales se sometieron a análisis y se determinaron las concentraciones de zinc, plomo, cobre, hierro y cromo en diversos tejidos. Los resultados de esta investigación mostraron la presencia de niveles elevados de metales en todos los tejidos seleccionados, principalmente, en branquias e hígado, seguido de gónadas y músculo. Se evidenció una bioacumulación pasiva de metales incluso en aquellas poblaciones que viven alejadas de fuentes de contaminación⁽¹⁸⁾

Argota G. et al. (2013) Desarrollo una investigación titulada “Biomarcadores de metales pesados en la especie *Gambusia punctata* dada las condiciones ambientales del ecosistema San Juan en Cuba”. El objetivo de dicho estudio fue evaluar mediante biomarcadores de exposición el efecto de metales pesados en dicha especie en una zona de muestreo en tres estaciones de la parte alta, media y baja del río principal. Como muestras se eligieron peces sexualmente maduros que biométricamente midieron entre 2,1 - 3,0cm de longitud total. La evaluación estuvo referida a la determinación de metales, niveles de proteínas totales, actividad acetilcolinesterasa e histopatología en hígado, branquias y cerebro. Se analizaron concentraciones de Cu, Zn, Pb y Cd, tratados vía húmeda y cuantificados mediante espectroscopia de plasma inductivamente acoplado de vista axial. Los resultados obtenidos en dicha investigación fueron comparados con la misma especie, pero procedente del ecosistema Filé, ubicado en la misma localidad y utilizado como referencia ambiental. Todas las determinaciones arrojaron valores superiores en las hembras. En ambos sexos, los niveles bioacumulados de metales fueron

superiores significativamente ($P < 0.05$) a los de referencia ambiental, así como los daños histológicos observados para los tres órganos al compararse con la referencia. Conjuntamente a ello, los niveles de proteínas totales y la actividad enzimática se comportaron en orden descendentes desde la estación alta > media > baja respectivamente. El autor concluyo que los biomarcadores evaluados indicaron que la salud de la especie no es óptima, siendo este estudio uno de los primeros de su tipo que se realiza en condiciones naturales ⁽¹⁹⁾

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

2.2.1.1 Características fenotípicas de la trucha peruana

A nivel de cada región el crecimiento y desarrollo de la trucha varía considerablemente, la crianza de esta especie sobre el nivel del mar y en óptimas condiciones fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico, no es la misma que cuando se realiza la crianza a 3,500 m.s.n.m., ya que fisiológicamente esta especie responde en forma diferente a dichas condiciones, principalmente con el oxígeno disuelto del agua, pues a una misma temperatura y diferente altitud, la solubilidad del oxígeno varía sustancialmente.⁽²⁰⁾

El desarrollo de truchas en zonas alto andinas de nuestro país presenta una serie de ventajas en comparación a las truchas que crecen sobre el nivel del mar como: Mejor relación talla/peso, son más resistentes a las enfermedades, presentan mejor asimilación del alimento natural y el artificial, mejor configuración fenotípica de la trucha, buen proceso reproductivo y poca mortalidad

La trucha introducida en el Perú que viene desarrollándose en las diferentes zonas alto andinas, presenta un comportamiento de hábito alimenticio omnívoro bien definido. Durante su ciclo de desarrollo

natural la trucha se alimenta indistintamente de vegetales y animales (zooplantófago) y todo tipo de alimento que pueda encontrar en el ambiente acuático es decir, de acuerdo a las posibilidades que presente el recurso hídrico. Este criterio de alimentación da como resultado una configuración externa diferente en relación a la trucha desarrollada sobre el nivel del mar. ⁽²⁰⁾

Se ha observado que durante el proceso de crianza hasta lograr truchas comerciales, la relación talla/peso en la trucha peruana en comparación a la trucha criada sobre el nivel del mar por ejemplo en el país vecino Chile, indica que a igual talla, el peso de la trucha criada en zonas alto andinas es mayor, es decir que las truchas peruanas tienen mayor musculatura. ⁽²¹⁾

Tabla N°1: Clasificación Taxonómica de la trucha Arcoíris

Reino :	Animal
Sub-reino :	Metazoarios
Phyllum :	Cordados
Sub-phyllum :	Vertebrados
Súper-clase	Gnastostomata
Clase :	Osteichthyes
Sub-clase :	Actinopterygii
Orden :	Salmoniformes
Familia :	Salmonidae
Género :	<i>Oncorhynchus</i>
Especie :	<i>O. Mykiss,</i>

Publicación de Smith, 1989.



Figura N°1: Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

2.2.1.2 Aspectos generales de la truchicultura

a) Condiciones físico químicas del ambiente acuático para la crianza de truchas a nivel comercial

Las condiciones físico-químicas del agua son fundamentales en la crianza de truchas, tanto en calidad como en cantidad apropiada. Esta debe ser limpia y pura libre de sustancias contaminantes, debe presentar poca turbidez y se prefiere que sea de origen de manantial.

En ambientes convencionales como estanques de concreto, mampostería de piedra o estanques de tierra a nivel intensivo, el requerimiento de caudal de agua deberá ser suficiente y permanente durante todo el año, con la finalidad de mantener un fluido constante de agua a los estanques para la renovación y cambio del oxígeno disuelto según los parámetros establecidos según los manuales de crianza de esta especie.

Es uno de los factores más importantes que influyen en forma determinante es la temperatura. Los peces tienen un límite superior e inferior de tolerancia térmica, así como también, temperaturas óptimas para su crecimiento, incubación de los huevos, índice de conversión de alimentos y resistencia a determinadas enfermedades. La temperatura del agua influye sobre algunas propiedades del medio acuático, importantes para la salud del pez. ⁽²¹⁾

Otro factor importante en consideración para la crianza de truchas es el potencial de hidrogeno el cual indica el carácter de acidez o basicidad del agua, este es importante porque actúa como regulador de la actividad metabólica de la trucha durante la crianza intensiva. El pH de agua más conveniente es el ligeramente alcalino entre 7 y 8 es el óptimo. Cuando el pH del agua es mayor de 9 se debe descartar el agua para la truchicultura ya que esta no será compatible con la vida de los peces, igualmente las aguas ácidas con pH inferior a 6.0 deben evitarse. La alcalinidad se refiere a la presencia de carbonatos,

bicarbonatos e hidróxidos, los cuales originan que el agua de crianza sea alcalina o mantenga el pH alto sobre 7, los carbonatos y bicarbonatos tamponan el agua, lo cual ayuda a mantener el pH constante del agua durante el proceso de crianza⁽²¹⁾

La dureza está relacionada con la presencia de ciertos elementos químicos, tales como el calcio y magnesio que contribuyen a la calidad del agua, los rangos de dureza apropiados para el agua destinada a la crianza de truchas debe encontrarse de 60 a 300 ppm, cantidad que permiten un buen crecimiento de la trucha. Si el nivel de la dureza del agua de crianza de truchas es bajo, indica que la capacidad de tamponar es baja, originando que el pH del agua puede variar considerablemente durante el día y ser muy perjudicial para la trucha.⁽²¹⁾

El oxígeno también es otro elemento esencial para la supervivencia de los peces, siendo precisamente los salmónidos una de las especies más exigentes, presentando signo de asfixia cuando su concentración es inferior a 5 mg/L, y apareciendo mortalidad total a concentraciones de 3 mg/L (Yason 1971). La concentración de oxígeno disuelto a una misma temperatura del agua varía a nivel altitudinal. ⁽²¹⁾

b) Características de la crianza de truchas Arcoíris en el Distrito de Ingenio, provincia de Huancayo y en el de Huayhuay, provincia de Yauli en la región Junín

La trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie íctica perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo debido a su fácil adaptación al cautiverio así pues en América del Sur, se encuentra distribuida en casi todos los países como Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.



Figura N° 2: Criadero de truchas distrito de Ingenio

Fuente: Sara González

Desde que esta especie fue introducida en el Perú en 1928, proveniente de Estados Unidos de Norteamérica, con una cantidad de 50,000 huevos, los mismos que fueron instalados en un criadero a orillas del río Tishgo, en la Oroya Junín, distribuyéndose a los ríos y lagunas de Junín y Pasco. En 1930 fueron transportados 50 truchas adultas a la Estación Piscícola El Ingenio, seguido de ello en 1941, 25,000 huevos de trucha fueron transportados desde la estación Piscícola El Ingenio a la Estación Piscícola de Chucuito Puno, poblándose todo el sistema hidrográfico del Lago Titicaca y otras lagunas, como la de Languilayo en Cusco, donde inicialmente se llegaron a sembrar 2,000 alevines de esta especie. A partir de esas fechas se ha ido desarrollando la reproducción de truchas en los ríos y lagunas de varios departamentos de la sierra en forma natural o artificialmente.



Figura N°3: Criadero de truchas distrito de Huayhuay

Fuente: Sara González

A partir de la década del 70, se comenzaron a instalar varias piscigranjas o centros de cultivo de peces, los cuales fueron contruidos siguiendo sistemas tradicionales de crianza, utilizando estanques de concreto pero actualmente con los avances en la técnica y nuevas tecnologías de cultivo, desde ese entonces la truchicultura viene constituyendo en una alternativa para la producción masiva de pescado fresco, así como para la generación de puestos de trabajo de manera directa e indirecta para los pobladores luego de varios años de adaptabilidad a las condiciones medioambientales de los recursos hídricos de la región Junín, esta especie ictiológica se fue extendiendo a otras zonas del Perú. ⁽²²⁾

Ello motivo a los pobladores a realizar una crianza experimental en ambientes artificiales lográndose óptimos resultados, principalmente en la reproducción de la especie en cautiverio, factor determinante para considerar a una especie como cultivable en acuicultura. A pesar de las condiciones de crianza favorables los productores de truchas del distrito de Ingenio y Huayhuay a diferencia de nuestros países vecinos no han logrado hasta la fecha consolidar la exportación de esta especie pese a las ventajas comparativas. ⁽²²⁾

La trucha Arcoíris de la región Junín es una especie ovípara cuya fecundación es externa, para reproducirse requiere alcanzar la madurez sexual, la que se presenta aproximadamente a los 3 años de edad en las hembras y a los 2 a 2 1/2 años en los machos. Las tallas promedio en que la trucha inicia el desove es variable, generalmente entre los 20 a 25 cm. en el caso de los machos y de 25 a 35 cm. en las hembras, no siendo esta una regla fija, ya que la madurez depende de muchos factores ambientales. ⁽²³⁾ La reproducción de la trucha se inicia aproximadamente en abril y se prolonga hasta el mes de septiembre, siendo los meses de junio y julio los de mayor actividad reproductiva, los períodos de desove son anuales, es decir las truchas desovan una vez por año, esta actividad se realiza tanto en ambientes naturales, como en forma artificial en las piscigranjas. ⁽²³⁾

2.2.1.3 Factores de crianza que determinan su peso y crecimiento

La trucha presenta etapas de desarrollo bien marcadas siendo estas las siguientes: pre-juveniles, juveniles, adultos y reproductores, cada una de estas etapas se encuentran bien determinadas y diferenciadas, siendo los factores determinantes: el tipo de alimento y la carga de biomasa por ambiente de crianza expresado en kg/m² ó kg/m³.

Para lograr un nivel comercial de producción de trucha Arcoíris es necesario mantener y controlar adecuadamente los factores que intervienen en su crianza, estos son los siguientes:

Carga de biomasa por ambiente de crianza.

Es uno de los factores más importantes en el crecimiento de la trucha, consiste en determinar en forma eficiente la cantidad de peces a ser sembrados en un ambiente de crianza (estanque o jaula flotante), se expresa en kg/m² o kg/m³. Este factor determina el máximo de aprovechamiento del espacio

de crianza, buscando en todo momento utilizar la totalidad del espejo de agua de crianza. ⁽²³⁾

En cuanto a la carga de biomasa por ambiente de crianza, en el proceso de desarrollo de la trucha en crianza intensiva, el comportamiento de este factor se encuentra directamente proporcional a la talla/peso de la trucha, es decir a mayor talla/peso de la trucha la carga de biomasa es mayor, ejemplo en los ambientes de crianza de alevinos se carga con 3 kg/m² y en adultos se carga con 15 kg/m². ⁽²³⁾

Sistema de alimentación.

Siendo el alimento artificial el mayor costo en la producción de truchas, es sumamente importante buscar su aprovechamiento en su totalidad, para lo cual actualmente muchas empresas productoras de alimento balanceado tienden a buscar elaborar un alimento 100% digerible y asimilable por la trucha. ⁽²³⁾

El sistema de alimentación consiste en brindarle oportunamente su ración horaria y frecuencia alimenticia en función al peso corporal de la trucha a crianza, las experiencias han demostrado fehacientemente que una frecuencia alimenticia de 4 veces por día y en un horario de 7am, 11 am, 2 pm y 5 pm es la más recomendable, dando como resultado final niveles de conversión alimenticia alrededor de 1. ⁽²³⁾

Selección y movimiento de ambientes de crianza.

Normalmente durante el proceso de crianza, la biomasa de truchas incrementa su peso diariamente, originando un crecimiento de la trucha en talla y peso, si los dos factores anteriores no fueron manejados adecuadamente, la población de truchas presentara una dispersión en talla y peso muy

marcada, presentándose tres tipos de trucha: las de mayor peso (cabecera), peso normal en crecimiento (media) y menor peso (cola o rezagados) ⁽²³⁾

La dispersión en talla y peso que se presenta en la crianza de truchas, se tiende a reducir considerablemente cuando se realiza la selección de la biomasa en forma constante y periódicamente, siendo recomendable realizarlo cada 10 días tanto la selección y movimiento a otros ambientes de crianza ⁽²³⁾

Limpieza de los ambientes de crianza.

Este factor participa directamente en el crecimiento de la trucha es la acumulación de materia orgánica en los ambientes de crianza, es el resultado de la actividad metabólica de la trucha, el cual origina una eliminación de material orgánico no digerible, su presencia en el ambiente de crianza produce una reducción en la concentración de oxígeno e influye directamente en la fisiología de la trucha, dando como resultado una disminución en la velocidad de crecimiento de la trucha. ⁽²³⁾

Condiciones de contaminación

Los agentes contaminantes viven ligados normalmente a origen físico, químico y biológico en el producto que puede ocasionar efectos adversos en la salud. La manera de entender la correlación entre la reducción de los peligros asociados con los alimentos y la reducción del riesgo para los consumidores, es de una importancia fundamental en la elaboración de los controles adecuados de la inocuidad de los alimentos.

Generalmente los mismos peligros que se presentan en los peces silvestres capturados, se pueden encontrar en los peces producidos por acuicultura. Bajo algunas circunstancias, el

riesgo de daño a la salud humana puede incrementarse en la acuicultura comparado con las pesquerías, como por ejemplo, la presencia de residuos de medicamentos veterinarios en los peces de granja. Otro ejemplo es cuando se cultiva a grandes densidades, los peces pueden sufrir infecciones cruzadas de patógenos dentro de una misma población. En contraste, los peces de granja pueden representar un riesgo de daño menor en los sistemas de cultivo intensivo en donde los peces reciben exclusivamente alimentos balanceados, los riesgos asociados con la transmisión de peligros a través de la cadena alimenticia son reducidos ⁽²³⁾

Los peligros químicos en el cultivo de trucha son los que representan los metales pesados, plaguicidas, químicos industriales y de origen natural y los productos utilizados como medicamentos veterinarios. Estos contaminantes llegan a acumularse en los peces a niveles mayores a los permisibles que pueden causar daño a la salud humana. Generalmente este peligro se asocia con la exposición prolongada a esos contaminantes. ⁽²³⁾

Para la trucha producida por acuicultura, hasta la fecha se han identificado dos tipos de peligros químicos relacionados con las especies provenientes de la contaminación por algunos productos químicos como los plaguicidas, los metales pesados y del uso de fármacos ⁽²⁴⁾

La acuicultura puede proporcionar importantes beneficios económicos y de nutrición en muchas regiones del mundo en desarrollo. Las exportaciones de alto valor permiten obtener grandes beneficios; pero lo más importante es que la producción, la elaboración y la venta de pescado mejoren la nutrición proporcionando una fuente de proteínas de alta calidad y creando buenas oportunidades para facilitar ingresos a un sector en crisis. Los proyectos de acuicultura están limitados por los problemas de las enfermedades de las

especies cultivadas y la degradación del medio ambiente. El enriquecimiento excesivo de nutrientes y materias orgánicas, la acumulación de productos químicos tóxicos, la contaminación microbiana, la acumulación de limos y sedimentación, impiden la expansión de esta actividad. La mayor parte de estas dificultades pueden superarse con una mejor selección de los lugares de producción a fin de proteger el medio ambiente, así como con la utilización de técnicas adecuadas de gestión. Sin embargo, una explotación racional acuícola plantea pocos problemas ambientales. ⁽²⁵⁾

Los contaminantes inorgánicos están constituidos por los productos fabricados especialmente para resistir el paso del tiempo, tales como los insecticidas clorados o los cloruros de polivinilo que presentan un grave riesgo ya que son difícilmente degradables por los procesos fisiológicos, se acumulan en los organismos y alcanzan, antes o después, la dosis letal para el organismo en que se acumula. La importancia del impacto de los contaminantes químicos sobre los organismos acuáticos depende de sus propiedades eco toxicológicas. Otros productos, dentro de este grupo, son los llamados metales pesados, los cuales jamás forman parte de la constitución normal de los tejidos vivos, como son el mercurio, el cadmio o el plomo. Estos son fijados por los organismos más elementales, se transmiten a lo largo de las cadenas tróficas por vía digestiva de tal forma que su concentración, después de pasar por varios hospedadores intermediarios. ⁽²⁵⁾

Tabla N° 2: Condiciones de laboratorio se ha reportado la ocurrencia de síntomas asociados a una toxicidad de metales ⁽²⁵⁾

Elemento	Especie	Síntomas de toxicidad
Cadmio	Bagre de canal (I. punctatus)	Crecimiento reducido (nivel en la dieta por arriba de 15 mg/Kg; 6)

Selenio	Trucha arco-iris (S. gairdneri)	Reducción en el crecimiento y eficiencia alimenticia, mortalidad elevada (nivel en la dieta por arriba de 13 mg/Kg; 3,4); nefrocalcinosis (4,5)
Plomo	Trucha arco-iris (S.gairdneri) Carpa común (C. carpio)	Escoliosis, hiperactividad (7–10)
Cromo	Trucha arco-iris (S. gairdneri)	Escoliosis, lordosis, cola negra, anemia, degeneración de la aleta caudal (11)
Cobre	Bagre de canal (I. punctatus)	Crecimiento reducido, disminución en el hematocrito y eficiencia alimenticia (nivel en la dieta mayor de 15 mg/Kg; 2)
Zinc	Carpa común (C. carpio)	Crecimiento reducido (nivel en la dieta por arriba de 300 mg/Kg Zn; 1)
Mercurio	Trucha Peneidos (P.japonicus) Arco-iris (S. gairdneri)	Reducción en el crecimiento y eficiencia alimenticia (12) Crecimiento reducido (nivel en la dieta por arriba de 0.014%; 13)

2.2.2. METALES PESADOS

2.2.2.1 Bioacumulación

Es el proceso por el cual un xenobiótico tiene la capacidad de mantenerse dentro de un organismo vivo por determinado periodo de tiempo con posibilidad de ser eliminado o no, su vía de ingreso puede ser por inhalación, ingestión o exposición dérmica, su excreción y transporte puede ser por las vías respiratorias y superficies de la piel. El ingreso y acumulación de metales pesados en los organismos depende de factores bióticos y abióticos que los modifican y los hacen biodisponibles, es decir que tienen relativa facilidad para ser transferidos desde el ambiente hacia una localización específica en un organismo de interés (Russell et al., 2008).

El mayor porcentaje de biodisponibilidad de metales pesados será proporcional a su bioacumulación en un organismo dado, Este proceso puede llevar años y cuando un organismo de nivel trófico inferior comienza a bioacumular alguna sustancia el siguiente camino es la biomagnificación que implica la incorporación y retención de metales

en organismos de nivel trófico superior (Canli et al., 1998; Chen et al., 2000; Russell et al., 2008)

En los organismos acuáticos podemos encontrar en un alto índice de bioacumulación de Mercurio; sin embargo, los niveles Cadmio también tienen gran significancia. La bioacumulación de metales pesados puede generar efectos tóxicos multidireccionales en los peces (Russell et al., 2008).

En organismos vivos encontramos la presencia de metalotioneínas (MT), proteínas de bajo peso molecular ricas en cisteína, son indicadoras de biodisponibilidad y por tanto de toxicidad y cierta tolerancia a altas concentraciones de metales pesados

2.2.2.2 Cadmio

- **Fuentes de contaminación**

La principal fuente de contaminación posiblemente sea la explotación minera, la cual vierte al medio ambiente y al medio acuático como ríos y lagos un gran número de sustancias tóxicas dañinas para el desarrollo de las especies.

Esta contaminación causa las concentraciones más altas de cadmio, la exposición no sólo es importante para los mineros, sino también para otros individuos que trabajen en las mismas instalaciones o cerca de ellas.

Las actividades industriales sin duda son otra fuente en las que se manipula cadmio, ya sea como componente de materia prima o como parte de los subproductos del proceso, como es el caso de la obtención del zinc.⁽²⁶⁾

La forma química más importante en que el cadmio se presenta en el aire es como óxido de cadmio. En grandes ciudades superpobladas donde hay actividades industriales importantes, se han encontrado concentraciones elevadas del cadmio en el aire de 0,05 a 30 ug/m³, en

exposición a otras áreas contaminadas en donde existen niveles de 0,001 a 0,005 ug/m³ por ejemplo en áreas rurales y de 0,005 hasta 0,05 ug/m³ en zonas urbanas.

La presencia de cadmio en el aire adquiere interés cuando se piensa en los efectos de este contaminante para la salud humana, ya que puede penetrar al organismo por la vía respiratoria y ser absorbido. En áreas muy contaminadas un individuo puede llegar a inhalar hasta 3,5 ug de cadmio al día. ⁽²⁷⁾

A pesar de estudiar áreas no contaminadas, en el agua se han encontrado concentraciones de cadmio: 0,04-0,3 ug/L en océanos y alrededor de 1 ug/L en ríos. En las regiones en donde hay contaminación por este metal estas concentraciones se pueden elevar mucho así se han encontrado niveles de 0,001 hasta 0,115 mg/L. La importancia de estas concentraciones en el agua varía según la utilización que a ésta el hombre le dé, sea para consumo humano u otros usos. ⁽²⁷⁾

En el ser humano la cantidad de cadmio ingerida a través de la alimentación varía mucho, según estudios en otros países demostraron que la ingesta de cadmio puede ser de 10-60ug/día para una persona de 70 kg. En algunas partes se han encontrado casos con ingestión de hasta 150ug/día. Los alimentos representan la fuente de exposición más importante para los individuos de la población general no ocupacionalmente expuestos. Entre el 90 y el 95 % del Cadmio ingerido es eliminado por las heces, lo que hace que la importancia de la ingestión de cadmio solamente sea significativa cuando existe un alto índice de contaminación ambiental, lo cual repercute en las concentraciones de cadmio en los alimentos. ⁽²⁷⁾

- **Usos**

Los usos más comunes del cadmio son: La galvanoplastia, Producción de pigmentos, Manufactura de baterías, Estabilizadores.

- **Fuentes**

Fuentes antropogénicas, Productos de incineración, Materiales con cadmio, Combustibles fósiles, Fertilizantes, Descargas de aguas residuales, Polvo atmosférico y Humo de fundiciones, Especialmente del zinc; Alimentación ⁽²⁷⁾

Las industrias que han presentado mayor riesgo, por la presencia del Cadmio, según su rama o tipo, son las siguientes:

Baterías y acumuladores, Cables eléctricos, Células fotoeléctricas, Cloruro de polivinilo, Colorantes de cadmio, Equipos para ruedas, Equipos nucleares, Fusibles, Joyería, Laminados a vapor, Soldadura y Zinc ⁽²⁷⁾

- **Propiedades Químicas y Bioquímicas**

Tabla N°3: Propiedades Químicas

Cadmio	Símbolo	Cd
	Numero atómico	48
	Valencia	2
	Estado de oxidación	+2
	Electronegatividad	1,7
	Radio iónico	0.97
	Radio atómico	1.54
	Radio covalente	1.48
	Primer potencial de ionización	9.03
	Masa atómica	112,40,111,40

Fuente: Wikipedia

Tabla N° 4: Propiedades Físicas

Cadmio	Peso molecular	112.4
	Punto de ebullición	765 °C
	Punto de fusión	321° C
	Temperatura de auto cognición	250 ° C
	Densidad relativa	8.64

	Presión de vapor de miliar	133
	Solubilidad en agua	Ninguna

Fuente: Wikipedia

El cadmio es un metal blanco plateado brillante con estructura hexagonal dúctil y blanda, tiene la característica de ser muy estable en el aire y medio ambiente químicamente al calentarlo es capaz de formar una llama roja-amarillenta formando óxido de cadmio. Su punto de fusión es 321 °C y es soluble en ácido nítrico diluido pero muy poco soluble en ácido clorhídrico y ácido sulfúrico

Es muy fácilmente adherido a partículas de la tierra y parte de este es disuelto en el agua, se bioacumula en los organismos vivos y permanece por larga vida en ellos. Su origen natural es principalmente del desprendimiento de la actividad volcánica y minera, y también algunas plantas como el tabaco contiene cadmio, Muchos fumadores tienen alrededor del doble de cadmio en sus organismos que los no fumadores

El cadmio existe en un solo estado de valencia, 2+ y no forma compuestos alquímicos estables ni otros compuestos órgano metálicos de significación toxicológica conocida. Se puede absorber el cadmio con relativa facilidad por ingestión oral o a través de los pulmones. La absorción gastrointestinal en el hombre no suele llegar al 10%. Otros estudios limitados a seres humanos indican un valor aproximado de 5%
(28)

- **Efectos tóxicos en la biota acuática**

El cadmio puede bioacumularse en altas concentraciones en una gran variedad de organismos marinos y en algunas plantas. Los moluscos presentan una concentración de cadmio de hasta 2×10^6 veces mayor que la que se ha encontrado en el agua donde viven. También el cadmio puede depositarse en las riberas de ríos y costas marinas,

aunque no se han descrito niveles que representen peligro para el ambiente. ⁽²⁹⁾

La bioacumulación de este metal en animales es de gran importancia de estudio ya que representa un peligro persistente para el desarrollo y normal funcionamiento de los ecosistemas, ingestión prolongada puede significar el inicio de una patología, aunque hasta el momento no se han tenido evidencias de intoxicación por este mecanismo en nuestro país. Sin embargo se han encontrado concentraciones 2400 veces mayor de cadmio en camarones después de 40 días de exposición a 0,005 ppm esto pone en evidencia la capacidad bioacumulable del metal. También se sabe que los riñones y el hígado son los órganos de los peces en donde más se concentra el Cadmio. ⁽²⁹⁾

La mayor parte del cadmio que ingresa a los cuerpos de agua, eventualmente se asocian en el fondo del sedimento con materia orgánica y óxidos de magnesio y hierro, o precipitan con solución de carbonato o sulfuro. Cambios en las condiciones ambientales pueden afectar la distribución entre la fase disuelta y particulada y este se puede encontrar junto con óxidos de magnesio y hierro, Estos cambios son por ejemplo, alteración del sedimento con disminución del pH e incremento del potencial Redox. ⁽²⁹⁾

Como otros metales pesados el cadmio tiene la capacidad de entrar y ser parte de la cadena alimenticia para los peces que de acuerdo a su fisiología este penetra a través de las branquias, como se evidencia por su rápida bioacumulación durante la exposición en agua. En períodos cortos, es decir, horas o días, las concentraciones metálicas alcanzan niveles que pueden causar estrés fisiológico e incluso matar a los organismos y a medida que pasa el tiempo y teniendo en cuenta otros factores de bioacumulación también se concentra en otros tejidos, tales como hígado y riñón.

El principal trastorno fisiológico relacionado con la toxicidad de cadmio son las modificaciones de las actividades enzimáticas en órganos como en hígado, branquias, riñones e intestino junto a otros complejos cadmio -proteína, pueden participar en la desintoxicación por secuestro del metal. Otras lesiones del Cadmio incluyen la genotoxicidad y trastornos reproductivos en las especies ⁽³⁰⁾

Los organismos bentónicos están expuestos a cadmio particulado y disuelto, y por la ingestión de sedimento. Sin embargo, se cree que las formas disueltas de cadmio son más fácilmente biodisponibles, es asociado con fracciones de sedimento que muestra capacidad de intercambio catiónico o que es fácilmente reducido es generalmente más biodisponible que los asociados con otras fracciones ⁽³⁰⁾.

Es importante mencionar que dentro del grupo de alimentos derivados de pescados, los pescados grasos son más receptivos para el mercurio, otros como los moluscos, lo son para el cadmio. Inclusive aun dentro del mismo animal hay variaciones de localización y concentración de tóxicos y es bien conocido como en el hígado, por su papel central en el metabolismo, se bioacumulan gran cantidad de elementos que pueden ser tanto positivos como negativos para la nutrición. Dentro de cada órgano, la contaminación es muy diferente según la edad del animal y esto se aprecia, especialmente, en el caso del ganado vacuno no tienen la misma receptividad para los diversos tipos de contaminantes. ⁽³¹⁾

Estudios han demostrado y han clasificado este metal tóxico dentro del grupo B1 de probables cancerígenos humanos, así mismo se ha comprobado que no se elimina de los ecosistemas acuáticos, sino más bien se bioacumula en los sedimentos esto pues predispone a que la concentración natural de metales en los ecosistemas acuáticos dependan de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca hidrográfica al que pertenece. Los niveles naturales en el ambiente acuático se han incrementado debido a la actividad

antropogénica que libera contaminantes de forma doméstica, industrial, minera y agrícola, en concentraciones que no permiten la utilización posterior del agua debido a los cambios físico-químicos y a los efectos devastadores sobre el equilibrio ecológico del medio ambiente receptor.⁽³²⁾

- **Efectos tóxicos en el hombre**

Tiene la característica de ser tóxico bioacumulativo con una vida media biológica aproximada de 10-30 años, esto teniendo en cuenta la exposición continua, las concentraciones del metal en los tejidos aumentan durante toda la vida. La carga corporal de cadmio en un adulto de 50 años es de 30 mg.

La metalotioneína, proteína que puede ser inducida por exposición a cadmio, puede servir de protección impidiendo la interacción del cadmio con otras macromoléculas funcionales. Por su vida media biológica extraordinariamente prolongada, es considerado el veneno ambiental más propenso al ser acumulado. La eliminación de este metal por las heces es cuantitativamente más importante que la urinaria, y esta última sólo adquiere significación cuando se ha producido un alto grado de nefrotoxicidad. La transferencia transplacentaria y las secreciones en la leche son muy escasas.⁽³³⁾

La toxicidad del cadmio se debe a su capacidad para desplazar a otros metales de importancia en la actividad enzimática y para reaccionar con grupos biológicamente activos. Este como otros metales por su gran afinidad a grupos amino y sulfhídricos reaccionan, formando complejos que van a afectar el control de las reacciones metabólicas, por inhibición de las actividades enzimáticas⁽³³⁾

En general, se sabe que la corteza renal es el órgano crítico para la bioacumulación de cadmio en el hombre. El daño severo al riñón puede elevar la excreción urinaria de proteínas totales hasta diez veces y las de bajo peso molecular como las beta 2 microglobulina hasta en cien

veces produce descalcificación debido a que actúa a nivel de la sangre produciendo una eliminación de calcio muy alta que junto a la reabsorción renal disminuida dan lugar a la descalcificación ⁽³⁴⁾

Las manifestaciones clínicas de las intoxicaciones causadas por este metal pueden ser agudas o crónicas, habitualmente de carácter sistémico. Las intoxicaciones que se puedan presentar en la población general, salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas son generalmente de carácter crónico. En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características

Es importante tener en cuenta los variados aspectos clínicos que se señalan a especialmente en los cuadros crónicos para los fines de notificación. La clínica de las intoxicaciones por cadmio es variable, según su vía de penetración, la cantidad absorbida, el tiempo de exposición y las características propias del individuo expuesto, además, tiene relación con el tipo de exposición, ocupacional o ambiental respectivamente.

Los síntomas que presenta una persona intoxicada con cadmio son: náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay una diarrea intensa con colapso. Estos síntomas aparecen con la presencia de cadmio en agua o en alimentos en concentraciones de alrededor de 15 ppm por encima de los límites máximos permisibles para alimentos derivados de especies acuáticas según la OMS.

La inhalación prolongada del cadmio en trabajadores expuestos puede determinar la aparición de un síndrome que incluye enfisema pulmonar y enfermedad de los túbulos renales, con proteinuria. En estos casos se han observado también otros efectos como anemia, alteraciones hepáticas y cambios en el metabolismo de los minerales, el cadmio produce una grave enfermedad ósea llamada enfermedad Itai-itai, problemas gastrointestinales, anemia, daño renal y trastornos hepáticos ⁽³⁵⁾

Por otro lado, es muy probable que la interferencia en la homeostasis redox sea parte de diferentes pasos de carcinogénesis inducida por cadmio, por ejemplo, la reparación del ADN se realiza usando endonucleasas, que son activadas por mecanismos redox e inhibidas por cadmio ⁽³⁶⁾

2.2.2.3 Mercurio

- **Fuentes de contaminación**

El mercurio es un elemento traza no esencial muy tóxico en elevadas concentraciones, se encuentra en el ambiente en una amplia variedad de formas orgánicas e inorgánicas. Los niveles de mercurio en los sedimentos de ríos, lagos y estuarios se han incrementado como resultado directo de las actividades humanas. ⁽³⁷⁾

Una serie de actividades que contribuyen significativamente al ingreso mundial de mercurio incluyen la combustión de combustibles fósiles, minería y reprocesamiento de oro, cobre y plomo, operaciones de plantas de cloro-álcali, y eliminación de pilas y lámparas fluorescentes. El ambiente juega un papel importante en la movilización de mercurio, fuentes naturales ingresa directamente a la biosfera como un gas, en la lava producto de la actividad volcánica terrestre y oceánica en solución, o en forma particulada. ⁽³⁸⁾

Propiedades Químicas y Bioquímicas

Tabla N°5: Propiedades Químicas

Mercurio	Símbolo	Hg
	Numero atómico	80
	Valencia	1.2
	Estado de oxidación	+2
	Electronegatividad	1,9

	Radio iónico	1.10
	Radio atómico	1.57
	Radio covalente	1.49
	Primer potencial de ionización	1.51
	Masa atómica	200.59

Fuente: Wikipedia

Tabla N°6: Propiedades Físicas

Mercurio	Peso atómico	200.59
	Punto de ebullición	357 °C
	Punto de fusión	-38.4 °C
	Entalpia de vaporización	59,229
	Densidad relativa	16.6
	Solubilidad en agua	Ninguna

Fuente: Wikipedia

El mercurio es un metal brillante color plata, que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido es muy volátil y no es fácilmente soluble en agua su temperatura de fusión es de $-38,9^{\circ}\text{C}$. Su temperatura de ebullición es $357,3^{\circ}\text{C}$, su peso específico es $13,6\text{ g/cm}^3$ (0°C). Debido a su alta presión de vapor ($163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$) se evapora fácilmente a temperatura ambiental aproximadamente a 20°C . Estudios han demostrado que su concentración en el aire puede alcanzar hasta $0,014\text{ g/m}^3$, y a 100°C hasta $2,4\text{ g/m}^3$.⁽³⁸⁾

La composición de la población microbiana, substrato nutritivo y mineral, pH, temperatura, potencial redox, materia orgánica disuelta y particulada, salinidad, hierro y sulfuros son algunos factores que influyen la tasa de producción total de mercurio como la concentración y disponibilidad de Hg^{2+} , en última instancia, la metilación neta de mercurio en sedimentos es dictado por la bioacumulación del ion mercúrico para la metilación y la actividad de los microorganismos. La solubilidad

del mercurio en agua depende fuertemente de la temperatura.

(38)

Algunos investigadores sugieren que el mercurio de los yacimientos más importantes, tales como Almadén, proviene del manto superior de la tierra, a varias decenas e incluso centenas de kilómetros de profundidad. Por tanto, el Mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanando como un producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas, proceso que continúa en la actualidad.

De este modo, el mercurio inicia su ciclo geoquímico pasando a la corteza terrestre y de esta al aire, al agua y suelos, para pasar posteriormente a las plantas y a los animales y por último llegando hasta el hombre. Sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso, en formas: sólidas, disueltas, absorbidas, gaseosa. Esto explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos. El Mercurio se encuentra principalmente en la naturaleza como cinabrio rojo (HgS) y también como 13 metacinabrio negro (sulfuro mixto). Estos dos sulfuros de mercurio pueden encontrarse en cantidades apreciables en yacimientos de otros sulfuros como piritas (sulfuro de hierro), rejalgar (sulfuro de arsénico), estibina (sulfuro de antimonio) y otros sulfuros de zinc, cobre y plomo. (38)

- **Usos**

Generalmente se habla de vapor de mercurio cuando el mercurio elemental se encuentra presente en la atmósfera o de mercurio metálico cuando está en su forma líquida. Un gran número de metales, y mayormente oro y plata, forman aleaciones con el mercurio metálico, que se denominan amalgamas. Esta propiedad lo hace atractivo para la recuperación de oro en la pequeña minería aurífera. (38)

Los compuestos inorgánicos de mercurio pueden ser clasificados en los siguientes grupos: Sulfuros: HgS, Óxidos: HgO, Compuestos con halógenos: Hg₂Cl₂, HgCl₂, HgF₂, HgBr₂, Cianuros y thiocianatos Hg (SCN) ₂, Nitratos, sulfatos: Hg₂ (NO₃) ₂, Hg₂SO₄, HgSO₄, etc. ⁽³⁹⁾

- **Efectos en la biota acuática**

Estudios han demostrado que el mercurio contamina principalmente los peces y productos de la pesca, por este motivo, las limitaciones para mercurio del Reglamento SCF 466/2001, se establecen únicamente para pescados y no para el resto de productos animales. El consumo de pescado es una de las vías probables de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados, por esta razón es importante asegurar que el pescado como alimento de origen animal cumpla con los parámetros máximos legales en concentración en metales. ⁽⁴⁰⁾

La alta afinidad del Mercurio por ligandos orgánicos en partículas o coloides significa que es fácilmente transportado hacia los sedimentos desde la columna de agua. El comportamiento del Mercurio en sedimento y la biodisponibilidad del mismo para organismos acuáticos son dependientes de un número de factores, incluyendo el pH, potencial redox y temperatura. Además, la composición geoquímica de los sedimentos estos factores también afectan la tasa de metilación y demetilación del mercurio, los cuales son procesos críticos en el destino y distribución del mercurio en los sistemas acuáticos ⁽⁴⁰⁾

La asimilación del mercurio en organismos acuáticos se da por contacto directo o a través de la dieta la alta afinidad del

mercurio +2 a los grupos –SH de las proteínas, es un mecanismo importante para la actividad biológica de este metal. La acción exacta del mercurio no es fácil de determinar debido a la amplia distribución de los grupos SH en el organismo; sin embargo, se incluyen la inactivación de diversas enzimas, proteínas estructurales, o procesos de transporte, y la alteración de la permeabilidad de la membrana celular por la formación de mercáptidos. ⁽⁴⁰⁾

- **Efectos en el hombre**

El mercurio es un metal pesado y su presencia en el cuerpo humano resulta tóxica a partir de ciertos niveles críticos que dependen fundamentalmente, de un conocimiento de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta. Asimismo, depende del conocimiento de las variaciones en la exposición, absorción, metabolización y excreción en cualquier situación dada. ⁽⁴¹⁾

Uno de los casos más conocidos y ampliamente documentados de envenenamiento por mercurio, conocido como enfermedad de Minamata, ocurrió en la bahía del mismo nombre, al suroeste de Kyushu en Japón, entre los pescadores y sus familias. ⁽⁴²⁾

En esta zona de Japón la fuente de mercurio estuvo en la descarga de residuos de una planta de acetaldehído que utilizaba mercurio inorgánico como catalizador, entre 1932 y 1968, la bahía de Minamata recibió por lo menos 260 toneladas de mercurio, y quizás más de 600. Como resultado se evidenció un trastorno neurológico grave reconocido a finales de 1953 que alcanzó proporciones epidémicas en 1956; 111 casos de intoxicación se registraron a finales de 1960 y 41 muertes en agosto de 1965. Para 1982, había 1800 víctimas

humanas por intoxicación de mercurio dentro de una población total de 200,000. ⁽⁴²⁾

Los síntomas presentados por las víctimas humanas incluyeron deficiencias sensoriales, constricción de los campos visuales, pérdida auditiva, ataxia, y trastornos del habla. Los casos congénitos fueron acompañados por una alteración del desarrollo físico y mental, el 6% de bebés nacidos en Minamata tenían parálisis cerebral ⁽⁴²⁾. El metilmercurio se concentró a un alto nivel en pescados y mariscos, y se biomagnificó en la cadena alimentaria. Cuando estos peces y mariscos fueron consumidos por los seres humanos, el metilmercurio se acumuló gradualmente hasta superar un valor umbral, provocando intoxicación así, gatos, perros, ratas, aves y cerdos envenenados, se comportaban erráticamente y murieron. Cuervos volando de repente cayeron al mar y se ahogaron, y un gran número de peces muertos fueron vistos flotando en la superficie del mar ⁽⁴²⁾

La vía respiratoria es una de las vías más comunes de absorción de los metales. Los gases altamente solubles en agua se disuelven en la mucosa de la membrana o en el fluido del tracto respiratorio superior, mientras que los gases y vapores menos solubles en agua, penetran más profundamente en el árbol bronquial alcanzando el alvéolo. Por tanto, se tiene que del 75% al 85% del mercurio elemental entra por vía inhalación a través del pulmón obteniéndose aproximadamente un 80% de retención y un 100% de absorción. Un 7% del mercurio retenido se pierde de nuevo con el aire espirado, con una vida media de 18 horas. El mercurio elemental absorbido abandona rápidamente los pulmones a través del sistema circulatorio. Sin embargo, en los pulmones de los trabajadores expuestos se han encontrado niveles de mercurio elevados. Los efectos tóxicos de todas las formas de

Mercurio inorgánico puede decirse que son debidos al Mercurio iónico, puesto que el mercurio elemental no forma enlaces químicos. ⁽⁴³⁾

El mercurio 0 se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%. Para el mercurio 2+ la vía gastrointestinal si es muy importante, de forma que la intoxicación accidental o intencional por Cl_2Hg (sublimado corrosivo) no ha sido rara a través de la historia. Tras una ingestión elevada se presenta una acción cáustica e irritante por la formación de albuminato soluble que genera una alteración en la permeabilidad del tracto gastrointestinal que favorece la absorción y por tanto la toxicidad. ⁽⁴⁴⁾

Es muy probable que el mercurio 0 pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas. Es dudoso, sin embargo, que esta vía de absorción juegue un papel importante en comparación con otras, es más, parece probable que penetre más mercurio en el organismo por inhalación a causa de una piel contaminada con mercurio que a través de esta. ⁽⁴⁵⁾

El mono metilmercurio, más conocido como metilmercurio (MeHg), es la especie más peligrosa debido a su alta estabilidad, solubilidad en lípidos, y sus propiedades iónicas que llevan a una alta capacidad de penetrar las membranas celulares. Varios factores influyen la tasa de producción total de metilmercurio incluyendo: la concentración y disponibilidad de Hg^{2+} , composición de la población microbiana, substrato nutritivo y mineral, pH, temperatura, potencial redox, materia orgánica disuelta y particulada, salinidad, Fe y sulfuros. En última instancia, la metilación neta de Hg en sedimentos es dictado por la bioacumulación del ion mercúrico para la metilación y la actividad de los microorganismos. ⁽⁴⁶⁾

En sedimentos anóxicos, el mercurio rápidamente se une con los sulfuros disponibles para formar sulfuro de mercurio, un compuesto relativamente estable que permanece no reactivo bajo condiciones anóxicas y adsorbe o precipita con ácidos de sulfuro volátil y pirita. En sedimentos óxicos, el Sulfuro de Mercurio puede oxidarse a sulfato, el cual es más soluble, haciendo al ion mercurio disponible para la absorción biológica o uniéndose con disolventes orgánicos formando complejos estables. ⁽⁴⁶⁾ El Hg^{2+} se puede unir al grupo tiol de la cisteína, formar un complejo en el que los enlaces de valencia unen el átomo de mercurio al de hierro adyacente y al azufre en un ángulo determinado que crea un producto similar en estructura al aminoácido esencial metionina. Por consiguiente, el metilmercurio puede cruzar la barrera hematoencefálica como un aminoácido a través de un sistema portador. La absorción de metilmercurio por el cerebro se inhibe por la presencia de otros aminoácidos tales como leucina, metionina, fenilalanina, y otros aminoácidos neutros grandes. Los complejos de metilmercurio con cisteína o glutatión se han identificado en sangre, hígado y bilis. ⁽⁴⁶⁾

Bioquímicamente las alteraciones inducidas por Mercurio en organismos vivos, incluyen aumento significativo del estrés oxidativo, alteración de la formación de microtúbulos, aumento de permeabilidad de la barrera sangre-cerebro, interrupción de la síntesis de proteínas, interrupción de replicación del ADN y la actividad del ADN polimerasa, deterioro de la transmisión sináptica, disrupción de la membrana, deterioro de la respuesta inmune, y alteración en la homeostasis del calcio.

Se ha demostrado mediante estudios que el cloruro de Mercurio causa la despolarización de la membrana mitocondrial interna, y el aumento en la formación de H_2O_2 .

Estos hechos se suman a la depleción de glutatión y la oxidación del nucleótido piridina mediados por Hg^{2+} , creando una condición de estrés oxidativo caracterizada por aumento de susceptibilidad de la membrana mitocondrial a la peroxidación lipídica dependiente del Fe. Además, que las alteraciones inducidas por el Hg en la homeostasis del Ca mitocondrial pueden exacerbar el estrés oxidativo inducido por Hg^{2+} en células de riñón. Como resultado, numerosos cambios bioquímicos pueden ocurrir, incluyendo el exceso de excreción de porfirinas en la orina. ⁽⁴⁶⁾

Una de las cualidades del Mercurio divalente es depositarse en el riñón, siendo su principal sitio de acción las células del epitelio proximal tubular. Concretamente se halla en las fracciones lisosómicas mitocondriales (lisosomas), tanto en hígado como en riñón, unido a la metalotionina, aunque previamente se había estimado que la concentración en los lisosomas renales ocurre en intoxicación crónica y no después de una exposición corta.

La orina y las heces son las rutas preferentes de eliminación para los compuestos inorgánicos, la cinética para el vapor de mercurio presenta dos fases: la primera es dosis dependiente y la segunda, más lenta, parece ser común a distintas dosis. La vida media de excreción urinaria es de 1,3 días para la primera fase y de 36,5 días para la segunda. ⁽⁴⁷⁾

En la deposición renal del mercurio, parecen existir dos mecanismos: por un lado, la filtración glomerular que se cree toma parte cuando el metal entra primero en el torrente circulatorio, y por otro lado, puede ocurrir una absorción tubular a partir de la sangre. No hay conclusiones definitivas con respecto al mecanismo exacto por el cual el riñón elimina el Mercurio en la orina pero si se ha comprobado que bajo

condiciones de estado estacionario la carga de Mercurio en el riñón permanece, como media, constante. Por tanto la cantidad excretada es igual a la cantidad que entra en el riñón, es decir la mitad de la dosis total absorbida. ⁽⁴⁸⁾

La excreción de mercurio a través de la saliva, puede ser relativamente importante. Se han reportado valores que suponen $\frac{1}{4}$ de la concentración sanguínea y $\frac{1}{10}$ de la concentración urinaria. La concentración de Mercurio en sudor es lo suficientemente elevada como para tenerla en cuenta en el balance global en trabajadores expuestos al vapor de mercurio elemental. En los casos en que se llega a un punto crítico en el balance entrada-eliminación de mercurio, aparecen los efectos tóxicos que se manifiestan de diferentes formas de intoxicación: aguda, subaguda y crónica. ⁽⁴⁹⁾

Los efectos negativos tóxicos del mercurio presentan alteraciones del Sistema Nervioso son las más importantes, en una primera fase aparecen trastornos psíquicos tales como: irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, temor, pérdida de memoria, excesiva timidez, debilidad muscular, sueño agitado, susceptibilidad emocional, hiperexcitabilidad o depresión. Todo ello constituye el denominado "Eretismo Mercurial" Estos trastorno pueden aparecer en personas con exposiciones bajas y provienen de perturbaciones de los centros corticales del Sistema Nervioso Central, acompañándose de modificaciones funcionales del aparato cardiovascular, urogenital y sistema endocrino. En ocasiones concurren alteraciones encefálicas que conducen a un síndrome psico-orgánico definitivo susceptible de evolucionar hacia una demencia e incluso caquexia. ⁽⁵⁰⁾

2.3. BASES LEGALES

2.3.1. NORMAS INTERNACIONALES

Concentración metales pesados

En el Perú no existe ninguna normativa que establezca una concentración máxima admitida para Cadmio y Mercurio ni para ningún otro metal pesado en peces ni productos de pesca para el consumo (Chávez, 2007).

Se rige por la normativa según los valores publicados por la Unión Europea (UE) la cual establece los siguientes valores permisibles:

Tabla N°7: Límites máximos permisibles según la EU

Especie	Cadmio ppb	Mercurio ppb
Oncorhynchus mykiss	50 ppb	500 ppb
Hombre	0.05 mg/kg	0.5 mg/kg

Fuente: CODEX ALIMENTARIUS (FAO-OMS). Período de sesiones, Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG) Ginebra (Suiza), 6-11 de julio de 2015. UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios y en especies acuáticas. Marzo 2017

Estándar Internacional crecimiento de las truchas

Según estándares internacionales, la FAO establece los siguientes parámetros para crecimiento de la especie *Oncorhynchus mykiss*:

Tabla N°8: Parámetros de crecimiento de las truchas según la EU

Especie	Edad	Peso	Talla
Oncorhynchus mykiss	PRE-JUVENIL (De 3 a 5 meses)	250 g	12 -15 cm
	JUVENIL (De 5 a 8 meses)	400 g	15-20 cm
	ADULTOS (De 9 meses a más)	600 g	20 cm

Fuente: Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales FONDEPES Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero Ministerio de Producción

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. La bioacumulación de cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.
2. La bioacumulación de mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín.
3. Existe diferencia significativa en la Bioacumulación de cadmio y Mercurio en truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio frente al criadero de Huayhuay región Junín.
4. Los niveles de bioacumulación de cadmio y mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VI. Crecimiento de las truchas Arcoíris	Peso Talla Edad	kilogramo (kg) Centímetro cm Meses

<p style="text-align: center;">VD. La Bioacumulación de Cadmio y Mercurio</p>	<p style="text-align: center;">Metales pesados</p>	<p style="text-align: center;">Límite máximo permisible: Cadmio (ppb) 50 ppb Mercurio (ppb) 500 ppb</p>
---	--	--

2.5.1 VARIABLES DE ESTUDIO

VI: Crecimiento de las truchas Arcoíris

VD: Bioacumulación de Cadmio y Mercurio

2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICO

Abiótico

Abiótico es un término que se utiliza en las ciencias biológicas y químicas, su Etimología la componen dos palabras, “A” que significa “Sin” y “Biótico” que quiere decir “Vida”, por lo tanto, el término Abiótico quiere decir “Sin Vida”

Biomasa

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

Biótico

El término biótico, es una palabra comúnmente empleada en el campo de la biología ya que se refiere a todo lo relacionado con los organismos vivos, como se caracterizan y cómo interactúan con otros organismos de su misma especie. También se le conoce como Biota, que se refiere a todos los organismos vivos: las plantas, los animales y los seres humanos que habitan en una zona específica y que a su vez son los que conforman los factores bióticos.

Biota

En su uso más habitual, mediante el término biótico se designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada. Se dice, por ejemplo, biota europea para referirse a la lista de especies que habitan en ese territorio. El término puede desglosarse en flora y en fauna, según los límites establecidos en botánica y en zoología.

Cuantificación

Es el proceso de convertir un objeto a un grupo de valores discretos, como por ejemplo un número entero. Dependiendo del campo de estudio, el término cuantificación puede tomar diferentes definiciones.

Crecimiento

Es el proceso biológico, por el cual un organismo aumenta de masa y tamaño a la vez que experimenta una serie de cambios morfológicos y funcionales que afecta a todo el organismo hasta adquirir las características del estado adulto.

Contaminación

Es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso.

Criadero

Es el sitio destinado en los viveros a la crianza de árboles de todas clases, así como de vides y otras plantas.

Comercialización

Es la acción y efecto de comercializar (poner a la venta un producto o darle las condiciones y vías de distribución para su venta).

Distribución

La distribución es aquel conjunto de actividades, que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que ha sido comprado por el consumidor final, y que tiene por objeto precisamente hacer llegar el producto (bien o servicio) hasta el consumidor.

Determinación

Capacidad para realizar una actividad con éxito y definir las características que ostenta algo.

Ecosistema

Un ecosistema es el conjunto formado por los seres vivos y los elementos no vivos del ambiente y la relación vital que se establece entre ellos. La ciencia encargada de estudiar los ecosistemas y estas relaciones es la llamada ecología.

Estanque

Es una pequeña cavidad de agua, natural o artificial, utilizado cotidianamente para proveer al riego, criar peces, nadar, etcétera, o con fines meramente ornamentales.

Hábitat

Es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia. Un hábitat queda así descrito por los rasgos que lo definen ecológicamente, distinguiéndolo de otros hábitats en los que las mismas especies no podrían encontrar acomodo.

Medio ambiente

Es el conjunto de componentes físicos, químicos, y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos.

Peso

Es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto.¹ El peso equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo.

Predadores

En ecología, la depredación es un tipo de interacción biológica en la que un individuo de una especie animal (el predador o depredador) caza a otro individuo (la presa) para subsistir.

Reproducción

La reproducción es un proceso biológico que permite la creación de nuevos organismos, siendo una característica común de todas las formas de vida conocidas. Las modalidades básicas de reproducción se agrupan en dos tipos, que reciben los nombres de asexual o vegetativa y de sexual o generativa.

Toxicidad

Es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. Tóxico es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad (es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos).

Truchas

Las truchas son peces de la subfamilia Salmoninae, dentro de la familia de los salmónidos, el nombre se usa específicamente para peces de tres géneros de dicha subfamilia: *Salmo*, que incluye las especies del Atlántico, *Oncorhynchus*, que incluye las especies del Pacífico, y *Salvelinus*.

Vulnerable

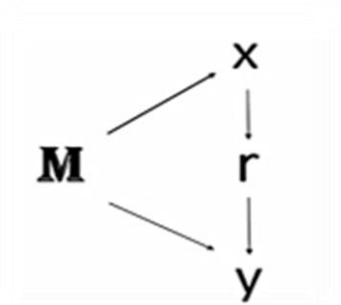
Que puede ser herido o dañado física o moralmente

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

- Según su finalidad, la investigación fue aplicada pues tuvo el propósito de mejorar las actuales condiciones.
- En relación al enfoque es cuantitativa, pues la investigación tuvo como fin comprobar hipótesis con la medición numérica aplicando el análisis estadístico.
- Es transversal pues se desarrollará en un solo momento.



Dónde:

M = muestra.

x = medición de la variable

y = medición de la variable

r = correlación o relación.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio propuesto alcanzó el nivel descriptivo correlacional debido a que se describieron dos fenómenos que se presentaron en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Además se demostró el grado de asociación o correlación de las variables: Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y Crecimiento de las truchas Arcoíris

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación responde a un diseño cuasi experimental, en la cual no se manipula las variables deliberadamente, es decir se trata de estudio donde no se hace variar en forma intencional las variables para ver su efecto sobre otra variable. Lo que se hace es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Este estudio tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables.

Para lo cual se utilizó una de ficha de recolección de datos, la cual permitió obtener los valores comparativos de peso, talla y edad en ambos criaderos de la región Junín. Teniendo el criterio de los estándares establecidos por la FAO para crecimiento de las truchas. Dichos datos obtenidos se logró mediante encuesta y medición de los parámetros mencionados.

Se realizó el procedimiento experimental en el laboratorio de Análisis de la Facultad de Química e Ingeniera Química de la universidad Mayor de San Marcos mediante el uso del equipo de Absorción Atómica, siguiendo los detalles del procedimiento con los materiales y reactivos óptimos para encontrar la concentración de metales pesados en las 40 muestras respectivamente.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. POBLACIÓN

La población de la investigación fue constituida por los criaderos de truchas del distrito de Ingenio provincia de Huancayo y del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín.

3.3.2. MUESTRA

Para un mejor estudio se determinó una muestra no probabilística y por conveniencia, la cantidad de 40 truchas Arcoíris, 20 de Ingenio y 20 de Huayhuay.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 TÉCNICA

Espectrofotometría de absorción atómica en llama y horno de grafito

Ficha de Observación

3.4.2 INSTRUMENTOS

3.4.2.1. Equipo de Absorción Atómica SHIMADZU AA-6800

Principio de funcionamiento

Es un método instrumental utilizado en química analítica y toxicología que permite medir las concentraciones específicas de un componente en una solución determinada. Esta técnica analítica se utiliza para determinar la concentración de un analito en una muestra problema y puede determinar más de 70 elementos de la tabla periódica en solución o directamente en muestras sólidas utilizadas en farmacología, biofísica o investigación.

La Espectrofotometría de Absorción Atómica se basa en la ley de Beer la cual consiste en que la absorbancia es directamente proporcional a la longitud de trayectoria en la flama y a la concentración de vapor atómico en ella. Ambas variables son difíciles de determinar, pero se puede mantener constante la longitud de trayectoria y entonces la concentración del vapor

atómico será directamente proporcional a la concentración del analito en la solución que se aspira.

Los electrones de los átomos en estado gaseoso de la muestra a analizar entran al atomizador donde son promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía a determinada longitud de onda esta transición de electrones desprenderá una energía libre hasta que los átomos vuelvan a su estado fundamental. Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado del detector se puede medir cuántas de estas transiciones han sido efectuadas, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

Este procedimiento es factible para preparar una curva de calibración de concentración en la solución en función de la absorbencia. Un de las principales desventajas de esta técnica es la utilización de una fuente diferente para cada uno de los elementos químicos a estudiar.



Figura N° 4: Equipo de Absorción Atómica SHIMADZU AA-6800

Técnicas usadas en Absorción Atómica

Atomizadores con Llama

Su función es convertir los átomos combinados de la muestra en átomos en estado fundamental, para ello es necesario suministrar a las muestras una

cantidad de energía suficiente para disociar las moléculas, romper sus enlaces y llevar los átomos al estado fundamental se representan las etapas por las que pasa la muestra hasta obtener átomos en estado fundamental.

Horno de grafito

Es una parte del equipo de absorción atómica donde se produce la atomización estos están calentados por resistencias eléctricas. Tienen una eficiencia de atomización mayor que la llama, por lo que los límites de detección absoluta son mejorados 100 ó 1000 veces en comparación con los métodos de llama.

Los hornos de grafito generalmente proporcionan límites de detección absoluta muy buenos y son capaces de vaporizar muestras muy pequeñas. Han sido una solución satisfactoria para un conjunto de problemas analíticos para los cuales los límites de detección eran inadecuados con los atomizadores de llama. Su principal desventaja es la presencia de interferencias y menor precisión es consecuencia de la utilización de micro muestras

Generador de hidruros

Este método es utilizado en hidruros volátiles como son arsénico, selenio, telurio y aquellos elementos que originan fácilmente calentamiento. Generalmente se trata la muestra con una solución de boro hidruro sódico que genera los hidruros volátiles correspondientes. Se conducen los hidruros mediante un gas inerte hasta una célula de cuarzo, que se calienta eléctricamente hasta unos 1000 °C se pueden identificar partículas en partes por billón.

Técnica de vapor frío

Utilizada con exclusividad para la determinación de Mercurio, por la elevada volatilidad que presenta este elemento. La técnica de vapor frío es muy similar a la técnica de atomización por generación de hidruros. En esencia, el Mercurio presente en la muestra es químicamente reducido a su forma elemental mediante boro hidruro sódico, y es arrastrado por una corriente de aire a través de una célula de absorción de cuarzo de unos 15 cm de longitud

colocada en el haz de muestra del Espectrofotómetro de Absorción Atómica. La ventaja de la técnica de vapor frío es que permite determinar cantidades de mercurio menores de un microgramo.

3.4.2.2. Ficha de recolección de datos

El instrumento de la investigación fue elaborado ex profesamente para la prueba del estudio y su validación se realizó a través de la técnica del juicio de expertos. La ficha de evaluación se realizó en bases a los indicadores con sus respectivos criterios, dicho juicios de expertos calificaron desde muy poco (1 punto) hasta muy aceptable (5 puntos) a cada uno de ellos. El juez 1, califico con 41 puntos; el juez 2, con 43 puntos; y el juez 3, con 44 puntos, lo cual dio como resultado 41 que el instrumento fuese considerado valido y aplicable presentándose concordancia entre los tres expertos.

Los expertos fueron 3 Químicos Farmacéuticos, especialistas y con amplia experiencia en Toxicología y Química Analítica e Instrumental.

Tabla N° 9: Resumen de Resultados Juicio de expertos

Juez experto	Resultados	Condición
Mg. Q.F NesquenTasaycoYataco	41	Valido aplicar
Q.F Profesor de Toxicología Florencio Ninantay de la Vega	43	Valido aplicar
Especialista Q.F SENASA Daniel Echevarría Rodríguez Sawao	44	Valido aplicar

Con la tabla de recolección de datos se pudo obtener en los dos criaderos de Junín datos en relación a las truchas Arcoíris, identificando la misma edad de las truchas se midió el tamaño y se obtuvo el peso respectivo. Así mismo se hizo preguntas a los productores sobre las medidas de prevención que realizan para evitar que la producción tenga perdidas.

El proceso de encuesta permitió al investigador recolectar todos los datos necesarios para relacionar las dos variables de estudio teniendo en cuenta que ambos criaderos tienen las mismas condiciones ambientales por estar ubicados en la misma región.

Los datos obtenidos sobre las 40 muestras de truchas entre ellas sus características de peso y talla y edad fueron llenadas en la ficha con el fin de que los valores sirvan como base para el tratamiento estadístico y se realice la comparación de la especie en ambos criaderos.

3.5. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

❖ PROTOCOLO DE ENSAYO PARA CADMIO

Equipos:

Equipo de Absorción Atómica SHIMADZU AA-6800

Horno de grafito GFA-EX7

Inyector automático, Autosampler ASC-6100

Computadora

Plancha térmica

Balón de Argón, 99.999% de pureza

Tabla N°10: Curva de calibración del equipo

Concentración (ppm)	Absorbancia
4.0000	0.2440
6.0000	0.3602
8.0000	0.4774

Parámetros ópticos:

Se usa corrección de fondo (background)

Longitud de onda: 228.8 nm

Slit: 1.0 nm

Medida de señal: Área del pico (A-As)

Materiales:

- Fiolas de 50 ml y 100mL clase A
- Pipetas de 2ml, 10 ml y 50 ml clase A
- Probetas de 10 ml
- Vasos de 150 ml
- Lunas de reloj

Reactivos:

- Estándar certificado de cadmio de 1000 mg/L
- Ácido nítrico, HNO₃, concentrado ultra puro, con contenido de 0.07 x 10⁻¹ µg/L de cadmio, para preparación de estándares.
- Ácido nítrico, HNO₃, concentrado para análisis de trazas, con contenido de 0.7 µg/L de cadmio, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, agua ultra pura.

❖ PROTOCOLO DE ENSAYO PARA MERCURIO**Equipos:**

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- Generador de Hidruros
- Horno de grafito GFA-EX7
- Inyector automático, Autosampler ASC-6100
- Computadora
- Plancha térmica
- Balón de Argón, 99.999% de pureza

Tabla N°11: Curva de calibración del equipo

Concentración (ppb)	Absorbancia
10.0000	0.0036
20.0000	0.0041
40.0000	0.0049

Parámetros ópticos:

Se usa corrección de fondo (background)

Longitud de onda: 253.7 nm

Slit: 0.5 nm

Medida de señal: Área del pico (A-As)

Los reactivos utilizados deben ser para análisis deben ser ultra puros. El agua que se menciona en las técnicas se refiere al agua des ionizada con un grado máximo de conductividad de 1 mho a 25 °C.

Materiales:

- Fiolas de 50 ml y 100 ml clase A
- Pipetas de 2mL, 10 ml y 50 ml clase A
- Probetas de 10 ml
- Vasos de 150 ml
- Lunas de reloj

Reactivos:

- Estándar certificado de Mercurio de 1000 mg/L. El estándar primario de Mercurio contiene 1000 ug/ml de Mercurio, comercializado para análisis por Absorción Atómica.
- Diluyente, agua ultra pura.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Toma de muestra:

La toma de muestra se llevó a cabo en ambos criaderos de la región Junín donde se recolectaron las 40 muestras de truchas de las cuales se retiraron todos los órganos constituyentes y solo se seleccionó el tejido de interés. Las muestras fueron embaladas en bolsas transparentes y etiquetadas con sus respectivas características, seguido de ellos se realizó el transporte utilizando un cooler de capacidad adecuada con cadena de frío con la finalidad de mantener las muestras en perfecto estado de conservación hasta llegar al destino para el análisis experimental.

Tratamiento de muestra para Determinar Cadmio:

- Peso de muestra: 1.0 g aprox.
- Volumen final: 50 mL
- Digestión con ácido nítrico 10 mL

- Digestión con ácido perclórico 3 mL, hasta sequedad, dilución con agua des ionizada
- Filtrado de solución
- Lectura de la muestra.

Procedimiento

Se abrieron las truchas Arcoíris y se extrajo el musculo. Se pesó 1.0 g de muestra la cual fue transferida a un vaso de 50 mL.

Luego se añadió 10 mL de HNO₃ concentrado y 3 ml ácido perclórico, se procedió a digestar la solución bajo una campana por un tiempo de 12 horas. Para después Transferir la solución a una fiola de 100 mL y aforar con agua csp para 100ml.

Se preparó dos blancos (solución 15 ml de HNO₃ concentrado y 5 ml de HCl concentrado llevados hasta 100 ml con agua)

Se llevó a lectura en el equipo de Absorción Atómica

Tratamiento de muestra para Determinar Mercurio:

- Peso de muestra: 1.0 g aproximadamente
- Volumen final: 50 ml
- Digestión con ácido nítrico 10 ml
- Digestión con ácido perclórico 3 ml, hasta sequedad, dilución con agua des ionizada
- Filtrado de solución
- Lectura de la muestra

Procedimiento

- Se abrieron los peces y se extrajo el musculo.
- Se pesó 1.0 g de muestra la cual fue transferida a un vaso de 250 mL.
- Luego se añadió 15 ml de HNO₃ concentrado y 5 ml de HCl concentrado.
- Se procedió a digestar la solución bajo una campana por un tiempo de 12 horas.
- Para luego Transferir la solución a una fiola de 100 ml y aforar con agua csp para 100ml.

- Se preparó dos blancos (solución 15 ml de HNO₃ concentrado y 5 ml de HCl concentrado llevados hasta 100 ml con agua)

3.7. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó mediante la utilización del programa SPSS versión 24 para Windows así como Microsoft Excel, habiéndose obtenido resultados similares.

La correlación entre las variables: Bioacumulación de Cadmio y Mercurio, y Crecimiento de las truchas, se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, que expresa el grado de asociación o afinidad entre las variables consideradas.

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

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Dónde:

X = Niveles de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio

Y = Crecimiento de las truchas Arcoíris.

σ_{XY} = Covarianza de la Variable X, Variable Y

σ_X = Desviación Típica de la Variable X

σ_Y = Desviación Típica de la Variable Y

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Se determinó la Media Aritmética de X y Media Aritmética de Y.

- **Media de X:**

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

- **Media de Y:** $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$

2. Se determinó la Desviación Típica de X y Desviación Típica de Y.

- **Desviación Típica de X:**

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

- **Desviación Típica de Y:**

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

3. Se determinó la Covarianza:

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

4. Por último se determinó el Coeficiente de Correlación de Pearson:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE CADA DIMENSIÓN DE LA VARIABLE (X) NIVEL DE BIOACUMULACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO Y LA VARIABLE (Y) CRECIMIENTO DE LAS TRUCHAS

Se obtuvieron los siguientes resultados aplicando los programas: programa SPSS versión 24 y el programa Microsoft Excel 2013 para Windows para cada dimensión del Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio.

Se obtuvieron los siguientes resultados aplicando los programas correspondientes para cada variable

Tabla N°12: Presenta los resultados de cada dimensión de la variable (X) Nivel Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) Crecimiento de las truchas.

	NIVEL DE CADMIO CRECIMIENTO DE LAS TRUCHAS	NIVEL DE MERCURIO CRECIMIENTO DE LAS TRUCHAS
MEDIA X	1.98	1.00
MEDIA Y	1.55	1.73
DESVIACION TIPICA DE X	1.57	0.16
DESVIACION TIPICA DE Y	0.99	0.72
COVARIANZA	1.02	0.07
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	0.66	0.60

4.1.2. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LA VARIABLE (X) NIVEL DE BIOACUMULACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO Y LA VARIABLE (Y) CRECIMIENTO DE LAS TRUCHAS

Se obtuvieron los siguientes resultados aplicando los programas: programa SPSS versión 24 y el programa Microsoft Excel 2013 para Windows para la variable Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable Crecimiento de las truchas.

Se obtuvieron los siguientes resultados aplicando los programas correspondientes para cada variable.

Tabla N° 13: Presenta los resultados de la variable (X) Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y la variable (Y) Crecimiento de las truchas.

	NIVEL DE CONCENTRACION DE CADMIO Y MERCURIO Y CRECIMIENTO DE LAS TRUCHAS.
MEDIA X	2.98
MEDIA Y	3.28
DESVIACION TIPICA DE X	1.80
DESVIACION TIPICA DE Y	1.73
COVARIANZA	2.05
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	0.66

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se analiza la Variable (X) Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio de una muestra representativa de cuarenta truchas.

Tabla N°14: Presenta las opciones de los resultados de Cadmio y Mercurio.

Excesivo	3
Permitido	2
No Presenta	1

Se analiza la Variable (Y) Crecimiento de las truchas de una muestra representativa de cuarenta truchas.

Tabla N°15: Presenta las opciones de los resultados Crecimiento de las truchas.

Pre-Juvenil	3
Juvenil	2
Comercial	1

A continuación se presentan las tablas de frecuencias por Ítem y su respectivo gráfico estadístico de los resultados obtenidos teniendo en cuenta las escalas mostradas en la tabla 3 y tabla 4.

4.2.1. FRECUENCIA DE RESPUESTAS DE LA VARIABLE (X) NIVEL DE BIOACUMULACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO

- **Ítem N° 1.**

Cadmio en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 16: Tabla de frecuencias del Ítem N° 1.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
No presenta	20	20	1.00	100%
Permitido	0	20	0.00	0%
Excesivo	0	20	0.00	0%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

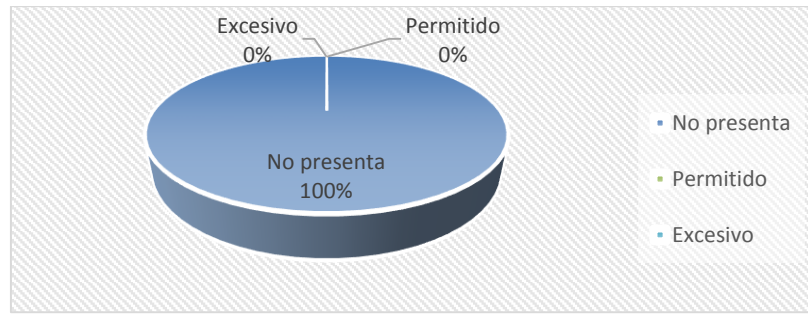


Figura N° 5: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1.

La tabla N° 16 y la Figura N° 5 indica que el 100% de los 20 resultados de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) de los criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín no presenta Bioacumulación de Cadmio.

- **Ítem N° 1.**

Cadmio en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Huayhuay provincia de Yauli, región Junín

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 17: Tabla de frecuencias del Ítem N° 1.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
No presenta	4	4	0.20	20%
Permitido	0	4	0.00	0%
Excesivo	16	20	0.80	80%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

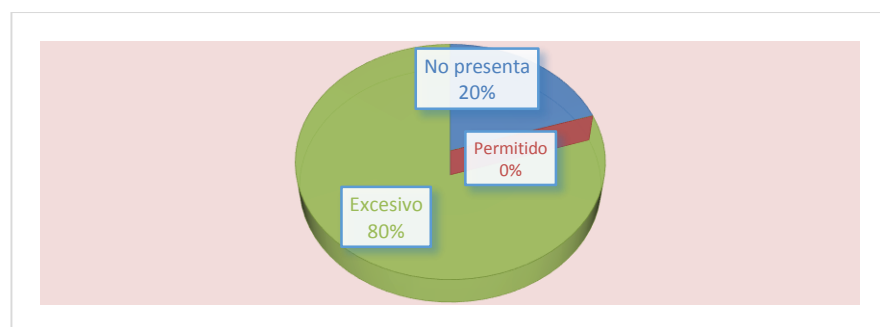


Figura N° 6: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 1.

La tabla N° 17 y la Figura N° 6 indica que el 80% de los 20 resultados de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) de los criaderos de la provincia de Huayhuay, región Junín, presentan concentraciones excesivas de Bioacumulación de Cadmio.

- **Ítem N° 2.**

Mercurio en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 18: Tabla de frecuencias del Ítem N° 2.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
No presenta	20	20	1.00	100%
Permitido	0	20	0.00	0%
Excesivo	0	20	0.00	0%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:



Figura N° 7: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2.

La tabla N° 18 y la Figura N° 7 indican que el 100% de los 20 resultados de Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) de los criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín, no presentan Bioacumulación de Mercurio.

- **Ítem N° 2.**

Mercurio en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Huayhuay provincia de Yauli, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 19: Tabla de frecuencias del Ítem N° 2.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
No presenta	9	9	0.45	45%
Permitido	0	9	0.00	0%
Excesivo	11	20	0.55	55%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

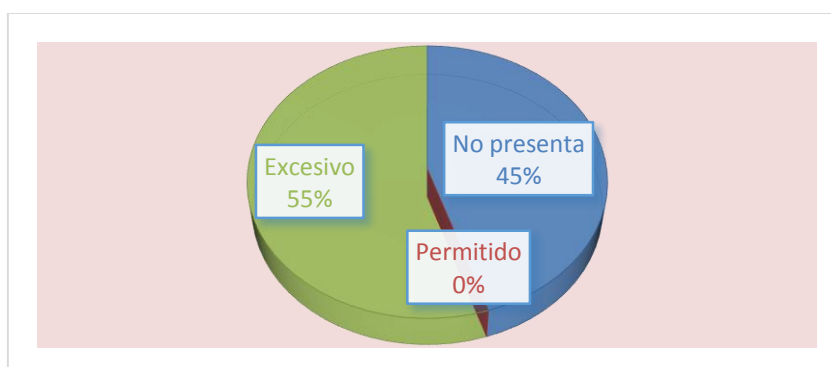


Figura N° 8: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2.

La tabla N° 19 y la Figura N° 8 indican que el 55% de los 20 resultados de Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) de los criaderos de Huayhuay Provincia de Yauli, región Junín, presentan concentraciones excesivas de Bioacumulación de Mercurio.

4.2.2. FRECUENCIA DE RESPUESTAS DE LA VARIABLE (X) CRECIMIENTO

- **Ítem N° 1.**

Peso en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 20: Tabla de frecuencias del Ítem N° 1. Poner encima del cuadro.

Escala	Frecuencia absoluta f_i	Frecuencia absoluta acumulada F_i	Frecuencia relativa h_i	Frecuencia relativa porcentual $h_i \%$
Comercial	10	10	0.50	50%
Juvenil	10	20	0.50	50%
Pre- Juvenil	0	20	0.00	0%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

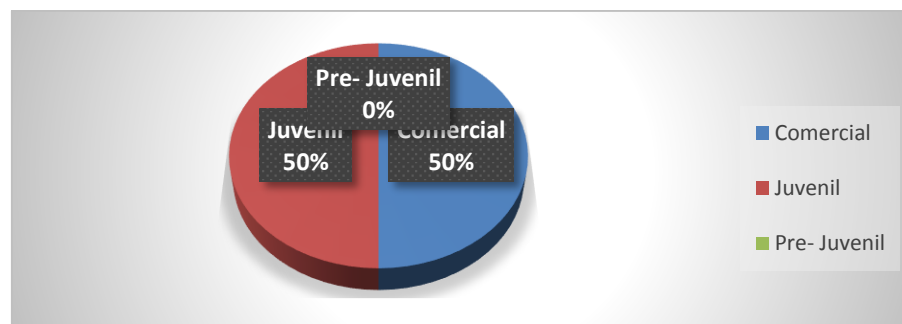


Figura N° 9: Frecuencia Relativa Porcentual ($h_i\%$) del Ítem N° 1.

La tabla N° 20 y la Figura N° 9 indican que el 50% de los 20 resultados están en el rango Comercial y el otro 50% en Juvenil de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín.

- **Ítem N° 1.**

Peso en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Huayhuay Provincia de Yauli, región Junín, Abril 2017.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 21: Tabla de frecuencias del Ítem N° 1.

Escala	Frecuencia absoluta f_i	Frecuencia absoluta acumulada F_i	Frecuencia relativa h_i	Frecuencia relativa porcentual $h_i \%$
Comercial	5	5	0.25	25%
Juvenil	11	16	0.55	55%
Pre- Juvenil	4	20	0.20	20%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

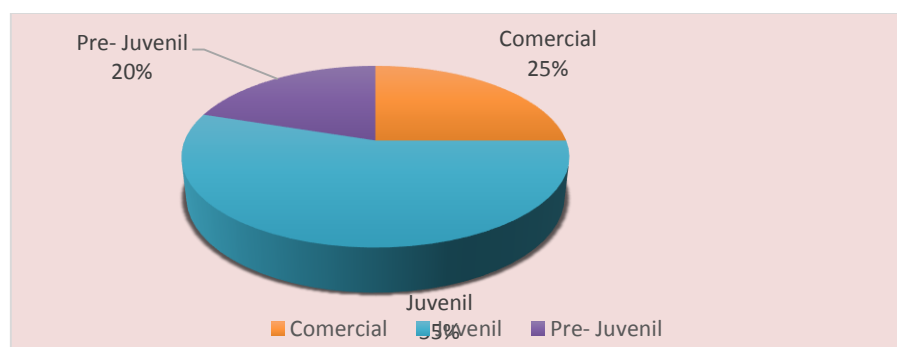


Figura N° 10: Frecuencia Relativa Porcentual ($h_i \%$) del Ítem N° 1.

La tabla N° 21 y Figura N° 10 indica que el 55% de los 20 resultados su peso está en el rango Juvenil de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en los criaderos de la Provincia de Yauli, región de Junín.

- **Ítem N° 2.**

Crecimiento en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 22: Tabla de frecuencias del Ítem N° 2.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
Comercial	10	10	0.50	50%
Juvenil	10	20	0.50	50%
Pre- Juvenil	0	20	0.00	0%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:



Figura N° 11: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2.

La tabla N° 22 y la Figura N° 11 indica que el 50% de los 20 resultados su talla está en el rango Comercial y el otro 50% está en Juvenil de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Ingenio Provincia de Huancayo, región de Junín.

- **Ítem N° 2.**

Crecimiento en Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en criaderos del distrito de Huayhuay Provincia de Yauli, región Junín.

Se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla N° 23: Tabla de frecuencias del Ítem N° 2.

Escala	Frecuencia absoluta fi	Frecuencia absoluta acumulada Fi	Frecuencia relativa hi	Frecuencia relativa porcentual hi %
Comercial	5	5	0.25	25%
Juvenil	10	15	0.50	50%
Pre- Juvenil	5	20	0.25	25%

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

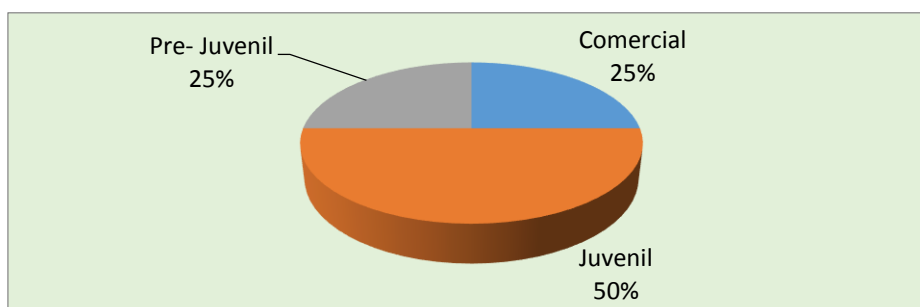


Figura N° 12: Frecuencia Relativa Porcentual (hi%) del Ítem N° 2.

La tabla N° 23 y la Figura N° 12 indica que el 50% de los 20 resultados que su talla está en el rango Juvenil de las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) en criaderos de la Provincia de Yauli, Dpto. de Junín, abril 2017.

Tabla N° 24: Tabla de Valores Máximos permisibles de Cadmio y Mercurio en relación al peso y edad truchas Arcoíris del distrito de Huayhuay provincia de Yauli- Junín (hi%)

Muestras Trucha Arcoíris	Peso	Cadmio ppb	Mercurio ppb	Edad
1	210 g	N.D.	N.D.	05 meses
2	210 g	N.D.	N.D.	05 meses
3	210 g	N.D.	N.D.	05 meses
4	210.30 g	N.D.	N.D.	05meses
5	250 g	7,110	N.D.	05 meses
6	310 g	9,538	N.D.	08 meses
7	312 g	9,703	N.D.	08 meses
8	318g	12,516	N.D.	08 meses
9	325 g	12,864	18,66	08 meses
10	400 g	17,654	63,00	08 meses
11	503.50 g	19,226	135,33	11 meses
12	504 g	19,284	166,32	11 meses
13	508 g	23,535	424,66	11 meses
14	800 g	25,121	457,33	11 meses
15	800 g	45,677	527,33	11 meses
16	800 g	54,231	550,66	1 año
17	800 g	68,442	650,99	1 año
18	845 g	125,602	667,33	1 año
19	850 g	128,491	837,66	1 año
20	900 g	175,809	998,66	1 año

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

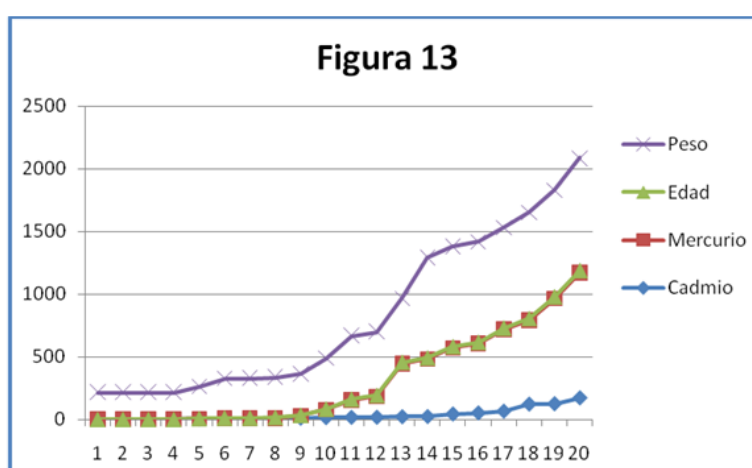


Figura N° 13: Representación Porcentual (hi%) de la Bioacumulación de Cadmio y Mercurio con respecto al peso, y edad de las truchas Arcoíris.

La tabla N° 24 y la Figura N° 13 indican que el 25 y 30 % de los 20 resultados sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos según la EU, y la bioacumulación de Cadmio y Mercurio se ve favorecida a medida que el peso y edad aumentan en las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) de los criaderos del distrito de Huayhuay-Yauli.

Tabla N° 25:Tabla de Valores Máximos permisibles de Cadmio y Mercurio en relación a la talla y edad en truchas Arcoíris del distrito de Huayhuay provincia de Yauli- Junín (hi%)

muestras	talla	Cadmio	Mercurio	Edad
1	10 cm	N.D.	N.D.	05 meses
2	10 cm	N.D.	N.D.	05 meses
3	10 cm	N.D.	N.D.	05 meses
4	10.80 cm	N.D.	N.D.	05meses
5	11 cm	7,110	N.D.	05 meses
6	12 cm	9,538	N.D.	08 meses
7	12.50 cm	9,703	N.D.	08 meses
8	12.80cm	12,516	N.D.	08 meses
9	13.40 cm	12,864	18,66	08 meses
10	13.45 cm	17,654	63,00	08 meses
11	16.50 cm	19,226	135,33	11 meses
12	16.80 cm	19,284	166,32	11 meses
13	16.45 cm	23,535	424,66	11 meses
14	16.48 cm	25,121	457,33	11 meses
15	17.50 cm	45,677	527,33	11 meses
16	24.50 cm	54,231	550,66	1 año
17	24 cm	68,442	650,99	1 año
18	24 cm	125,602	667,33	1 año
19	24 cm	128,491	837,66	1 año
20	24 cm	175,809	998,66	1 año

De la tabla de frecuencias se obtuvo el siguiente gráfico estadístico:

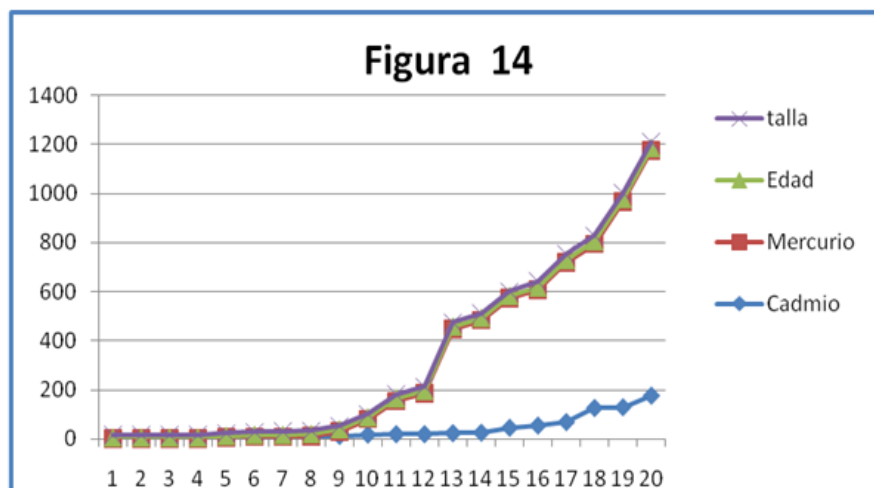


Figura N° 14: Representación Porcentual (hi%) de la Bioacumulación de Cadmio y Mercurio con respecto a la talla y edad de las truchas Arcoíris.

La tabla N° 25 y la Figura N° 14 indican que el 25 y 30 % de los 20 resultados sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos según la EU, y la bioacumulación de Cadmio y Mercurio se ve favorecida a medida que la talla y edad aumentan en las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) de los criaderos del distrito de Huayhuay-Yauli.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para dar respuesta a la hipótesis principal y a las hipótesis secundarias utilizaremos la correlación de Pearson. Obtuvimos los siguientes resultados con el programa estadístico SPSS versión 24.

Tabla N°26: Presenta los resultados de contrastación de Hipótesis de la variable Nivel de concentración de Cadmio y Mercurio y Crecimiento de las truchas.

MEDIDAS	NIVEL DE CADMIO, MERCURIO (VARIABLE "X")	PESO, CRECIMIENTO (VARIABLE "Y")
MEDIA	2.98	3.28
ERROR ESTÁNDAR	0.040	0.038
LÍMITE INFERIOR (INTERVALO DE CONFIANZA 95%)	2.33	3.02
LÍMITE SUPERIOR (INTERVALO DE CONFIANZA 95%)	3.17	3.52

Los datos obtenidos como la Media y el Error Estándar nos sirven para poder obtener los intervalos de confianza.

Como observamos la media de las variables Nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio (2.98) Crecimiento de las truchas (3.28) se encuentran dentro de los intervalos de confianza al 95%, lo cual nos permite utilizar la probabilidad de error (p) obtenido con el programa estadístico SPSS versión 24.

4.3.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL

HI: La Bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017.

HO: La Bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica no se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017.

Del programa estadístico SPSS versión 24 se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0.05 = 5\%$

Probabilidad de error (p) = 0.038 = 3.8 %

Coefficiente de correlación R de Pearson = 0.66= 65.69%

Con una probabilidad de error (p) del 0.038 % se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se establece que existe una correlación muy alta (**r = 0.66**), estos resultados confirmarían la hipótesis propuesta para la correlación entre el nivel de Bioacumulación de Cadmio y Mercurio y el crecimiento de las Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) del distrito de Ingenio provincia de Huancayo y del distrito de Huayhuay provincia de Yauli, región de Junín, de este modo se puede establecer que estos resultados apoyan significativamente el grado de certeza de la hipótesis en mención.

4.3.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS

- **Hipótesis específica Nº 1**

HI: La Bioacumulación de Cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017.

HO: La Bioacumulación de Cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica no se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017

Del programa estadístico SPSS versión 24 se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0.05 = 5\%$

Probabilidad de error (p) = 0.035 = 3.5 %

Coefficiente de correlación R de Pearson = 0.66 = 65.68%

Con una probabilidad de error (p) del 0.035 % se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se establece que existe una correlación muy alta (**r = 0.66**), estos resultados confirmarían la hipótesis propuesta para la correlación entre niveles de Bioacumulación de Cadmio y el peso y crecimiento, de este

modo se puede establecer que estos resultados apoyan significativamente el grado de certeza de la hipótesis en mención.

- **Hipótesis específica N° 2**

HI: La Bioacumulación de Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017.

HO: La Bioacumulación de Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica no se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos criaderos de la región Junín, abril 2017

Del programa estadístico SPSS versión 24 se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0.05 = 5\%$

Probabilidad de error (p) = 0.031 = 3.1 %

Coefficiente de correlación R de Pearson = 0.60 = 60.25%

Con una probabilidad de error (p) del 0.031 % se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se establece que existe una correlación muy alta (**$r = 0.60$**), estos resultados confirmarían la hipótesis propuesta para la correlación entre los niveles de Bioacumulación de Mercurio y el Crecimiento de las truchas, de este modo se puede establecer que estos resultados apoyan significativamente el grado de certeza de la hipótesis en mención.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Bermeo F, Celleri A. (2016) desarrollaron un estudio titulado “Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces y su relación con la edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute-Molino Ecuador” los resultados encontrados de concentración de mercurio fue 1022.2 ppb y de cadmio 226 ppb para la especie *Onchorhynchus mykiss* con una máxima de 582,3 ppb. En todos los casos los valores fueron superiores a los valores límites permisibles para estos metales de según la EU. El autor menciona que existe relación entre la concentración de Mercurio en el hígado de la trucha Arcoíris, la cual tiene un impacto en la morfología de los peces además de otros factores fisiológicos, morfológicos, ambientales y alimentación. Estos resultados prueban la presente investigación donde se presentó similar grado de bioacumulación en las truchas del distrito de Huayhuay en las que se encontraron valores máximas de concentración: Mercurio 998,66 y cadmio 175,809 ppb respectivamente. Por lo tanto con estos resultados se apoya la hipótesis que si existe una relación directamente proporcional positiva significativa entre ambas variables, ya que la bioacumulación de cadmio y mercurio se ve favorecida a medida que la edad, tamaño y peso del pez aumenta.

López E. (2005). En su tesis titulada “Bioacumulación y Biomagnificación de Mercurio en diferentes poblaciones de peces en la amazonia Boliviana” su objetivo fue medir la relación de bioacumulación de este metal con el tamaño, peso y la edad en seis especies de peces piscívoros y no piscívoros de importancia regional en las cuencas de los ríos Itenez y Madre de dios de la Amazonia. Como resultados encontró que la bioacumulación de Mercurio presenta correlaciones positivas entre la concentración de mercurio en las características mencionadas de todas las especies donde se encontró relación entre las dos variables. En las seis especies estudiadas la tasa de crecimiento estuvo relacionada negativamente con la acumulación de mercurio, con este estudio podemos sustentar los resultados encontrados en las truchas del distrito de Huayhuay y podemos afirmar que hipótesis planteada es aceptada con un 0.66 coeficiente de correlación de Pearson.

En el 2009 **Chanamé F** realizo una investigación sobre “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 región Junín, el análisis realizado en tejido de truchas y en el agua de los criaderos dieron como resultado niveles elevados de Zinc, Hierro y Plomo en el agua a excepción de Cobre y en los tejidos, y niveles de Zinc, Hierro y Plomo que superan los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para los productos de la pesca frescos, refrigerados y congelados. Estos resultados ratifican la importancia de la presente investigación, en particular sobre la bioacumulación de cadmio y mercurio presentes en los peces criados en el distrito de Huayhuay en los que se encontró un alto grado de bioacumulación en el tejido de la especie mencionada.

En el 2001 en la universidad Mayor de San Marcos se realizó una investigación por **Vera G. et al**, donde se demostró la alta sensibilidad de los peces a concentraciones elevadas de cadmio manifestándose en la especie una serie de alteraciones nerviosas, problemas respiratorios y lesiones en la piel del animal a manera de fisuras. Con este estudio se confirmó los riesgos de sufrir alteraciones histopatológicas en los tejidos de los peces al estar expuestos a cadmio y mercurio. Estos resultados corroboran la importancia de esta investigación en el sentido de demostrar las patologías descritas en la FAO cuando las concentraciones de metales pesados exceden los límites máximos permisibles de concentración para las especies acuáticas.

Argota G. et al. (2013) Desarrollaron una investigación titulada “Biomarcadores de metales pesados en la especie *Gambusia punctata* dada las condiciones ambientales del ecosistema San Juan en Cuba”. El objetivo de dicho estudio fue evaluar mediante biomarcadores de exposición el efecto de metales pesados en dicha especie en una zona de muestreo en tres estaciones de la parte alta, media y baja del río principal. Como muestras se eligieron peces sexualmente maduros que biométricamente midieron entre 2,1 - 3,0cm de longitud total. Se analizaron concentraciones de Cu, Zn, Pb y Cd, tratados vía húmeda y cuantificados mediante espectroscopia de plasma inductivamente acoplado de vista axial. Todas las determinaciones arrojaron

valores superiores en las hembras. En ambos sexos, los niveles bioacumulados de metales fueron superiores significativamente ($P < 0.05$) a los de referencia ambiental, así como los daños histológicos observados para los tres órganos al compararse con la referencia. El autor concluyo que los biomarcadores evaluados indicaron que la salud de la especie no es óptima, siendo este estudio uno de los primeros de su tipo que se realiza en condiciones naturales. Similares resultados se encontraron en las truchas Arcoíris analizadas del distrito de Huayhuay donde las adultas superan los límites máximos permisibles según la Unión Europea.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se estableció que la bioacumulación de cadmio se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) expresada en un índice de correlación $r=0.66$ lo que indica una correlación positiva moderada entre ambas variables. En el estudio se observó que la bioacumulación de Cadmio se ve favorecida a medida que el peso, talla y edad aumenta en las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) en los criaderos del distrito de Huayhuay- Yauli en la región Junín, por lo que se concluye que existe una relación positiva directamente proporcional, estas truchas están expuestas a altas concentraciones de cadmio sobre todo las truchas adultas las cuales sobrepasan 1 kg de peso y un año de edad. Mientras que las truchas del Distrito de Ingenio estudiadas no presentaron metales pesados en sus tejidos lo que las hace aptas para el consumo humano en todas sus edades, peso y talla.

2. Se estableció que la bioacumulación de Mercurio se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) expresada en un índice de correlación $r=0.60$ lo que indica una correlación positiva moderada entre ambas variables. En el estudio se observó que la bioacumulación de Mercurio se ve favorecida a medida que el peso, talla y edad aumenta en las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) en los criaderos del distrito de Huayhuay- Yauli en la región Junín. La relación que existe entre las variables es directamente proporcional. Las truchas

del distrito de Huayhuay presentaron altos índices de Mercurio en el tejido analizado sobre todo las adultas mayores de un año y con más de 1 kg de peso, mientras que las truchas del Distrito de Ingenio no presentan concentraciones de Mercurio lo que las hace aptas para el consumo humano en todas sus edades, peso y talla.

3. Se estableció que existe diferencia en la concentración de cadmio y Mercurio en truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) entre ambos criaderos. Por un lado la investigación indica que el 100% de los 20 resultados de los criaderos del distrito de Ingenio no presentan cadmio ni de mercurio, sin embargo el 80 por ciento de las 20 muestras de los resultados del distrito de Huayhuay, presentan concentraciones excesivas de Bioacumulación de Cadmio y 55% de los 20 muestras presentan concentraciones excesivas de Bioacumulación de Mercurio.
4. Después del análisis se evidenció que el 25 y el 30 por ciento de las 20 muestras analizadas están por sobre el límite máximo permisible para Cadmio y Mercurio respectivamente, según lo establecido por la norma internacional de la Unión Europea en las Truchas “Arco Iris” (*Oncorhynchus Mykiss*) de los criaderos del distrito de Huayhuay en Yauli, por otro lado no se encontraron concentraciones de ambos metales en las truchas del distrito de Ingenio lo cual se estableció como no detectable.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la investigación se recomienda limitar el consumo de la trucha Arcoíris del distrito de Huayhuay en los ejemplares mayores de un año, y se recomienda consumir las truchas juveniles y pres juveniles ya que estas tienen menor concentración de metales pesados lo cual no implica riesgo para la salud. Se recomienda a la población en general consumir truchas de calidad libre de metales pesados como se demostró en el distrito del Ingenio donde las truchas están libres de Cadmio y Mercurio por lo que estas no representan ningún riesgo para la alimentación.

2. Se recomienda implementar medidas de información en el distrito de Huayhuay para orientar a los productores que las truchas mayores de un año de dicho distrito estén exclusivamente orientadas a la reproducción más no al comercio. Así mismo se debe investigar las causas de la bioacumulación en el distrito mencionado para así prevenir y alertar sobre los efectos negativos de estos dos metales pesados
3. Las diferencias de bioacumulación obtenidas entre ambos criaderos de la región Junín indican la necesidad de hacer cumplir los parámetros estándares de crianza de esta especie teniendo en consideración los índices máximos de contaminación de metales pesados.
4. Desarrollar medidas estrictas de control referentes a los índices máximos de concentración de metales pesados en especies de agua dulce según indicación de las normas internacionales existentes. Se recomienda informar a la población sobre la biodisponibilidad de metales pesados y sus características de bioacumulación la cual básicamente depende de la vía de administración y el tiempo de exposición en las especies con el fin de prevenir que esta se presente pueda causar las diferentes patologías explicadas anteriormente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Casarett&Doull, Curtis D. Klaassen, Jhon B. Walkin. Manual de toxicología; Efectos tóxicos de metales. 5ta edición, México D.F: 2001.
2. Kubitza. F. Saude y manejo sanitario. Editora Kubitza, 2003.
3. G.J Tacon, A. Signos morfológicas de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Documento técnico de pesca. Roma: FAO; 1995. Documento técnico de pesca: 330.
4. Olivia Medina. Truchas de la región Junín en riesgo por aguas contaminadas. Diario Correo. 2017. 06. 20.
5. Bermeo, Juan; Andrea Celleri. Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces y su relación con la edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute-Molino. [Tesis]: Ecuador: Universidad de Usuary, 2016.
6. Soraya Puga; Manuel Sosa; ToutchaLebgue; Cesar Quintana y Alfredo Campos. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. Ecología aplicada. 2006, 5: 149-155.
7. Álvarez Jaramillo R.; Amancio Murillo, F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013 [Tesis para licenciatura]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2014.
8. Vera G.; Tam, J; Vera V.; Pinto, E. Pruebas ecotoxicológicas con cadmio y cromo usando postlarvas del pejerrey *Odontesthes (Austromeniidae) regia regia* Hildebrand. ISSN 1561-0837. Vol. 8, Núm. 2; 2001: 125-135.
9. Álvarez Jaramillo R.; Amancio Murillo, F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013 [Tesis para licenciatura]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; 2014.

10. HuancaréPusari, R. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna de mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú.” 2014 [Tesis para licenciatura]. Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
11. Cosme Zapata, E; 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. [Tesis doctoral]. Perú; Universidad Nacional Trujillo; 2009.
12. Argota G, Miranda E, Argota H. Predicción ecotoxicológica de parámetros físico-químicos, plomo y cadmio en el Río Ramis-cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú. ISSN [en línea]. 2014 20 de enero [Fecha de acceso 17 de julio del 2017]; 5 (3) 24-35. Disponible en: <http://epg.unap.edu.pe/epgrd/investigacion/revistas/2009/3.pdf>.
13. Espinoza D, Falero S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. [Revista en línea] 2015[Consultado 24 junio 2017]; 18(36):35-41. Disponible en: <file:///C:/Users/WISROVAL/Downloads/12016-41882-1-PB.pdf>
14. Pis Ramírez, M.; Lezcano León, M.; Serrano Piñeiro, P. Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de la presa Hanabanilla, Cuba. AquaTIC. 2008; 1(29): 1-9.
15. Bermeo Salina, Juan; Céleri Marín, Andrea. Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykissy* *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino. [Tesis de pregrado]. Ecuador; Universidad de Azuay; 2016.
16. Lozada Zarate, J; Monks, S; Pulido Flores, G.; Gordillo-Martínez, A.; Prieto García, F. Determinación de metales pesados en *cyprinus*carpio en la laguna de Metztitlán, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2006.

17. Anadón, A.; Muñoz, M.J.; Ortiz, J.A. Acumulación tisular de zinc, plomo, cobre, hierro y cromo en truchas de río *Salmo Trutta fario*, acción ecotoxicológica. An. INIA. 1984; 19 (11); 171-182.
18. Argota G, Argota H, Fimia R. Biomarcadores en la especie *Gambusia punctata* (poeciliidae) dada las condiciones ambientales del ecosistema San Juan. REDVET - Revista electrónica de Veterinaria. [Revista en línea] 2013 [Consultado 30 junio 2017]; Disponible en: www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060613/061307.pdf.
19. Ministerio de la Producción. Plan Nacional de Desarrollo Acuícola. Diciembre 2009. Dirección General de Acuicultura Despacho Viceministerial de Pesquería Ministerio de la Producción, Lima-Perú. Disponible en <http://www.produce.gob.pe/documentos/acuicultura/ds001-2010-produce.pdf>.
20. Ministerio del Ambiente. Exploración de la distribución de la trucha naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Huánuco; diciembre, 2015.
21. Ministerio de la Producción. Elaboración de estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno estudio de determinación y especificaciones de la trucha; Perú; 2010.
22. Andrade Pérez, A. Manual Básico Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA; 2004.
23. Fondepes. Manual de Trucha en Ambientes Convencionales. Lima - Perú. Primera Edición. Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero Octubre; 2014.
24. García Ortega, A.; Calvario Martínez, O. Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Trucha para la Inocuidad Alimentaria. Primera edición. México; Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo; 2007.
25. G.J Tacon, A. Signos morfológicas de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Documento técnico de pesca. Roma: FAO; 1995. Documento técnico de pesca: 330.

26. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Revista Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Revista en línea] 2002 [Consultado 24 junio 2017]; 63(1):51-64. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/toxicologia.htm
27. Cedano Villanueva, K; Requena Castellares, L. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, magnesio y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las avenidas Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima. [Tesis de pregrado] Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2007.
28. Cedano Villanueva, K; Requena Castellares, L. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, magnesio y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las avenidas Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima. [Tesis de pregrado] Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2007.
29. COREY O. G; GALVAO I. A. Cadmio. Serie Vigilancia Nº 4 ECO/OMS/OPS. México D.F. p. 19 – 40, 46 – 54. 1989
30. Singhal RL, Vijayvargiya R, Shukla GS. 1985 Toxic effects of cadmium and lead on reproductive functions. In: Thomas JA, Korach KS, Mc Lachlan JA (eds.), Endocrine Toxicology. New York: RavenPress 149–179.
31. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Takayuki S, Introducción a la toxicología de los alimentos, Departamento de Toxicología Ambiental, Universidad de California, Davis, Davis, California, Berkeley, California: 2010.
32. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Productos químicos evaluados para determinar el potencial cancerígeno. Oficina de Programas de Plaguicidas, División de Efectos de la Salud, Subdivisión de Gestión de la Información Científica; 2006.
33. Jamall IS, Naik M, Sprowls JJ. 1989. Comparación de los efectos del cadmio dietético sobre las enzimas oxidantes del corazón y del riñón: Evidencia de la mayor vulnerabilidad del corazón a la toxicidad del cadmio. JApplToxicol 9:339-345

34. Canadian Council of Ministers of the Environment. 1999. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999
35. COREY O. G; GALVAO I. A. Cadmio. Serie Vigilancia N° 4. ECO/OMS/OPS. Mexico D.F. p. 19 – 40, 46 – 54. 1989
36. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Productos químicos evaluados para determinar el potencial cancerígeno. Oficina de Programas de Plaguicidas, División de Efectos de la Salud, Subdivisión de Gestión de la Información Científica; 2006.
37. Monteagudo Montenegro, F. Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Ayacucho – Perú. Durante el periodo agosto 2000 – setiembre 2001. [Tesis de pregrado]. Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
38. HuancaréPusari, R. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna de Mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú. [Tesis de maestría]. Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
39. Chanamé Zapata, F. 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. [Tesis doctoral]. Perú; Universidad Nacional de Trujillo; 2009.
40. Mendez, B. Metales pesados en alimentación animal, XVII Curso de Especialización FEDNA (2001) www.produccion-animal.com.ar
41. FOA, V.; BERTELLI, G. Indicadores biológicos para la valoración de la exposición a los compuestos químicos industriales: mercurio” Comisión de las Comunidades Europeas: 1993.

42. Eisler, Ronald. Peligros del mercurio para los peces, la fauna silvestre e invertebrados: Un examen sinóptico Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos Patuxent Wildlife Center Laurel, MD 20708 Informe Biológico: 85 (1.10)
43. Monteagudo Montenegro, F. Evaluación de la Contaminación por Mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Ayacucho – Perú. Durante el periodo agosto 2000 – setiembre 2001. [Tesis de pregrado]. Perú; Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
44. Español Cano, S. Estudio sobre correlación de valores de mercurio en ambiente y fluidos biológicos con la aparición de sintomatología clínica en trabajadores de Minas de Almadén. Servicio Médico – Minas de Almadén y Arrayanes S.A:1990.
45. Douglas, B.E.; Mcdaniel, D.H.; Alexander, J.J. “Conceptos y modelos de Química Inorgánica”. De. Reverte: Barcelona: 1987. 605-606.
46. Clarkson, eds. Plenum Press, New York. 262. Svecovicus. 2006. Acute toxicity of hexavalent chromium to European freshwater fish. Bull EnvironContamnToxicol; 77(5):741–747
47. Cámara, Carmen. Departamento de química analítica Universidad Complutense de Madrid. Cuaderno de ciencias y técnicas ambientales. Cámara de grafito y generación de hidruros en absorción atómica 1990; 2:237-290
48. Español Cano, S. El Mercurio. Único metal líquido. Aspectos medioambientales. Servicio Prevención Riesgos Laborales – Area Salud Laboral – Minas de Almadén y Arrayanes S.A. Centro de Salud Comarcal – Ministerio, Sanidad; 1995.
49. Douglas, B.E.; Mcdaniel, D.H.; Alexander, J.J. Conceptos y modelos de Química Inorgánica. De. Reverte; 1987: Barcelona 605-606.
50. H. KIMIKO. “Mecanismo de transporte del metilmercurio por absorción intestinal”. Facultad Medicina de Kumamoto. Japón: 1974.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA POR ABSORCION ATOMICA DE LA BIOACUMULACION DE CADMIO Y MERCURIO Y SU RELACION CON EL CRECIMIENTO EN TRUCHAS ARCO IRIS (ONCORRHYNCHUS MYKISS) DE DOS CRIADEROS DE LA REGION JUNIN PERU”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿La bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín?</p> <p>ESPECÍFICOS 1. ¿La bioacumulación de Cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín? 2. ¿La bioacumulación de Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín? 3. ¿Existe diferencia significativa entre la bioacumulación de Cadmio y Mercurio en truchas Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio frente al</p>	<p>GENERAL Demostrar si la bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín.</p> <p>ESPECÍFICOS 1. Demostrar si la bioacumulación de Cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín. 2. Demostrar si la bioacumulación de Mercurio determinada</p>	<p>GENERAL La bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín.</p> <p>ESPECÍFICAS 1. La bioacumulación de Cadmio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín. 2. La bioacumulación de Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus</p>	<p>VI Crecimiento de las truchas Arcoíris</p> <p>VD Bioacumulación de Cadmio y Mercurio</p>	<p>VI Peso Talla Edad Metales pesados</p>	<p>VI kilogramo (kg) Gramo (g) Metro (m) Centímetro cm Meses Límite máximo permisible: Cadmio (ppb) 50 ppb Mercurio (ppb) 500 ppb</p>	<p>Diseño: Cuasi-Experimental</p> <p>Tipo: Descriptivo correlacional transversal, prospectivo</p> <p>Nivel: Descriptivo correlacional</p> <p>Población: Criaderos de los distrito de Ingenio y Huayhuay región Junín</p> <p>Muestra determinada de manera no probabilística: 40 truchas Arcoíris</p> <p>Técnicas: Espectrofotometría de Absorción Atómica en llama y Horno de grafito</p>

<p>criadero de Huayhuay región Junín, abril 2017?</p> <p>4. ¿La bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU?</p>	<p>por espectrofotometría de absorción atómica se relaciona con el crecimiento en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en dos criaderos de la región Junín.</p> <p>3. Evaluar si existe diferencia significativa en la bioacumulación de Cadmio y Mercurio en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio frente al criadero de Huayhuay región Junín.</p> <p>4. Evaluar si la bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU</p>	<p>mykiss) en dos criaderos de la región Junín.</p> <p>3. Existe diferencia significativa en la Bioacumulación de Cadmio y Mercurio en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio frente al criadero de Huayhuay región Junín.</p> <p>4. Los niveles de bioacumulación de Cadmio y Mercurio determinada por espectrofotometría de absorción atómica en truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) del criadero de Ingenio y Huayhuay superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU</p>				<p>Instrumento de recolección de datos: Informe de ensayo experimental</p> <p>Ficha de recolección de datos</p>
---	--	---	--	--	--	---

ANEXO 2: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

“DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA POR ABSORCION ATOMICA DE LA BIOACUMULACION DE CADMIO Y MERCURIO Y SU RELACION CON EL CRECIMIENTO EN TRUCHAS ARCO IRIS (ONCORRHYNCHUS MYKISS) DE DOS CRIADEROS DE LA REGION JUNIN PERU”

TABLA N° 27: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CRIADERO DEL INGENIO

Truchas Arcoíris de Ingenio- Huancayo- Junín	Muestra:	Peso	Talla	Edad
	1	305 g	13.12 cm	05 meses
	2	304.5 g	13.10 cm	05 meses
	3	302.10 g	13 cm	05 meses
	4	311 g	13.25 cm	05meses
	5	301.80 g	13 cm	05 meses
	6	503 g	18.50 cm	08 meses
	7	500 g	18.40 cm	08 meses
	8	505g	18.70 cm	08 meses
	9	510.5g	18.90 cm	08 meses
	10	515 g	20 cm	08 meses
	11	603.4 g	25 cm	11 meses
	12	612 g	25.10 cm	11 meses
	13	613 g	25.30 cm	11 meses
	14	604 g	25.02 cm	11 meses
	15	600 g	25 cm	11 meses
	16	1212 g	35 cm	1 año
	17	1200 g	33 cm	1 año
	18	1205 g	35.50 cm	1 año
	19	1200 g	33 cm	1 año
20	1200 g	33 cm	1 año	

Fuente: Sara González

TABLA N° 28: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CRIADERO HUAYHUAY

Truchas Arcoíris de HuayHuayYauli- Junín	Muestra	Peso	Talla	Edad
	1	210 g	10 cm	05 meses
	2	210 g	10 cm	05 meses
	3	210 g	10 cm	05 meses
	4	210.30 g	10.80 cm	05meses
	5	250 g	11 cm	05 meses
	6	310 g	12 cm	08 meses
	7	312 g	12.50 cm	08 meses
	8	318g	12.80cm	08 meses
	9	325 g	13.40 cm	08 meses
	10	400 g	13.45 cm	08 meses
	11	503.50 g	16.50 cm	11 meses
	12	504 g	16.80 cm	11 meses
	13	508 g	16.45 cm	11 meses
	14	800 g	16.48 cm	11 meses
	15	800 g	17.50 cm	11 meses
	16	800 g	24.50 cm	1 año
	17	800 g	24 cm	1 año
	18	845 g	24 cm	1 año
	19	850 g	24 cm	1 año
20	900 g	24 cm	1 año	

Fuente: Sara González

ANEXO 3: CERTIFICADO DE ANALISIS EXPERIMENTAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO N° 195-2017

Ciente : SRTA. SARA GONZÁLEZ ALARCÓN
Referencia USAQ : 113-01/20
Muestras : TRUCHA "ARCO IRIS" (Oncorhynchus Mykiss)
Tema de Tesis : Determinación Cuantitativa de Cadmio y Mercurio en Trucha Arco Iris en Criaderos de La Provincia de Yauli- Dpto.de Junín
Abril 2017
Cotización : 185-186-187-2017/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 05/05/2017
Fecha de Emisión : 17/05/2017

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
113-01	TRUCHA ARCO IRIS 1	CADMIO	68,442
		MERCURIO	667,33
113-02	TRUCHA ARCO IRIS 2	CADMIO	128,491
		MERCURIO	N.D.
113-03	TRUCHA ARCO IRIS 3	CADMIO	19,284
		MERCURIO	550,66
113-04	TRUCHA ARCO IRIS 4	CADMIO	54,231
		MERCURIO	998,66

Muestra Proporcionados por el Cliente.

IE-195-2017 SARA GONZALEZ ALARCON (Página 1 de 4)





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
113-05	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	9,703
	5	MERCURIO	650,99
113-06	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	125,602
	6	MERCURIO	N.D.
113-07	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	23,535
	7	MERCURIO	457,33
113-08	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	19,226
	8	MERCURIO	N.D.
113-09	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	9,538
	9	MERCURIO	N.D.
113-10	TRUCHA ARCO IRIS	CADMIO	175,809
	10	MERCURIO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-195-2017 SARA GONZALEZ ALARCON (Página 2 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
113-11	TRUCHA ARCO IRIS 11	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
113-12	TRUCHA ARCO IRIS 12	CADMIO MERCURIO	45,677 N.D.
113-13	TRUCHA ARCO IRIS 13	CADMIO MERCURIO	12,516 527,33
113-14	TRUCHA ARCO IRIS 14	CADMIO MERCURIO	7,110 424,66
113-15	TRUCHA ARCO IRIS 15	CADMIO MERCURIO	N.D. 18,66
113-16	TRUCHA ARCO IRIS 16	CADMIO MERCURIO	12,864 837,66

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-195-2017 SARA GONZALEZ ALARCON (Página 3 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
113-17	TRUCHA ARCO IRIS 17	CADMIO MERCURIO	N.D. 135,33
113-18	TRUCHA ARCO IRIS 18	CADMIO MERCURIO	N.D. 63,00
113-19	TRUCHA ARCO IRIS 19	CADMIO MERCURIO	25,121 N.D.
113-20	TRUCHA ARCO IRIS 20	CADMIO MERCURIO	17,654 166,32

Muestra Proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección: Cadmio 4 ppb Mercurio 10 ppb

Método:

Metales GFAAS USAQ-ME-15


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la muestra pasará automáticamente al proceso de desechos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

N° 044-2017

Cliente : SRTA. SARA GONZÁLEZ ALARCÓN
Referencia USAQ : 017-01/20
Muestras : TRUCHA "ARCO IRIS" (Oncorhynchus Mykiss)
Tema de Tesis : Determinación Cuantitativa de Cadmio y Mercurio en Trucha Arco Iris en Criaderos de Ingenio Provincia de Huancayo, Dpto. De Junín durante el periodo Dic 2016-Marzo 2017
Cotización : 030-037-038-2017/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 19/01/2017
Fecha de Emisión : 06/02/2017

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS
017-01	TRUCHA ARCO IRIS 1	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
017-02	TRUCHA ARCO IRIS 2	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
017-03	TRUCHA ARCO IRIS 3	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
017-04	TRUCHA ARCO IRIS 4	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.

Muestra Proporcionados por el Cliente.

IE-044-2017 SARA GONZALES ALARCON (Página 1 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS
017-05	TRUCHA ARCO IRIS 5	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-06	TRUCHA ARCO IRIS 6	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-07	TRUCHA ARCO IRIS 7	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-08	TRUCHA ARCO IRIS 8	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-09	TRUCHA ARCO IRIS 9	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-10	TRUCHA ARCO IRIS 10	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-044-2017 SARA GONZALES ALARCON (Página 2 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS
017-11	TRUCHA ARCO IRIS 11	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-12	TRUCHA ARCO IRIS 12	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-13	TRUCHA ARCO IRIS 13	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-14	TRUCHA ARCO IRIS 14	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-15	TRUCHA ARCO IRIS 15	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-16	TRUCHA ARCO IRIS 16	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-044-2017 SARA GONZALES ALARCON (Página 3 de 4)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS
017-17	TRUCHA ARCO IRIS 17	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-18	TRUCHA ARCO IRIS 18	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-19	TRUCHA ARCO IRIS 19	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.
017-20	TRUCHA ARCO IRIS 20	CADMIO MERCURIO	N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección: Cadmio 4ppb Mercurio 10 ppb

Método:

Metales GFAAS USAQ-ME-15



 Quim. Maria Angélica Rodríguez Best
 D.I. Directora de la USAQ
 USAQ COP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo. pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la muestra pasará automáticamente al proceso de deshechos.

IE-044-2017 SARA GONZALES ALARCON(Página 4 de 4)

**ANEXO 4: CONSTANCIA DE PARTICIPACION EN EL PROCESO EXPERIMENTAL
LABORATORIO USAQ.**



EL JEFE DE LABORATORIO DE LA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANALISIS QUIMICOS –USAQ
DEJA CONSTAR LO SIGUIENTE:

PARTICIPACIÓN EN EL PROCESO DE ANALISIS

A LA SRTA. SARA GONZALEZ ALARCON, QUIEN FUE PARTÍCIPE DE LA REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE CADMIO Y MERCURIO EN MUESTRAS DE CARNE DE TRUCHA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SU TESIS "DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMETRICA POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE CADMIO Y MERCURIO Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE TRUCHAS ARCO IRIS (ONCORRHYNCHUS MYKISS) DE DOS CRIADEROS DE LA REGIÓN JUNIN PERU, ABRIL 2017". LOS CUALES FUERON REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE LA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUIMICOS DE LA FACULTAD DE QUIMICA E ING QUIMICA – USAQ

SE EXPIDE EL PRESENTE DOCUMENTO A SOLICITUD DE LA INTERESADA, PARA LOS FINES QUE ESTIMEN CONVENIENTES.

LIMA, 25 DE AGOSTO DEL 2017.


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876

ANEXO 5: TESTIMONIOS FOTOGRÁFICOS

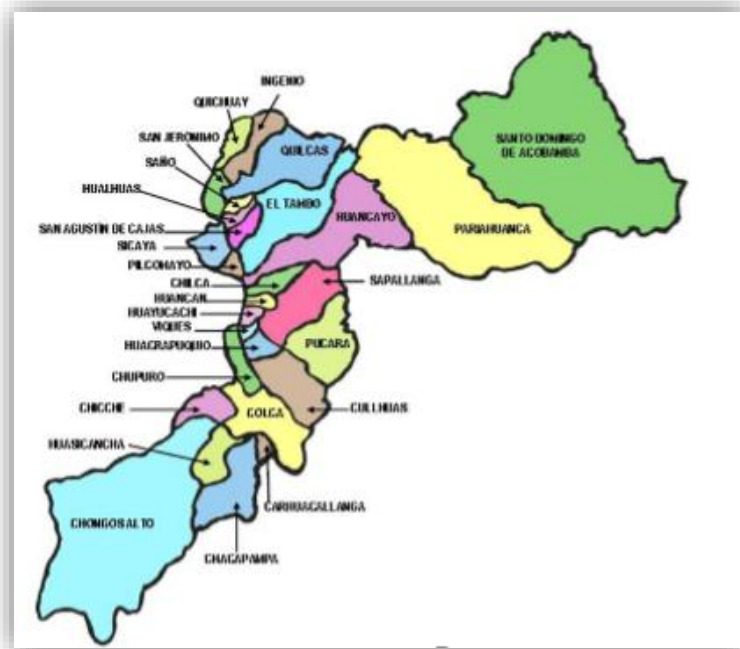


FIGURA N° 15: *Mapa de ubicación Geográfica distrito de Ingenio-Huancayo*



FIGURA N° 16: *Mapa de ubicación Geográfica distrito de Huayhuay-Yauli*



FIGURA N° 17: *Espectrofotómetro de absorción atómica por horno de grafito, Laboratorio de Análisis Facultad de Química e Ingeniería Química – UNMSM*

Fuente: Sara González



Figura N° 18: Criadero de truchas El Ingenio
Fuente: Sara González





**Figura
N° 19:**

**Criadero de truchas Huayhuay
Fuente: Sara González**





**Figura
N° 20:**

Recolección de truchas Arcoíris
"Oncorhynchus mykiss", de las mismas edades en ambos criaderos
Fuente: Sara González



Figura N° 21: Medición de tamaño y peso de las truchas
Fuente: Sara González



Figura N° 22: Preparación de las muestras tejido muscular de truchas Arcoiris en el laboratorio de Análisis Químicos Facultad de Química e Ingeniería Química.
Fuente: Sara González



Figura N° 23: Análisis de cadmio y mercurio en tejido muscular de truchas Arco iris en el laboratorio de Análisis Químicos Facultad de Química e Ingeniería Química.

Fuente: Sara González



Figura N° 24: Obtención de resultados de análisis de cadmio y mercurio en tejido muscular de truchas Arcoíris en el laboratorio de Análisis Químicos Facultad de Química e Ingeniería Química.

Fuente: Sara González

ANEXO 6: FORMATO DE VALIDACION DE INSTRUMENTO



Universidad
Inca Garcilaso de la Vega
Nuevos Tiempos. Nuevas Ideas

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUIMICA

Lima 16 de Agosto 2017

Señor:.....

Presente

ASUNTO: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO

Me dirijo a usted para expresarle mi saludo cordial y manifestarle que estando elaborando el proyecto de investigación: "DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA POR ABSORCION ATOMICA DE CADMIO Y MERCURIO Y SU RELACION CON EL PESO Y CRECIMIENTO EN TRUCHAS ARCO IRIS (ONCORRHYNCHUS MYKISS) DE LOS CRIADEROS DEL DISTRITO DE INGENIO Y HUAYHUAY PROVINCIA DE YAULI-REGION JUNIN PERU, ABRIL 2017". Y requiriendo la validación del instrumento de recolección de datos, solicito su valiosa opinión profesional.

Para lo cual, adjunto los siguientes documentos:

1. Ficha de opinión de expertos.
2. Matriz de consistencia.
3. Instrumento de recolección de datos.

Agradezco por anticipado su aceptación a la presente.

Atentamente,

Dana Gonzalez Ancón

Apellidos y nombres



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUIMICA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES

- 1.1.- Apellido y nombres del experto: Florencio Ninallay de la Vega
 1.2.- Cargo e institución donde labora: C.F.พิษวิทยาพิษวิทยา
 1.3.- Grado académico: A.F. registro colegio profesional 16989
 1.4.- Nombre de instrumento y motivo de evaluación: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS
 1.5.- Autor de instrumento: SARA GONZALEZ ALARCON
 1.6.- Instrucciones: Luego de analizar el instrumento y cotejar la investigación con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde:

1.-Muy poco	2.-Poco	3.-Regular	4.-Aceptable	5.-Muy aceptable
-------------	---------	------------	--------------	------------------

INDICADORES	CRITERIOS	PUNTUACIÓN				
		1	2	3	4	5
1.- Claridad	Está formulado el instrumento con un lenguaje apropiado.				✓	
2.- Objetividad	El instrumento evidencia recojo de datos observables.				✓	
3.- Actualidad	El instrumento se adecua a los criterios científicos y tecnológicos.				✓	
4.- Organización	El instrumento tiene una organización lógica.					✓
5.- Suficiente	Son suficientes en cantidad y calidad los elementos que conforman el instrumento.				✓	
6.- Intencionalidad	Es adecuado para relacionar peso y talla de las truchas Arcoiris.					✓
7.- Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la Toxicología como de la Analítica.					✓
8.- Coherencia	Existe coherencia y relación de los ítems, indicadores, las dimensiones y las variables.				✓	
9.- Metodología	La estrategia responde al propósito de la problemática de la investigación				✓	
10.- Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				✓	
	Total parcial					
	Total					43

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 43

C.F.P. 16989

Firma del Experto

Puntuación

11-20	No válido, reformular
21-30	No válido, modificar
31-40	Válido, mejorar
41-50	Válido, aplicar



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUIMICA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES

- 1.1.- Apellido y nombres del experto: Daniel Echavarría Rodríguez Sawao
 1.2.- Cargo e institución donde labora: Especialista Químico SENASA
 1.3.- Grado académico: Prof. registro colegio profesional 09943
 1.4.- Nombre de instrumento y motivo de evaluación: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS
 1.5.- Autor de instrumento: SARA GONZALEZ ALARCON
 1.6.- Instrucciones: Luego de analizar el instrumento y cotejar la investigación con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde:

1.-Muy poco	2.-Poco	3.-Regular	4.-Aceptable	5.-Muy aceptable
-------------	---------	------------	--------------	------------------

INDICADORES	CRITERIOS	PUNTUACIÓN				
		1	2	3	4	5
1.- Claridad	Está formulado el instrumento con un lenguaje apropiado.				✓	
2.- Objetividad	El instrumento evidencia recojo de datos observables.					✓
3.- Actualidad	El instrumento se adecua a los criterios científicos y tecnológicos.				✓	
4.- Organización	El instrumento tiene una organización lógica.				✓	
5.- Suficiente	Son suficientes en cantidad y calidad los elementos que conforman el instrumento.					✓
6.- Intencionalidad	Es adecuado para relacionar peso y talla de las truchas Arcoiris.					✓
7.- Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la Toxicología como de la Analítica.					✓
8.- Coherencia	Existe coherencia y relación de los ítems, indicadores, las dimensiones y las variables.				✓	
9.- Metodología	La estrategia responde al propósito de la problemática de la investigación				✓	
10.- Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.					✓
	Total parcial					
	Total					

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable para determinar los
objetivos propuestos en el estudio.

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44

Puntuación

11-20	No válido, reformular
21-30	No válido, modificar
31-40	Válido, mejorar
41-50	Válido, aplicar

Firma del Experto



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUIMICA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES

- 1.1.- Apellido y nombres del experto: Tarayco Yataco Norguen José
 1.2.- Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3.- Grado académico: MAESTRO registro colegio profesional 01103
 1.4.- Nombre de instrumento y motivo de evaluación: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS
 1.5.- Autor de instrumento: SARA GONZALEZ ALARCON
 1.6.- Instrucciones: Luego de analizar el instrumento y cotejar la investigación con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde:

1.-Muy poco	2.-Poco	3.-Regular	4.-Aceptable	5.-Muy aceptable
-------------	---------	------------	--------------	------------------

INDICADORES	CRITERIOS	PUNTAJÓN				
		1	2	3	4	5
1.- Claridad	Está formulado el instrumento con un lenguaje apropiado.					X
2.- Objetividad	El instrumento evidencia recojo de datos observables.				X	
3.- Actualidad	El instrumento se adecua a los criterios científicos y tecnológicos.				X	
4.- Organización	El instrumento tiene una organización lógica.				X	
5.- Suficiente	Son suficientes en cantidad y calidad los elementos que conforman el instrumento.				X	
6.- Intencionalidad	Es adecuado para relacionar peso y talla de las truchas Arcoiris.				X	
7.- Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la Toxicología como de la Analítica.				X	
8.- Coherencia	Existe coherencia y relación de los ítems, indicadores, las dimensiones y las variables.				X	
9.- Metodología	La estrategia responde al propósito de la problemática de la investigación				X	
10.- Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				X	
	Total parcial					
	Total					

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: APLICAR

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 4.1

Puntuación

11-20	No válido, reformular
21-30	No válido, modificar
31-40	Válido, mejorar
41-50	Válido, aplicar ✓

Firma del Experto

Mg. Norguen Tarayco Yataco