

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN TRUCHAS ARCOIRIS "*Oncorhynchus mykiss*" DEL RÍO CHIAPUQUIO DE INGENIO - HUANCAYO

Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico y
Bioquímico

TESISTAS:

Br. NOEMI ALICIA GAMARRA AVILA.

Br. ROSA YSABEL UCEDA LEÓN

ASESORA:

Dra. Q.F. HEDDY TERESA MORALES QUISPE

Fecha de sustentación : 06 de Octubre del 2017

2017

DEDICATORIA

A mí adorada hija Valerie, por ser el motor y motivo para el logro de todas mis metas.

A mis queridos padres, Mejito y Belcita, por sus sabios consejos, por enseñarme que con paciencia y perseverancia todo es posible.

A mi esposo, quien incondicionalmente me apoyó y animó cuando necesité fuerzas para continuar.

A mis hermanos, en especial a Lida, por su grandioso e invaluable apoyo contribuyendo en todo momento para la culminación de mis estudios universitarios.

De Rosa

A mi hija Andrea, por ser la razón de mis días, fuente de inspiración para superarme cada día más y así poder luchar ante cualquier adversidad.

A mis padres Edson y Emperatriz, quienes me brindan su apoyo incondicional, por sus consejos y paciencia.

A mi esposo y familiares, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de mi carrera universitaria.

De Noemi

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su luz y fortaleza para cumplir nuestras metas.

A nuestra alma mater, la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, por los conocimientos brindados; a todo su personal docente que contribuyó a nuestra formación profesional.

A nuestros asesores: A la Dra. Q.F.Teresa Morales, y al Dr. Edwin Alarcón, por el apoyo brindado en el asesoramiento para el desarrollo y culminación de la presente tesis.

Finalmente, a quienes estuvieron vinculados de alguna manera a este trabajo de investigación: Profesores, amigos, personal de laboratorio, etc.

Noemi y Rosa

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Índice de tablas

Índice de figuras

Índice de anexos

Resumen

Abstract

	Pag.
Introducción	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación de la investigación	6
1.5. Limitaciones de la investigación	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes nacionales	8

2.1.2. Antecedentes internacionales	12
2.2. Bases legales	18
2.2.1. Normas nacionales	18
2.2.2. Normas internacionales	18
2.3. Bases teóricas	19
2.3.1. Trucha arcoiris " <i>Oncorhynchus mykiss</i> "	19
2.3.1.1. Historia de la trucha arcoiris en el Perú	19
2.3.1.2. Características	20
2.3.1.3. Anatomía externa	20
2.3.1.4. Anatomía interna	21
2.3.1.5. Hábitat	22
2.3.1.6. Alimentación	22
2.3.1.7. Reproducción	23
2.3.1.8. Valor nutricional de la trucha	23
2.3.1.9. Vías de ingreso de metales pesados en peces ..	25
2.3.2. Ingenio - Huancayo	26
2.3.3. Río Chiapuquio.....	26
2.3.4. Condiciones generales del agua para la crianza de truchas	26
2.3.4.1. Accesibilidad	26
2.3.4.2. Cantidad de agua	27
2.3.4.3. Calidad de agua	27
2.3.5. Parámetros físico-químicos que debe cumplir el agua para la crianza de truchas	27
2.3.5.1. Oxígeno disuelto (O ₂)	27
2.3.5.2. Temperatura	28
2.3.5.3. Potencial de hidrógeno (pH)	28
2.3.5.4. Alcalinidad	29
2.3.5.5. Dureza total	29
2.3.5.6. Dióxido de carbono	29
2.3.5.7. Turbidez	30

2.3.6. Peligros biológicos para la crianza de truchas.....	30
2.3.6.1. <i>Escherichia coli</i>	30
2.3.7. Plomo	31
2.3.7.1. Propiedades físicas del plomo.....	31
2.3.7.2. Propiedades químicas del plomo	32
2.3.7.3. Concentración de plomo en el medio ambiente .	35
2.3.7.4. Fuentes de intoxicación	35
2.3.7.5. Usos y fuentes de exposición	36
2.3.7.6. Toxicocinética del plomo	38
2.3.7.7. Tóxicodinamia del plomo	41
2.3.7.8. Mecanismo de acción del plomo	41
2.3.7.9. Efectos sobre la salud por exposición al plomo ..	44
2.3.8. Cadmio	48
2.3.8.1. Principales usos y aplicaciones del cadmio.....	49
2.3.8.2. Fuentes de cadmio	50
2.3.8.3. Fuentes de contaminación en ambiente general	51
2.3.8.4. Vías de ingreso	54
2.3.8.5. Bioacumulación	54
2.3.8.6. Toxicocinética del cadmio.....	55
2.3.8.7. Tóxicodinamia del cadmio.....	57
2.3.8.8. Manifestaciones clínicas.....	57
2.4. Formulación de hipótesis	62
2.4.1. Hipótesis general.....	62
2.4.2. Hipótesis específicas	62
2.5. Operacionalización de variables e indicadores	62
2.5.1. Variables	62
2.5.2. Dimensiones	63
2.5.3. Indicadores	63
2.6. Definición de términos básicos	64
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	67
3.1. Tipo y diseño de la investigación	67

3.2.	Población y muestra de la investigación	67
3.2.1.	Población	67
3.2.2.	Muestra	67
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	68
3.3.1.	Técnica	68
3.3.2.	Descripción de instrumentos	68
3.3.2.1.	Espectrofotometría de absorción atómica (AA) ..	68
3.3.3.	Validación de instrumentos	70
3.4.	Equipos, materiales y reactivos	71
3.4.1.	Equipos y materiales	71
3.4.1.1	Equipos e instrumentos	71
3.4.1.2.	Material de vidrio y otros	71
3.4.1.3.	Material biológico	72
3.4.2.	Reactivos y medio de cultivo.....	72
3.5.	Procedimiento experimental	73
3.5.1.	Procedimiento para la toma de muestra de agua del río Chiapuquio	73
3.5.2.	Procedimiento para la toma de muestra de truchas arcoiris del río Chiapuquio.....	74
3.5.3.	Procedimiento para la determinación de plomo en las muestras de hígado y branquias	75
3.5.4.	Procedimiento para la determinación de cadmio en las muestras de hígado y branquias	79
3.5.5.	Procedimiento para la determinación de cadmio de la muestra de agua	85
3.5.6.	Procedimiento para la determinación de plomo de la muestra de agua	89
3.5.7.	Procedimientos para la medición de parámetros físico-químicos de la muestra de agua.....	93
3.5.8.	Procedimiento para el análisis microbiológico de la muestra de agua	95

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS...	100
4.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	100
4.2. Procesamiento de datos: Resultados y prueba de hipótesis	100
4.3. Discusión de resultados	108
4.3.1. Concentración de metales pesados en hígado, branquias y agua	108
4.3.2. Determinación de análisis físico - químicos	111
4.3.3. Determinación de análisis microbiológico	113
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
5.1. Conclusiones	114
5.2. Recomendaciones	115
Referencias Bibliográficas	116
Anexos.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 01: Clasificación taxonómica de la trucha arcoiris	19
Tabla N° 02: Composición nutricional de la trucha	24
Tabla N° 03: Parámetros para la conservación	31
del ambiente acuático - MINAM	
Tabla N° 04: Otras propiedades físicas del plomo	32
Tabla N° 05: Propiedades químicas del cadmio	49
Tabla N° 06: Propiedades físicas del cadmio	59
Tabla N° 07: Programa de dilución para la	76
determinación de plomo en hígado y branquias	
Tabla N° 08: Programa de dilución para la	80
determinación de cadmio en hígado y branquias	
Tabla N° 09: Programa de dilución para la	86
determinación de cadmio en agua	
Tabla N° 10: Programa de dilución para la	90
determinación del plomo en agua	
Tabla N° 11: Tabla para registros de resultados	97
previos	
Tabla N° 12: Comparación de la concentración	101
de plomo encontrada en órganos blandos: Hígado y branquias de las truchas arcoiris y los LMP	

Tabla N° 13:	Estadísticas descriptivas de la concentración de plomo encontrada en hígado y branquias de las truchas arcoiris	101
Tabla N° 14:	Comparación de la concentración de cadmio encontrada en el hígado y branquias de las truchas arcoiris y los LMP	103
Tabla N° 15:	Estadísticas descriptivas de la concentración de cadmio encontrada en hígado y branquias de las truchas arcoiris	103
Tabla N° 16:	Pruebas de normalidad en la concentración de cadmio encontrada en las branquias de las truchas arcoiris	105
Tabla N° 17:	Pruebas de Wilcoxon en la concentración de cadmio encontrada en las branquias de las truchas arcoiris	105
Tabla N° 18:	Comparación de la concentración de metales encontrada en el agua del río Chiapuquio y los LMP	106
Tabla N° 19:	Valores físico – químicos del agua del río Chiapuquio y los LMP	107
Tabla N° 20:	Valores microbiológicos del agua del río Chiapuquio y los LMP	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01:	Vías de ingreso de metales pesados en peces	25
Figura N° 02:	Toxicocinética del plomo en el organismo humano	41
Figura N° 03:	Modelo biológico del plomo	44
Figura N° 04:	Toxicocinética del cadmio	56
Figura N° 05:	Diagrama de cajas de la concentración de plomo en el hígado y branquias de las truchas arcoiris	102
Figura N° 06:	Diagrama de cajas de la concentración de cadmio en el hígado y branquias de las truchas arcoiris	104
Figura N° 07:	Trucha arcoiris " <i>Oncorhynchus mykiss</i> " y su coloración característica.	128
Figura N° 08:	Mapa de Huancayo y los Distritos que lo conforman	129
Figura N° 09:	Ubicación de criaderos de truchas dentro del mapa de Ingenio	129

Figura N° 10:	Espectrofotómetro de absorción atómica utilizado en el trabajo investigación.	.....	130
Figuras N° 11, 12,13 y 14:	Río Chiapuquio y pozas donde se crían las truchas	.....	131
Figuras N° 15, 16, 17, 18 y 19:	Procedimiento para la toma de muestra de agua	.....	132
Figuras N° 20, 21, 22, y 23:	Procedimiento para la toma de muestra de trucha en el río Chiapuquio	.....	133
Figuras N° 24, 25, 26 y 27:	Preparación del estándar para la determinación de plomo y cadmio en muestras de hígado, branquias y agua	.....	134
Figuras N° 28,29 30, 31 y 32:	Preparación de la muestra de hígado y branquias para la determinación de plomo y cadmio	.....	134
Figuras N° 33, 34, 35 y 36:	Preparación de muestra de agua para la determinación de plomo y cadmio	.....	135
Figuras N° 37, 38 y 39:	Equipos para medición de parámetros físico - químicos	.....	136
Figuras N° 40, 41 y 42:	Medios de cultivo	.....	136

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01:	Matriz de consistencia	127
Anexo N° 02:	Figuras	128
Anexo N° 03:	Resultados de análisis de plomo en..... hígado y branquias	137
Anexo N° 04:	Resultados de análisis de cadmio en..... hígado y branquias	139
Anexo N° 05:	Resultados de plomo y cadmio en la..... muestra de agua	141
Anexo N° 06:	Resultados de análisis físico- químicos..... de la muestra de agua	142
Anexo N° 07:	Estándares nacionales de calidad	143
	ambiental para el agua según MINAM. D.S N°004 - 2017	
Anexo N° 08:	Límite máximo permisible de plomo y	144
	cadmio para la acuicultura según SANIPES N°057 – 206	
Anexo N° 09:	Límite máximo permisible de plomo y	145
	cadmio en pescado según la UNION EUROPEA	
Anexo N° 10:	Límite máximo permisible de plomo	147
	en pescado según CODEX ALIMENTARIUS	
Anexo N°11:	Constancia de participación de los	149
	investigadores en el proceso de análisis de metales pesados	

RESUMEN

En el presente estudio correlacional fue realizado con el propósito de determinar los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de - Ingenio Huancayo, según el límite máximo permisible. La determinación de plomo y cadmio en branquias e hígado en una muestra de 16 truchas arcoiris y en el agua, se realizó por espectrofotometría de absorción atómica provisto con horno de grafito; los análisis físico - químicos se realizaron según United States Pharmacopeia 39 (USP 39) y la determinación de carga microbiana se realizó por el método del número más probable (NMP). Los resultados obtenidos nos indican que la concentración de plomo en hígado fue de 0,00073 mg/Kg y en branquias de 0,01715 mg/Kg, mientras que la concentración de cadmio en hígado fue de 0,00023 mg/Kg y en branquias 0,05106 mg/Kg; estas concentraciones comparadas con la norma de la Unión Europea, Codex Alimentarius y la norma peruana de Sanidad Pesquera, se encuentran por debajo del límite máximo permisible. La concentración de plomo en el agua fue de 0,01 mg/L y de cadmio 0,02 mg/L, estos valores superaron el LMP establecido por el Ministerio del Ambiente. El valor de pH fue de 7,25, conductividad 256,5 μ S/cm, sólidos suspendidos totales 26,20 mg/L y nitrato 1,28 mg/L, valores que se encuentran por debajo del LMP del Ministerio del Ambiente. El nivel de carga microbiológica de *Escherichia coli* en el agua fue <300 NMP/ 100 mL; dichos valores se encontraron dentro del límite máximo permisible; comparado con la norma del Ministerio del Ambiente. Estos resultados permitieron concluir que los niveles de concentración de los metales pesados plomo y cadmio en los órganos blandos de las 16 muestras de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" no superaron los límites máximos permisibles considerados en la normatividad establecida a nivel internacional y nacional, sin embargo, se evidenció que sí superaron en el agua del río Chiapuquio de ingenio – Huancayo.

Palabras clave: Metales pesados, plomo, cadmio, límites máximos permisibles.

ABSTRACT

The present correlational study was carried out with the purpose of determining the concentration levels of heavy metals in rainbow trout "*Oncorhynchus mykiss*" and the values of the water analysis of the Chiapuquio de - Ingenio Huancayo river, according to the maximum permissible limit. The determination of lead and cadmium in gills and liver in a sample of 16 rainbow trout and in water was performed by atomic absorption spectrophotometry provided with graphite furnace; the physico - chemical analyzes were performed according to United States Pharmacopeia 39 (USP 39) and microbial load determination was performed by the most probable number method (MPN). The results obtained indicate that the concentration of lead in liver was 0.00073 mg / kg and gills 0.01715 mg / kg, whereas the concentration of cadmium in liver was 0.00023 mg / kg and in gills 0.05106 mg / kg; these concentrations compared to the European Union standard, Codex Alimentarius and the Peruvian Fisheries Health standard, are below the maximum permissible limit. The concentration of lead in the water was 0.01 mg / L and cadmium 0.02 mg / L, these values exceeded the PML established by the Ministry of the Environment. The pH value was 7.25, conductivity 256.5 μ S / cm, total suspended solids 26,20 mg / L and nitrate 1,28 mg / L, values that are below the LMP of the Ministry of the Environment. The microbiological loading level of *Escherichia coli* in water was <300 NMP / 100 mL; these values were within the permissible maximum limit; compared to the standard of the Ministry of the Environment. These results allowed to conclude that the concentration levels of the heavy metals lead and cadmium in the soft organs of the 16 samples of rainbow trout "*Oncorhynchus mykiss*" did not exceed the maximum permissible limits considered in the established international and national regulations, however, it was evidenced that they exceeded in the water of the Chiapuquio river of ingenuity - Huancayo.

Key words: Heavy metals, lead, cadmium, maximum permissible limits.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país las truchas se producen generalmente en la Sierra, por haberse adaptado con facilidad a los ríos, lagunas y lagos de las zonas alto andinas; sin embargo, la calidad del agua en los ríos, como medio natural en que viven, se encuentra alterada como consecuencia de la contaminación ambiental, básicamente por la presencia de metales pesados. Estos se distribuyen de manera natural en el ambiente por medio de ciclos tanto geológicos como biológicos. Por ejemplo el agua de lluvia disuelve rocas y minerales, transporta físicamente material hacia arroyos y ríos que puede afectar a las especies que en ello habitan.⁰¹

Las consecuencias de la contaminación acuática por metales pesados se ven reflejadas en enfermedades o signos de toxicidad en los seres del ecosistema acuático; es así que metales como el cadmio provoca en truchas escoliosis, hiperactividad, disminución del contenido de calcio en los huesos; y el plomo puede provocar: Escoliosis, lordosis, cola negra, anemia, degeneración de la aleta caudal. Estos metales se concentran en los órganos de las truchas y que al ser consumidas por la persona puede implicar un riesgo para la salud.⁰²

Tomando como preocupación científica esta situación problemática es que se efectuó la presente investigación de tipo correlacional, con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss* "y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio - Huancayo como medio natural donde viven y se comparó con el límite máximo permisible. Para determinar la concentración de los metales en las 16 muestras de truchas arcoiris, durante el procedimiento experimental, se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito; del análisis efectuado mediante esta técnica, se obtuvo como resultados que la concentración de metales pesados, plomo y cadmio, en las muestras de truchas arcoiris no superaron los límites máximos permisibles, sin embargo en el análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, se evidenció que sí superó los niveles máximos permisibles de la concentración de dichos metales. Lo que

nos permite afirmar cuán importante y significativo es el estudio científico de la presencia de elementos de la naturaleza que son factores determinantes en la salud física y mental de las poblaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El impacto causado en la salud de las personas por exposición prolongada o por bío-acumulación de metales pesados resulta alarmante, produciendo afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos. Recordemos el primer caso de intoxicación masiva por cadmio el cual se registró en Japón, debido al consumo de arroz contaminado en etapa de cultivo por vertimientos de las minas en las aguas del río Intsu, generando la enfermedad conocida como *Itai-Itai* o *osteoartritis*; esta enfermedad ocasiona daños en los tejidos óseos principalmente.⁰³

En el caso de nuestro país que no es ajeno a esta realidad, según fuente del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de enfermedades – CDC/MINSA, hasta el 31 de agosto del 2016, se notificaron numerosos casos sospechosos por exposición a metales pesados por cada departamento, así tenemos a tres de los departamentos que encabezan dicha lista; el primer lugar lo tiene el departamento de Pasco que presentó unos 781 casos sospechosos por exposición a metales pesados, seguido del departamento de Junín con 422, y en tercer lugar, aparece el departamento de Ucayali con 116 casos.

⁰⁴

En la actualidad, la región Junín es el segundo productor de truchas con 3 412.53 toneladas, y un 13,78 por ciento de participación a nivel nacional. ⁰⁵ Sin embargo, uno de los factores principales que estaría

afectando su proceso de crecimiento no solo en las piscigranjas sino en los ríos, sería la contaminación del agua en la que habitan, según afirmación del biólogo Manuel Bedriñaña, especialista de la Sub Dirección de Pesquería, publicada en un diario local. El biólogo indicó que la contaminación que realizan las personas que viven cerca de 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, al reducir la calidad del agua. ⁰⁶

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿En qué medida los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible?
2. ¿En qué medida los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio -Huancayo se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible?
3. ¿Cuáles son los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio- Huancayo, según el límite máximo permisible?

4. ¿Cuáles son los niveles de carga microbiológica en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, según el límite máximo permisible.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio Huancayo, según el límite máximo permisible. .

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" según el límite máximo permisible.
2. Determinar los niveles de concentraciones de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo, según el límite máximo permisible.
3. Determinar los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo y comparar con el límite máximo permisible.
4. Determinar los niveles de carga microbiológica en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, según el límite máximo permisible.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según la FAO “La acuicultura representa una importante fuente de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para la humanidad”, y el crecimiento poblacional exige un aumento de recursos alimenticios, es así que muchas organizaciones mundiales proyectan a la acuicultura como un recurso para satisfacer las necesidades alimentarias de la humanidad. Es por esto que la actividad acuícola se ha venido incrementando, tecnificando y fortaleciendo en varios países. ⁰⁷

La acuicultura como toda actividad productiva presenta riesgos que pueden afectar el ambiente que lo rodea, por un lado requiere de un elevado consumo de agua que se obtiene del entorno, reduciendo su disponibilidad para otros usos. Las fuentes de agua pueden estar contaminadas con bacterias, residuos agroquímicos, metales pesados que pueda dar como consecuencia niveles no deseados de residuos que sean nocivos para los consumidores. ⁰⁷

Sin embargo, es posible controlar estos riesgos mediante el empleo de prácticas responsables en la producción. Estas prácticas están dirigidos a disminuir alteraciones en el ecosistema y el impacto que tiene el ecosistema acuático. ⁰⁷

Es por ello que la salud animal es un factor importante para el desarrollo económico de un país ya que la prevención de enfermedades en su masa animal es crucial para la protección de la salud humana. Toda persona tiene derecho a recibir una alimentación sana y suficiente para cubrir sus necesidades biológicas y por tanto es responsabilidad del estado regularla, vigilarla y promoverla. ⁰⁸

Considerando que los criaderos de truchas en Ingenio, se encuentran ubicados muy cerca a áreas dedicadas a la actividad agrícola, donde

comúnmente suelen utilizarse sustancias químicas como los fertilizantes, pesticidas y plaguicidas, que en su parte estructural contienen derivados de plomo y cadmio, y sumándole a ello la actividad antropogénica que realizan los pobladores del lugar, a consecuencia de estos dos factores van a generar el deterioro de la calidad del agua y por ende podría estar afectando el ecosistema acuático¹⁶. Esta problemática motivó a los investigadores realizar el presente trabajo, buscando conocer el nivel de concentración de los metales pesados plomo y cadmio en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" que son consumidas por la población.

El presente estudio cobra importancia porque cuenta con una estructura metodológica que nos ha permitido obtener resultados veraces y fidedignos y servirá como antecedente para investigaciones futuras.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de un equipo espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito en el laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, para llevar a cabo la determinación de plomo y cadmio en las muestras de órganos blandos (hígado y branquias) y de agua, obligó a realizar dichos análisis de manera externa y haciendo uso de un equipo espectrofotómetro de terceros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A fin de contar con información básica teórica como sustento de nuestra investigación se ha recurrido a estudios realizados a nivel nacional e internacional, tales como los siguientes:

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Chanamé F. (2009). En su tesis de doctorado titulada: “Acumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arcoiris” de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín”, estudió la bioacumulación de los metales pesados Cu, Zn, Fe y Pb en tejidos del hígado, riñón y músculo. El autor en este trabajo realizó la cuantificación de los metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica. A diferencia del Cu, en el agua encontró niveles de Zn, Fe y Pb, superiores al límite máximo permisible del MINAM, y la Unión Europea; en hígado, riñón y músculo de truchas, la concentración de Cu, Zn, Fe y Pb se encontró fuera del límite máximo permisible comparado con la norma referencia. ⁰⁹

Mamani E. (2011). En su trabajo de tesis “Acumulación de mercurio en pejerrey (*Basilichthys bonariensis*): en hábitat Norte del lago Titicaca”, tomó muestras de agua y de pejerrey; también formulo 89 encuestas con el objetivo de conocer la ingesta diaria de este metal como consecuencia del consumo de pejerrey contaminado. Los valores de pH tomados de las muestras de agua indicaron una variación de 8,14 a 8,94, el pH de (8,94),

superó el límite máximo de los ECAs para el agua, la concentración de mercurio en pejerrey en cuatro estaciones de muestreo, no superó el límite máximo permisible para peces, comparado con los valores de la FAO, OMS Y FDA. También determinó una correlación positiva significativa entre la concentración de mercurio y la edad del pejerrey. En cuanto a la ingesta diaria de los pescadores encontró una variabilidad y el 90,64 por ciento que consume pejerrey regularmente estaría en riesgo, concluyendo que los pejerreyes de la zona norte del lago Titicaca no son aptos para el consumo.¹⁰

Huaranga F. et al (2012). En el estudio “Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú”, planteó como objetivos determinar los niveles de concentración de Fe, Cu, Pb, Cd, Zn y As, tanto en el agua, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche. Del estudio realizado, concluyó que en la cuenca alta y durante el año 1980 se presentó la mayor contaminación por metales pesados en agua; mientras que los niveles más altos de concentración de metales pesados en suelos, se presentó en la margen derecha de la cuenca media; en lo referente a la contaminación de metales pesados en los cultivos, en la yuca (*Manihot esculentus*) se encontró una mayor concentración.¹¹

Argota G, Miranda E, Argota H. (2013). Su estudio denominado “Predicción Eco toxicológica de parámetros fisicoquímicos, Pb y Cd en el río Ramis - Cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú”, tuvo 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 bioensayo piloto con la especie *Gambusia punctata* para el río Ramis; determinó la conductividad eléctrica, dureza total, alcalinidad total, sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno como parámetros físico – químicos. Con todos ellos realizó una predicción eco toxicológica mediante el programa Gecotox, además de determinar 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.

Obtuvo como resultados que entre los meses no se encontraron diferencias significativas a nivel estadístico en cuanto a las variaciones de los parámetros, al realizarse un análisis de componentes principales, alcalinidad total, dureza total y demanda química de oxígeno, 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, las propias aguas presentaron un efecto de toxicidad aguda letal muy cercano al 50 por ciento de dilución total, finalmente, el plomo y cadmio mostraron capacidad bioacumulativo, concluyó que las aguas del río Ramis, presentaron efectos ecotoxicológicos.¹²

Alvares R, Amancio F. (2014). En su tesis profesional “Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la Laguna Chinancocha-Llanganuco periodo 2012 – 2013”, tuvo como objetivo comparar el comportamiento de los metales pesados tanto en agua como en peces tomados de un ambiente no contaminado como la laguna Chinancocha – Llanganuco, con otro sí contaminado como es el Río Santa.

Según sus resultados observó que la concentración de plomo, zinc y cromo en las muestras de agua del Río Santa superó el límite máximo permisible comparado con las Normas Internacionales. Determinó la concentración de los metales pesados en hígado, branquias, gónadas y músculo de peces, tomados en ocho puntos de la cuenca del río Santa, encontrando una distribución de concentraciones de tipo normal-logarítmico y una acumulación preferente de aluminio, manganeso y zinc en branquias y de cadmio, hierro y cobre en hígado.¹³

Huancaré R. (2014). En su tesis “Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la Laguna de Mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú.” Su objetivo fue identificar las lesiones histopatológicas en trucha arcoiris, expuestas a un ambiente contaminado.

Los resultados del estudio indicaron que la concentración de metales pesados en agua no se encontraban sobre el límite máximo permisible; aunque en el caso de arsénico, cadmio y mercurio en sedimento si superaron el límite máximo permisible, los tres tejidos analizados: músculo, hígado y branquias bioacumularon en mayor proporción zinc y bario y en menor proporción cadmio, cromo, cobre y plomo, (por debajo de los LMP); también demostró presencia de lesiones degenerativas y necrosis en branquias, hígado y músculo estriado esquelético, siendo las branquias las más afectadas que el hígado y el músculo estriado esquelético.¹⁴

Girón T, Villalobos L. (2014) En su tesis: “Evaluación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados en las Aguas del Río Motil de la Provincia de Otuzco”, realizado mediante ICP- MS; encontraron que las aguas del río Motil presentan metales pesados de arsénico, zinc, hierro, plomo y mercurio en concentraciones menores a las ECAs – agua establecidos en el DS-002-2008 MINAM, anexo I para agua de categoría I y III, también el cobre, en concentraciones dentro del rango establecido por dicho decreto y las concentraciones de Cianuro en todos los puntos fueron menores a 0.01 mg/L.¹⁵

Espinoza D, Falero S. (2015). En el estudio “Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo”, colectaron siete especies de peces usualmente consumidas del río Tumbes y llegaron a determinar en tejido muscular, la concentración de mercurio, cadmio, plomo y arsénico y usaron el

método de absorción atómica: vapor hidruro y llama. Las concentraciones encontradas de mercurio y arsénico estuvieron por debajo del límite máximo permisible de referencia, por el contrario, las concentraciones de plomo y cadmio sí superaron el límite máximo permisible.¹⁶

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Perea R. et al. (2006). En su investigación “Bioindicador para el monitoreo de cadmio y plomo en aguas residuales”, tomaron muestras de agua de la presa la Requena proveniente de la zona metropolitana de la ciudad de México y muestras de peces (género *Oreochromis*) en distintos puntos de la presa, con el objetivo de determinar los niveles de plomo y cadmio, por la técnica de volt amperometría.

Según sus resultados la concentración de metales en las muestras de agua fue creciente a medida que el punto de muestreo se situaba más interiormente en el estuario. Resaltando que la concentración de cadmio de la muestra de agua del punto más próximo a la desembocadura, fue la concentración más elevada, la concentración de cadmio fue bastante similar en todas las muestras de músculo, las concentraciones de plomo en músculo, agallas y tejido blando mostraron una distribución irregular respecto al punto de muestreo.¹⁷

Betancourt B. (2011). En su trabajo de investigación “Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso bagre paisano y sardinata”, el objetivo fue comparar la concentración de metales en los órganos de dos especies del río Orinoco: *Pellona flavipinnis* (sardinata) e *Hypophthalmus marginatus* (Bagre paisano); encontró que los metales con mayores niveles de concentración fueron Mn, Fe y Cr pero no en Pb, Cu, y Zn, donde las vísceras por su condición metabólica constituyo el compartimiento donde mayormente se concentraron todos los metales. Además de ello, determinó que según las legislaciones utilizadas no existe riesgo por el consumo de estas especies

siempre y cuando su consumo semanal no sobrepase los 4,5 Kg aproximadamente. ¹⁸

Romeu B. et al. (2012) En el artículo “Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba”, el trabajo tuvo como objetivos determinar la magnitud de los indicadores físico - químicos temperatura y pH en un tramo de 5 km del río y evaluar la calidad microbiológica de sus aguas. Según sus resultados, los indicadores fisicoquímicos tomados *in situ* permanecieron dentro de los rangos favorables para el crecimiento bacteriano. Las concentraciones de *E. coli* y coliformes termo tolerantes oscilaron entre $1,1 \cdot 10^4$ - $2,9 \cdot 10^5$ y $1,2 \cdot 10^5$ - $5,7 \cdot 10^6$ unidades formadoras de colonias/100 mL respectivamente, superando al límite máximo permisible establecido. La conclusión del estudio fue que la calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó es inadecuada para la realización de actividades recreativas y el riego agrícola. ¹⁹

Argota G. et al. (2013). Con su investigación “Biomarcadores en la especie *Gambusia punctata* (poeciliidae) dada las condiciones ambientales del ecosistema San Juan”, tuvo como objetivo evaluar mediante biomarcadores de exposición y efecto en la especie *Gambusia punctata* las condiciones ambientales del ecosistema San Juan de Santiago de Cuba. Para el estudio se seleccionaron tres puntos de muestreo correspondientes a la parte alta, media y baja del río principal, consideraron peces sexualmente maduros.

La evaluación estuvo orientada a determinar metales, niveles de proteínas totales, actividad acetilcolinesterasa e histopatología. Tanto los metales como la histopatología fueron determinados en hígado, branquias y cerebro. La cuantificación de Cu, Zn, Pb y Cd, fue realizada por espectroscopia de plasma inductivamente acoplado de vista axial. Los resultados obtenidos fueron comparados con otros de la misma especie, pero procedente de un ecosistema diferente, utilizado como referencia ambiental. La concentración fue mayor en las hembras y el nivel de

bioacumulación de metales en hembras y machos fueron significativamente superiores a los de referencia ambiental; de igual modo, el daño observado a nivel histopatológico en los tres órganos estudiados, el nivel de proteínas totales y la actividad enzimática fueron encontrados en orden descendente desde la estación alta, media y baja, respectivamente. Concluyendo que los biomarcadores evaluados indicaron que la salud de la especie no es óptima. ²⁰

Gaete H. et al. (2014). En el artículo “Evaluación de la genotoxicidad de las aguas costeras de Chile central sobre los peces *Mugil cephalus* y *Odontesthes brevianalis*” (Hidrobiológica vol. 24 N° 3 México. Revista en línea), los autores exponen los resultados de una investigación realizada con el objetivo de evaluar la genotoxicidad de las aguas de las desembocaduras de los ríos Aconcagua, Maipo y del Estero Catapilco, utilizando como organismos bioindicadores a los peces en mención.

Según sus resultados, el valor del pH fue alcalino, siendo el más elevado en el agua del estero Catapilco y el más bajo en el río Maipo, la conductividad y sólidos disueltos totales fueron más elevados en el estero Catapilco, la concentración de oxígeno disuelto fue similar en los tres cuerpos de agua. La mayor concentración de cobre en agua fue en el estero Catapilco seguido del Maipo. La concentración de plomo fue mayor en el río Maipo, mientras que en el caso de zinc fue en el río Aconcagua.

El zinc también fue el metal que presentó la mayor concentración en las branquias de ambas especies de peces. Sin embargo, el plomo presentó el valor más alto en *M. cephalus* en el río Maipo. La mayor concentración de cobre se encontró en la misma especie pero en el río Aconcagua; observaron que el daño genético fue en mayor proporción en los peces de la desembocadura del río Maipo y en ambas especies, la correlación entre el daño genético y la concentración de metales fue con cobre, en la especie *O. brevianalis*. ²¹

Nevárez M. (2014). En su trabajo de tesis “Cuantificación de elementos traza tóxicos en peces de presas del Estado de Chihuahua y evaluación de riesgos a la salud”, su objetivo fue cuantificar la concentración de mercurio, plomo, cadmio y arsénico en el músculo de peces y evaluar el riesgo a la salud asociado a su consumo; y obtuvo los siguientes resultados: la concentración de metales pesados en el músculo de pescado mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) a través de las estaciones del año. Además, algunas concentraciones excedieron los límites máximos permisibles nacionales e internacionales.²²

Azario R. (2014). Realizó su trabajo de tesis “Análisis de la toxicidad de metales contaminantes sobre el crecimiento de *Escherichia coli*: efecto del cromo, plomo y cadmio en solución”. Sus objetivos fueron los siguientes: estudiar la sensibilidad de *Escherichia coli* ATCC 35218 a metales contaminantes como cromo, plomo y cadmio; evaluar la capacidad de respuesta del microorganismo a posibles efectos tóxicos sinérgicos de soluciones multimetal (cromo, plomo y cadmio); analizar el efecto del cromo trivalente y cromo hexavalente sobre el crecimiento de *Escherichia coli* ATCC 35218, y de esta manera determinar la toxicidad de estas especies químicas.

En este estudio, el cromo trivalente y en la concentración utilizada no generó una disminución del crecimiento bacteriano. En contraste, la forma hexavalente de este metal si genero un efecto tóxico sobre el crecimiento bacteriano y la curva de crecimiento de *Escherichia coli* no fue alterada en forma significativa por cadmio o plomo, a una concentración de 25 a 200 partes por millón.

Sin embargo el autor menciona a otros estudios, en los cuales se observa un efecto tóxico de estos metales sobre el crecimiento de *Escherichia coli* (Peng y col., 2007; Helbig y col., 2008; Callantara y Ghaffari, 2008) en un rango de concentración similar al empleado en este estudio.²³

Ramos Y. Salas K. (2015) En su tesis “Evaluación de metales pesados en aguas superficiales en el área de influencia al emisario submarino en el corregimiento de punta canoas departamento de Bolívar”, la determinación de metales pesados lo realizó por espectrofotometría de absorción atómica de llama, demostrando una relación directamente proporcional entre la distancia y la concentración de cadmio en mg/L. Los resultados obtenidos, no cumplieron con la norma establecida en Colombia, ya que esta norma indica como límite máximo permisible para metales pesados vertidos al mar 0,005 mg/L y los valores encontrados fueron de hasta 0,1859. ²⁴

Boy A. (2015). En su trabajo de tesis “Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e *Hydrilla verticillata* del lago de Izabal”, colectó un total de diez peces para la investigación y el análisis de metales pesados en secciones del tejido muscular del pez Chumbimba mostró que no existe bioacumulación considerable en los peces colectados. Los valores promedio de concentración ($\mu\text{g/g}$) en tejido muscular de zinc, estroncio, níquel y arsénico fueron 0,53 ($\pm 0,77$), 0,17 ($\pm 0,09$), 0,59 ($\pm 0,69$) y 0,01 ($\pm 0,01$) respectivamente. El orden de los valores promedio de concentración fueron níquel >zinc >estroncio>arsénico. Las concentraciones de zinc y níquel en los peces colectados, según el autor, se encontraron por debajo del límite establecido por la Brazilian Food Legislation - BFL - y por la World Health Organization, y en el agua la mayoría de muestras presentaron concentraciones de arsénico, cromo y zinc por debajo del límite de detección del equipo de Fluorescencia de Rayos X. ²⁵

Barros O. et al. (2016). El trabajo de investigación “Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia”. Buscó evaluar el nivel de concentración de metales pesados en sedimento y en las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus*, la concentración de plomo, cadmio y mercurio determinada en hígado y riñón no superó el límite máximo

permisible comparado con la norma (ICONTEC, 2009), para pescado entero, medallones y trozos, y al contenido máximo en productos alimenticios correspondiente al RCE 466 de la legislación vigente de la Comisión Europea (RCE, 2001).

A pesar de las bajas concentraciones de plomo encontradas tanto en sedimento como en tejido de hígado y riñón, la correlación significativa encontrada fue de 0,441; constituyendo una evidencia de bioacumulación de plomo en los peces estudiados. De igual modo, la concentración de cadmio en tejidos presenta una correlación significativa con la determinada en sedimento; la cual fue -0,419. Al comparar la concentración de cadmio presente en estas dos especies de estudio con otras especies del mismo género, encontraron que es inferior (entre 8 y 10 veces).²⁶

Arrieta A. et al. (2016). En el artículo “Cuantificación de metales pesados en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en Motuisca, Norte de Santander” (Revista Agronomía Colombiana. Revista en línea) los autores tuvieron como objetivo determinar la presencia de cadmio, cobre y plomo en muestras de carne, vísceras y piel de trucha arcoíris. Los resultados arrojaron que las muestras de vísceras y piel, superaron la normatividad propuesta por la Unión Europea para el plomo, a excepción de las muestras de carne que se encontraron dentro del límite máximo permisible establecidos por la misma normatividad. Para el metal cadmio las muestras analizadas superaron los límites permitidos por la norma.

Las muestras de vísceras y piel superaron los rangos establecidos por la Unión Europea para el cobre, a excepción de las muestras de carne que se encontraron por debajo del límite máximo permisible.²⁷

2.2. BASES LEGALES

2.2.1. NORMAS NACIONALES

- Resolución Ministerial N°2254 – 2007 DIGESA /SA Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales.
- Resolución de dirección ejecutiva N° 057 – 2016 SANIPES DE 2016.
- Decreto Supremo N° 003 – 2016 PRODUCE. Aprueba el reglamento de la ley General de acuicultura, aprobada por el decreto legislativo N° 1195.
- R.M N°114- 2016 PRODUCE 2016 Norma de la Sanidad para animales acuáticos.
- D.S N°004 -2017 MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Resolución Jefatural N° 010 – 2016 ANA, protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.
- Resolución Directoral N° 006 – 2017 SANIPES – DSNPA

2.2.2. NORMAS INTERNACIONALES

- CODEX ALIMENTARIUS (FAO-OMS). Periodo de sesiones, Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG) Ginebra (Suiza), 611 de julio de 2015.
- UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Marzo 2017

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. TRUCHA ARCOIRIS “*Oncorhynchus mykiss*”

La trucha arcoiris es un pez que pertenece a la familia de los salmónidos, su nombre científico es *Oncorhynchus mykiss*. Es una especie introducida a nuestro país, siendo originaria de las desembocaduras del Océano Pacífico en Norte América. La trucha arcoiris es una especie muy resistente, de rápido crecimiento, tolerantes a una amplia gama de ambientes y manipulación; su nombre deriva de la peculiar coloración que posee (Figura 7 pag 128), la misma que varía en función del medio, la talla, sexo, tipo de alimentación, y grado de maduración sexual. ²⁸

Tabla N°1: Clasificación taxonómica de la trucha arcoiris

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Genero	Oncorhynchus
Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre Común	Trucha arcoíris

Fuente: Fish Base, basado en la publicación de Smith, 1989.

2.3.1.1. Historia de la trucha en el Perú. ²⁹

La trucha no es peruana, pero en nuestra ciudad de La Oroya fue el primer lugar donde empezó a criarse, la llegada de la trucha a nuestro país se debe a J.R. Mitchell y B.T. Colleg, trabajadores de la recordada empresa norteamericana Cerro de Pasco Copper Corporation que radicaban en La Oroya. Los pececillos tuvieron que ser alimentados con hígado de res finamente molido, teniendo mucho cuidado con la higiene de su hábitat y una serie de cuidados más.

Estas truchas arcoiris, algunas de las cuales aún seguían siendo criadas en el estanque del Club Golf, fueron obsequiadas al Sr. Juan Morales Vivanco, quien las llevó a Quichuay, poblado cercano a Ingenio, siendo el inicio del reconocido Centro El Ingenio ubicado en la ciudad de Concepción. ²⁹

2.3.1.2. Características

Es un pez de color gris con franja verde, roja o azul en medio de su cuerpo, está cubierto de escamas delgadas plateadas que con el agua y el sol dan origen a su nombre: "arcoiris". Tiene su cuerpo alargado con una banda de color que se sitúa a cada lado del cuerpo. Pueden alcanzar un buen tamaño ³⁰ .La medida está en los 51-76 centímetros de longitud y unos 3,6 kilogramos, pero pueden incluso llegar a medir 1,2 metros y pesar hasta 24 kilogramos. ³¹

2.3.1.3. Anatomía Externa

El cuerpo de la trucha está dividido en tres regiones:

a. Región cefálica

En esta región se encuentran la boca, un par de ojos, un par de narinas y los opérculos protegiendo las branquias.³²

Branquias:

Respiración: El oxígeno²² es esencial para la existencia de todo tipo de vida.

Los peces lo toman directamente del agua a través de unos órganos filamentosos llamados branquias o filamentos branquiales. Una branquia consiste de una hilera doble de filamentos branquiales delgados, éstos están provistos de placas transversas diminutas con epitelio delgado y capilares entre las arterias eferentes y aferentes.

Un pez respira abriendo la boca, para que entre el agua, y cerrándola, para hacerla pasar por las branquias, para que finalmente salga a través del opérculo. Bajo condiciones ideales en esta acción puede captar un 80 por ciento o más del oxígeno presente en el agua. Este proceso es altamente eficiente en estos animales ya que la concentración de este gas en el agua es muy baja, no más del 1 por ciento, comparado con un 21 por ciento en el aire. Un pez fuera del agua muere ya que la gran mayoría de ellos no puede captar el oxígeno del aire.³³

Las branquias son el principal lugar de ingreso para sustancias disueltas en el agua. Este tejido está expuesto a cantidades mucho mayores de tóxicos que los pulmones de un animal terrestre.

b. Región troncal

Es la superficie ventral del cuerpo, a unos dos tercios de la distancia desde el hocico al extremo de la cola, se encuentra el ano.³³

c. Región caudal

La aleta adiposa es pequeña y gruesa, careciendo de soportes óseos.³²

2.3.1.4. Anatomía interna

a. El cerebro

Se divide en tres partes principales: El lóbulo olfativo se sitúa en la parte delantera y sirve para el olfato y el gusto, el gran lóbulo óptico.³⁴

b. El corazón

Es un órgano musculoso de dos cámaras (el del ser humano tiene cuatro cámaras) que es responsable principalmente de hacer circular la sangre por todo el cuerpo de la trucha.³⁴

c. El estómago

Es una sección dilatada del aparato digestivo en forma de “U” situado entre el esófago y el intestino, el proceso digestivo comienza en el estómago; el estómago de la trucha puede extenderse fácilmente y permite que los peces traguen presas enteras.³⁴

d. El hígado

Actúa como órgano digestivo accesorio, el hígado secreta bilis por un conducto a la vesícula biliar; el hígado también desintoxica los metales pesados, drogas y pesticidas a los que podría ser expuesto el animal.³⁴

e. El riñón

Se ubica a lo largo de la superficie ventral de la columna vertebral, el riñón es el filtro principal del cuerpo y su función primaria es la de mantener el equilibrio interior de sal y agua de los peces.³⁴

2.3.1.5. Hábitat

Se encuentran normalmente en aguas frías y limpias de ríos y lagos.

2.3.1.6. Alimentación

La trucha tiene dos técnicas de caza, la primera es esperar totalmente inmóvil a que algún insecto u otro animal sea arrastrado por la corriente, y la muy astuta lo atrapa antes de que éste se dé cuenta. Para la segunda técnica de caza, ésta debe estar cerca de

la superficie, donde emplea su salto para atrapar a su presa en el aire.³⁵

2.3.1.7. Reproducción

Las truchas regresan a los lugares donde nacieron, donde es muy común las luchas por la reproducción; el macho busca territorio para la hembra donde ésta depositará sus huevos.³⁵

2.3.1.8. Valor nutricional de la trucha

La trucha es un pescado muy cardiosaludable y nutritivo, de sabor suave, bajo en grasa (3 por ciento); es una buena fuente de ácidos grasos omega 3, y considerable de proteínas con elevado valor biológico, minerales como selenio, fósforo, potasio o magnesio, y vitaminas B12, niacina y B6, sin olvidar unas moderadas aportaciones en tiamina y riboflavina.³⁶

Al comparar la trucha de río con la trucha marina o reo, desde el punto de vista de la composición nutricional, encontramos que el contenido calórico de una ración media de la primera está casi tres veces por debajo del de la segunda, lo que la hace mucho más adecuada para el consumo en caso de dietas hipocalóricas, y de personas que toleran la grasa con dificultad, porque es la grasa, mayormente, el macronutriente que justifica este gran escalón energético. (La trucha de río presenta un contenido en lípidos igual a 3 g/100 g de porción comestible, y la trucha marina, 12 g).³⁶

Este incremento se debe al mayor contenido en ácidos grasos saturados y monoinsaturados, permaneciendo casi intacto el de ácidos grasos poliinsaturados en ambas especies. Por su parte, los aportes en proteínas son algo superiores en el caso de las truchas marinas, mientras que el contenido en vitaminas y minerales es muy similar en ambas especies.³⁶

Tabla N° 02: Composición nutricional de la trucha

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (200 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	90	94	3.000	2.300
Proteínas (g)	15,7	16,3	54	41
Lípidos totales (g)	3	3,1	100-117	77-89
AG saturados (g)	0,43	0,45	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0,74	0,77	67	51
AG poliinsaturados (g)	1,83	1,90	17	13
ω -3 (g)	1,626	1,691	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	0,097	0,101	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	80	83,2	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	0	0	375-413	288-316
Fibra (g)	0	0	>35	>25
Agua (g)	81,3	84,6	2.500	2.000
Calcio (mg)	26	27,0	1.000	1.000
Hierro (mg)	1	1,0	10	18
Yodo (μ g)	3	3,1	140	110
Magnesio (mg)	28	29,1	350	330
Zinc (mg)	0,8	0,8	15	15
Sodio (mg)	58	60,3	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	250	260	3.500	3.500
Fósforo (mg)	208	216	700	700
Selenio (μ g)	25	26,0	70	55
Tiamina (mg)	0,08	0,08	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,1	0,10	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	5,1	5,3	20	15
Vitamina B ₆ (mg)	0,43	0,45	1,8	1,6
Folatos (μ g)	9,4	9,8	400	400
Vitamina B ₁₂ (μ g)	5,2	5,4	2	2
Vitamina C (mg)	0,0	0	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (μ g)	14	14,6	1.000	800
Vitamina D (μ g)	Tr	Tr	15	15
Vitamina E (mg)	1,5	1,6	12	12

Fuente: Moreiras y col. 2013

2.3.1.9. Vías de ingreso de metales pesados en peces

Los metales pesados pueden entrar en los peces por 3 posibles vías:

- A través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante.
- A través de la ingestión de comida.
- A través de la superficie corporal y a la hora de acumularse tienen órganos más afines que otros y la mayoría de los autores coinciden en resultados parecidos de patrones de acumulación (Amundsen *et al.*, 1997).¹⁰

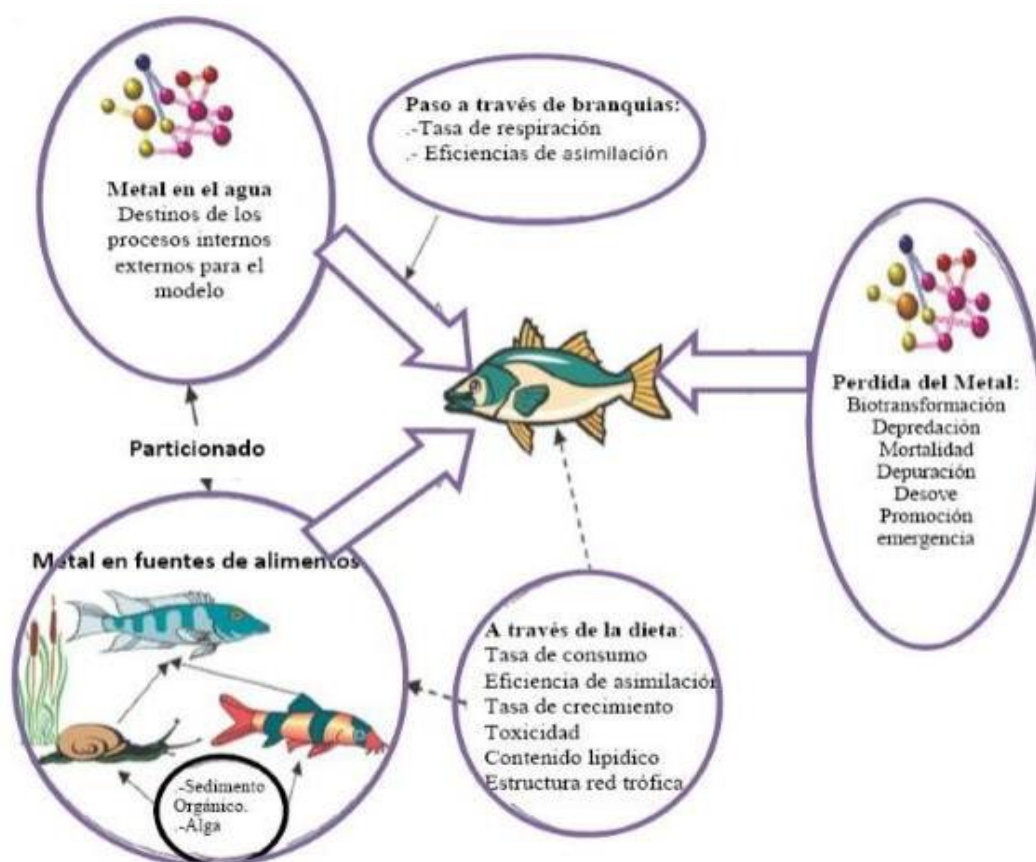


Figura N° 01: vías de ingreso de metales pesados en peces¹⁹

Fuente: Betancourt B. Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso bagre paisano y sardinata.

2.3.2. INGENIO - HUANCAYO

Huancayo, es la capital del departamento de Junín; parte del valle del Mantaro, en la sierra central del Perú. La ciudad de Huancayo está dividida en 28 distritos. Uno de los distritos de Huancayo es Ingenio que se encuentra ubicado a 28 km de dicha ciudad, (Figura 8, pág. 129), Ingenio abarca una superficie de 53,29 km²; se encuentra a una altura de 3 460 msnm y tiene una población aproximada superior a 3 000 habitantes. ³⁷

En 1930, Mitchell obsequió 50 truchas arcoiris al poblado de Quichay, cercana al distrito Ingenio, a orillas del río Chiapuquio, las cuales fueron sembradas, alimentadas y así se logró básicamente dar inicio al Centro Piscícola El Ingenio, ubicado en la provincia de Concepción en Junín. ³⁸
En Ingenio encontramos gran variedad de recreos campestres que se dedican a la crianza de truchas (Figura N° 9, pág. 129). ³⁹

2.3.3. RÍO CHIAPUQUIO

Es un río que se encuentra dentro de la cordillera Huaytapallana, surge de la laguna Putcacocha (5 236 msnm) y baja por la zona de concepción (3 283 msnm). Es una zona con buen terreno ya que tiene alta resistencia debida a que está en una cuenca pedregosa-arenosa con un poco de limo.

Presenta una temperatura característica de Sierra Central de 5°C pero puede llegar entre 19 y 21°C en algunas épocas del año, los vientos son moderados ya que los cerros que lo rodean crean una barrera física; y las lluvias son frecuentes, sobre todo en los meses entre octubre y marzo. ³⁸

2.3.4. CONDICIONES GENERALES DEL AGUA PARA LA CRIANZA DE TRUCHAS ⁵

2.3.4.1. Accesibilidad

El agua seleccionada para el desarrollo de la actividad acuícola debe tener vías de acceso que permite la fluidez. Se debe tener las

precauciones necesarias para conservar el producto en perfecto estado sanitario y de buena calidad para el consumidor. ⁵

2.3.4.2. Cantidad de agua

Para el desarrollo de cultivo de truchas, es necesario tener en cuenta el volumen de agua requerido a ser utilizado en la infraestructura inicial y proyectarse a futuros planes de expansión. En este sentido, se debe asegurar el máximo caudal de agua en época de estiaje, que debe ingresar por el canal principal para la crianza, que nos permita determinar nuestra máxima producción anual de truchas comerciales. Se necesitará un flujo de agua constante para mantener lleno los estanques de la unidad productiva, que conlleve a darles las renovaciones diarias necesarias o programadas, que nos permitan tener una producción sostenible durante todo el año. ⁵

2.3.4.3. Calidad de agua

La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o fracaso de la actividad (crianza de truchas). En cuanto a calidad del agua, ésta se cuantifica a partir de la determinación de los factores fisicoquímicos, los mismos que hacen favorables o desfavorables desde el punto de vista técnico – económico el crecimiento de la trucha. ⁵

2.3.5. PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS QUE DEBE CUMPLIR EL AGUA PARA LA CRIANZA DE TRUCHAS

2.3.5.1. Oxígeno disuelto (O₂)

Los peces como todo ser viviente necesitan del oxígeno para vivir, estos captan el oxígeno disuelto en el agua mediante las branquias, el mismo que es transferido a la sangre, luego llega al corazón y este lo bombea al torrente sanguíneo, como la crianza se realiza a grandes densidades es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5,5 mg/L. (60 por ciento de saturación de oxígeno)

en los momentos de máximo consumo en el cultivo, ya que de lo contrario los peces van a presentar signos de asfixia. La cantidad de oxígeno disuelto captado por el pez en el agua está influenciada por la fluctuación de la temperatura del agua, presión atmosférica y sales disueltas que contenga el agua (a mayor temperatura menos cantidad de oxígeno, a menor presión atmosférica menor cantidad de oxígeno).⁵

2.3.5.2. Temperatura (T°C)

Es el parámetro físico del agua más importante para fines acuícolas. A partir de la temperatura, se condiciona el efecto del crecimiento y el desarrollo normal de las truchas con fines comerciales. El rango permisible de la temperatura del agua para el engorde de truchas fluctúa entre 11 a 16 °C, teniendo el óptimo en las temperaturas superiores del rango (15 a 16°C), a temperaturas menores del rango se prolonga el periodo de crecimiento, y a temperaturas mayores del rango existe riesgo de propagación de enfermedades. Para el caso de incubación de ovas embrionadas, el rango recomendable es de 9 a 11 °C, teniendo un óptimo entre 8°C y 10°C.

Se debe llevar un registro de temperatura en forma diaria, estadísticamente con un mínimo de tres (03) registros, los que se pueden programar de la siguiente manera: El primer registro en horas de la mañana, el segundo al medio día y el tercero, al final de la tarde, con la finalidad de que el promedio, represente el comportamiento de la temperatura del día. ⁵

2.3.5.3. Potencial de hidrógeno (pH)

Está referido al carácter de acidez o basicidad del agua. El pH es importante porque actúa como regulador de la actividad metabólica. Las aguas cuyo pH se muestra ligeramente alcalino son más convenientes para la crianza y desarrollo de la trucha,

entre 7 y 8 es el óptimo, cuando el pH del agua es mayor de 9 se debe descartar para la acuicultura, no es compatible con la vida de los peces, igualmente las aguas ácidas con pH inferior a 6,0 deben evitarse. Es importante mencionar que la excesiva variación de este parámetro en el agua sería muy perjudicial en el cultivo, por ejemplo, con niveles inferiores a 6,5 pueden producir hemorragias en las branquias de las truchas y causar mortalidades elevadas. ⁵

2.3.5.4. Alcalinidad

Se refiere a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales causan que el agua sea alcalina o mantenga el pH alto (sobre 7). Los carbonatos y bicarbonatos tamponan el agua, lo cual ayuda a mantener el pH constante. El rango adecuado para acuicultura fluctúa de 80 a 180 ppm. ⁵

2.3.5.5. Dureza total

Se refiere a la presencia de ciertos elementos químicos, tales como el calcio y magnesio que contribuyen a la calidad de agua. Los rangos de dureza apropiados para el agua son de 60 a 300 ppm, los cuales permiten un mejor crecimiento de la trucha; asimismo, si el nivel de la dureza es bajo, indica que la capacidad de tamponar es baja y el pH puede variar considerablemente durante el día. ⁵

2.3.5.6. Dióxido de carbono (CO₂)

Más conocido como el CO₂, podemos definirlo como el producto de la respiración de los peces y plantas, así como de la descomposición de la materia orgánica. En acuicultura, no es recomendable que la concentración de dióxido de carbono en el agua de cultivo exceda de 2 ppm, de lo contrario mermaría la concentración de oxígeno disuelto y por ende el comportamiento del pH, situaciones negativas para el viable desarrollo de la crianza de truchas. ⁵

2.3.5.7. Turbidez

Como ya se ha mencionado, la trucha gusta de aguas cristalinas y puras, por lo que la turbidez del agua resulta un factor negativo en la cría de estas truchas. La turbidez es causada por partículas suspendidas generalmente arrastradas desde el suelo o de la vegetación adyacente, así como de organismos planctónicos, que pueden generar una disminución en la absorción de oxígeno por parte de las truchas. En el caso de los alevines, los problemas branquiales son más notorios y pueden dar origen a infecciones, debido a que cuando las branquias de los pequeños truchas son expuestas al contacto con las partículas suspendidas, se irritan fácilmente y se dificulta el paso del oxígeno a través de ellas. Este es un factor sobre el cual se debe poner especial atención en la época de lluvias, pues es cuando más partículas son arrastradas del suelo y de la vegetación.⁷

2.3.6. PELIGROS BIOLÓGICOS PARA LA CRIANZA DE TRUCHAS

Los peligros biológicos en las truchas pueden ser organismos parásitos y bacterias y la calidad del agua es uno de los factores que influye en el nivel de contaminación de peces por bacterias. La temperatura y salinidad del agua son factores cruciales, la proximidad de la granja acuícola a las áreas de asentamientos humanos, la cantidad y calidad del alimento consumido por las truchas y los métodos de cosecha son los puntos de riesgo de contaminación bacteriana, entre las que pueden representar un peligro a la salud humana tenemos a bacterias que son potencialmente patógenas y que se introducen por desechos domésticos o industriales, éstas son: *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* y *Vibrio cholerae*.⁷

2.3.6.1. *Escherichia coli*

Escherichia coli (*E. coli*) es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas.

Sin embargo, algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. La mayor parte de la información disponible sobre *E. coli* productora de toxina Shiga guarda relación con el serotipo O157: H7, pues es el más fácil de distinguir bioquímicamente de otras cepas de *E. coli.*, *E. coli* O157: H7 se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, la contaminación fecal del agua y de otros alimentos, así como la contaminación cruzada durante la preparación de estos. ⁴⁰

Tabla N° 3: Parámetros para la conservación del ambiente acuático: categoría 4. D.S. N° 004-2017 MINAM

pH	6,5 – 9,0
Temperatura	$\Delta 3^{\circ}\text{C}$
Conductividad	1 000 $\mu\text{S/cm}$
Sólidos totales	≤ 100 mg/L
Nitratos	13 mg/L
Plomo	0,0025 mg/L
Cadmio disuelto	0,00025 mg/L
<i>Escherichia coli</i>	2 000 NMP/100 ml

Fuente: Ministerio del Ambiente.

2.3.7. PLOMO

2.3.7.1. Propiedades físicas del plomo

El plomo es un metal de color gris azulado, brillante en las superficies recientes, muy blando, tan blando que se raya con la uña, muy maleable y es el menos tenaz de todos los metales, posee gran densidad y punto de fusión bajo, cristaliza en octaedros, y deja en el papel una mancha gris. ⁴¹

a. Sus principales parámetros físicos son:

La densidad del plomo es de 11,85, este valor, el más alto dentro de la familia IVA, es uno de los factores, que lo convierte en un metal denso, tóxico y acumulativo. De los metales densos cotidiano, el plomo es uno de los metales con mayor densidad, exceptuando a los metales preciosos.

42

Tabla N° 4: Otras propiedades físicas del plomo⁴²

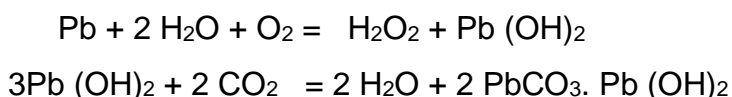
Número atómico:	82
Símbolo:	Pb
Peso atómico:	207,21
Abundancia de isótopos:	208: 52,3 por ciento, 206: 23,6 por ciento, 207: 22,6 por ciento
Solubilidad:	Poco soluble en agua
Sistema cristalino:	Regular
Estado físico:	Sólido grisáceo.
Punto de fusión:	326,9 °C
Estados de oxidación:	+2 y +4
Punto de ebullición:	1 613 °C

Fuente : Wikipedia

2.3.7.2. Propiedades químicas del plomo

- a. El plomo en contacto con el aire se oxida superficialmente, recubriéndose de una capa de color gris de sub óxido de plomo (Pb_2O), que le quita el brillo metálico, pero que a su vez lo protege de ulterior oxidación. ⁴³

- b. Cuando está recién fundido se oxida rápidamente formando el producto PbO, que es conocido como masicot. ⁴³
- c. El agua químicamente pura casi no lo ataca, pero como está siempre contiene anhídrido carbónico y oxígeno libre, hay siempre un ataque cuando se halla en contacto, este proceso es continuo. ⁴³

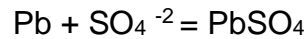


- d. En presencia de agua de lluvia y del CO₂ del aire, el plomo se altera cubriéndose de una capa de carbonato hidratado, esta sal se disuelve poco en el agua comunicándoles propiedades tóxicas; por esta razón, no debe usarse en la alimentación las aguas de lluvia que caen en tejados cubiertos por superficies de plomo o envases que contengan plomo, el hidrógeno carbonato, se vuelve a descomponer en CO₂ e hidróxido de plomo y así la reacción prosigue indefinidamente. ⁴⁴

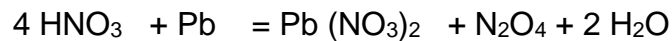
La recomendación es casi extensiva para los pobladores de la sierra y selva, zonas donde se precipitan grandes cantidades de lluvia y por lo que debe evitarse contacto plomo- aguacero.⁴⁴

- e. En cambio con el agua ordinaria o destilada no ocurre esta reacción ya que como esta contiene sulfatos libres, estos reaccionan con el plomo, formando sulfato de plomo, el que es insoluble y evita el ataque químico del plomo ulterior, pero cuando las aguas son escasas o

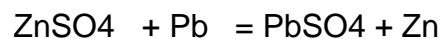
pobres de sulfatos y ricas en dióxido de carbono, es factible que se puedan producir reacciones químicas. La reacción del sulfato con el plomo es el siguiente: ⁴³



- f. El ácido sulfúrico diluido no lo ataca, en cambio concentrado y caliente genera sulfato de plomo II. ⁴³
- g. El ácido clorhídrico diluido en frío tampoco reacciona, pero concentrado ataca al plomo.
- h. El ácido nítrico en frío lo disuelve dando nitrato de plomo II y vapores nitrosos, muy tóxicos. ⁴³



- i. Las soluciones de sales de plomo en reacción con el zinc, reaccionan, desplazando el zinc al plomo y formando sulfato de plomo II, compuesto en forma esponjosa ramificada y que se conoce como árbol de Saturno, esto sucede porque el plomo tiene una disolución de tensión menor que el Zinc. ⁴³



- j. Si el plomo se calienta en presencia del aire el plomo se convierte en litargirio. ⁴³



2.3.7.3. Concentración de plomo en el medio ambiente

La concentración media del plomo en la corteza terrestre es de aproximadamente 15 ppm. En las rocas más comunes de la corteza terrestre la concentración varía de 30 ppm en los minerales granito, rolita y pizarras negras hasta 1 ppm en sedimentos, basaltos y rocas ígneas como a la dunita. ⁴³

2.3.7.4. Fuentes de intoxicación

a. Plomo metálico:

Sólo es tóxico cuando se funde a temperaturas próximas a los 500 °C, emitiendo vapores, estos vapores que omiten son tóxicos y si penetran en las vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolos. Los vapores se oxidan rápidamente, haciéndose poco solubles. Según su peso y contenido en agua, quedarán más o menos tiempo en suspensión en el aire para fácilmente caer al suelo. Esta es la forma fundamental de contaminación ambiental. ⁴⁴

b. Derivados inorgánicos u óxidos:

Constituyen un grupo muy numeroso y por lo general son poco solubles, de lo que se deriva una toxicidad relativamente escasa. Entre ellas tenemos: ⁴⁴

- Óxidos: minio (Pb_2O_4) u óxido de plomo rojo, base de pinturas anticorrosivas. Litargirio (PbO) o protóxido de plomo. Bióxido de plomo. ⁴⁴
- Cromato de plomo, utilizado también como colorante amarillo. ⁴⁴
- Arseniato de plomo, componente de numerosos insecticidas. ⁴⁴
- Carbonato de plomo o galena, pigmento blanco tóxico. ⁴⁴

c. Derivados orgánicos:

Son muy empleados en la industria y destacan entre ellos:

44

- Acetato de plomo: es muy soluble por lo que se absorbe fácilmente por vía digestiva. Se ha empleado como abortivo. ⁴⁴
- Tetraetilo de plomo: aditivo de la gasolina para aumentar su rendimiento. ⁴⁴
- Estearato de plomo: se usa para dar estabilidad y consistencia al plástico. ⁴⁴
- Naftenato de plomo: componente de grasas y aceites de uso industrial. ⁴⁴

2.3.7.5. Usos y fuentes de exposición

El plomo se obtiene de dos fuentes principales: una fuente primaria mediante la fundición del metal y una secundaria como consecuencia del reciclaje de baterías y chatarra. El 14 por ciento de este metal, se produce en América Latina; siendo los más importantes en este rubro, Perú y México. ⁴⁶ El plomo inorgánico, es utilizado en muchos tipos de industrias y actividades, siendo constitutivo de muchos productos; mientras que el plomo orgánico se utiliza como antidetonante en la gasolina: tetraetilo de plomo. ⁴⁵

a. Exposición al plomo: Fuentes exógenas ⁴⁵

Son todas aquellas fuentes externas, que van a ingresar a nuestro organismo por alguna vía (respiratoria y/o digestiva) y dependiendo de los niveles alcanzados en sangre, tendrán un efecto negativo a nivel de órganos y tejidos. Entre estas fuentes podemos mencionar a: ⁴⁵

- Minería: según el informe del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), del año 1999, se

sabe que la producción de plomo a nivel fundición emite al aire un promedio de 1,700 a 31,200 toneladas por año. ⁴⁵

- Pintura con plomo: Es la principal fuente de intoxicación infantil, ya que en la medida que la pintura se deteriora y cae al piso, el polvo de las casas se contamina; y el niño se intoxica cuando se lleva las manos a la boca. Existe reporte de que los niños también llegan a ingerir pedazos de pintura. Tenemos que mencionar que los lápices, crayolas, plastilinas y juguetes –que muchas veces son importados-, contiene muchos metales pesados (entre ellos: plomo), y cuando el niño chupa e incluso mastica estos productos, puede incrementar los niveles de plomo en sangre de hasta 3 ug/dL. ⁴⁵
- Soldadura: el humo metálico de la soldadura contiene plomo, además de otros metales. Esta actividad es una de las más importantes fuentes de exposición y contaminación, sobre todo en personas que no utilizan en forma adecuada su Equipo de Protección Respiratoria. ⁴⁵
- Otras fuentes de plomo: la constituyen los remedios tradicionales de ciertas etnias (azarcón y greta), los cosméticos de ojos, los pasatiempos (ejm: pintura artística, serigrafía, tiro al blanco, etc.) y la ingestión de pequeños objetos de plomo (plomadas para pesca y cortinas). Fabricación y manipulación de arseniato de plomo como insecticida. ⁴⁵

b. Exposición al plomo: fuentes endógenas ⁴⁵

Una vez que el plomo ingresa al organismo, éste se distribuye por diversos órganos y se deposita en ellos por periodos variados de tiempo. El hueso es uno de los tejidos donde se va a depositar este metal y allí puede permanecer por muchos años; de donde posteriormente va a salir a la sangre bajo determinadas circunstancias, situaciones y/o condiciones de salud. Esta fuente es la que conocemos como fuente endógena o interna. ⁴⁵

Como podemos ver, existen una serie de fuentes de contaminación por plomo, las mismas que deberán ser evaluadas en nuestras actividades ocupacionales y no ocupacionales para evitar o disminuir la posibilidad de que este metal alcance cifras elevadas en nuestro organismo. ⁴⁵

2.3.7.6. Toxicocinética del plomo

a. Absorción:

El plomo puede ingresar al organismo por tres vías de exposición (inhalación, ingestión y cutánea). ⁴⁴

- **Vía respiratoria**

Es la más importante en el medio laboral, por ella se inhalan humos; vapores y polvos. Las partículas inhaladas suelen ser microscópicas de ahí que penetren fácilmente hasta el alveolo y sean retenidas. Se calcula que el 50 por ciento de las partículas inhaladas son retenidas y de estas se absorberá el 90 por ciento. ⁴⁴

- **Vía cutánea**

Los derivados inorgánicos de plomo no se absorben por la piel íntegra, los derivados orgánicos son muy liposolubles y son fácil de absorción; el plomo que atraviesa la piel pasa a través de los folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas directamente al torrente circulatorio. ⁴⁴

- **Vía digestiva**

Tiene dos orígenes:

- Ingestión de alimentos contaminados en la cadena de polución, niños que chupan y muerden objetos pintados con pinturas tipo esmalte (de alto contenido de plomo).
- Deglución del plomo inhalado que quedó retenido en el moco de la nasofaringe y bronquios. ⁴⁴

Respecto a la absorción digestiva, mientras los adultos absorben el 10 por ciento, los niños absorben hasta el 50 por ciento del plomo ingerido. Por otra parte, los niños tienden a retener mayor concentración de plomo absorbido que los adultos, en 64 porcentaje se puede cuantificar respectivamente en un 30 por ciento y 5 por ciento". ⁴⁴

b. Distribución y metabolismo

Al ser absorbido por el organismo, el plomo pasa al torrente sanguíneo en donde se distribuye, básicamente, a tres diferentes compartimentos: El primero, donde el 90 por

ciento del plomo presente en la sangre está unido a los eritrocitos teniendo una vida media de 35 días. Este compartimento central está en contacto directo con las vías de absorción y excreción renales y con los otros compartimientos, con los que mantiene una situación de equilibrio. Además de este plomo ligado al hematíe, hay otra fracción sérica ligada a las proteínas ricas en azufre; el segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos principalmente el riñón, hígado. Sin embargo, la vida media del plomo en este compartimento es de 40 días; el tercer compartimento lo constituye el hueso que contiene la mayor cantidad (80-90 por ciento) del plomo almacenado en el organismo.

La vida media de este metal en el hueso es de 20 a 30 años, ya que una parte de este es depositada a nivel óseo y se encuentra en forma inestable, por lo tanto, es fácilmente movilizable en determinadas condiciones y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado en tejido óseo compacto y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. ⁴⁴

c. Eliminación

El plomo se excreta del cuerpo, principalmente a través de la orina y las heces; también hay otras rutas de menor de eliminación. Por orina en un 76 por ciento y en heces 16 por ciento, siendo claramente la vía urinaria la más relevante.

Se menciona que existe filtración glomerular y un relativo grado de reabsorción tubular; igualmente que en los niños la vía de eliminación gastrointestinal es tan relevante como la vía urinaria en exposiciones bajas, la excreción en las heces

es aproximadamente la mitad que, en la orina, a niveles más altos probablemente menos. ⁴⁴

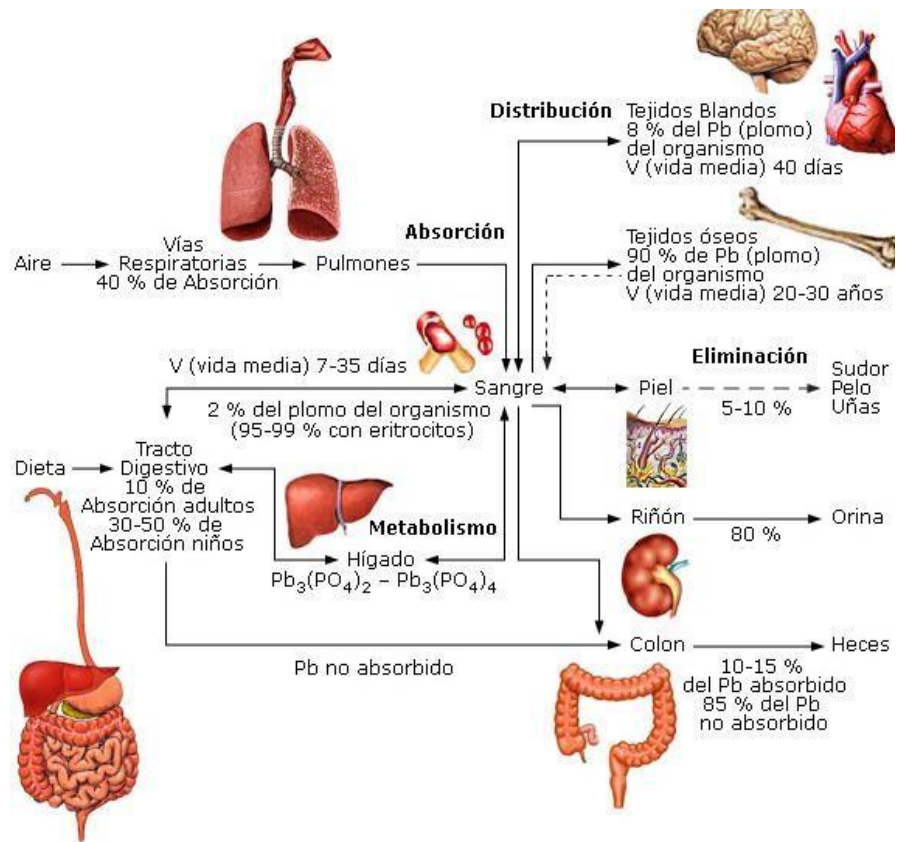


Figura N° 2: Toxicocinética del plomo en el organismo humano

Fuente: Revista cubana de investigaciones biométricas. Rodríguez A.,

2.3.7.7. Tóxicodinamia del plomo

El plomo tiene gran afinidad por grupos Imidazol, sulfhídrico, amino, carboxilo y fosfato, y como consecuencia de ello presenta una fuerte unión a las membranas biológicas, proteínas y numerosas vías metabólicas como la fosforilación oxidativa y la síntesis de la hemoglobina. El plomo es desmielinizante y puede ocasionar degeneración axona.⁴⁶

2.3.7.8. Mecanismo de acción del plomo

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhídrico, en especial por las enzimas dependientes de Zinc, el mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el

metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas. ⁴⁷

- a. Reemplaza el calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimientos dentro de la célula. ⁴⁷
- b. Activa la proteína quinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares. ⁴⁷
- c. Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, esta es una proteína reguladora importante. ⁴⁷
- d. Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular. ⁴⁷

Finalmente, esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. ⁴⁷

Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del Hem, ya que se une a los grupos sulfhídricos de las metal enzimas como son la de aminolevulinico deshidratasa, coproporfirinogeno oxidasa y la ferroquetalasa, siendo el resultado final el aumento de las proporfirinas como la zinc-protoporfirina y la anemia. ⁴⁷

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de fanconi, con aminoaciduria, glucosuria e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con plumbemias altas. ⁴⁷

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente por que el plomo altera en muchos casos el metabolismo y función del calcio. El plomo se acumula en el espacio Endo neuronal de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. ⁴⁷

El plomo depositado en el hueso es importante por tres razones:

- En el hueso se realiza la medición más significativa de exposición acumulada al plomo, actualmente se usa los Rayos X fluorescentes que permiten la medición de plomo en el hueso (tibia), como un indicador de exposición y acumulación, en muchos casos ayuda más que una plumbemia y / o una ZPP, la concentración de plomo en la tibia correlaciona muy bien con la exposición acumulativa al plomo, es un método no invasivo e indoloro que por su alto costo solo se usa con fines de investigación. ⁴⁷
- El hueso es reservorio del plomo (95 por ciento del plomo corporal total está en el tejido óseo) y puede aumentar en sangre cuando existan procesos fisiológicos o patológicos que provoquen resorción ósea como embarazo, lactancia, hipertiroidismo, inmovilización, sepsis, etc. ⁴⁷

- También es órgano blanco, ya que el plomo altera el desarrollo oseo.⁴⁷

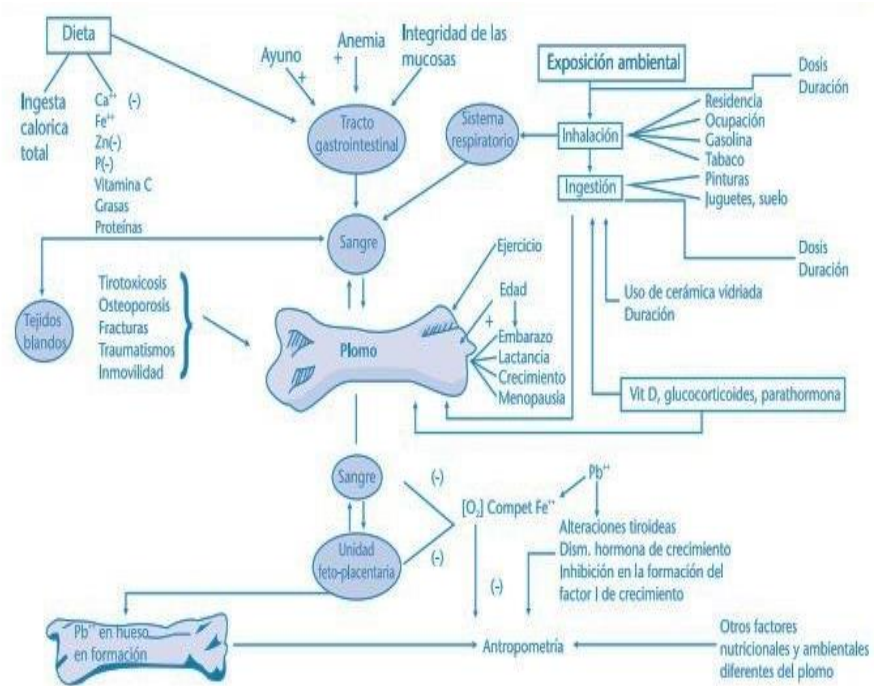


Figura N° 3: Modelo biológico del plomo

Fuente: Sanin, Helena y col. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos para la salud.

2.3.7.9. Efectos sobre la salud por exposición a plomo

Los efectos biológicos del plomo son los mismos independientemente de que entre en el organismo por inhalación o ingestión. El plomo interfiere con la función celular normal y con varios procesos fisiológicos.⁴⁸

a. Efectos neurológicos

La toxicidad del plomo en la infancia puede tener efectos permanentes, el destino más sensible es el sistema nervioso. Produce una deficiencia continua en el desarrollo neurológico del área cognitiva, de la lectura, del vocabulario y psicomotricidad fina, tiempo de reacción y coordinación mano-ojos. Los efectos descritos se deben probablemente a

la toxicidad perdurable del plomo más que a una exposición excesiva reciente. También se ha observado disminución en la agudeza auditiva, especialmente a altas frecuencias, al aumentar los niveles de plomo en sangre. Esto puede contribuir a los problemas de aprendizaje aparentes o al mal comportamiento en clase que muestran los niños con intoxicación por plomo. ⁴⁸

Los adultos también presentan efectos sobre el SNC con niveles relativamente bajos de plomo en sangre, que se manifiestan en cambios de conducta sutiles, fatiga y problemas de concentración. Las lesiones del sistema nervioso periférico, en su mayoría motrices, se observan principalmente en los adultos. Se ha descrito neuropatía periférica y una disminución en la velocidad de conducción nerviosa en trabajadores del plomo asintomáticos. La neuropatía por plomo se considera una enfermedad de las neuronas motrices del asta anterior de la médula espinal, con degeneración de las terminales axónicas que avanza hacia el cuerpo neuronal. La parálisis evidente, con caída de la muñeca, solo se manifiesta como un signo tardía de la intoxicación por plomo. ⁴⁸

b. Efectos hematológicos

La sangre contiene poco más del 1 por ciento, se deposita en los huesos desde la edad fetal (vida media de 10 años) y puede ser liberado a torrente sanguíneo por una infección o sobre carga bioquímica y producir signos manifiestos. Se elimina de la sangre 70- 80 por ciento vía renal, 16 por ciento saliva y bilis, 8 por ciento por sudor, cabello, uñas. El plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina y citocromos al interferir con los grupos sulfhídricos en la vía metabólica del grupo HEM. En los

glóbulos rojos circulantes inhibe la Na-K-ATPasa, inhibición de la delta-ALA deshidratasa, pirimidin-5-nucleotidasa. La ferroquetalasa, que cataliza la inserción del hierro en la protoporfirina IX, es bastante sensible al plomo. La disminución en la actividad de esta enzima produce un aumento en la concentración de la protoporfirina eritrocítica (FEP).⁴⁸

La intoxicación aguda con niveles elevados de plomo se ha asociado con la anemia hemolítica. En la intoxicación crónica, el plomo induce anemia al interferir con la eritropoyesis y reducir la supervivencia de los eritrocitos. Cabe señalar sin embargo, que la anemia no es una manifestación inicial de la intoxicación por plomo, sino que sólo se manifiesta cuando los niveles de plomo en sangre permanecen significativamente altos durante períodos prolongados.⁴⁸

c. Efectos endocrinos

Existe una correlación inversa clara entre los niveles de plomo en sangre y los niveles de vitamina D. En el sistema endocrino la vitamina D es responsable en gran parte del mantenimiento de la homeostasis de calcio intra y extracelular, es probable que el plomo impida el crecimiento y la maduración celular y el desarrollo de huesos y dientes.

48

d. Efectos renales

Un efecto directo de la exposición prolongada al plomo es la nefropatía. La alteración de la función de los túbulos proximales se manifiesta como aminoaciduria, glicosuria e hiperfosfaturia (un síndrome parecido al de Fanconi). También existen pruebas de una asociación entre la

exposición al plomo y la hipertensión, un efecto que puede estar mediado por mecanismos renales. Puede desarrollarse gota como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo, y una disminución selectiva de la excreción fraccional de ácido úrico previa a una disminución del aclaramiento de creatinina. La insuficiencia renal es responsable del 10 por ciento de las muertes de pacientes con gota. ⁴⁸

e. Efectos sobre la reproducción y el desarrollo.

Los depósitos maternos de plomo atraviesan rápidamente la barrera placentaria y representan un riesgo para el feto, su concentración en el recién nacido es similar a la madre. A finales del siglo XIX se describió una mayor frecuencia de abortos y muertes fetales en mujeres que trabajaban en procesos relacionados con el plomo. Aun cuando no se dispone de datos completos sobre los niveles de exposición al plomo, esos efectos fueron resultado probablemente de exposiciones muy superiores a las que se registran actualmente en las industrias del plomo. ⁴⁸

Tampoco existen actualmente datos fiables de dosis respuesta sobre los efectos reproductores en mujeres. Cada vez hay más pruebas que demuestran que el plomo no sólo afecta a la viabilidad del feto, sino también a su desarrollo. Las consecuencias sobre el desarrollo de una exposición prenatal a niveles bajos de plomo son, entre otras, un menor peso al nacer y un mayor número de nacimientos prematuros. El plomo es teratógeno en animales; sin embargo, la mayoría de los estudios en humanos no han logrado demostrar una relación entre los niveles de plomo y las malformaciones congénitas. Los efectos del plomo sobre

el aparato reproductor masculino en humanos no están bien caracterizados. Los datos disponibles indican que podrían existir efectos testiculares, como la reducción del recuento y la motilidad espermática, como consecuencia de una exposición crónica al plomo.⁴⁸

f. Efectos cancerígenos

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el cáncer (IARC) ha clasificado al plomo inorgánico y los compuestos de plomo inorgánico en el Grupo 2B como posibles cancerígenos para el hombre. Los informes de casos indican que el plomo es un posible cancerígeno para el hombre, pero la asociación aún no está claramente definida. Se ha descrito que las sales solubles, como el acetato y el fosfato de plomo, producen tumores renales en ratas.⁴⁸

2.3.8. CADMIO

El cadmio es un metal pesado, dúctil, resistente a la corrosión, de color blanco plateado⁴⁹, es uno de los metales más tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial que existe en nuestro planeta pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente, bioacumulación, persistencia en el medio ambiente y viaja grandes distancias con el viento y en los cursos de agua, se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico en lo ambiental, el cadmio es un elemento relativamente raro en la litosfera. Por afinidad química, se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable.⁵⁰

Tabla N° 05: Propiedades químicas del cadmio ⁵²

Nombre	Cadmio
Número atómico	48
Valencia	2
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,7
Radio covalente (Å)	1,48
Radio iónico (Å)	0,97
Radio atómico (Å)	1,54
Configuración electrónica	[Kr]4d ¹⁰ 5s ²
Primer potencial de ionización (eV)	9,03
Masa atómica (g/mol)	112,40, 111,40

Fuente: Wikipedia

Tabla N° 06: Propiedades físicas del cadmio ⁵¹

Peso molecular	112,4
Punto de ebullición	765°C
Punto de fusión	321°C
Temperatura de autoignición en polvo	250°C
Densidad relativa (agua=1)	8,64
Densidad de vapor (aire=1)	3,94
Presión de vapor en miliar	1,33 (a 394°C)
Solubilidad en agua	Ninguna
Límites de inflamabilidad	(por ciento en volumen en aire)

Fuente: Wikipedia

2.3.8.1. Principales usos y aplicaciones de cadmio

- Como pigmento en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata.
- En la producción de pilas de cadmio-níquel.
- Como estabilizador de termoplásticos, como el PVC.

- En fotografía, litografía y procesos de grabado. Como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil.
- En fabricación de foto - conductores y células solares fotoeléctricas.
- El electro platinado.
- En fabricación de “controles” de reactores nucleares.

Usos tan diversos y su larga vida media no permiten el reciclaje, por lo que se acumula progresivamente en el ambiente.⁵¹ Menos de 5 por ciento del metal puede ser reciclado.⁵²

2.3.8.2. Fuentes de cadmio

a. Naturales

El cadmio se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y combinado con otros elementos como el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio), estos compuestos se disuelven en el agua, siendo los cloruros y sulfatos las formas más solubles⁴⁹. Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio,⁵³ la actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera, pero al no tener un olor o sabor característico, es imperceptible, los incendios forestales y la formación de sales marinas también son una fuente de cadmio.⁴⁹

b. Antropogénicas

La mayor parte del cadmio se origina a partir de actividad antropogénica⁴⁹, las actividades mineras son la fuente más evidente y las que pueden causar las concentraciones más altas del cadmio, también está presente en las actividades industriales ya sea como componente de la materia prima, como es el caso de las industrias de baterías y colorantes, o

como parte de los sub - productos de los procesos, como es el caso de la obtención del zinc.⁵⁴

2.3.8.3. Fuentes de contaminación en el ambiente general

El cadmio y sus compuestos emitidos por las fuentes señaladas se distribuyen y se presentan de modo diferente según las características de los medios que se señalan a continuación. ⁵⁴

a. En el aire

Se encuentra adherido bajo la forma de óxido de cadmio en pequeñas partículas y viajan grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, lluvia o nieve.⁴⁹ Es la forma química más importante en que el cadmio se presenta en el aire, en las grandes ciudades en donde hay actividades industriales importantes, se han encontrado concentraciones elevadas de cadmio en el aire de 0,05 μg a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en oposición a otras áreas no contaminadas en donde existen niveles de 0,001 a 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (rurales) y de 0,005 a hasta 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (urbanas), en áreas muy contaminadas un individuo puede llegar a inhalar hasta 3,5 μg de cadmio al día.⁵⁴ Las concentraciones ambientales en lugares de trabajo, superiores a los 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inducen la "fiebre por humos metálicos", a partir de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aparece una neumonitis química y más allá de los 5 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se considera que es mortal. ⁴⁹

b. En el suelo

En áreas no contaminadas el cadmio se encuentra en el suelo en alrededor de 1 mg/Kg. ⁵⁴ La aplicación de ciertos fertilizantes o excremento de animales en las tierras de cultivo puede aumentar los niveles de cadmio, lo cual conlleva al aumento de este metal por acumulación y concentración en plantas (raíces, hojas y frutos). ⁵⁰ La contaminación del suelo

por depósito de partículas del aire o por agua contaminada por actividades industriales, ha determinado concentraciones de hasta 16mg/Kg.⁵⁴ El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea (41 por ciento), con los fertilizantes fosfatados (54 por ciento), por aplicación de abono de estiércol (5 por ciento) y, en el Perú, frecuentemente por efluentes que contienen residuos líquidos y sólidos de plantas hidro metalúrgicas de cadmio, en suelos contaminados, los niveles de cadmio alcanzan valores de hasta 1 mg de Cd/g.

c. En el agua

Sólo pequeñas cantidades de cadmio llegan procedentes de los derrames o fugas en sitios de desechos peligrosos, aguas residuales industriales y domésticas, las que pueden contaminar a su vez a peces, mariscos y crustáceos. Asimismo, puede encontrarse en el agua cuando viaja a través de tuberías fabricadas con cadmio.⁴⁹ El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones muy bajas de cadmio: 0,04 - 0,3 µg/L en océanos y alrededor de 1 µg/L en ríos, en regiones donde hay contaminación por cadmio estas concentraciones se pueden elevar, así se han encontrado niveles de 0.001 hasta 0.115 mg/L. ⁵⁴ el agua de ríos contaminados puede contener hasta 0,14 mg de Cd por L. ⁵⁰

d. En los alimentos

La cantidad de cadmio ingerida a través de la alimentación varía mucho, los alimentos representan la fuente de exposición más importante para los individuos de la población general no expuestos.⁵⁴ El cadmio es considerado uno de los elementos más peligrosos para la alimentación humana, debido a su carácter acumulativo. Las cantidades de cadmio ingeridas diariamente con los alimentos en la mayoría de países se encuentran en el rango de 10 a 20

$\mu\text{g}/\text{día}$, asimismo la ingesta de hasta $100 \mu\text{g}$ va producir síntomas gastrointestinales, mientras que a partir de los $350 \mu\text{g}$ se considera potencialmente mortal.

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales, se fija a las plantas más rápidamente que el plomo, los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas, el pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado.

Los alimentos con mayor concentración son los cereales como el arroz, maíz y trigo, vegetales de hoja verde (lechuga, espinaca), soja, zanahorias y las papas, le sigue en importancia los pescados, el pan y en menor medida las carnes y frutas.⁴⁹

Entre el 90 y 95 por ciento 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.⁵⁴

e. En el tabaco:

El cigarrillo, cuyo nivel de cadmio está asociado al suelo donde crece el tabaco.⁵⁵ En fumadores se ve incrementado, ya que el tabaco de un cigarrillo contiene de 1.5 a $2 \mu\text{g}$ de Cd, de los cuales el 70 por ciento pasa al humo y cerca del 60 por ciento de este llega al torrente sanguíneo.⁴⁹

2.3.8.4. Vías de ingreso

El cadmio procede de dos vías de ingreso: inhalación e ingestión, el ingreso por la piel no está comprobado, es casi nulo o se considera de menor importancia.⁴⁹

a. Vía inhalatoria

Es la vía de mayor absorción, entre el 25 a 50 por ciento de lo inhalado se absorbe.⁴⁹

b. Vía oral

Es la de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, pese a una baja absorción entre 5 a 20 por ciento en un adulto, esta se ve aumentada considerablemente cuando hay deficiencias de calcio, proteínas, ácido fólico, hierro y zinc. Asimismo es la vía más común de exposición entre los no fumadores y personas no expuestas ocupacionalmente.⁴⁹

2.3.8.5. Bioacumulación

Al cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas.⁵⁵ Puede acumularse en altas concentraciones en una gran variedad de organismos marinos, los moluscos presentan una concentración de cadmio 2 x 10⁶ veces mayor que la que se ha encontrado en el agua donde viven.⁵⁴ El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. La concentración del metal en el riñón es aproximadamente 10 mil veces más alta que en el torrente sanguíneo.⁴⁹ De otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años.⁵⁵ El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90 por ciento permanece sin transformarse.⁵⁰ El contenido corporal de cadmio se incrementa

con la edad hasta los 50 años, en los adultos, la carga corporal de cadmio puede llegar a 40 miligramos.⁵⁰

2.3.8.6. Toxicocinética del cadmio

- **Absorción, distribución y excreción:**

El cadmio ingresa al organismo por inhalación o ingestión.⁵⁴ La absorción percutánea ocurre solamente por contacto con los compuestos orgánicos del cadmio.⁵⁰ En exposiciones laborales, la inhalación es la ruta principal de ingreso y la absorción a partir de esta vía depende del tipo de compuesto inhalado, del tamaño de las partículas y de su retención en el pulmón, las partículas de cadmio depositadas en la nasofaringe, tráquea y bronquios son transportadas por mecanismo mucociliar a la faringe, desde donde son parcialmente ingeridas.

El cadmio absorbido es transportado por la sangre a diversos órganos y tejidos principalmente a riñones e hígado, el 50 por ciento de cadmio absorbido se encuentra en estos órganos, otros órganos que acumulan cadmio son los músculos, el páncreas, las glándulas salivales, y el sistema nervioso central, en este último en muy bajas concentraciones.⁵⁴ En expuestos ocupacionales, el cadmio se encuentra también en páncreas, pulmón, aorta, corazón y músculos, elevadas concentraciones en un tejido infieren concentración alta en otros, lo que nos lleva a afirmar que la distribución se determina sólo por el nivel ambiental de cadmio y no por alguna función especial.⁵⁰

Entre el 90-95 por ciento del cadmio se fija a la hemoglobina y a la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos sulfhídricos (SH).⁴⁹ La metalotioneína es el “medio

de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo, la función principal de esta micro proteína es la protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, la cual es la de unirse específicamente al cadmio y a otros metales pesados.⁵⁰

En condiciones “normales” de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y aún secreción gastrointestinal, pero el cadmio que sale con heces en su mayor parte es el que no se absorbió⁵¹. Por orina, diariamente se elimina 0,007 por ciento del contenido corporal y por heces 0.03 por ciento. El cadmio tiene una vida media larga en los humanos que varía entre 15 a 40 años.⁴⁹

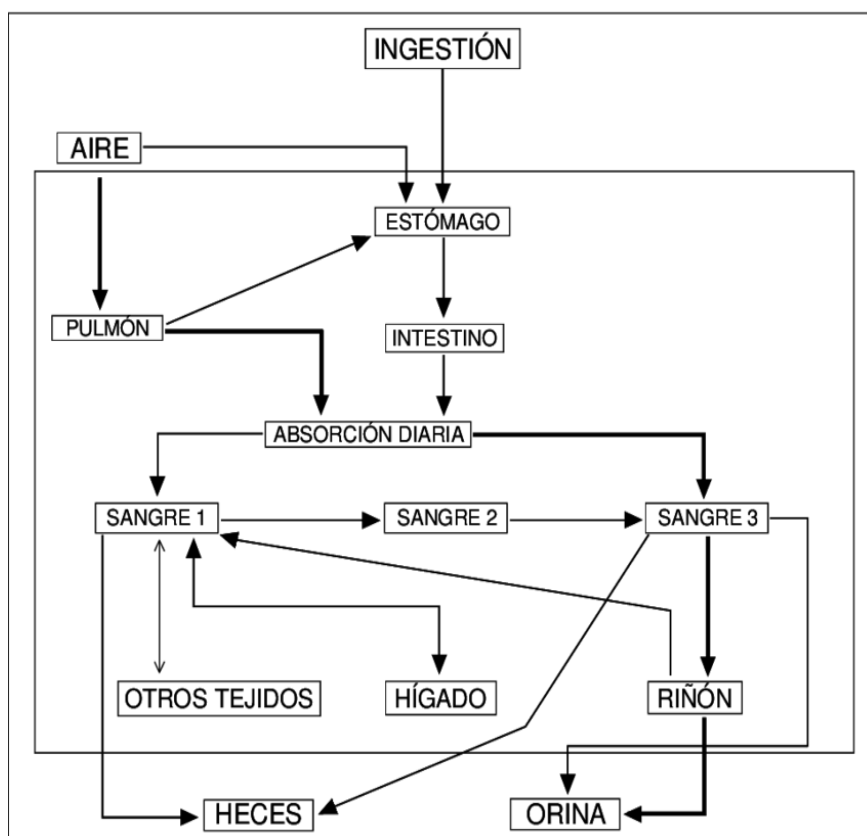


Figura N° 4: Toxicocinética del cadmio

Fuente: Ramírez A. Toxicología de cadmio

2.3.8.7. Tóxicodinamia del cadmio

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos humanos, los órganos blanco son riñón y pulmón, el riñón es más sensible al cadmio que el pulmón e hígado y el epitelio del túbulo renal proximal es el punto blanco; su deterioro se pone de manifiesto por el incremento de proteínas de peso molecular bajo. Teóricamente la acción tóxica del cadmio se debería a su afinidad por radicales de los grupos –SH, –OH, carboxilo, fosfatil, cisteinil histidil y a su acción competitiva con otros elementos funcionalmente esenciales, Zn, Cu, Fe y Ca. Sus principales interacciones serían: Unión fuerte del cadmio a los grupos –SH de las proteínas intracelulares, que inhibiría a las enzimas que poseen estos grupos y desplazamiento del Zn de los enlaces -S- y la consiguiente alteración enzimática y de sus procesos bioquímicos, que se refleja en su deficiencia relativa.⁵⁰

2.3.8.8. Manifestaciones clínicas

Las manifestaciones clínicas de la exposición al cadmio pueden clasificarse, de acuerdo con el tiempo y modo de dicha exposición, en agudas y crónica y en las debidas a inhalación y a ingestión, respectivamente. Las intoxicaciones que afectan a la población general, salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, por ejemplo de alimentos, suelen ser de carácter crónico; sin embargo, en la población ocupacional es frecuente encontrar intoxicaciones agudas y crónicas muy características.⁵²

a. Intoxicación aguda

- **Por inhalación**

Los primeros síntomas tras la inhalación de cadmio o vapores de óxido de cadmio, dependiendo de la dosis, aparecen durante las primeras 4 a 8 horas después de la exposición, incluyendo los siguientes:⁴⁹

- Alteraciones generales: síndrome gripal con fiebre de transición por lo general entre 39 a 40 °C. Esta condición también se conoce como “fiebre de humos metálicos”.⁴⁹

 - Alteraciones pulmonares: Pocas horas después de la inhalación, aparece dolor torácico, tos, disnea progresiva, respiración superficial, cianosis, esputo espumoso y rosado en ocasiones. De 10 a 24 horas después de la inhalación aguda inicial de altos niveles de emanaciones de cadmio se presenta neumonitis aguda. La insuficiencia respiratoria aguda se instala de manera progresiva entre las 4 a 72 horas incluso después del periodo de mejoría clínica. En algunos casos se puede presentar enfisema pulmonar, edema agudo de pulmón y llegar a causar bronco alveolitis hemorrágica.⁴⁹

 - Alteraciones renales: En algunos casos se instala el daño renal caracterizado por proteinuria, glucosuria, hipercalciuria y retención de compuestos nitrogenados (área, creatinina).⁴⁹

 - Otros: anemia, hepatitis. Por sus propiedades corrosivas puede causar ulceración de la mucosa nasal y pérdida del olfato.⁴⁹
- **Por ingestión**
 - Alteraciones gastrointestinales: Dolor tipo cólico, diarrea, procesos irritativos locales como náuseas, vómitos en ocasiones sanguinolentos, en la primera

hora después del consumo, sabor metálico, mialgias, cefaleas, disfagia y salivación. ⁴⁹

- Alteraciones renales: Insuficiencia renal aguda. ⁴⁹
- Otros: alteración de la función hepática, acidosis metabólica y coagulopatía. ⁴⁹

- **Por contacto**

- Dérmico: Es un irritante para la piel, sin embargo no es una vía de penetración. El signo asociado es enrojecimiento de la zona afectada. ⁴⁹
- Ocular: Por su volatilidad y poder corrosivo, irrita las mucosas, provocando enrojecimiento y dolor localizado. ⁴⁹

b. Intoxicación crónica

- **Alteraciones renales**

Aparecen luego de un periodo de exposición de 10 a 20 años a una dosis baja a moderada, caracterizada por una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala. La alteración ocurre cuando la concentración de cadmio en el riñón llega a valores de unos 200 µg/g de tejido fresco, lo que se conoce como concentración crítica, que da lugar a la imposibilidad de reabsorción de ciertas moléculas y proteínas. ⁴⁹

Inicialmente la proteinuria es de bajo peso molecular (B2-microglobulina, proteínas unidas al retinol, inmunoglobulinas

de cadena corta, lisosoma-b-galactosidasa, N-acetil-D-glucosaminidasa) y luego pasa a ser una proteinuria de alto peso molecular (albúmina), asimismo existe glucosuria, aminoaciduria, fosfaturia y calciuria.

El daño en la reabsorción tubular, genera una alteración en el metabolismo del calcio, calciuria y en algunos casos puede formarse cálculos. También puede inhibir la hidroxilación de la vitamina D. ⁴⁹

- **Alteraciones pulmonares**

Pueden presentarse síndromes obstructivos y restrictivos, enfisema pulmonar progresivo y fibrosis pulmonar. ⁴⁹

- **Alteraciones óseas**

En la intoxicación muy avanzada aparece daño renal con hipercalciuria, llegando a producir osteomalacia, en forma de fisuras óseas simétricas que aparecen sobre todo en el cuello del fémur, afectando especialmente a las mujeres, después de la menopausia, provocando dolores violentos en pelvis y miembros inferiores, explicando así el nombre con el que se conoce esta enfermedad en Japón "Itai-Itai". ⁴⁹

- **Alteraciones cardiovasculares**

Se han descrito alteraciones en la pared arterial e hipertensión arterial en las personas expuestas ocupacionalmente. ⁴⁹

- **Alteraciones hematológicas**

Anemia moderada por alteración en el transporte del Hierro (Fe), dentro de las células eritropoyetinas, similar a la producida por el plomo. Leucocitosis y linfocitosis. ⁴⁹

- **Carcinogénicas**

Se ha asociado la exposición a cadmio con una alta mortalidad por cáncer.⁵⁶, sin embargo los mecanismos no están del todo claros, se cree que probablemente sea por daños a nivel de proteínas transformadoras, citoesqueleto celular o DNA polimerasa.⁴⁹

Se ha identificado que el cadmio regula la expresión del gene AEG-1, cuya proteína codificada podría ser importante para el desarrollo del tumor, progresión y metástasis a través del factor NF-kB en células de cáncer de mama (MDA-MB231).⁵⁶

La International Agency for Research on Cancer – IARC considera al cadmio como cancerígeno Grupo 1: Carcinógeno para el hombre (pulmón y próstata)⁴⁹, así también el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) determina que es razonable predecir que el cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos.⁵³

También se asocia al cadmio con cáncer de riñón, testículos,⁴⁹ próstatas y de aparato respiratorio.⁵⁴

- **Otros**

Anosmia, pérdida de peso, decaimiento, coloración amarilla de los dientes (cuello) e incremento de caries dental, anemia microcíticahipocrómica que no responde al tratamiento. Asimismo también es considerado como probable teratogénico.⁴⁹

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La concentración de metales pesados en truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. Los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible.
2. Los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados, según el límite permisible.
3. Los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible.
4. Los niveles de carga microbiológica del agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

2.5.1. VARIABLES

- **Variable independiente:** Concentración de metales pesados en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo.

- **Variable dependiente:** Concentración de metales pesados en órganos blandos en trucha arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*".

2.5.2. DIMENSIONES

- **Dimensiones de la variable independiente:** Análisis de plomo y cadmio, análisis físico-químicos y análisis microbiológicos.
- **Dimensiones de la variable dependiente:** Análisis de plomo y cadmio en órganos blandos en trucha arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*"

2.5.3. INDICADORES

a. Indicadores de variable independiente:

- **Metales:**
 - Plomo: mg/L
 - Cadmio: mg/L
- **Físico químico:**
 - Temperatura
 - pH
 - Sólidos totales
 - Conductividad
 - Nitratos
- **Microbiológicos:**
 - *Escherichia coli*

b. Indicadores de variable dependiente:

- **Metales:**
 - Plomo mg/Kg
 - Cadmio mg/Kg

2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. **Acuicultura:** Conjunto de actividades tecnológicas, orientadas al cultivo o crianza de especies acuáticas, que abarca su ciclo biológico completo o parcial y se realiza en un medio seleccionado y controlado, en ambientes hídricos naturales o artificiales, tanto en aguas marinas, dulces o saladas.
- b. **Contaminación:** La contaminación es la introducción de algún tipo de sustancia o energía que atentará contra el normal funcionamiento y equilibrio que ostentaba el medio inicialmente, provocando además un daño casi irreversible.
- c. **Centro de cultivo:** Lugar o infraestructura donde se realizan las actividades del cultivo acuícola
- d. **Tóxico:** El término tóxico se utiliza como adjetivo para designar y calificar a todos aquellos elementos o sustancias que resulten nocivos y dañinos para algún tipo de organismo, por lo general con referencia al ser humano, aunque la mayoría de ellos suelen ser tan dañinos para el como para los animales, plantas y cualquier otro ser vivo.
- e. **Bioacumulación:** El término hace referencia a acumulación neta, con el paso del tiempo, de metales (u otras sustancias persistentes) en un organismo a partir de fuentes tanto bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire y agua).
- f. **Espectrofotometría:** Es un método científico utilizado para medir cuanta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso para a través de la solución muestra, basándose en la ley de Beer-Lambert. Esta medición

también puede usarse para medir la cantidad de un producto químico conocido en una sustancia.

- g. **Biodegradable:** Este término se aplica siempre en relación a una sustancia química que se descompone como consecuencia de un proceso biológico natural.

- h. **Branquias:** Son los órganos respiratorios de numerosos animales acuáticos mediante los cuales se extrae el oxígeno disuelto en el agua y transfiere el dióxido de carbono al medio.

- i. **Hígado:** Es una víscera u órgano de los seres vertebrados que tiene forma irregular y color rojo oscuro, este órgano cumple con diversas funciones que resultan vitales, como filtrar y almacenar la sangre en el organismo y colaborando en la conversión de los alimentos en energía.

- j. **Concentración:** Es la relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución o de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto.

- k. **LMP (Límite Máximo Permisible):** Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físico - químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente, su determinación corresponde al ministerio del Ambiente y los Organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para determinación y la sanción son establecidos por dicho ministerio.

- l. **Metales pesados:** Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación. Estos elementos en alguna de sus formas pueden representar un serio problema medioambiental y es común referirse a ellos con el término genérico de "metales pesados".

- m. **Contaminantes:** Son fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas.

- n. **Pienso:** Cualquier sustancia o producto, incluidos los aditivos, destinados a la alimentación por vía oral de los animales acuáticos, tanto si ha sido o no transformado entera o parcialmente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según el alcance de la investigación es de tipo **correlacional**.

Según el periodo y secuencia de la investigación, es **transversal**.

Según su enfoque, es una investigación **cuantitativa**.

Según el diseño de la investigación es **experimental**.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. POBLACIÓN

- Constituida por truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" en etapa adulta; con un peso promedio entre 250 a 300 g que habitan en el río Chiapuquio, del centro recreacional "Valle de Chiapuquio" de Ingenio Huancayo.

3.2.2. MUESTRA

- En el río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, los investigadores realizaron la pesca y obtuvieron 16 muestras de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" en etapa adulta elegidas al azar, de las cuales fueron extraídas el hígado y branquias; fueron trasladadas en coolers con hielo.
- Se recolectó 3 litros de agua de río Chiapuquio, y se refrigeró a una temperatura de 4° C.

3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA

La determinación de plomo y cadmio se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, provisto con horno de grafito. La muestra fue atomizada en la cámara de grafito a una temperatura de 1500 °C, luego se efectuó la lectura a una determinada longitud de onda; y la concentración se determinó con una curva de calibración.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS

3.3.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica (AA) ⁵⁷

La espectrofotometría de absorción atómica (a menudo llamada espectroscopia AA o AAS, atomic absorption spectroscopy), es un método instrumental de la química analítica que permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos.

Esta técnica se utiliza para determinar la concentración de un elemento particular (el analito) en una muestra y puede determinar más de 70 elementos diferentes en solución o directamente en muestras sólidas utilizadas en farmacología, biofísica o investigación toxicológica. ⁵⁷

La espectrofotometría de absorción atómica se basa en el principio de que los átomos libres absorben la luz a longitudes de onda características del elemento que se desea estudiar. La cantidad de luz absorbida se correlaciona linealmente con la concentración del analito en la muestra. Para realizar una determinación mediante espectrofotometría de absorción atómica, la muestra que contiene el metal se debe primero procesar para generar átomos en estado

fundamental en forma de vapor en la trayectoria del haz luminoso del instrumento.

a. Espectrofotometría de absorción atómica en llama

Este proceso, llamado atomización, se puede realizar mediante una llama (espectrofotometría de absorción atómica por llama) o una fuente electrotérmica, la mayoría de las veces un horno de grafito (espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito). A pesar de que los principios de las espectrofotometrías de absorción atómica por llama y por horno de grafito son similares, estos métodos difieren mucho en su aplicación a la determinación directa del plomo (por ejemplo, en cuanto a los límites de detección, el tamaño o la preparación de la muestra).⁵⁷

b. Espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito

La espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, antes de su detección. Se pueden analizar muestras de volúmenes de 10–50 µL. Como la totalidad de la muestra se atomiza en un volumen pequeño, se obtiene una alta densidad de átomos. Esto hace que este tipo de espectrofotometría sea sumamente sensible. Se han desarrollado métodos que permiten medir concentraciones por debajo de 0,1 µg/dL, sin embargo, en la práctica habitual el límite de detección es de alrededor de 1–2 µg/dL.⁵⁷

La espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito es uno de los métodos más utilizados para determinar las concentraciones de metales pesados. La posibilidad de

interferencias con este método es mayor que con la espectrofotometría de absorción atómica por llama. Este potencial de interferencia se ha reducido mejorando el diseño de los instrumentos y aplicando diferentes modificadores a la matriz.⁵⁷

Los equipos de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito modernos son fiables y precisos. Por lo general, los dispositivos están equipados con un cargador de muestras automático, que permite procesar un gran número de muestras y obtener mayor exactitud. Como este método utiliza gases inertes, los equipos pueden funcionar con seguridad sin supervisión.

Algunos fabricantes comercializan instrumentos de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito que ya vienen configurados para la determinación de metales pesados. La espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito se puede usar para el análisis secuencial limitado de múltiples elementos (por ejemplo, Pb y Cd) en una sola muestra. Es posible configurar el equipo para medir una gran variedad de elementos, de a uno por muestra.⁵⁷

3.3.3. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

La técnica utilizada para el análisis de plomo y cadmio en muestras de hígado y branquias de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*", realizado por espectrofotometría de absorción atómica; es una técnica validada por Thermo Scientific SOLAAR.

3.4. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.4.1. Equipos y materiales

3.4.1.1. Equipos e instrumentos

- Espectrofotómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific serie iCE 3000, acoplado a un sistema de horno de grafito GFS35Z.
- Purificador de agua (Marca Elix Technology, serie Aquelix 5)
- Mufla eléctrica (Marca Nabertherm, serie 319280).
- Potenciómetro
- Conductímetro
- Incubadora 35°C
- Incubadora 45°C
- Autoclave vertical digital
- Baño María
- Balanza analítica
- Cocinilla eléctrica.
- Campana de extracción (Marca Frontier Junior).
- Micropipeta 0.5-5mL (Eppendorf Research plus)
- Micropipeta 10-100uL ((Eppendorf Research)
- Micropipetas calibradas de 20-200 μ L y 0.5-5mL
- Termómetro

3.4.1.2. Material de vidrio y otros

- Fiolas 10mL, 25mL, 50mL, 100mL
- Beaker 50mL
- Placas Petri de vidrio estériles
- Gradillas
- Tubos estériles con tapa rosca.
- Puntas para micropipeta de 20-200 μ L y 0.5-5mL

- Asa de Kohl
- Mechero Bunsen

3.4.1.3. Material biológico

- 16 truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" en etapa adulta, de las cuales se extrajo el hígado y branquias.

3.4.2. Reactivos y medios de cultivo

- Agua ultra pura
- Ácido clorhídrico 36.5-38.0% (Marca J.T. Baker)
- Ácido nítrico 66.5-68.0% (Marca J.T. Baker).
- Modificador de matriz de NH₄NO₃ 5% en H₂O (Purity Standards)
- Naftol
- Solución de hidróxido potásico.
- Reactivo de Kovács
- Indicador rojo de metilo
- Agua de peptona 1%
- Caldo LST
- Caldo EC
- Caldo glucosa tamponado
- Agar violeta rojo bilis dextrosa
- Agar TSA

Para la preparación de los estándares se utilizó:

- Solución estándar para absorción atómica de plomo y cadmio 1000ug/mL en ácido nítrico al 4% (Marca SCP Science, lote S110919020).

3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La determinación de plomo y cadmio en muestras de hígado y branquias, muestras de agua de río y medición de parámetros físico-químicos, se realizó en el Laboratorio del Centro de Control Analítico – CCA de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y los análisis microbiológicos de la muestra de agua, en el Laboratorio de Especialidad de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

3.5.1. Procedimiento para la toma de muestra de agua del río Chiapuquio

- Las muestras de agua fueron recolectadas del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo y conservadas en frascos de polietileno y de vidrio debidamente rotulados.
- La recolección de muestras se realizó a orillas del río y en sentido opuesto a la dirección del flujo del agua.
- Una vez recolectadas, las muestras fueron conservadas y trasladadas hasta el Laboratorio para su posterior análisis, en coolers provistos con bolsas de hielo y mantenidas a una temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- El tiempo de almacenamiento fue de 24 horas.
- Para la determinación de plomo y cadmio, la muestra fue recolectada en un frasco de polietileno y se agregó 3 mL de HNO_3 por litro de agua para acidificar y no alterar la muestra.
- Para la medición de parámetros físico-químicos, las muestras fueron recolectadas en frascos de polietileno, para ello, se procedió a realizar un enjuague previo de los envases para eliminar posibles

sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados.

- La muestra se tomó en un ángulo apropiado para el ingreso del agua en los envases, se dejó un espacio en el frasco evitando llenar al 100 por ciento, luego se cerró el frasco y homogenizó la muestra mediante agitación. Se evitó coger el frasco por la boca para evitar cualquier contaminación.
- La toma de muestra para los análisis microbiológicos se realizó en frascos de vidrio previamente esterilizados y dejando un espacio vacío en el frasco.

3.5.2. Procedimiento para la toma de muestras de truchas arcoiris del río Chiapuquio

- Se realizó la pesca de 16 truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" en las pozas de criaderos del río Chiapuquio del centro recreacional "Valle de Chiapuquio" de Ingenio – Huancayo, las cuales fueron elegidas al azar y en etapa adulta; para la pesca se utilizó mallas especializadas para esta actividad.
- Una vez realizada la pesca, las truchas fueron sacrificadas mediante golpe traumático mortal.
- Luego se procedió a colocarlas en bolsas herméticas debidamente rotuladas.
- Las truchas fueron acondicionadas en un coolers provisto con bolsas de hielo y mantenidas a una temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y se trasladaron hasta el laboratorio.

- Una vez en el laboratorio, se procedió a la descongelación de las truchas a temperatura ambiente.
- Al finalizar el descongelamiento de las truchas, se procedió a retirar el hígado y las branquias; lo cual fue utilizado como muestra de estudio para la determinación de los metales pesados plomo y cadmio. De lo cual se dio inicio al procedimiento de los análisis respectivos.

3.5.3. Procedimiento para la determinación de plomo en las muestras de hígado y branquias

a. Preparación de estándar

- **Estándar maestro:**
 - Se extrajo 100 μL de solución estándar para absorción atómica de plomo 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ en ácido nítrico al 4 por ciento con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100 μL .
 - Se transvasó a una fiola de 100mL, la cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000 $\mu\text{g}/\text{L}$.
 - De la solución preparada se extrajo 1.25mL con ayuda de la micropipeta Eppendorf 0.5-5mL y se transvasó a una fiola de 25 mL.
 - Obteniéndose una concentración final de 50 $\mu\text{g}/\text{L}$. Se rotuló dicha fiola.
- **Niveles de calibración:**
 - Se programó el equipo para que realizara las diluciones del estándar maestro de manera automática.
 - El método de dilución fue “húmedo”, el cual implicó que dichas diluciones se llevaron a cabo en el mismo

capilar inyector del autosampler con ayuda de una jeringa de 100 μL incorporada en el equipo.

Tabla N° 7: Programa de dilución para la determinación de plomo en hígado y branquias

Volúmenes	Blanco	4.0	8.0	10.0	20.0
		$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$
Blanco (μL)	20	0	0	0	0
Diluyente (μL)	0	18.0	16.0	15.0	10.0
Estándar maestro (μL)	0	2.0	4.0	5.0	10.0
Modificador de matriz (μL)	5	5	5	5	5
Volumen final (μL)	25	25	25	25	25

Fuente: CCA UNMSM

- Blanco: Agua ultra pura con 2 gotas de Ácido nítrico 66,5-68,0 por ciento.
- Diluyente: Agua ultra pura.
- Estándar maestro: Solución de plomo 50 $\mu\text{g/L}$.
- Modificador de matriz: Solución de NH_4NO_3 5 por ciento.

b. Preparación de las muestras

- Se pesó aproximadamente entre 9 – 10 g de muestra de cada tejido (hígado y branquias) de trucha en una cápsula de porcelana.
- Se colocaron los órganos en crisoles diferentes, adecuadamente rotulados y luego se aplicó calor utilizando la cocinilla eléctrica. Este proceso se realizó con cuidado para evitar proyección de la muestra por evaporación.

- Luego de evaporar la mayor cantidad de agua de la muestra (fase de secado), el crisol se transportó a la mufla y se programó una temperatura de 700°C durante 4 horas, con la finalidad de obtener las cenizas (fase de calcinación).
- Finalizado el programa de la mufla, se dejó enfriar los crisoles con las muestras a temperatura ambiente, luego se agregó 5mL de ácido nítrico 66,5-68,0 por ciento al crisol, el cual fue sometido a 70°C en la cocinilla eléctrica hasta su evaporación total.
- Posteriormente se agregó 2.5mL de ácido clorhídrico 36,5-38,0 por ciento para disolver los restos de muestra en el crisol (fase de digestión).
- Finalmente se transvasó el contenido de los crisoles a una fiola de 25mL, se enrazó con agua ultra pura y se rotuló adecuadamente.
- Algunas muestras contenían una cantidad de plomo mayor a la esperada y para la cual se diseñó la curva de calibración, por lo que se realizaron diluciones sucesivas para obtener una concentración que pudiera entrar en el rango de la curva. Dichas diluciones se realizaron dependiendo de qué tan lejos estaba la concentración real inicial del rango, y estuvo expresada en el factor de dilución.
- Las diluciones finales fueron colocadas en pequeñas cubetas propias del auto muestreador, las cuales fueron analizadas por dilución automática de la misma forma que los estándares.

c. Programación del espectrofotómetro de absorción atómica provisto con horno de grafito para la determinación de plomo en muestras de hígado y branquias

- Espectrofotómetro :

- Modo de medida: Absorbancia
- N° de re-muestras: 2
- Tiempo de medida: 3 seg
- Longitud de onda: 217nm
- Corriente de lámpara: 90%
- Rendija: 0.5nm
- Señal: Área transitoria
- Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 3.00 seg.
- Corrección de fondo: Método Zeeman
- Test RSD: <10%

- Horno :

- Tubo de grafito: Normal
- Gas inerte: Argón UHP
- T° inyección: Deshabilitado
- Tiempo de programa: 120 segundos
- Rampa de temperatura (Temperatura, tiempo, rampa, flujo de gas):
 - Desolvatación(100°C, 30seg, 10°C/seg, 0.2L/min)
 - Calcinación - (800°C, 20seg,150°C/seg, 0.2L/min)
 - Atomización - (1200°C, 3seg, 0°C/seg, 0.0L/min)
 - Limpieza - (2500°C, 3seg, 0°C/seg, 0.2L/min)

- Calibración:

- Método: Normal – ajuste lineal mínimos cuadrados
- Unidades de concentración: µg/L
- Estándares: 4

- Concentración de Estándar Maestro: 50 µg/L
- Concentración de niveles de calibración:
 - Nivel1: 4.0 µg/L
 - Nivel2: 8.0 µg/L
 - Nivel3: 10.0 µg/L
 - Nivel4: 20.0 µg/L
- Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

- **Muestreo :**

- Preparación de la muestra: Dilución automática
- Volumen de Muestra: 25 µL
- Inyecciones: 1
- Modificador de matriz: 5 µL NH₄NO₃
- Lavados: 2

3.5.4. Procedimiento para la determinación de cadmio en las muestras de hígado y branquias

a. Preparación del estándar

- **Estándar maestro:**
 - Se extrajo 100µL de solución estándar para absorción atómica de cadmio 1000µg/mL en ácido nítrico al 4 por ciento con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100µL y se transvasó a una fiola de 100mL
 - La cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000µg/L.
 - De la solución preparada se extrajo 1.25mL con ayuda de la micropipeta Eppendorf 0.5-5 mL
 - Se transvasó a una fiola de 25mL, obteniéndose una concentración final de 50 µg/L.
 - Se rotuló dicha fiola

- **Niveles de calibración:**

- Se programó el equipo para que realizara las diluciones del estándar maestro de manera automática.
- El método de dilución fue “húmedo”, el cual implicó que dichas diluciones se llevaron a cabo en el mismo capilar inyector del autosampler con ayuda de una jeringa de 100µL incorporada en el equipo.

El programa de dilución fue el siguiente:

Tabla N° 8: Programa de dilución para la determinación de cadmio en hígado y branquias

Volúmenes	Blanco	1.0 µg/L	2.5 µg/L	5.0 µg/L	10.0 µg/L
Blanco (µL)	20	0	0		0
Diluyente (µL)	0	19.5	18.75	17.5	15.0
Estándar maestro (µL)	0	0.5	1.25	2.5	5.0
Modificador de matriz (µL)	5	5	5	5	5
Volumen final (µL)	25	25	25	25	25

Fuente: CCA UNMSM

- Blanco: Agua ultra pura con 2 gotas de Ácido nítrico 66,5-68,0 por ciento.
- Diluyente: Agua ultra pura.
- Estándar maestro: Solución de plomo 50 µg/L.
- Modificador de matriz: Solución de NH₄NO₃ 5 por ciento.

b. Preparación de las muestras

- Se pesó aproximadamente de 9 - 10 g de muestra de cada tejido (hígado y branquias) en una cápsula de porcelana.
- Se colocaron los órganos en crisoles diferentes, adecuadamente rotulados y luego se aplicó calor utilizando la cocinilla eléctrica. Este proceso se realizó con cuidado para evitar proyección de la muestra por evaporación.
- Luego de evaporar la mayor cantidad de agua de la muestra (fase de secado), el crisol se transportó a la mufla eléctrica (Marca Nabertherm, serie 319280) y se programó una temperatura de 700°C por 4 horas, con la finalidad de obtener las cenizas (fase de calcinación).
- Finalizado el programa de la mufla, se dejó enfriar los crisoles con las muestras a temperatura ambiente, luego se agregó 5mL de Ácido nítrico 66.5-68.0por ciento al crisol, el cual nuevamente fue sometido a 70°C en la cocinilla eléctrica hasta su evaporación total.
- Posteriormente se agregó 2.5mL de ácido clorhídrico 36,5-38,.0 por ciento para disolver los restos de muestra en el crisol (fase de digestión). Finalmente se transvasó el contenido de los crisoles a una fiola de 25mL, se enrazó con agua ultra pura y se rotuló adecuadamente.
- Algunas muestras contenían una cantidad de cadmio mayor a la esperada y para la cual se diseñó la curva de calibración, por lo que se realizaron diluciones sucesivas para obtener una concentración que pudiera entrar en el rango de la curva. Dichas diluciones se realizaron dependiendo de qué tan lejos estaba la concentración real inicial del rango, y estuvo expresada en el factor de dilución.

- Las diluciones finales fueron colocadas en pequeñas cubetas propias del auto muestreador, las cuales fueron analizadas por dilución automática de la misma forma que los estándares.

c. Programación del espectrofotómetro de absorción atómica provisto con horno de grafito para la determinación de cadmio en muestras de hígado y branquias

- **Espectrofotómetro :**
 - Modo de medida: Absorbancia
 - N° de re-muestras: 2
 - Tiempo de medida: 3 seg
 - Longitud de onda: 228.8nm
 - Corriente de lámpara: 50%
 - Rendija: 0.5nm
 - Señal: Área transitoria
 - Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 3.00 seg.
 - Corrección de fondo: Método Zeeman
 - Test RSD: <10%
- **Horno :**
 - Tubo de grafito: Normal
 - Gas inerte: Argón UHP
 - T° inyección: Deshabilitado
 - Tiempo de programa: 70.7 segundos
 - Rampa de temperatura (Temperatura, tiempo, rampa, flujo de gas):
 - Desolvatación - (100°C, 30seg, 10°C/seg, 0.2L/min)
 - Calcinación (800°C, 20seg, 150°C/seg, 0.2L/min)

- Atomización - (1000°C, 3seg, 0°C/seg, 0.0L/min)
- Limpieza - (2500°C, 3seg, 0°C/seg, 0.2L/min)

- **Calibración :**

- Método: Normal – ajuste lineal mínimos cuadrados
- Unidades de concentración: µg/L
- Estándares: 4
- Concentración de Estándar Maestro: 50 µg/L
- Concentración de niveles de calibración:
 - Nivel1: 1.0 µg/L
 - Nivel2: 2.5 µg/L
 - Nivel3: 5.0 µg/L
 - Nivel4: 10.0 µg/L
- Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

- **Muestreo :**

- Preparación de la muestra: Dilución automática
- Volumen de Muestra: 25 µL
- Inyecciones: 1
- Modificador de matriz: 5 µL NH₄NO₃
- Lavados: 2

• **Procedimiento para cálculos en la determinación de plomo y cadmio en branquias e hígado.**

Los cálculos individuales para cada muestra fueron realizados utilizando la siguiente fórmula matemática:

1.- Concentración de dilución final de blanco de muestra (µg/L)

$$X_{bl} = \frac{(\text{Absorbancia blanco de muestra} - \text{intercepción X})}{(\text{Pendiente de curva de calibración})}$$

2.- Concentración de dilución final de muestra ($\mu\text{g/L}$)

$$X_{aas} = \frac{(\text{Absorbancia muestra} - \text{intercepción X})}{(\text{Pendiente de curva de calibración})}$$

3.- Factor de dilución

$$Fd = \frac{(\text{Volumen de muestra extraída})}{(\text{Volumen final de dilución})}$$

4.- Concentración de cadmio y plomo en blanco de muestra ($\mu\text{g/Kg}$)

$$X_{bmp} = \frac{(X_{bl})}{(Fd \times \text{Peso de blanco muestra (g)} \times 1000)}$$

5.- Concentración de cadmio y plomo en la muestra ($\mu\text{g/Kg}$)

$$X_{bmp} = \frac{(X_{bl})}{(Fd \times \text{Peso de blanco muestra (g)} \times 1000)} - X_{bmp}$$

3.5.5. Procedimiento para la determinación de cadmio en la muestra de agua

a. Preparación de estándar

- **Estándar maestro:**
 - Se extrajo 100 μ L de solución estándar para absorción atómica de cadmio 1000 μ g/mL en ácido nítrico al 4 por ciento con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100 μ L.
 - Se transvasó a una fiola de 100mL, la cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000 μ g/L.
 - De la solución preparada se extrajo 1.25mL con ayuda de la micropipeta Eppendorf 0.5-5mL y se transvasó a una fiola de 25mL.
 - Obteniéndose una concentración final de 50 μ g/L. Se rotuló dicha fiola.

- **Niveles de calibración:**
 - Se programó el equipo para que realizara las diluciones del estándar maestro de manera automática.
 - El método de dilución fue "húmedo", el cual implicó que dichas diluciones se llevaron a cabo en el mismo capilar inyector del autosampler con ayuda de una jeringa de 100 μ L incorporada en el equipo.

Tabla N° 9: Programa de dilución para la determinación de cadmio en agua

Volúmenes	Blanco	1.0 µg/L	2.5 µg/L	5.0 µg/L	10.0 µg/L
Blanco (µL)	20	0	0		0
Diluyente (µL)	0	19.5	18.75	17.5	15.0
Estándar maestro (µL)	0	0.5	1.25	2.5	5.0
Modificador de matriz (µL)	5	5	5	5	5
Volumen final (µL)	25	25	25	25	25

Fuente: CCA UNMSM

- Blanco: Agua ultra pura con 2 gotas de Ácido nítrico 66,5-68,0 por ciento.
- Diluyente: Agua ultra pura.
- Estándar maestro: Solución de cadmio 50 µg/L.
- Modificador de matriz: Solución de NH₄NO₃ 5 por ciento.

b. Preparación de las muestras

- Para la preparación de las muestras se extrajeron 5.0mL de cada uno de los recipientes y se procedió a realizar el secado, digestión y dilución de la muestra.
- Se colocaron los 5.0mL de la muestra problema en un beaker de 50mL y se agregó 5.0mL de ácido nítrico 66.5-68.0por ciento. Se llevó el beaker a la cocinilla eléctrica a 70°C, agitando hasta que la solución se haya secado completamente.

- Luego se agregaron 2.0mL de ácido clorhídrico 36.5-38.0por ciento y 10.0mL de agua ultra pura para disolver todo el contenido del beaker.
- Se transvasó el contenido del beaker a una fiola de 20mL y se enrazó con agua ultra pura.
- Las diluciones finales fueron colocadas en pequeñas cubetas propias del auto muestreador, las cuales fueron analizadas por dilución automática de la misma forma que los estándares.

c. Programación del espectrofotómetro de absorción atómica provisto con horno de grafito para la determinación de cadmio en muestras de agua

- **Espectrofotómetro :**
 - Modo de medida: Absorbancia
 - N° de re-muestras: 2
 - Tiempo de medida: 3 seg
 - Longitud de onda: 228.8nm
 - Corriente de lámpara: 50%
 - Rendija: 0.5nm
 - Señal: Área transitoria
 - Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 3.00 seg.
 - Corrección de fondo: Método Zeeman
 - Test RSD: <10%
- **Horno :**
 - Tubo de grafito: Normal
 - Gas inerte: Argón UHP
 - T° inyección: Deshabilitado

- Tiempo de programa: 70.7 segundos
- Rampa de temperatura (Temperatura, tiempo, rampa, flujo de gas):
 - Desolvatación - (100°C, 30seg, 10°C/seg, 0.2L/min)
 - Calcinación - (800°C, 20seg, 150°C/seg, 0.2L/min)
 - Atomización - (1000°C, 3seg, 0°C/seg, 0.0L/min)
 - Limpieza - (2500°C, 3seg, 0°C/seg, 0.2L/min)

- **Calibración :**
 - Método: Normal – ajuste lineal mínimos cuadrados
 - Unidades de concentración: $\mu\text{g/L}$
 - Estándares: 4
 - Concentración de Estándar Maestro: 50 $\mu\text{g/L}$
 - Concentración de niveles de calibración:
 - Nivel1: 1.0 $\mu\text{g/L}$
 - Nivel2: 2.5 $\mu\text{g/L}$
 - Nivel3: 5.0 $\mu\text{g/L}$
 - Nivel4: 10.0 $\mu\text{g/L}$
 - Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

- **Muestreo :**
 - Preparación de la muestra: Dilución automática
 - Volumen de Muestra: 25 μL
 - Inyecciones: 1
 - Modificador de matriz: 5 μL NH_4NO_3
 - Lavados: 2

3.5.6. Procedimiento para la determinación de plomo en la muestra de agua

a. Preparación del estándar

- **Estándar maestro:**
 - Se extrajo 100 μ L de solución estándar para absorción atómica de plomo 1000 μ g/mL en ácido nítrico al 4 por ciento con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100 μ L.
 - Se transvasó a una fiola de 100mL, la cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000 μ g/L.
 - De la solución preparada se extrajo 1.25mL con ayuda de la micropipeta Eppendorf 0.5-5mL y se transvasó a una fiola de 25mL.
 - Obteniéndose una concentración final de 50 μ g/L. Se rotuló dicha fiola.

- **Niveles de calibración:**
 - Se programó el equipo para que realizara las diluciones del estándar maestro de manera automática.
 - El método de dilución fue "húmedo", el cual implicó que dichas diluciones se llevaron a cabo en el mismo capilar inyector del autosampler con ayuda de una jeringa de 100 μ L incorporada en el equipo.

Tabla N° 10: Programa de dilución para la determinación de plomo en agua

Volúmenes	Blanco	4.0 µg/L	8.0 µg/L	10.0 µg/L	20.0 µg/L
Blanco (µL)	20	0	0	0	0
Diluyente (µL)	0	18.0	16.0	15.0	10.0
Estándar maestro (µL)	0	2.0	4.0	5.0	10.0
Modificador de matriz (µL)	5	5	5	5	5
Volumen final (µL)	25	25	25	25	25

Fuente: CCA UNMSM

- Blanco: Agua ultra pura con 2 gotas de Ácido nítrico 66,5-68,0 por ciento.
- Diluyente: Agua ultra pura.
- Estándar maestro: Solución de plomo 50 µg/L.
- Modificador de matriz: Solución de NH₄NO₃ 5 por ciento.

b. Preparación de las muestras

- Para la preparación de las muestras se extrajeron 5.0mL de cada uno de los recipientes y se procedió a realizar el secado, digestión y dilución de la muestra.
- Se colocaron los 5.0mL de la muestra problema en un beaker de 50mL y se agregó 5.0mL de ácido nítrico 66.5-68.0por ciento. Se llevó el beaker a la cocinilla eléctrica a 70°C, agitando hasta que la solución se haya secado completamente.
- Luego se agregaron 2.0mL de ácido clorhídrico 36.5-38.0por ciento y 10.0mL de agua ultra pura para disolver todo el contenido del beaker.

- Se transvasó el contenido del beaker a una fiola de 20mL y se enrazó con agua ultra pura.
- Las diluciones finales fueron colocadas en pequeñas cubetas propias del auto muestreador, las cuales fueron analizadas por dilución automática de la misma forma que los estándares.

c. Programación del espectrofotómetro de absorción atómica provisto con horno de grafito para la determinación de plomo en la muestra de agua

- **Espectrofotómetro :**
 - Modo de medida: Absorbancia
 - N° de re-muestras: 2
 - Tiempo de medida: 3 seg
 - Longitud de onda: 217nm
 - Corriente de lámpara: 90%
 - Rendija: 0.5nm
 - Señal: Área transitoria
 - Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 3.00 seg.
 - Corrección de fondo: Método Zeeman
 - Test RSD: <10%
- **Horno :**
 - Tubo de grafito: Normal
 - Gas inerte: Argón UHP
 - T° inyección: Deshabilitado
 - Tiempo de programa: 120 segundos
 - Rampa de temperatura (Temperatura, tiempo, rampa, flujo de gas):

- Desolvatación (100°C, 30seg, 10°C/seg, 0.2L/min)
- Calcinación - (800°C, 20seg, 150°C/seg, 0.2L/min)
- Atomización - (1200°C, 3seg, 0°C/seg, 0.0L/min)
- Limpieza - (2500°C, 3seg, 0°C/seg, 0.2L/min)

- **Calibración :**

- Método: Normal – ajuste lineal mínimos cuadrados
- Unidades de concentración: µg/L
- Estándares: 4
- Concentración de Estándar Maestro: 50 µg/L
- Concentración de niveles de calibración:
 - Nivel1: 4.0 µg/L
 - Nivel2: 8.0 µg/L
 - Nivel3: 10.0 µg/L
 - Nivel4: 20.0 µg/L
- Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

- **Muestreo :**

- Preparación de la muestra: Dilución automática
- Volumen de Muestra: 25 µL
- Inyecciones: 1
- Modificador de matriz: 5µL NH₄NO₃
- Lavados: 2

• **Procedimiento para los cálculos en la determinación de plomo y cadmio en agua**

Los cálculos individuales para cada muestra fueron realizados utilizando la siguiente fórmula matemática:

1. Concentración de dilución final de muestra (ppb)

(Absorbancia muestra - intercepción X)

$$X_{aas} = \frac{\text{Absorbancia muestra - intercepción X}}{\text{Pendiente de curva de calibración}}$$

2. Factor de dilución

(Volumen de muestra extraída)

$$Fd = \frac{\text{Volumen de muestra extraída}}{\text{Volumen final de dilución}}$$

3. Concentración de cadmio en la muestra (ppm)

(X_{aas})

$$X_{mp} = \frac{X_{aas}}{(Fd \times \text{volumen de muestra} \times 1000)}$$

3.5.7. Procedimientos para la medición de parámetros físico-químicos de la muestra de agua

● **pH:**

- Se colocó en un beaker de 50mL de muestra de agua e introdujo el electrodo del potenciómetro previamente calibrado con buffer de pH 7 y pH 4.
- Se esperó a la estabilidad de la medición y anotó el resultado.

- **Temperatura:**

- Se colocó un termómetro en la muestra de agua.
- Se observó la estabilidad de la medición y tomó nota.

- **Conductividad:**

- Se colocó 1mL de la muestra de agua y 99mL de agua destilada. Se colocó el conductímetro en la muestra y espero su estabilidad en la medición.
- Finalmente se anotó la medición del equipo.

- **Determinación de nitratos:**

- Patrón de nitrato de 100ppm: Se pesó KNO_3 0,072g y diluyó en un matraz aforado de 100mL con agua destilada.
- Solución de trabajo de 10 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$: Se tomó una alícuota de 10 mL del patrón de nitrato y diluyó en un matraz aforado de 100 mL con agua destilada.
- Curva de calibración: Se tomó alícuotas de 12.5mL, 0.25mL, 0.125mL, 0 mL de la solución de 10 $\text{NO}_3\text{-N}$ y completó con agua destilada en matraces aforados de 25mL. Se obtuvieron las concentraciones de 5 $\text{NO}_3\text{-N}$, 0,1 $\text{NO}_3\text{-N}$, 0.05 $\text{NO}_3\text{-N}$ y 0 $\text{NO}_3\text{-N}$ respectivamente. El blanco que se utilizó fue agua destilada.
- Previo análisis, se tomó alícuotas de 12,5mL de cada estándar y llevó a matraces con tapa de 25mL, se adicionó 1mL de HCl 1N y mezcló.
- Preparación de la muestra para análisis: se filtró 50mL de la muestra con membranas de celulosa de 0,45um y transfirió 12,5mL a un matraz, se agregó 1mL de HCl y mezcló.
- Se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro UV visible a longitudes de onda de 220nm y 275nm.

- **Sólidos totales suspendidos**

- **Tratamiento del filtro:**

- a. Se rotuló las cápsulas y lavó los filtros de 0,45 μm con agua destilada y se colocó en las respectivas cápsulas para secarlas en la estufa a 105°C por 2 horas.

- b. Luego se llevó a un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y pesó, se repitió el secado hasta obtener un peso constante. Se anotó los pesos.

- **Obtención de sólidos suspendidos totales:**

- a. Se colocó el filtro sujetándolo con pinzas limpias en el equipo de filtración al vacío y midió 0.145 L de la muestra previamente homogenizada.

- b. Se retiró el filtro con las pinzas y colocó en la cápsula correspondiente.

- c. Se llevó a la estufa para su secado a 105°C durante 1 hora. Se repitió el proceso de secado hasta que se obtuvo un peso constante.

3.5.8. Procedimientos para el análisis microbiológico de la muestra de agua

a. Procedimientos para la cuantificación de *Escherichia coli*

- **Preparación del caldo LST¹ (Lauril sulfato triptosa):**

- El caldo LST se preparó de acuerdo a las instrucciones del fabricante con agua destilada.

- Se midió el pH con el potenciómetro, y el valor de la medición estuvo entre 6.5.

- Luego se distribuyó en tubos de ensayo con tubos de fermentación (Durham). Los tubos utilizados fueron de capacidad de 30mL y se les añadió el caldo LST de tal manera que el tubo de Durham quede totalmente sumergido y sin burbujas.
 - Se auto clavó el caldo a 121°C y 15 lb/pg. durante 15 minutos. Inmediatamente después de auto clavar se dejó enfriar y quitó las burbujas que ingresaron a los tubos de Durham.
- **Preparación de la muestra**
 - La muestra fue diluida a tres diferentes concentraciones 10^1 , 10^{-2} y 10^{-3} para ello el diluyente fue agua de peptona 1por ciento.
 - La primera dilución se preparó añadiendo 10mL de la muestra en 90mL de agua de peptona 1por ciento estéril y las siguientes diluciones se prepararon añadiendo 1mL de la dilución anterior a un tubo con 9mL de agua de peptona 1 por ciento.
- **Inoculación de los tubos con LST:**
 - Se inoculó nueve tubos en total, tres para la dilución 10^{-1} , tres para la dilución 10^{-2} y tres para la dilución 10^{-3} , aparte se tuvo un tubo con caldo LST al que se le agregó agua de peptona 1por ciento sin muestra problema el cual sirvió como blanco, cada tubo fue inoculado con 1mL de la respectiva dilución.
 - Se agitó los tubos para homogenizar la muestra agregada, cuidando de que no entren burbujas al tubo de Durham.
 - Se incubaron los tubos tapados a 35°C durante 24 horas y

se observó la formación de gas, se anotó los tubos positivos y dejó incubar por 24 horas más los tubos negativos.

- **Registro del primer resultado**

- Los tubos con formación de gas se anotaron como positivos (+) estos resultados previos nos dieron la cantidad de coliformes totales³ entre los que se encuentra *Escherichia coli*. Con los resultados obtenidos se llenó la siguiente tabla y luego para cada dilución se contó la cantidad de cruces (+) e interpretó los resultados con la tabla NMP.

Tabla N°11: Registros de resultados previos

	DILUCION 10 ⁻¹			DILUCION 10 ⁻²			DILUCION 10 ⁻³		
MUESTRA									
	TOTAL			TOTAL			TOTAL		

- **Preparación del caldo EC**

- El caldo EC se preparó de acuerdo a las instrucciones del fabricante con agua destilada.
- Se midió el pH con el potenciómetro, el valor de la medición estuvo en 6.9.
- Luego se distribuyó en tubos de ensayo con tubos de fermentación (Durham). Los tubos utilizados fueron de capacidad de 30mL y se les añadió el caldo EC de tal manera que el tubo de Durham quedó totalmente sumergido y sin burbujas.
- Se auto clavó el caldo a 121°C y 15 lb/pg durante 15

minutos. Inmediatamente después de auto clavar se dejó enfriar y quitó todas las burbujas que ingresaron a los tubos de Durham.

- **Inoculación de los tubos con EC:**

- De cada tubo positivo con caldo LST se tomó una asada e inoculó en un tubo con caldo EC, se homogenizó la muestra agregada cuidando de no introducir burbujas en los tubos Durham.

Se incubó los tubos tapados a 44°C durante 24 horas y se

- observó la formación de gas, se anotó los tubos positivos y dejó incubar por 24 horas más los tubos negativos.

- **Registro del segundo resultado:**

- Los tubos con formación de gas se anotaron como positivos (+); estos resultados previos nos dieron la cantidad de coliformes fecales termo tolerantes entre los que el más representativo y abundante es *Escherichia coli*.

- **Confirmación de *Escherichia coli*:⁵**

- Ya que en el caldo EC pueden crecer *Escherichia coli* y *Enterobacter sp.* La diferenciación se realizó mediante la prueba de indol y la prueba del rojo de metilo.
- A partir de los tubos positivos en caldo EC se sembró en agar TSA para obtener colonias aisladas, a partir de esas colonias se incubó en agua de peptona a 35-37°C durante 24 horas.

- Se añadió 0.2-0.3 mL de reactivo de Kovacs y agitó, se esperó 10 minutos y observó los resultados. En la superficie apareció un color rojo oscuro, lo cual nos indicó la prueba como positiva.
- Para la prueba de rojo de metilo a partir de las cepas cultivadas en el agar TSA se incubó en caldo glucosa tamponada e incubó a 35-37°C durante 5 días.
- Luego se añadió gotas del indicador rojo de metilo y agitó. Se anotó como positivo la aparición de un color rojo bien definido.

- **Registro de resultados finales**

- Los tubos confirmados para *Escherichia coli* se anotó y con esos resultados se interpretó en la tabla NMP, el resultado final está dado como UFC (Unidades formadoras de colonias) de *Escherichia coli*/ mL de muestra.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se realizaron tablas de frecuencias, de contingencia, medidas descriptivas de tendencia central, de posición y forma, estadísticos robustos, gráficos de cajas, prueba de hipótesis para la normalidad Kolmogorov Smirnov, prueba no paramétrica de Wilcoxon.

4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS: RESULTADOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

❖ Objetivo específico N° 1

Determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" según el límite máximo permisible.

❖ Hipótesis específica N° 1

Los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

Tabla N°12: Comparación de la concentración de plomo encontrada en órganos blandos: hígado y branquias de las truchas arcoiris y los límites máximos permisibles (LMP)

	Promedio	LMP
Hígado	0.00073 mg/Kg	≤ 0.30 mg/Kg
Branquias	0.01715 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°12, se aprecia que el promedio de concentración de plomo en órganos blandos: hígado y branquias, no se encuentran incrementados comparado con el límite máximo permisible.

Tabla N°13: Estadísticas descriptivas de la concentración de plomo encontrada en hígado y branquias de las truchas arcoiris

	Hígado	Branquias
Media	0,00073	0,017149
Media recortada al 5por ciento	0,00071	0,016039
Mediana	0,00069	0,00095
Varianza	0,00000	0,00100
Desviación estándar	0,00038	0,02269
Mínimo	0,00022	0,00030
Máximo	0,00152	0,05398
Rango	0,00130	0,05368
Rango intercuartil	0,00032	0,04536
Asimetría	1,08600	0,74600
Curtosis	,62700	-1,50700

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°13, se encontró que la concentración promedio de plomo en el hígado de las truchas es de 0,00073 mg/kg y una desviación estándar de 0,00038 mg/kg, mientras que en las branquias es de 0,017149 mg/kg y una desviación estándar de 0,02269 mg/kg.

Los estadísticos robustos que no se ven afectados por la ausencia de normalidad se encontró que el 50 por ciento de las truchas tienen una concentración de plomo en el hígado de a lo más 0,00069 mg/kg y una media recortada al 5 por ciento de 0,00071 mg/kg, donde la dispersión del 50 por ciento central de las concentraciones de plomo en el hígado es de 0,00032 mg/kg; mientras que en las branquias, el 50 por ciento de las truchas tienen una concentración de plomo de a lo más 0,00095 mg/kg y una media recortada al 5 por ciento de 0,016039 mg/kg, donde la dispersión del 50 por ciento central de los concentraciones de plomo en las branquias es de 0,04536 mg/kg.

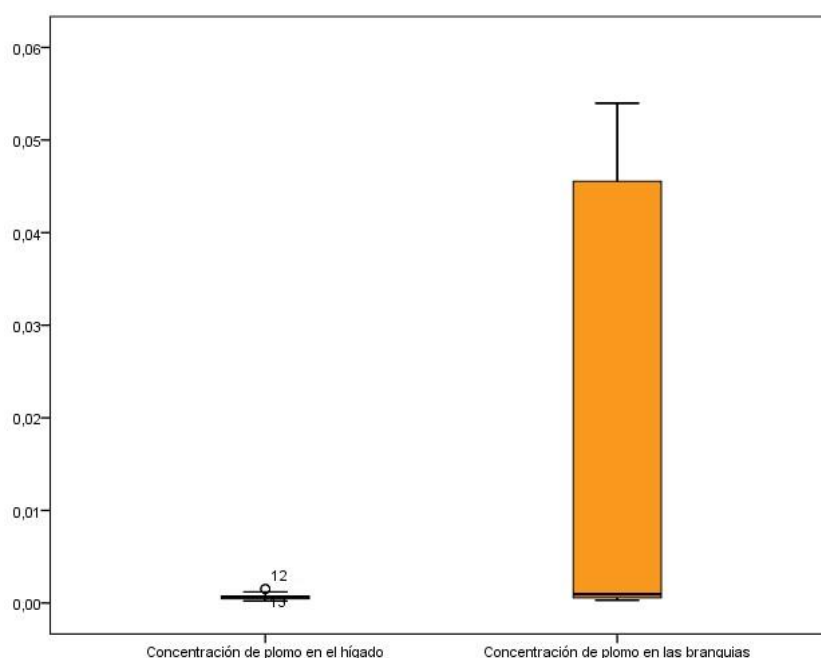


Figura N°5: Diagrama de cajas de la concentración de plomo en el hígado y branquias de las truchas arcoiris

Fuente: Elaboración propia

De la figura N°5, se aprecia que las concentraciones de plomo en el hígado de las truchas arcoiris son más homogéneas respecto a la concentración en las branquias.

Tabla N°14: Comparación de la concentración de cadmio encontrada en el hígado y branquias de las truchas arcoiris y los límites máximos permisibles (LMP)

	Promedio	LMP
Hígado	0.00023 mg/Kg	≤ 0.05 mg/Kg
Branquias	0.05106 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°14, se aprecia que las truchas arcoiris tienen un nivel medio de cadmio es 0.05106 superando el límite máximo permisible, pero de manera ligera.

Tabla N°15: Estadísticas descriptivas de la concentración de cadmio encontrada en hígado y branquias de las truchas arcoiris

	Hígado	Branquias
Media	0,00023	0,05106
Media recortada al 5por ciento	0,00023	0,02776
Mediana	0,00023	0,00471
Varianza	0,00000	0,01600
Desviación estándar	0,00008	0,12824
Mínimo	0,00010	0,00022
Máximo	0,00040	0,52130
Rango	0,00030	0,52108
Rango Inter cuartil	0,00011	0,05154
Asimetría	0,36100	3,71400
Curtosis	-,23200	14,32700

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°15, se encontró que la concentración promedio de cadmio en el hígado de las truchas es de 0.00023 mg/kg y una desviación estándar de 0.00008 mg/kg, mientras que en las branquias es de 0.05106 mg/kg y una desviación estándar de 0.12824 mg/kg.

Los estadísticos robustos que no se ven afectados por la ausencia de normalidad se encontró que el 50 por ciento de las truchas tienen una concentración de cadmio en el hígado de a lo más 0,00023 mg/kg y una media recortada al 5 por ciento de 0,00023 mg/kg, donde la dispersión del 50 por ciento central de las concentraciones de cadmio en el hígado es de 0,00011 mg/kg; mientras que en las branquias, el 50 por ciento de las truchas tienen una concentración de cadmio de a lo más 0,00471 mg/kg y una media recortada al 5 por ciento de 0,02776 mg/kg, donde la dispersión del 50 por ciento central de los concentraciones de cadmio en las branquias es de 0,0514 mg/kg.

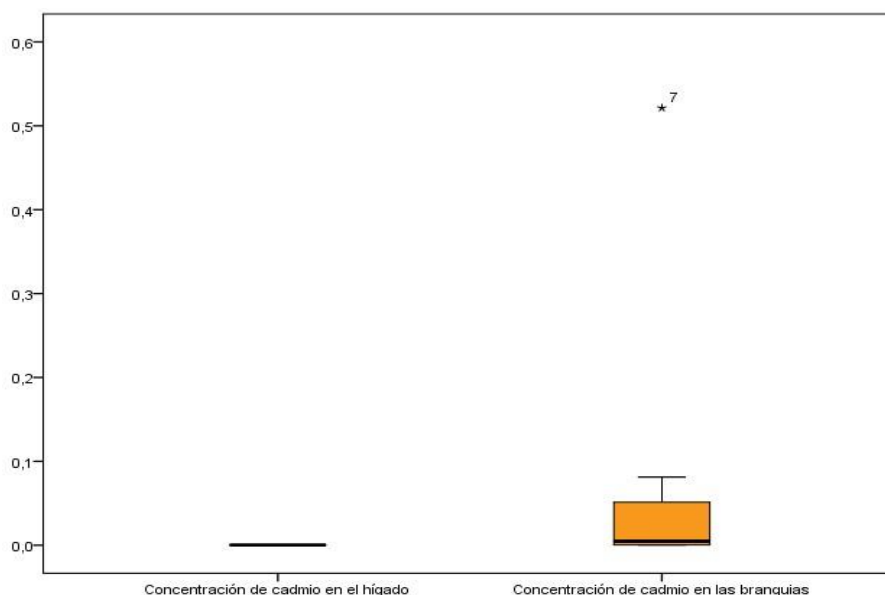


Figura N°6: Diagrama de cajas de la concentración de cadmio en el hígado y branquias de las truchas arcoiris.

Fuente: Elaboración propia

De la figura N°6, se aprecia que las concentraciones de cadmio en el hígado de las truchas arcoiris son más homogéneas respecto a la concentración en las branquias.

Tabla N°16: Pruebas de normalidad en la concentración de cadmio encontrada en las branquias de las truchas arcoíris

	Shapiro – Wilk	p-valor
Cadmio en las branquias	0.432	0.000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 16, la concentración de cadmio en las branquias no se distribuye normalmente, por lo que se utilizará la prueba de Wilcoxon de una muestra para corroborar los resultados obtenidos en la tabla N° 14.

Tabla N°17: Pruebas de Wilcoxon en la concentración de cadmio encontrada en las branquias de las truchas arcoiris

	Wilcoxon ($H_1: Me > LMP$)	p-valor
Cadmio en las branquias	26	0.986

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 17, se aprecia que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la concentración de cadmio en las branquias supere los valores máximos permisibles.

❖ **Objetivo específico N° 2**

Determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio- Huancayo, según el límite máximo permisible.

❖ Hipótesis específica N° 2

Los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

Tabla N°18: Comparación de la concentración de metales encontrados en el agua del río Chiapuquio y los límites máximos permisibles (LMP)

	Valor	LMP
Plomo	0.01 mg/L	≤ 0.00250 mg/L
Cadmio	0.02 mg/L	≤ 0.00025 mg/L

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°18, el agua de la sección muestreada del río Chiapuquio superan el límite máximo permisible en plomo y cadmio, según los valores encontrados.

❖ Objetivo específico N°3

Determinar los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo y comparar con el límite máximo permisible.

❖ Hipótesis específica N°3

Los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible

Tabla N°19: Valores físico - químicos del agua del río Chiapuquio y los límites máximos permisibles (LMP)

Físico - químicos	Valor	LMP
Temperatura	*20°C	Δ3°
pH	*7.25	6.5 – 9.0
Sólidos suspendidos totales	*26.2	≤ 100 mg / L
Conductividad	*256.5	≤ 1000 μS /cm
Nitratos	*1.28	≤ 13 mg / L

Fuente: Elaboración propia

*Medición en condiciones de Laboratorio

De la tabla N° 19, se puede apreciar que los parámetros físico-químicos del agua del río Chiapuquio no superan el LMP.

❖ **Objetivo Específico N°4**

Determinar los niveles de carga microbiológica en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo según el límite máximo permisible.

❖ **Hipótesis específica N°4**

Los niveles de carga microbiológica del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

Tabla N° 20: Valores microbiológicos del agua del río Chiapuquio y los límites máximos permisibles (LMP)

	Valor	LMP
<i>Escherichia coli</i>	< 300	2000 NMP / 100 mL

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°20, se puede apreciar que los niveles de carga microbiológica de la sección muestreada del río Chiapuquio no se encuentran incrementados comparados con el límite máximo permisible.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En nuestro país la legislación en materia de sanidad animal establece: “La presencia de enfermedades en los animales acuáticos representan un problema país; puesto que las enfermedades en estos animales no solo provocan pérdidas al productor, sino que además pueden afectar directamente al estatus sanitario de la población atentando al derecho a la salud que es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo”.⁸

“Los contaminantes químicos no se acumulan en el mismo grado en todos los peces. Los metales pesados se acumulan en el ambiente marino y son transferidos a los peces por diferentes rutas. La absorción de metales puede ser directa (agua: branquias) o indirecta (alimentos, sedimentos contaminados: canal alimenticio)”.⁵⁸

Se eligió las truchas arcoiris por ser la especie de mayor demanda de consumo humano, como fue mencionado anteriormente que Junín es el segundo productor de truchas arcoiris destinados para el mercado interno y externo de nuestro país. Por ello no fue suficiente saber solo las concentraciones de metales pesados en órganos blandos de truchas arcoiris, de muestras de agua de río, sino también se hicieron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

4.3.1. Concentración de metales pesados en hígado, branquias y agua

Según los resultados obtenidos en la tabla N°12, la concentración de plomo en promedio en hígado fue 0,00073 mg/Kg y en branquias

0,01715 mg/Kg; dichos resultados al ser comparados con lo establecido en la norma de Sanidad Pesquera, la misma que coincide con la norma de la Unión Europea y el Codex Alimentarius, no superan el límite máximo permisible.

Asimismo, se aprecia que en la tabla N°14, la concentración de cadmio en hígado en promedio fue de 0,00023 mg/Kg, la cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible; sin embargo, en branquias, la concentración fue de 0,05106, en promedio, valor que superó el LMP de manera ligera. Por esta razón, se aplicó una prueba no paramétrica como es la prueba de Wilcoxon la cual nos permitió concluir que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la concentración de cadmio supera el límite máximo permisible.

“Las barreras físicas están integradas por las escamas, superficies mucosas de piel, y branquias. Estos mecanismos dificultan la entrada de los distintos agentes patógenos al interior de la trucha, constituyendo una barrera física y química importante entre la trucha y el medio externo. El mucus de las truchas, producido en función del grado de infección y estrés, posee gran diversidad de moléculas entre las que destacan la lisozima, enzimas proteolíticas, proteína C – reactiva, proteínas del complemento, péptidos antimicrobianos e incluso los conocidos como” “anticuerpos naturales”⁵⁹

“Las branquias son el principal órgano blanco por contaminantes, su tejido epitelial es un excelente parámetro para evaluar los efectos de variables ambientales, sustancias tóxicas y calidad del agua”.⁶⁰

“El hígado en los peces realiza funciones tanto hepáticas como pancreáticas; es el órgano metabolizador por excelencia de todas las sustancias que le llegan por vía sanguínea, por lo cual, este órgano sirve como referente histológico para el análisis del daño tisular

causado por sustancias contaminantes del medio ambiente como pesticidas, metales pesados y otros”.⁶⁰

“Algunos estudios argumentan que medir la concentración de metales en el hígado es más relevante respecto a la contaminación por metales, siendo el principal órgano para detectar procesos de bioacumulación, debido a rápidos rangos de descontaminación del tejido muscular. El hígado proporciona una estimación de los niveles actuales de contaminantes en el ambiente, reflejando las circunstancias en las que habitan los peces respecto a la cantidad y biodisponibilidad de metales, pudiendo ser adecuados para obtener información del estado de contaminación a corto plazo”.⁵⁸

En este trabajo de investigación, la concentración de plomo que se determinó en el agua del río Chiapuquio según tabla N° 18, fue de 0,01 mg/L y de cadmio 0,02 mg/L; ambos valores superan el límite máximo permisible, establecido por el Ministerio del Ambiente (D.S N°004 -2017 MINAM. Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático. E2: Ríos, Costa y Sierra).

“Los metales pesados son elementos estables y persistentes del ambiente acuático, acumulándose en compartimientos ambientales y organismos, no pudiendo ser degradados o destruidos. Son contaminantes conservativos, es decir no son normalmente eliminados de los sistemas acuáticos ya que no están sometidos al ataque bacteriano y no se disipan, pero reaccionan de varios modos con organismos de la biota. La toxicidad de los metales pesados está muy relacionada con sus formas químicas y se debe principalmente a la capacidad de estos elementos en interferir en reacciones enzimáticas, modificando la formación activa de biomoléculas o afectando el rol metabólico normal de proteínas o moléculas”.⁵⁸

Por lo tanto, estudios similares, como el de **Huancaré R. (2014)**: “Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la Laguna de Mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú”. Determinó que la concentración de Pb en hígado fue $0,007 \pm 0,00027$ mg/Kg y en branquias fue de 0,002 mg/Kg, mientras que la concentración de Cd en branquias no fue detectable, pero en el hígado fue de $0,002 \pm 0,0007$ mg/Kg, valores que se encontraron por debajo del LMP de EU (2006), ITP (2002) y de la Legislación Brasileña, citada en MINECO (2011).¹⁴

En su tesis también manifiesta que la concentración de metales pesados como Pb y Cd en el agua no fue detectable, sin embargo en los sedimentos encontró los siguientes valores: Cd 1,21 y Pb 9,13, el Cd se encontró por encima de los LMP de la guía interina de calidad del sedimento de Canadá (CEQGS 1999) debido que Perú no cuenta con una guía similar.¹⁴

Huancaré concluyó que a pesar que la concentración se encuentra por debajo de los LMP en hígado, branquias y en agua, pero si en sedimentos sugiere que se debió al incremento del agua en la laguna que diluyo más los metales presentes por la temporada de lluvias que va desde diciembre a marzo de esa región. Cosa que no sucedió con el cadmio porque tiene una alta afinidad por las partículas cargadas negativamente y tiene a ser removido de la solución para acumularse en el fondo del sedimento.¹⁴

4.3.2. Determinación de análisis físico - químicos

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo y que se muestran en la tabla N° 19 se aprecia que la temperatura del agua fue de 20 °C, pH = 7,25, sólidos suspendidos totales = 26,2, mg/L, Conductividad= 256,5 μ S/ cm y Nitratos = 1,28 mg/L, valores que no

superan los límites máximo permisibles; según lo establecido por el Ministerio del Ambiente (D.S N°004 2017 MINAM. Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático. E2: Ríos, Costa y Sierra).

En el trabajo de investigación de **Girón T, Villalobos L. (2014)** “Evaluación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados en las Aguas del Rio Motil de la Provincia de Otuzco”, en agua encontraron una concentración de plomo de <0.00323 mg/L; menor a las ECAs – agua establecidos en el DS002-2008 MINAM anexo I para agua de categoría I y III. ¹⁵ y Según el trabajo de investigación realizado por **Argota G, Miranda E, Argota H. (2013)**. Denominado: “Predicción Eco toxicológica de parámetros fisicoquímicos, plomo y cadmio en el río Ramis-cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú”, determinaron que los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas en la zona de convergencia ambiental generaron un riesgo alto, con diferencias significativas de $p \leq 0.05$. En cuanto a metales pesados presentes en agua encontraron $0,26 \pm 0,03$ ppm de plomo y $0,22 \pm 0,02$ ppm de cadmio. ¹²

En ambos estudios determinaron que mucho tiene que ver los factores fisicoquímicos. **Girón T, Villalobos L. (2014)** establece importante destacar que una concentración excesiva de iones de hidrogeno, puede afectar adversamente a uno o más usos benéficos de las aguas, por lo que el pH es empleado para medir el potencial de contaminación. De igual modo la variación de una unidad de pH de un rio puede producir el aumento en la concentración de elementos metálicos.

En el estudio de **Argota G, Miranda E, Argota H. (2013)**. Manifestaron que la concentración de los metales pesados como plomo y cadmio presentes en el agua, como también en la especie estudiada tiene mucho que ver con los parámetros fisicoquímicos. Estos parámetros pueden influir con cierta variabilidad, aun cuando

cualquier parámetro pueda estar en el valor o rango permisible por la norma a utilizar.

4.3.3. Determinación de análisis microbiológico

En la tabla N° 20 se determinó una concentración de *Escherichia Coli* < 300 NMP / 100 mL, los valores determinados no superan los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (D.S N°004 -2017 MINAM. Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático. E2: Ríos, Costa y Sierra).

Mientras que **Romeu B. et al. (2012)** En su trabajo de investigación: Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba, determinaron la magnitud de los indicadores fisicoquímicos temperatura y pH y la calidad microbiológica de sus aguas. Las concentraciones de *E. coli* oscilaron entre $1,1 \cdot 10^4$ - $2,9 \cdot 10^5$ UFC/100 mL, superiores al límite máximo permisible. Encontrándose que existe una tendencia a la linealidad entre las concentraciones de estos indicadores y el valor medio de relación *E. coli*. El autor manifiesta que la abundancia de *E.coli* está más asociada al riesgo sanitario en comparación con otros coliformes, por lo que esta especie sería más representativa de la contaminación fecal que presenta un ecosistema que los coliformes termo tolerantes. ¹⁹

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

Primera:

Los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*", no superaron el límite máximo permisible comparado con las normas de la Unión Europea (contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios), Codex Alimentarius (Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos) y la norma peruana de Sanidad Pesquera.

Segunda:

Los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, superaron el límite máximo permisible; establecido en la normatividad emitida por el Ministerio del Ambiente.

Tercera:

Los valores físicos-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, no superaron el límite máximo permisible; comparado con lo establecido en la normatividad emitida por el Ministerio del Ambiente

Cuarta:

Los niveles de carga microbiológica (*Escheriachia coli*) en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo, no superaron el límite máximo permisible, comparado con la normatividad emitida por el Ministerio del Ambiente.

5.2. RECOMENDACIONES

Primera:

Se recomienda en investigaciones futuras, realizar *in situ* y en diferentes horarios, los análisis físico-químicos, tales como el pH, temperatura y conductividad con el objetivo de determinar la variabilidad de estos parámetros.

Segunda:

Realizar los análisis de metales pesados y control microbiológico en los sedimentos de los ríos.

Tercera:

Incentivar a la población el consumo de trucha arcoiris, ya que según el presente estudio, se determinó que la concentración de metales pesados en truchas arcoiris no supera el límite máximo permisible establecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Casarett & Doull, Curtis D. Klaassen, Jhon B. Walkin III Manual de toxicología, Efectos tóxicos de metales 5 ta Edición, México D.F – 2001
2. FAO (Documento técnico de pesca), Albert G.J Tacón; Ictiopatología Nutricional; Signos morfológicas de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados Roma 1995.
3. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, González. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo [Revista en línea] 2016 [Consultado 24 junio 2017] 16 (2) 66-77. Disponible en: http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447.
4. Gamarra L, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-CDC/MINSA. Vigilancia Epidemiológica en metales pesados semana epidemiológica N° 52 – 2016. Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/SE012017/03metales.pdf>.
5. Ministerio de la Producción. FONDEPES. Manual de Trucha en Ambientes Convencionales. Lima - Perú. Primera Edición, Octubre 2014.
6. Olivia Medina. Truchas de la región Junín en riesgo por aguas contaminadas. Diario Correo. 20 de junio de 2017.
7. De Oliva G. Manual de buenas prácticas de producción. Acuícola en el cultivo de trucha arco iris. Perú- 2011.

8. Ministerio de la Producción - Resolución Ministerial N°114 – 2016 – Produce Lima 24 de marzo de 2016.
9. Chanamé 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]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Post Grado – Ciencias ambientales; 2009.
10. Mamani E. “Acumulación de mercurio en pejerrey (*Basilichthys bonariensis*): en hábitat Norte del Lago Titicaca”. [tesis]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental; 2011.
11. Huaranga F. et al. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú .Scientia Agropecuaria. [Revista en línea] 2012 [Consultado 24 junio 2017]; 3(2012) 235 – 247. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4027759>
12. Argota G, Miranda E, Argota H. Predicción eco toxicológica de parámetros físico-químicos, plomo y cadmio en el Río Ramis-cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú. Revista Invest. (Esc. Post Grado). [Revista en línea] 2009 [Consultado 24 junio 2017]; 5(3):24-35. Disponible en: <http://epg.unap.edu.pe/epgrd/investigacion/revistas/2009/3.pdf>.
13. Álvarez R, Amancio F. “Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la Laguna Chinancocha-Llanganuco periodo 2012 – 2013”. [tesis]. Ancash: Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ciencias del Ambiente; 2014.
14. Huancaré 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 Mamacochoa, área de influencia minera, Cajamarca-Perú.” [tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria; 2014.

15. Girón T, Villalobos T. “Evaluación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados en las Aguas del Río Motil de la Provincia de Otuzco”. [tesis]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería Química; 2014.
16. 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/WISROSVL/Downloads/12016-41882-1-PB.pdf
17. Perea R, Barrera I, Tarín J, Sánchez J. Bioindicador para el monitoreo de Cadmio y Plomo en aguas residuales. Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco/, México D.F [Revista en línea] 2006 [Consultado 30 junio 2017]; Disponible en: http://www.ameqa.org/AMEQA/V_congreso_memorias/EXTENSOS/EXTpor ciento20BB36.pdf.
18. Betancourt B. Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso bagre paisano y sardinata. [tesis]. Guayana: Universidad Nacional Experimental de Guayana. Facultad de Ciencias Ambientales. 2011.
19. Romeu B, Larrea J, Lugo D, Rojas N, Heydrich M. Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas. [Revista en línea] 2012 [Consultado 24 junio 2017]; 43 (3). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181226874006>.

20. 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.
21. Gaete H. Guerra R. Carvajal D. Mukarker M. Lobos G. Evaluación de la genotoxicidad de las aguas costeras de Chile central sobre los peces *Mugil cephalus* y *Odontesthes brevianalis*. Hidrobiológica vol.24 N°.3 México 24 (3): 271-279. [Revista en línea] 2014 [Consultado 30 junio 2017]; Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018888972014000300010.
22. Nevarez M. Cuantificación de elementos traza tóxicos en peces de presas del Estado de Chihuahua y evaluación de riesgos a la salud. [tesis]. Chihuahua. Centro de investigación en materiales avanzados departamento de estudios de posgrado. Facultad de Tecnología Ambiental 2014.
23. Azario R. Análisis de la Toxicidad de metales contaminantes sobre el crecimiento de *Escherichia coli*: Efecto del Cromo, Plomo y Cadmio en Solución. [tesis]. Concepción: Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, 2014.
24. Ramos Y. Salas K. Evaluación de metales pesados en aguas superficiales en el área de influencia al emisario submarino en el corregimiento de punta canoas departamento de Bolívar. [tesis]. Cartagena .Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena. Facultad de Ingeniería arquitectura artes y diseño. 2015.

25. Boy A. “Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e hydrilla verticillata del lago de Izabal” [tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2015.
26. Barros O, Doria C, Marrugo J. Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia. *Veterinaria y Zootecnia* ISSN 2011-5415. [Revista en línea] 2016 [Consultado 30 junio 2017]; Disponible en: <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v10n2a03.pdf>.
27. Arrieta A, Tarón A, Mendivil M, Espeleta A, García S. Cuantificación de metales pesados en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en Motuisca, Norte de Santander. *Revista Agronomía Colombiana* [Revista en línea] 2016 [Consultado 24 junio 2017]; 34(1Supl.) S1118-S1120. Disponible en: <http://iicta.com.co/wp-content/uploads/2017/02/1118D128.pdf>
28. Bueno H. Caracterización Fenotípica y Molecular de Cepas de *Yersinia Ruckeri* Aisladas de *Oncorhynchus Mykiss*, del Centro Piscícola “El Ingenio” – Huancayo. [tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas de microbiología y parasitología. Lima Perú 2012.
29. Como y cuando apareció la trucha en el Perú. [Página principal en Internet]; 13 de septiembre 2015. Consultado el 26 abril 2017 <https://pueblomartir.wordpress.com/2015/09/13/como-y-cuando-aparecio-latrucha-en-el-peru/>
30. CEDEP. Manual de crianza. Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). RAGASH – Perú 2009.

31. Trucha Arcoiris. [Página principal en Internet]; 5 de septiembre 2010. Acceso 25 de abril 2017. <http://www.nationalgeographic.es/animales/trucha-arcoiris>
32. Anatomía de un vertebrado: Trucha arcoiris. [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017. <http://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidadanimal/anatomiaoncorhynchus-mykiss/>.
33. Ruiz, V Peces: Biología Marina y Oceanografía. Generalidades sobre la biología y clasificación. Capítulo 13. Chile.
34. Trout Anatomy-Spanish. Órganos internos [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017. <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=64210>
35. La trucha común. [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017. <http://www.paxala.com/la-trucha-comun/>
36. Trucha [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017. http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/trucha_tcm7315719.pdf
37. Mapas de Huancayo. [Página principal en Internet]; Acceso el 28 de junio 2017. <http://www.mapade.org/huancayo.html>
38. Ministerio del Ambiente. Exploración de la distribución de la trucha naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Huánuco diciembre, 2015.
39. Datos del distrito de Ingenio. [Página principal en Internet]; Acceso el 30 de junio 2017. <https://www.google.com.pe/maps/place/Ingenio/>

40. Portal de la Organización Mundial de la Salud [Página principal en Internet]; 2017 Acceso 24 junio 2017
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/es/>
41. Chang R. Química General Editorial Mc Graw Hill México 1 Edición.
42. Plomo. [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>.
43. Ubillus J. Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003. [tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú
44. Calabuig G. Medicina legal y toxicología – Intoxicación por plomo. 6 ed. Barcelona: El sevier Masson; 2004.
45. Chávez J. Artículo publicado en revista Seguridad Minera. Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental, Centro de Salud Ocupacional Seguridad Minera – Plomo [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017.
<http://www.revistaseguridadminera.com/materiales-peligrosos/fuentes-deexposicion-al-plomo>.
46. Huanri J. Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por espectroscopia de absorción atómica en Lima Metropolitana [tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de farmacia y bioquímica. Lima Perú 2014.
47. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Página principal en Internet]; Acceso el 25 de junio 2017.
http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf.

48. Guía de Práctica Clínica de manejo de pacientes con intoxicación por plomo. [Revista en línea] [Página principal en Internet]; Consultado el 26 de junio 2017 Disponible en: www.diresacusco.gob.pe/.../Guías por ciento20depor ciento20Prácticapor ciento20Clínicapor ciento20MINSA
49. Ministerio de Salud. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la intoxicación por Cadmio. Lima: Estrategia Sanitaria Nacional de Vigilancia y Control de Riesgos por Contaminación con Metales Pesados y Otras Sustancias Químicas; 2015.
50. 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
51. Cadmio. [Página principal en Internet]; Acceso el 26 de junio 2017 Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cadmio>
52. Pérez GP, Azcona CM. Los efectos del cadmio en la salud. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas. [Revista en línea] 2012 [Consultado 24 junio 2017]; 17(3): 199-205. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47324564010>
53. Portal de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [Página principal en Internet], Atlanta: División de Toxicología y Ciencias de la Salud Humanos; [revisada y modificada el 06 de mayo de 2016; acceso 24 junio 2017]. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
54. Galvão L, Corey G. Cadmio. Manual – Serie Vigilancia 4 Centro Panamericano de Ecología y la Salud Humana, Organización

Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. México - 1987.

55. Romeu B, Larrea J, Lugo D, Rojas N, Heydrich M. Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. [Revista en línea] 2012 [Consultado 24 junio 2017]; 43 (3). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181226874006>

56. Martínez FK, Sousa AV, Bucio OL, Gómez QE, Gutiérrez RM. Cadmio: Efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular. *Acta Toxicológica Argentina* [Acta en línea] 2013 [Consultado 24 junio 2017]; 21(1): 33-49. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185137432013000100004.

57. World Health Organization (OMS). Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en sangre. *Spectrophotometry, Atomic*. [Revista en línea]. [Consultado 28 junio 2017]; Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead_blood_es.pdf

58. Corrales D. "Estudio del contenido de metales pesados en dos especies de peces de la zona costera de Montevideo, Uruguay. [tesis]. Uruguay: Universidad de la República Uruguay. Facultad de Ciencias; 2013.

59. Paisa L. Genes implicados en la respuesta de lubina (*Dicentrarchus labrax* L). Frente a nodavirus. [tesis Doctoral]. España: Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Biología; 2008

60. Torres R., González P, Peña S. “Descripción Anatómica, Histológica y Ultraestructural de la Branquia e Hígado de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). [Revista en línea.]. 2010 [Consultado el 28 de junio 2017]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022010000300008

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN TRUCHAS ARCOÍRIS “*Oncorhynchus mykiss*” DEL RÍO CHIAPUQUIO DE INGENIO - HUANCAYO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>GENERAL:</p> <p>¿En que medida los niveles de concentración de metales pesados en truchas – arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” y los valores de los análisis del agua de río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo según el límite máximo permisible.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La concentración de metales pesados en truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” y los valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p>	<p>VI:</p> <p>Concentración de metales pesados en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo.</p>	<p>VI:</p> <p>Análisis de plomo y cadmio</p> <p>Análisis físico - químicos</p> <p>Análisis microbiológicos</p>	<p>VI:</p> <p>- Cadmio: (mg/L) -Plomo: (mg/L)</p> <p>-Temperatura (°C) -pH -Solidos suspendidos totales: (mg/L) -Conductividad: (µS/cm) -Nitratos: (mg/L)</p> <p>-Escherichia coli: (NMP/mL)</p>	<p>DISEÑO: Experimental</p> <p>TIPO: Correlacional Transversal - cuantitativa</p> <p>POBLACION Y MUESTRA. -</p> <p>Representado por 16 truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” en la etapa adulta, elegidos al azar del centro recreacional “El Valle de Chiapuquio” de Ingenio, de las cuales fueron extraídas las branquias e hígado, y 3 Litros de agua de río Chiapuquio.</p>
<p>ESPECIFICOS:</p> <p>P.E.1: ¿En qué medida los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>”, se encuentran incrementados según el límite permisible?</p> <p>P.E.2: ¿En qué medida los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?</p> <p>P.E.3: ¿Cuáles son los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio- Huancayo según el límite máximo permisible?</p> <p>P.E.4: ¿Cuáles son los niveles de carga microbiológica en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo según el límite máximo permisible?</p>	<p>ESPECIFICOS:</p> <p>O.E.1: Determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” según el límite máximo permisible.</p> <p>O.E.2: Determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio- Huancayo, según el límite máximo permisible.</p> <p>O.E.3: Determinar los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo y comparar con el límite máximo permisible.</p> <p>O.E.4: Determinar los niveles de carga microbiológicas en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo según el límite máximo permisible.</p>	<p>ESPECIFICOS.</p> <p>H.E.1: Los niveles de concentración de plomo y cadmio en órganos blandos de truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p> <p>H.E.2: Los niveles de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio - Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p> <p>H.E.3: Los valores físico-químicos del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p> <p>H.E.4: Los niveles de carga microbiológica del agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p>	<p>VD:</p> <p>Concentración de metales pesados en órganos blandos en truchas arcoíris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>”</p>	<p>VD:</p> <p>Análisis de plomo y cadmio</p>	<p>VD:</p> <p>Cadmio mg/Kg Plomo mg/Kg</p>	<p>INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:</p> <p>TECNICA: El análisis de concentración de plomo y cadmio en el agua del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo y en truchas arco iris “<i>Oncorhynchus mykiss</i>” se realizó con la técnica validada Thermo Scientific SOLAAR.</p> <p>INSTRUMENTO Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA), provisto con horno de grafito.</p> <p>PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</p> <p>El software utilizado fue el SPSS versión 21.</p>

ANEXO 2: FIGURAS



Figura 7. Trucha arcoiris y su coloración característica

Fuente: Aquino 2009

MAPA DE HUANCAYO Y SU UBICACIÓN DE INGENIO

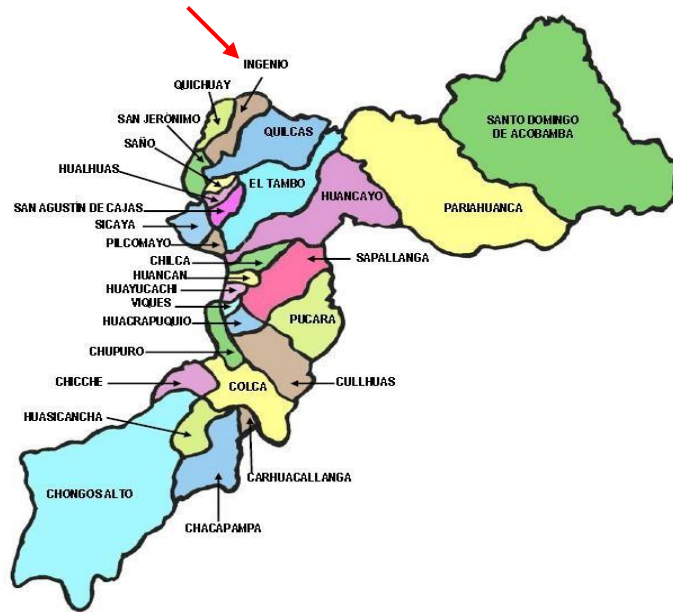


Figura 8: Mapa de Huancayo y los distritos que conforman

Fuente: <http://www.mapade.org/huancayo.html>

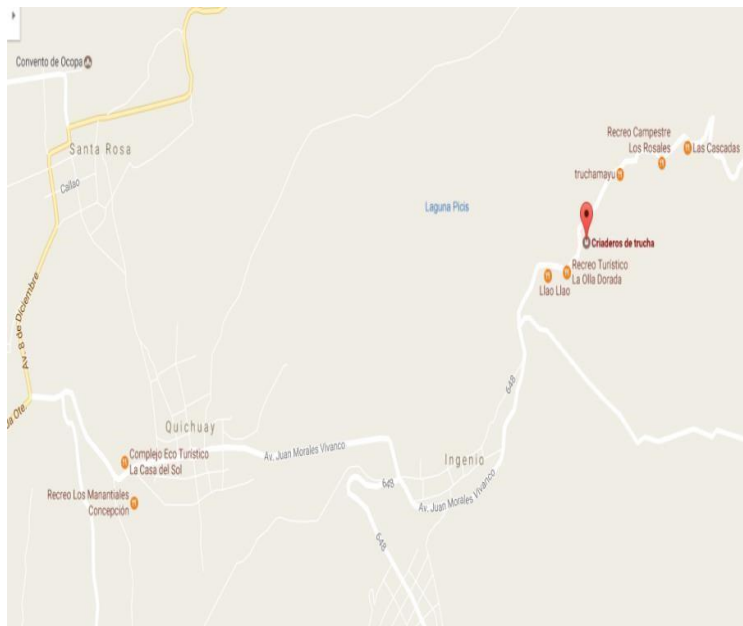


Figura 9: Ubicación de criaderos de truchas dentro del mapa de Ingenio

Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Ingenio/>



Figura 10: Espectrofotómetro de absorción atómica utilizado en el trabajo investigación.

Fuente: Centro Control Analítico - UNMSM

POZAS DE CRIADEROS DE TRUCHAS ARCOIRIS "*Oncorhynchus mykiss*" EN INGENIO Y RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS



Figuras 11,12, 13 y 14: Rio Chiapuquio y pozas donde se crían las truchas

Fuente: Noemi Gamarra.

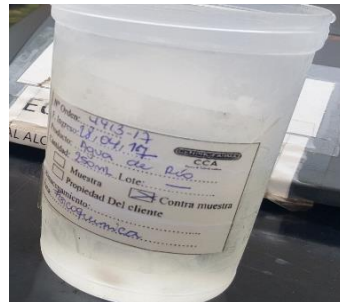
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y TRUCHAS ARCOIRIS



Identificación del lugar de muestreo



Toma de muestra



Frasco de polietileno



Frasco de vidrio



Cooler con hielo

Figuras 15, 16, 17, 18 y 19: Procedimiento para la toma de muestra de agua

Fuente: Noemi Gamarra



Pesca de truchas arco iris



Se eligieron al azar en etapa adulta



Se colocaron en cooler con bolsas de hielo



Extracción de hígado y branquias

Figuras 20, 21, 22 y 23: Procedimiento para la toma de muestra de trucha en el rio Chiapuquio

Fuente: Noemi Gamarra

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN MUESTRAS DE AGUA Y ÓRGANOS BLANDOS



Se extrajo 100 mL de sol. estándar para absorción atómica de Pb y Cd 1000 µg/mL en ac. HNO₃ al 4%



Se transvasó en una fiola de 100 mL, se enrazó con agua ultra pura para obtener una concentración de 1000 µg/L



De la solución preparada se extrajo 1.25 mL y se transvasó a una fiola de 25 mL



Concentración final de 50 µg/L

Figuras 24, 25, 26 y 27 Preparación del estándar para la determinación de plomo y cadmio en muestras de hígado, branquias y agua



Se pesó cada muestra de hígado y branquias



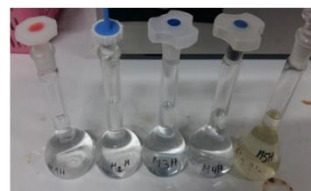
Fase de Evaporación



Fase de calcinación a 700 °C por 4 horas



Colocación de cubetas contenedoras de muestra en el espectrofotómetro de absorción atómica



Fase de digestión .- Muestras tratada con HNO₃ 66 % y HCL para separar el metal de los residuos calcinados



Figuras 28, 29, 30, 31 y 32 Preparación de la muestra de hígado y branquias para la determinación de plomo y cadmio

Fuente: Noemi Gamarra



Se extrajo 5 mL de agua , y agregó 5 ml de HNO_3 y colocó en cocción a 70°C



Se agregó 2 ml de HCL y 10 mL de agua ultra pura , se transvaso en una fiola de 20 mL y se enrazó con agua ultra pura

Colocación de cubetas contenedoras de muestra en el espectrofotómetro de absorción atómica



Figuras 33, 34, 35, y 36 Preparación de muestra de agua para la determinación de plomo y cadmio

Fuente: Rosa Uceda.

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA



Figuras 37, 38 y 39 Equipos para medición de parámetros físico - químicos

Fuente: Rosa Uceda

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE AGUA

Preparación y distribución de medios de cultivo



Preparación de la muestra, inoculación e incubación de los tubos



Figuras 40, 41, 42 Medios de Cultivo

Fuente: Rosa Uceda y Noemi Gamarra

ANEXO 3: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PLOMO EN HÍGADO Y BRANQUIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00156-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 04425/2017
SOLICITADO POR : NOEMÍ GAMARRA
MUESTRA : TRUCHA (HÍGADO Y BRANQUIAS)
NÚMERO DE LOTE : ----
CANTIDAD : 16 muestras
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de Mayo del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : ----
FECHA DE VENCIMIENTO : ----

PRUEBA	MÉTODO	RESULTADOS	
		Hígado (µg/Kg)	Branquias (µg/Kg)
M1	AAS	0.73	0.47
M2	AAS	0.42	24.93
M3	AAS	0.50	0.59
M4	AAS	0.76	46.26
M5	AAS	0.22	0.45
M6	AAS	0.50	48.88
M7	AAS	0.66	53.98
M8	AAS	0.70	0.65
M9	AAS	0.67	44.82
M10	AAS	0.76	0.53
M11	AAS	0.31	0.75
M12	AAS	1.51	1.15
M13	AAS	1.52	1.56

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
 FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
 CENPROFARMA
 CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA

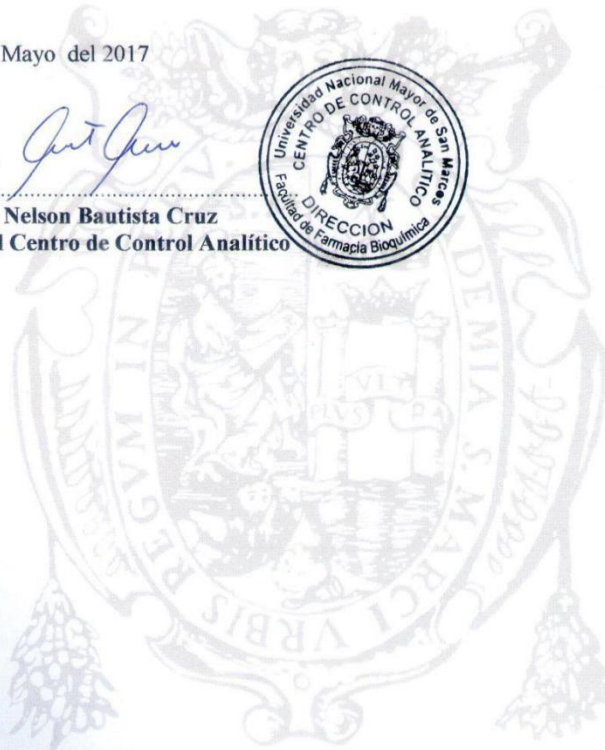


M14	AAS	1.21	48.48
M15	AAS	0.74	0.59
M16	AAS	0.41	0.30

Lima, 23 de Mayo del 2017

por: *Q.F. Nelson Bautista Cruz*

Q.F. Nelson Bautista Cruz
 Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
 ☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



ANEXO 4: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CADMIO EN HÍGADO Y BRANQUIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00157-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 04425/2017
SOLICITADO POR : NOEMÍ GAMARRA
MUESTRA : TRUCHA (HÍGADO Y BRANQUIAS)
NÚMERO DE LOTE : ----
CANTIDAD : 16 muestras
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de Mayo del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : ----
FECHA DE VENCIMIENTO : ----

PRUEBA	MÉTODO	RESULTADOS	
		Hígado (µg/Kg)	Branquias (µg/Kg)
Analisis de Cadmio			
M1	AAS	0.36	0.28
M2	AAS	0.22	27.51
M3	AAS	0.28	0.58
M4	AAS	0.23	49.96
M5	AAS	0.13	8.82
M6	AAS	0.23	52.45
M7	AAS	0.33	52.13
M8	AAS	0.28	0.25
M9	AAS	0.40	81.27
M10	AAS	0.20	0.59
M11	AAS	0.14	0.22
M12	AAS	0.23	0.31
M13	AAS	0.10	0.44



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



M14	AAS	0.16	61.93
M15	AAS	0.26	10.78
M16	AAS	0.20	0.22

Lima, 23 de Mayo del 2017

por:

Q.F. Nelson Bautista Cruz
Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



ANEXO 5: RESULTADOS DE PLOMO Y CADMIO EN LA MUESTRA DE AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00189-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 004426/2017
SOLICITADO POR : NOEMI GAMARRA
MUESTRA : AGUA
NÚMERO DE LOTE : -----
CANTIDAD : 04 frascos
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de Mayo del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : -----
FECHA DE VENCIMIENTO : -----

PRUEBAS	MÉTODOS	RESULTADOS (ppm)
Determinación de Cd	AAS	0.01
Determinación de Pb	AAS	0.02

Lima, 22 de Junio del 2017

PO.R.

Q.F. Nelson Bautista Cruz
Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



ANEXO 6: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00155-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 004426/201
SOLICITADO POR : NOEMI GAMARRA
MUESTRA : AGUA DE RÍO
NÚMERO DE LOTE : -----
CANTIDAD : 04 frascos 2500 mL. c/u
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de Mayo del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : -----
FECHA DE VENCIMIENTO : -----

PRUEBAS	MÉTODOS	RESULTADOS
TEMPERATURA	USP 39	20°C
pH	USP 39	7,25
CONDUCTIVIDAD	USP 39	256,5 µS/cm
SÓLIDO SUSPENDIDOS TOTALES	USP 39	26,20 mg/L
NITRATO	UV - VISIBLE	1,28 mg/L

Lima, 05 de Mayo del 2017

Q.F. Nelson Bautista Cruz
Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



ANEXO 7: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA SEGÚN MINAM. D.S N°004 - 2017

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ -) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Piomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH₃).

ANEXO 8: LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE PLOMO Y CADMIO PARA LA ACUICULTURA SEGÚN SANIPES N°057 – 206



1.3.2.1 METALES PESADOS

- Frecuencia de control**

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

- Plan de muestreo**

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

- Estandares de certificación**

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



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



METAL PESADO	N°	PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)
Plomo ⁽¹⁾	1	Carne de pescado ^{(2) (3)}	0,30
	2	Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen ⁽⁴⁾ . En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura), la carne de los apéndices.	0,50
	3	Moluscos bivalvos ⁽⁵⁾	1,5
	4	Cefalópodos (sin vísceras) ⁽⁵⁾	1,0
	5	Complemento alimenticio ⁽⁶⁾	3,0
Cadmio ⁽¹⁾	1	Carne de pescado ^{(2) (3)} , excluida las especies enumeradas en los puntos 2, 3 y 4	0,050
	2	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : bonito (<i>Sarda sarda</i>) mojarra (<i>Diplodus vulgaris</i>) anguila (<i>Anguilla anguilla</i>) lisa (<i>Chelon labrosus</i>) jurel (<i>Trachurus species</i>) emperador (<i>Luvarus imperialis</i>) caballa (<i>Scomber species</i>) sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) sardina (<i>Sardinops species</i>) atún (<i>Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>) acedia o lenguadillo (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10
	3	Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} : Melva (<i>Auxis species</i>)	0,20
		Carne de los siguientes pescados ^{(2) (3)} :	



ANEXO 9: LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE PLOMO Y CADMIO EN PESCADO SEGÚN LA UNION EUROPEA

METALES PESADOS

Revisión Marzo 2017

UNION EUROPEA. CONTENIDOS MAXIMOS EN METALES PESADOS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

PLOMO (Pb)

PRODUCTO	Contenido máximo (mg / Kg peso fresco)
1.1 Leche cruda (2), leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos	0,020
1.2 Preparados para lactantes y preparados de continuación	
Comercializados en polvo	0,050
Comercializados líquidos	0,010
1.3 Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad (4) distintos de los indicados en 1.5	0,050
1.4 Alimentos para usos médicos especiales destinados específicamente para lactantes y niños de corta edad (15)	
Comercializados en polvo	0,050
Comercializados líquidos	0,010
1.5 Bebidas para lactantes y niños de corta edad vendidas como tales distintas de las mencionadas en 1.2 y 1.4	
Comercializadas líquidas o para ser reconstituidas siguiendo las instrucciones del fabricante, incluidos los zumos de frutas	0,030
Para ser preparadas mediante infusión o decocción	1,50
1.6 Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral (2)	0,10
1.7 Despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral (2)	0,50
1.8 Carne de pescado (5) (6)	0,30
1.9 Cefalópodos (22)	0,30
1.10 Crustáceos (17)	0,50
1.11 Moluscos bivalvos	1,50
1.12 Cereales y legumbres secas	0,20
1.13 Hortalizas, excluidas las de hoja del género Brassica, salsifíes, hortalizas de hoja excluidas las hierbas frescas, setas y algas marinas y hortalizas de fruto (8) (23)	0,10

CADMIO (Cd)

PRODUCTO (1)	Contenido máximo(mg / Kg peso fresco)
1. Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de raíz y tubérculo, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género Brassica, los tallos jóvenes, las setas y las algas marinas (1)	0,050
2. Hortalizas de raíz y tubérculo (excluidos los apionabos, chirivías, salsifíes y rábanos rústicanos), tallos jóvenes (excluido el apio). En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas (1)	0,10
3. Hortalizas de hoja, hierbas frescas, hortalizas de hoja del género Brassica, apio, apionabos, chirivías, salsifíes, rábanos rústicanos y las siguientes setas: Agaricus bisporus (champiñón), Pleurotus ostreatus (seta de ostra) y Lentinula edodes (seta shiitake) (1)	0,20
4. Setas, excluidas las enumeradas en el apartado anterior (1)	1,0
5. Cereales, excluidos el trigo y el arroz	0,10
6. – Granos de trigo, granos de arroz - Salvado de trigo y germen de trigo para el consumo directo - Habas de soja	0,20
- cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	0,60 a partir 01-01-2019
8. Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral (2)	0,050
9. Carne de caballos, excluidos los despojos (2)	0,20
10. Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos (2)	0,50
11. Riñones de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos (2)	1,0
12. Carne de pescado (5) (6), excluidas las especies enumeradas en puntos 13, 14 y 15	0,050
13. Carne de los siguientes pescados (5) (6): Caballa (Scomber species), atún (Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis y bichique (Sicyopterus lagocephalus)	0,10
14. Carne de los siguientes pescados (5) (6): Melva (Auxis species)	0,15
15. Carne de los siguientes pescados (5) (6): Anchoa (Engraulis species), pez espada (Xiphias gladius) y sardina (Sardina pilchardus)	0,25
16. Crustáceos (7); carne de los apéndices y del abdomen (17). En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura) la carne de los apéndices	0,50
17. Moluscos bivalvos (7)	1,0
18. Cefalópodos (7) (sin vísceras)	1,0
19. Preparados para lactantes y preparados de continuación (3) (4): - Preparados en polvo para lactantes elaborados a partir de las proteínas obtenidas de la leche de vaca o de hidrolizados de proteínas	0,010 a partir 01-01-15

ANEXO 10: LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE PLOMO EN PESCADO SEGÚN

CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Organización Mundial de la Salud

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS Y PIENSOS

CODEX STAN 193-1995

Adoptada en 1995
Revisión: 1997, 2006, 2008, 2009
Enmienda: 2010, 2012, 2013, 2014, 2015

CODEX STAN 193-1995

44

PLOMO

Referencia al JECFA:	10 (1966), 16 (1972), 22 (1978), 30 (1986), 41 (1993), 53 (1999), 73 (2010)
Orientación toxicológica:	Sobre la base del análisis de la relación dosis-respuesta, en su 73.ª reunión (2010) el JECFA estimó que la ISTP anteriormente establecida de 25 µg/kg pc se asociaba con una disminución de al menos 3 puntos del cociente de inteligencia (IQ) en los niños y un aumento en la presión arterial sistólica de aproximadamente 3 mmHg (0,4 kPa) en los adultos. Si bien estos efectos pueden ser insignificantes en el plano individual, son importantes si se consideran cambios en la distribución del IQ o de la presión arterial en una población. El JECFA concluyó entonces que ya no se puede considerar que la ISTP protege la salud y la retiró.
Sinónimos:	Pb
Códigos de prácticas:	Código de prácticas para la prevención y reducción de la presencia de plomo en los alimentos (CAC/RCP 56-2004)
correspondientes:	Código de prácticas sobre medidas aplicables en el origen para reducir la contaminación de los alimentos con sustancias químicas (CAC/RCP 49-2001)

Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) (mg/kg)	Porción del producto/producto al que se aplica el NM	Notas/observaciones
Bayas y otros frutos pequeños	0,1	Totalidad del producto después de la extracción de las tapas y los tallos.	El NM no se aplica a los zumos y néctares de arándanos, grosellas y bayas de saúco.
Arándanos rojos	0,2	Totalidad del producto después de la extracción de las tapas y los tallos.	
Grosellas	0,2	Fruta con tallo.	
Bayas de saúco	0,2	Totalidad del producto después de la extracción de las tapas y los tallos.	
Pescado	0,3	Todo el producto (en general después de la extracción del tracto digestivo).	
Aguas minerales naturales	0,01		La norma correspondiente del Codex para productos es CODEX STAN 108-1981. El NM se expresa en mg/l.
Sal, calidad alimentaria	2		La norma correspondiente del Codex para productos es CODEX STAN 150-1985.
Vino	0,2		

ANEXO 11: CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN DE LOS INVESTIGADORES EN EL PROCESO DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



EL DIRECTOR DEL CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA:

CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN EN PROCESO DE ANÁLISIS

A las Srtas. NOEMIALICIA GAMARRA AVILA Y ROSA YSABEL UCEDA LEÓN, quienes fueron partícipes de la realización de los análisis de Identificación de Plomo y Cadmio de su muestra "TRUCHAS (HÍGADO Y BRANQUEAS) Y AGUA", para la implementación de su tesis, en nuestro Laboratorio del Centro de Control Analítico – CENPROFARMA

Se expide el presente documento a solicitud de las interesadas, para los fines que estimen por conveniente.

Lima, 08 de Junio del 2017.

POR:

QF Nelson Bautista Cruz
Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification

N° BR23265

