

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA
(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
TESIS

“EVALUACIÓN DE BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL PEZ BAGRE (*Rhamdia quelen*) EN EL RÍO URUBAMBA DEL CENTRO POBLADO DE URITÚYOCC EN EL DISTRITO DE MARCAS”.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**APROVECHAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS
AGROINDUSTRIALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Emerson ALMINAGORTA MARTÍNEZ

ACOBAMBA – HUANCABELICA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la Ciudad Universitaria "Común Era"; auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, a los 19 días del mes de noviembre del año 2018 a horas 08:00 a.m. se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente : Ing. Virgilio, VALDERRAMA PACHO.

Secretario : M. Sc. Roberto Carlos, CHUQUILIN GOICOCHEA.

Vocal : Ing. Jimmy Pablo, ECHEVARRÍA VICTORIO.

Designados con **Resolución N° 250 – 2018-D-FCA-UNH**; del: proyecto de investigación titulado: **"EVALUACIÓN DE BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL PEZ BAGRE (*Rhamdia quelen*) EN EL RÍO URUBAMBA DEL CENTRO POBLADO DE URITÚYOCC EN EL DISTRITO DE MARCAS"**.

Cuyo autor es el bachiller: **ALMINAGORTA MARTINEZ, Emerson.**

Asesorado por: **Mg. Alfonso, RUIZ RODRÍGUEZ**

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación de la tesis, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO **POR: UNANIMIDAD**

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



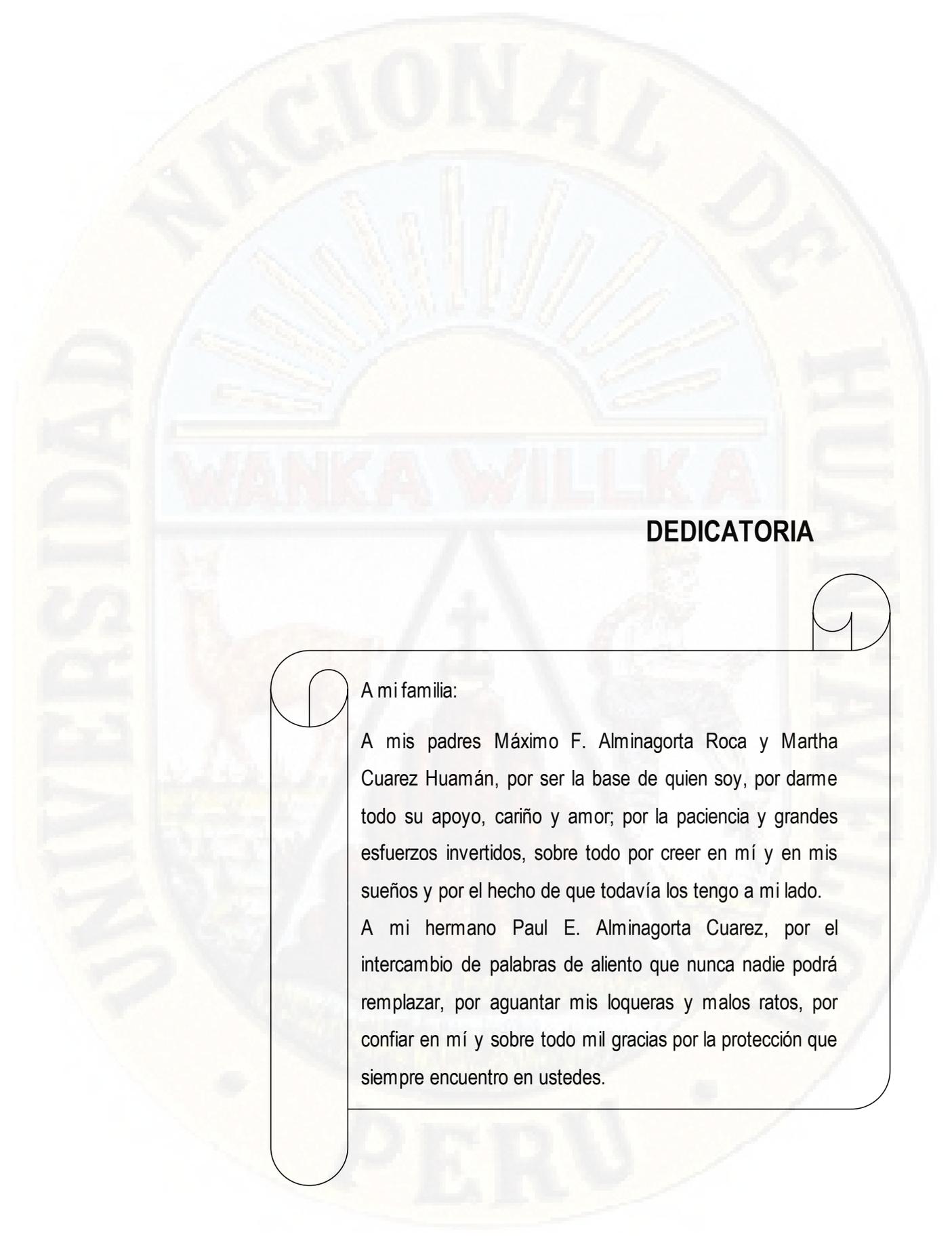
Ing. Virgilio VALDERRAMA PACHO
PRESIDENTE



M. Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA
SECRETARIO



Ing. Jimmy Pablo ECHEVARRÍA VICTORIO
VOCAL

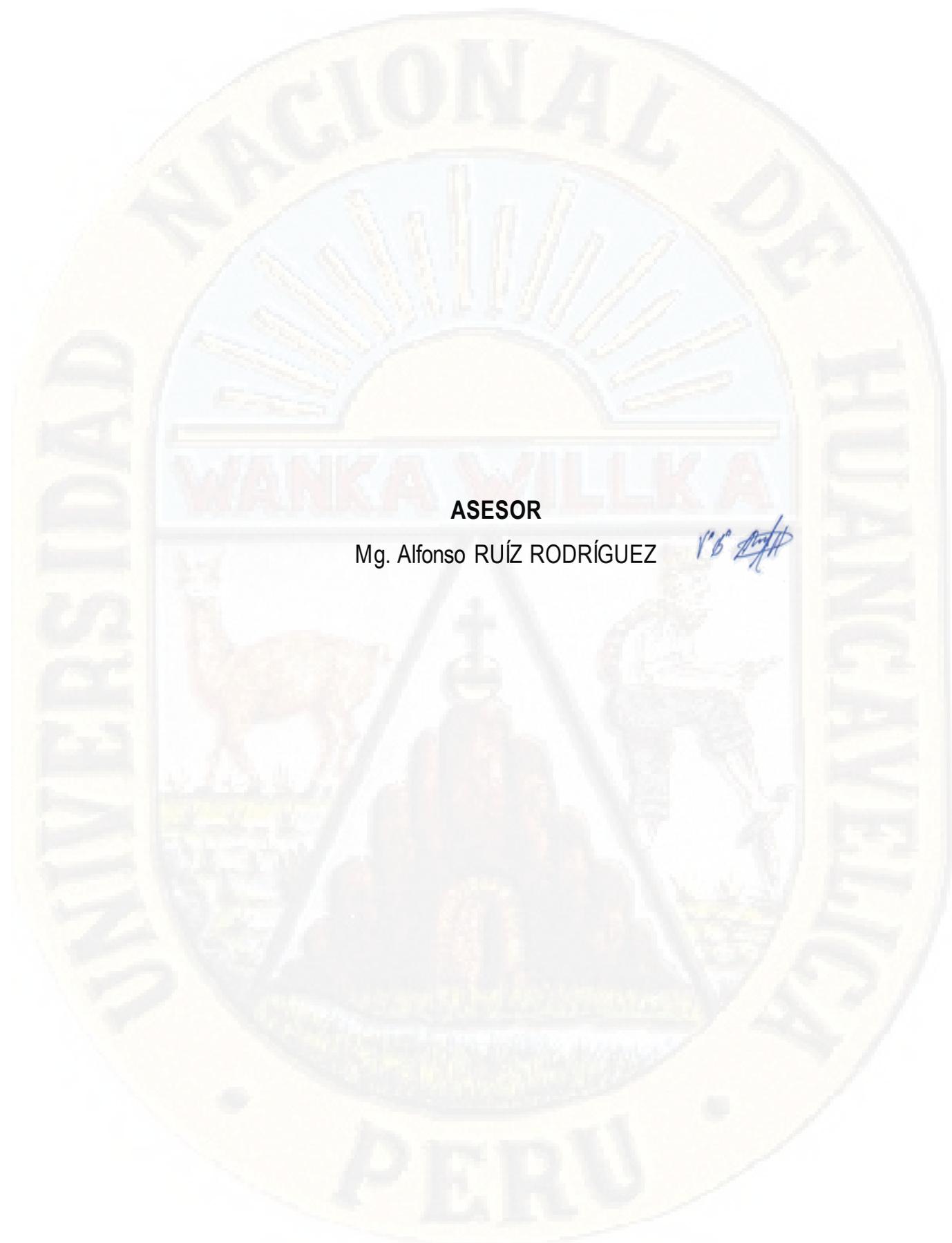


DEDICATORIA

A mi familia:

A mis padres Máximo F. Alminagorta Roca y Martha Cuarez Huamán, por ser la base de quien soy, por darme todo su apoyo, cariño y amor; por la paciencia y grandes esfuerzos invertidos, sobre todo por creer en mí y en mis sueños y por el hecho de que todavía los tengo a mi lado.

A mi hermano Paul E. Alminagorta Cuarez, por el intercambio de palabras de aliento que nunca nadie podrá remplazar, por aguantar mis loqueras y malos ratos, por confiar en mí y sobre todo mil gracias por la protección que siempre encuentro en ustedes.



ASESOR

Mg. Alfonso RUÍZ RODRÍGUEZ

1°6 

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el río de Urubamba del Centro Poblado de Uritúyocc en el distrito de Marcas Departamento de Huancavelica. En esta investigación el objetivo del estudio fue evaluar la bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) que habita en el río Urubamba en el centro poblado de Uritúyocc en el Distrito de Marcas, el pez que se cultiva y se consume en la zona de estudio.

En el presente trabajo se evaluó la presencia de metales pesados Plomo (Pb), Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), en el agua y sedimento del río de Urubamba, a su vez la presencia de Plomo (Pb), Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), en el pez bagre (*Rhamdia quelen*). Los peces se disecaron y se separaron en tejidos, los tejidos se secaron en estufa a 40°C y se realizó la digestión de las muestras y se determinó los metales pesados mediante el método espectrofotometría molecular UV-VIS el equipo de análisis fue facilitado por el Laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ingeniería Químicas en la Universidad Nacional del Centro del Perú.

En los resultados obtenidos, no se detectó presencia de cobre (Cu) en las muestras del pez bagre (*Rhamdia quelen*), en el musculo, branquias, piel, hueso, agua y sedimento, la concentración hallada de plomo (Pb) fue en la muestra de hueso 0,015 mg/kg y en el sedimento 0,056 mg/kg, ausencia de plomo en las muestras no mencionadas, la presencia del zinc (Zn) la concentración hallada en mayor cantidad es de 0,601 mg/kg en la muestra de hueso, agua de 0,998 mg/L y en sedimento de 0,088 mg/kg.

Las muestras de pez analizado si revelaron bioacumulación de metales pesados por lo que se encuentran por debajo de límites permisibles de la norma de Organización Mundial de la Salud (OMS). Para el caso de las muestras de agua no se encontró contaminación química por metales pesados, las concentraciones determinadas se encuentran por debajo del límite permisible de Environmental Protection Agency EPA de agua dulce.

Palabras claves: *Rhamdia quelen*, plomo, cobre, zinc, bioacumulación, OMS, EPA.

ABSTRACT

The present investigation work was carried out in the Urubamba River of the Urituyoc Town Center in the District of Marcos Department of Huancavelica. In this research the objective of the study was to evaluate the bioaccumulation of heavy metals in the fish catfish (*Rhamdia quelen*) that inhabits the Urubamba River in the town of Urituyoc in the District of Marks, the fish that is cultivated and consumed in the study zone.

In the present work the presence of heavy metals lead (Pb), copper (Cu) and zinc (Zn) was evaluated in the water and sediment of the Urubamba River, in turn the presence of lead (Pb), copper (Cu) and zinc (Zn), in the catfish fish (*Rhamdia quelen*). The fish were dissected and separated into tissues, the tissues were dried in an oven at 40 ° C and the samples were digested and the heavy metals were determined by the UV-VIS molecular spectrophotometry method. The analysis equipment was provided by the Chemical Analysis Laboratory of the Faculty of Chemical Engineering at the National University of the Center of Peru.

Within the results obtained, no presence of copper (Cu) was detected in the samples of the catfish (*Rhamdia quelen*), in the muscle, gills, skin, bone, water and sediment, the found concentration of lead (Pb) was in the bone sample 0,015 mg / kg and in the sediment 0.056 mg / kg, absence of lead in the samples not mentioned, the presence of Zinc (Zn) the concentration found in greater amount is 0,601 mg / kg in the bone sample, water of 0,998 mg / L and in sediment of 0,088 mg / kg.

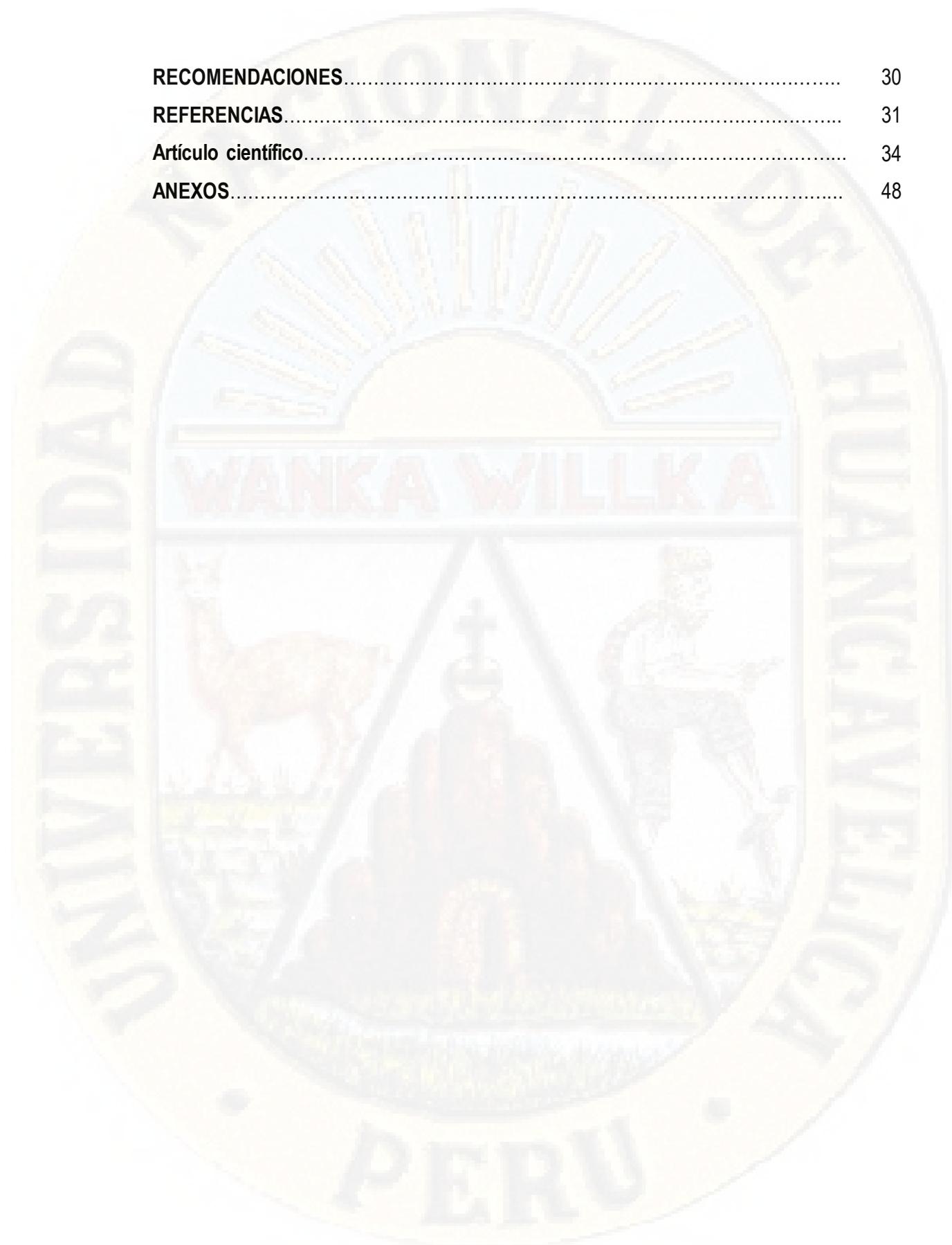
The analyzed fish samples did reveal Bioaccumulation of heavy metals so they are below the permissible limits of the World Health Organization (WHO) standard. In the case of water samples, no chemical contamination by heavy metals was found, the determined concentrations are below the EPA Environmental Protection Agency freshwater allowable limit.

Palabras claves: *Rhamdia quelen*, lead, copper, zinc, bioaccumulation, OMS, EPA.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria.....	i
Resumen.....	iii
Abstrac.....	iv
Índice.....	v
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Introducción.....	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Justificación.....	2
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.3. Hipótesis.....	15
2.4. Definición de términos.....	15
2.5. Definición Operativa de Variables e Indicadores.....	16
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.1. Tipo de Investigación y Nivel de Investigación.....	17
3.2. Método de Investigación.....	17
3.3. Diseño de Investigación.....	17
3.4. Población, Muestra, Muestreo.....	19
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	19
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	20
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	21
4.1. Presentación de resultados.....	21
4.2. Análisis de datos.....	25
CONCLUSIONES.....	29

RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
Artículo científico.....	34
ANEXOS.....	48



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores límites establecidos para cobre, plomo y zinc.....	6
Tabla 2. Definición operativa de variable e indicadores.....	16
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
Tabla 4. Determinaciones de las humedades en el tiempo.....	21
Tabla 5. Bioacumulados en cada tejido, evaluado en base seca.....	22
Tabla 6. Concentración de metales pesados presentes en el agua y sedimento en el río de Urubamba.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pez bagre (<i>Rhamdia quelen</i>).....	7
Figura 2. Diseño de la investigación	17
Figura 3. Cinética de pérdida de humedad de cada tejido del pez bagre durante seis días a 40 °C.....	22
Figura 4. Concentración de Pb, Cu y Zn bioacumulados por cada tejido del pez bagre.....	23
Figura 5. Niveles de concentración de metales presentes en el agua del río Urubamba del Centro poblado de Uritúyoc.....	24

INTRODUCCIÓN

Peña (2001) menciona que la contaminación del aire, el agua y el suelo, es uno de los más graves problemas que preocupa al hombre, el cual es un fenómeno que él mismo ha ocasionado. La industria que se ha convertido en una actividad necesaria para la vida moderna en los países desarrollados, ha generado una serie de peligros ambientales. Los países en desarrollo, al modernizarse han generado el mismo tipo de problemas, quizá más agudos debido a la falta de recursos económicos, científicos, tecnológicos y humanos que los enfrenten; a causa de ello, día a día el mundo se enfrenta a la necesidad de crear una conciencia sobre el medio ambiente.

Los contaminantes solubles de la atmósfera y de los suelos, a través de escurrimientos y filtraciones al subsuelo de las precipitaciones pluviales naturales son arrastrados, las aguas residuales e industriales que tienen un tratamiento deficiente o inclusive ningún tipo de tratamiento de depuración, son introducidos en los sistemas de drenajes y alcantarillados urbanos con destino final en los ríos, lagunas y mares lo que ocasiona el deterioro de los ecosistemas y cuencas hidrológicas, además de la biodiversidad que habita en ellos (Viessman y Hammer, 1993).

Según Toral (1996) los diversos contaminantes del agua como pesticidas, sales, detergentes y los metales pesados, entre otros, los metales pesados son muy importantes, éstos se definen como elementos químicos con densidad mayor que 5g/cm^3 en forma elemental o con número atómico mayor de 20. Se clasifican entre las sustancias identificadas como contaminantes, aunque este término es impreciso, ya que existen 65 elementos que pueden ser denominados de esa manera, entre los efectos negativos de los metales pesados se encuentran daños a la salud, ya sea por exposición o por bioacumulación, impedimentos para riego e industria, siendo un peligro para los ecosistemas y las cadenas tróficas atentando contra el equilibrio biológico de la tierra, "Por consecuencia de actividades antropogénica, los metales pueden estar presentes en suelo y agua debido a las descargas industriales y residuales. En el agua, al ser contaminada provoca que organismos acuáticos, como los peces, bioacumulan estos

metales produciendo daños toxicológicos en su metabolismo y, por ende, en los consumidores”.

“En los seres vivos se encuentran numerosos elementos químicos, al no tener una función biológica definida, no todos ellos son esenciales para la vida. Entre los elementos no esenciales se encuentra: Arsénico (As), Aluminio (Al), Antimonio (Sb), Bario (Ba), Berilio (Be), Bromo (Br), Boro (B), Cadmio (Cd), Cesio (Cs), Estroncio (Sr), Litio (Li), Mercurio (Hg), Platino (Pt), Plata (Ag), Plomo (Pb), Rubidio (Rb), Telurio (Te), Talio (Tl) y Titanio (Ti)” (Bohinski, 1991).

Amundsen *et al.* (1997) menciona que, algunos de los elementos no esenciales tales como el Plomo, Cobre, Cadmio, Arsénico, etc., son tóxicos, pero a pesar de ello, las células vegetales y animales los almacenan sin conocer cuál es su función o valor biológico. Entre los elementos esenciales se consideran: Calcio (Ca), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Estaño (Sn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Potasio (K), Sodio (Na), Selenio (Se), Vanadio (V), Zinc (Zn), entre otros. Sin el aporte de los elementos esenciales, la vida no es posible, ya que desempeñan funciones importantes como componentes de hormonas, enzimas, vitaminas en el metabolismo proteico, entre otros. Por ejemplo, el magnesio y el zinc son nutrientes, que en micro cantidades son elementos esenciales para el metabolismo de los organismos. Si la concentración de estos, se incrementa, pueden producir daños toxicológicos a la salud. En los ecosistemas acuáticos, los metales pesados, pueden afectar a los peces y bioacumularse por tres posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante; a través de la ingestión de comida, y a través de la superficie corporal.

Considerando lo anterior, el escaso conocimiento de la presencia y las concentraciones de los contaminantes en el ambiente, despierta el interés de estudio. Por lo cual, el propósito del siguiente trabajo fue presentar los resultados de las concentraciones de metales en diferentes tejidos en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río urubamba del Centro Poblado de Urituyoc en el Distrito de Marcas”

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El ser humano desde sus inicios evolutivos ha aprovechado los recursos del planeta tanto bióticos (productos agrícolas, ganaderos, pesqueros y forestales) como abióticos (agua y minería) adaptando incluso el medio en el que habita. Muchos de los recursos son con fines alimenticios, como es el caso de los peces que habita en los ríos y es uno de la más importante fuente de alimentación por la población del centro poblado de Uritúyoc del distrito de Marcas.

Los metales pesados al llegar al medio acuático se fijan en los sedimentos los cuales actúan como integradores y concentradores de metales y luego dependiendo de la forma física y química de los mismos pueden movilizarse y ser transportados a través de las membranas biológicas (vía respiratoria, digestivo o cutánea), una vez incorporados, pueden permanecer en el organismo o ser excretados total o parcialmente en las especies acuáticas, entre los contaminantes que presentan podemos mencionar a los compuestos de metales pesados, concentrados en las especies que se encuentran en el río Urubamba.

La contaminación por metales pesados ha venido acompañada más de 50 años en las aguas de los ríos, como las aguas del río Escalera luego los ríos de Huachocolpa, Lircay (Ocopa, Anchonga, Callanmarca, y Congalla), río Urubamba, río Cachi y al final el río Mantaro, por la explotación minera en la provincia de Angaraes Lircay y en el distrito de Huachocolpa trayendo consigo desechos y residuos generados por la explotación de la minería "Minera Caudalosa S.A. (Caudalosa Chica) y Minera Buenaventura S.A." entre otros. Es así como se presenta un problema ambiental serio y por tal razón se debe plantear un estudio detallado y un análisis práctico para identificar el impacto que tienen los residuos sólidos, específicamente los metales pesados, en las fuentes hídricas; ya sea en su ecosistema y/o en las personas que consumen los peces que se encuentran en el río de Urubamba. La población que habita en este lugar desconoce la consecuencia de

este problema ambiental, y existe la probabilidad de que sus aguas que consumen estén contaminadas por metales pesados, con este estudio se descartara estas dudas si de existencia de metales pesados en aguas y en alimentos de consumo, o de lo contrario descartar cualquier posibilidad de existencia de metales pesados.

1.2. Formulación del problema

El presente trabajo de investigación se ha planteado el siguiente problema:

¿Cuál será la Bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río de Urubamba en el centro poblado de Uritúyoc en el distrito de Marcas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) que habita en el río Urubamba en el centro poblado de Uritúyoc en el distrito de Marcas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la Bioacumulación de metales pesados (Pb, Zn y Cu) en el musculo, piel, hueso y branquias en el pez bagre (*Rhamdia quelen*).
- Evaluar el contenido de metales pesados en el agua corriente y sedimento del hábitat del pez bagre (*Rhamdia quelen*).
- Evaluar la concentración de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*), agua y sedimentos en las aguas del río de Urubamba con los parámetros establecidos por la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Environmental Protection Agency (EPA).

1.4. Justificación

Los metales pesados constituyen un grupo de elementos traza de alto interés. A pesar que algunos resultan esenciales, determinados niveles en agua y suelo pueden resultar tóxicos para los seres vivos (organismos del suelo, plantas, animales acuáticos y sin excepción el humano). Desde el punto de vista ambiental, los metales pesados más interesantes por su toxicidad tanto para el medio ambiente como para

los seres vivos, son el cadmio, cobre, níquel, plomo, cromo, zinc y mercurio (Kabata y Pendias, 2001).

Algunos procesos naturales como la pedogénesis y erupciones volcánicas, entre otros, constituyen una fuente relevante de metales existentes en el suelo, pero las aportaciones más importantes tienen lugar a través de la acción humana. La contaminación antropogénica de las masas de agua y de los suelos se hace a través del vaciamiento en ellos de las aguas domésticas, de los residuos mineros e industriales líquidos y sólidos, de los productos químicos aplicados a los suelos en la actividad agrícola y de los contaminantes atmosféricos arrastrados por las lluvias. Los metales afectan así la cadena alimenticia por su bioacumulación debido a su alta persistencia en el entorno ya que la mayoría de ellos no tienen una función biológica definida (Tiller, 1989).

En el centro poblado de Uritúyocc, la pesquería artesanal es un recurso esencial para las comunidades que encuentran sustento económico y alimenticio. Además de la pesquería, la agricultura es la fuente económica más importante para los habitantes de este lugar pero teniendo presente la relave ocasionado la empresas mineras que se encuentra ubicado en la Provincia de Angaraes pero teniendo presente la contaminación por dichos metales en el río, se crea un riesgo para el hombre ya que estos contaminantes se incorporan en los alimentos (entre ellos los peces) de allí a las cadenas alimenticias que culminan en el consumo humano, pudiendo traer como consecuencia la bioacumulación y por ende problemas de salud.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Granada y Escobar (2012) en su trabajo de investigación “Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie *Rhamdia wagne (barbudo)* del río Cauca, en el municipio de la Virginia”, no detectaron presencia de cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pd) en el agua, pero en las diferentes muestras analizadas en el pez, la concentración hallada de cadmio (Cd) fue de: músculo 0,18 mg/kg, branquias 0,45 mg/kg y en el hígado 0,75 mg/kg. En el sedimento hubo presencia de los tres metales antes mencionados (Cd, Ni, y Pb), siendo la concentración de níquel (Ni) 41,87 mg/kg y de plomo (Pb) 7,11 mg/kg. Con los resultados obtenidos de la investigación se realizó una comparación de la concentración de los metales en estudio frente normas nacionales e internacionales encontrando que el plomo en el músculo 2,90 mg/kg, branquias e hígado no se registró.

Rodríguez (2009) realizó el estudios “Determinación de metales pesados en agua, sedimento y camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*)” llegó a determinar empleando la técnicas de Espectrofotometría de Absorción Atómica; Voltametría de Reducción Anódica y Fluorescencia de Rayos X Dispersiva por Energía, concentración hallada en tiempo de lluvia fue: agua: Fe = 0,31mg/L, Zn = 0,036mg/L, Cu = 0,018mg/L y Pb = 0,01mg/L; sedimento: Fe = 1,1 mg/kg, Cu = 177 mg/kg, Zn = 11,97 mg/kg y Pb = 2,5 mg/kg y camarón: Zn = 15,02 mg/kg, Cu = 2,0 mg/kg y Pb = 0,3 mg/kg.

Tao *et al.* (1999) realizaron un estudio profundo en época de lluvia sobre la ingestión de Pb a través de branquias, piel y hueso en el pez *Carassius auratus*, llegando a la conclusión de que el Pb es disponible en forma de ión libre cuando hay movimiento por corrientes y cuando está adherido a pequeñas partículas, siendo más biodisponible que otros metales. Estos autores encontraron en las branquias del pez

niveles de entre 4,07 – 56,5 ppm (mg/kg). En el caso de las carpas del presente estudio, los niveles en branquias se mostraron relativamente bajos (< 0,006 mg/100g), quizás se deba a que este metal pase directamente a la sangre, donde es transportado a los huesos con rapidez. En músculo y vísceras no se concentró plomo de manera significativa en ambas épocas.

Pinto - Herrera (2010) realizó un trabajo sobre el derrame de relaves de la empresa Caudalosa Chica en Huancavelica sobre el “desastre ecológico y ambiental en Huancavelica” en donde menciona la contaminación se dio principalmente en siete ríos: Escalera, Huachocolpa, Opamayo, Lircay, Urubamba, Cachi y Mantaro. Los distritos y comunidades afectados son: Ccochaccasa, Huayllay Grande, Anchonga, Callanmarca, Anta, Acobamba, Huanca Huanca, Pomacocha, Caja, Congalla, Julcamarca, Chincho, Marcas, Totorá, Palcas, Yanaututo, Tucspampa, Rumichaca, Lircay, Ocopa, Huachocolpa, Chunomayo, Altosihua, Pallcahuayco, etc.

Toral (1996) menciona que, la toxicología ambiental estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente. La presencia de los elementos metálicos puede ser causantes de problemas en la salud, en un organismo determinado depende de la exposición (dosis, tiempo, ruta y vía de exposición) y de factores relacionados con las características del organismo expuesto, del medio ambiente y de la sustancia misma. Sin embargo, todos son acumulados por los organismos, ya que difícilmente son eliminados en procesos fisiológicos y se puede considerar que no son biodegradables. A continuación, se muestran la concentración recomendada en diferentes muestras que no deben sobrepasar su límite, ya que de lo contrario podría exhibirse una elevada contaminación y por ende una fuerte toxicidad a los seres vivos.

Tabla 1. Valores límites establecidos para cobre, plomo y zinc.

Metal pesado	Peces	Agua dulce
	OMS (mg/kg)	EPA (mg/L)
Cobre (Cu)	30	---
Plomo (Pb)	2.0	2,5
Zinc (Zn)	50	120

Fuente: OMS (2008) y EPA (2009).

Según Donat y Dryden (2001) la toxicidad de los metales pesados es alta. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Taxonomía del pez bagre

Reino : Animalia
Filo : Chordata
Clase : Actinopterygii
Orden : Siluriformes
Familia : Heptapteridae
Género : Rhamdia
Especie : Rhamdia quelen

Fuente: Quoy y Gaimard (1824), citado por Olaya – Nieto (2012).

2.2.2. Pez bagre (*Rhamdia quelen*)

Olaya – Nieto (2012) señala que, el cuerpo ancho y bajo, sin escamas, con cabeza deprimida, ojos pequeños y boca ancha de quijadas, desprovista de dientes. No presenta radios espinosos en las aletas, aleta dorsal fuerte y corta. Barbillas maxilares de función sensorial. Alcanza una longitud de 40 cm y un peso de 3 kg.

Color: coloración plumizo oliváceo hasta pardo negruzco en el dorso y flancos, vientre blanco.

Hábitat y Biología: especie muy común en ríos, aguas dulces y arroyos de poca corriente, así como en lagunas, ya sea de fondo lodoso o firme, encontrándose en toda la columna de agua, fundamentalmente en el fondo y en las orillas debido a sus hábitos alimenticios. En estado natural las hembras ovígeras se encuentran entre setiembre y diciembre, pudiendo desovar más de 100.000 ovas por kilo de peso, que luego son fecundados por el macho. No construyen nido. Preferentemente de hábitos nocturnos, teniendo poca visión y muy desarrollado el olfato.

Alimentación: es una especie omnívora (alimentación variada), con clara tendencia carnívora, alimentándose de peces pequeños, crustáceos y otros animales bentónicos.

Características para su uso en acuicultura: buena calidad de carne, resistencia a la manipulación y a las condiciones adversas del medio. Fácil adaptación a raciones, no presenta comportamiento agresivo. Es una especie que puede ser criada en cultivos de arroz, así como en policultivo con otras especies.



Figura 1. Pez bagre (*Rhamdia quelen*).

2.2.3. Metales pesados

Para Vilchez (2005) los metales pesados están considerados como uno de los grupos más peligrosos ya que no son biodegradables, poseen una alta toxicidad a bajas concentraciones y una alta capacidad de bioacumulación, puesto que, al encontrarse en el agua, estos pasan en la cadena trófica, siendo una fuente de

alimentación para todos los organismos, incluyendo el ser humano. los metales pesados más peligrosos son el berilio (Be) y el mercurio (Hg), pero también otros metales que han sido definidos como elementos peligrosos son el Cadmio (Cd), plomo (Pb), cromo (Cr), Cobre (Cu), manganeso (Mn), níquel (Ni), zinc (Zn), cobalto (Co) y estaño (Sn). Se denominan metales pesados, aquellos que tienen una densidad superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$. Una gran cantidad de elementos pertenecen a esta categoría, tales como el arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), plomo (Pb), mercurio (Hg), níquel (Ni), vanadio (V) y zinc (Zn), de importancia en el contexto ambiental. Otros metales pesados raramente se presentan en concentraciones suficientemente altas como para causar efectos dañinos. Un gran número de elementos metálicos son también llamados metales traza, ya que su abundancia natural en la corteza terrestre es menor de 0,1% (1000 mg/kg). En relación a la contaminación ambiental, estos metales traza son más importantes que los que abundan naturalmente. Los metales traza se encuentran en bajas concentraciones en los organismos vivos y algunos son esenciales para la vida (Na, Ca, K, Fe, Mn, Mg, Mo, Ni, Cu, Co y Zn). Sin embargo, los metales esenciales pueden convertirse también en metales tóxicos, si su concentración sobrepasa la óptima para el organismo.

2.2.4. Fuentes y formas de contaminación por metales pesados en los ríos

Arroyo (2004) indica que en general, entre los elementos que producen la entrada de metales pesados en los ríos y medios marinos, se pueden distinguir los siguientes:

Fuentes naturales

En términos geológicos, los metales pesados pertenecen a un grupo de elementos que en conjunto constituyen el 1% de las rocas de la corteza terrestre. Estos se pueden encontrar como impurezas en minerales primarios, que son los que se encuentran principalmente en rocas ígneas, también se encuentran en rocas sedimentarias donde están absorbidos a los minerales secundarios, que son los productos de la desintegración física y descomposición química de los

minerales primarios, esto indica que existe gran presencia de metales pesados en estas dos clases de rocas y que en lo general se ubican en los ríos y sedimentos.

Fuentes artificiales

Las principales causas de origen humano que producen contaminantes por metales pesados son. Procesos de extracción de minerales en general y explotaciones petrolíferas, extracción industrial de metales, y los procesos posteriores a esta, Materiales relacionados con la agricultura y ganadería:

- Impurezas en los fertilizantes que contienen, Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn.
- Pesticidas, fungicidas, desecantes, productos para conservar la madera que pueden contener Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn.
- Explotaciones ganaderas y avícolas cuyos residuos contienen Cu, y As.
- Aguas residuales que pueden contener especialmente Cd, Ni, Cu, Pb y Zn, y además de otros elementos.
- Aguas filtrantes de vertederos de basura, que pueden tener presencia de Pb, Zn, y Cu.

2.2.5. Acumulación de metales pesados en peces

Deacon y Driver (1999) menciona que, los peces ocupan virtualmente todos los niveles tróficos del ambiente acuático desde herbívoros que se alimentan de algas unicelulares hasta carnívoros secundarios y terciarios pasando por algunas especies que forman parte de los descomponedores que se alimentan de detritos sin embargo muchas especies muestran una gran flexibilidad en su ecología trófica esta diversidad y flexibilidad en las dietas de los peces pueden generar redes alimenticias bastante complejas. Partiendo de la base en todo alimento, en cualquier especie se ingiere por la boca y que el alimento depende de la estacionalidad de los recursos y su rapidez de digestión al ingerir alimentos.

Clasificación a los peces en seis categorías:

Depredadores. Comen animales macroscópicos tienen mandíbulas potentes, dientes y una diferenciación del estómago con respecto del tubo digestivo.

Raspadores. Se alimentan raspando sobre superficies sólidas donde se desarrollan comunidades de ciertas algas y microorganismos, estos peces están provistos de labios córneos.

Filtradores. Se alimentan a base de organismos suspendidos en la columna de agua tanto de tamaños pequeños (nanoplacton) así también como de mayores como (plancton) tienen buen desarrollo de las branquias formando un aparato filtrador.

Chupadores. Se alimentan de presas del ambiente bentónico, y en muchos casos suelen confundirse con los hábitos de los peces raspadores.

Parásitos. No es un tipo muy extendido entre los peces en la fase parasita se alimentan de los fluidos corporales de sus huéspedes.

Detritívoros. No hay muchos representantes en este grupo, y se alimentan de materia no viva en distinto grado de descomposición que se acumula sobre los fondos. El mayor valor energético se encuentra en la microflora y la micro fauna asociada.

2.2.6. Características generales de los metales en estudio

Los metales en este estudio se clasificaron en no esenciales y esenciales. A continuación, se recoge la información de manera específica de estos elementos, indicando sus propiedades, efectos ambientales que provocan y efectos sobre la salud humana.

Elementos no esenciales

Al respecto Deacon y Driver (1999) señalan:

Plomo

Propiedades: El plomo (Pb) es un metal blando, maleable y dúctil. Si se calienta lentamente puede hacerse pasar a través de agujeros anulares o troqueles. Se presenta una baja resistencia a la tracción y es un mal conductor de la electricidad. Al hacer un corte, su superficie presenta un lustre plateado brillante, que se vuelve rápidamente de color gris azulado y opaco característico de este metal.

Contaminación ambiental: El plomo se da de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. La presencia de plomo en el agua dulce generalmente indica la contaminación con desechos metalúrgicos o con venenos industriales que contienen plomo, también puede aparecer en el agua como resultado de la corrosión de amalgamas que contienen plomo como las municiones y soldaduras. Las principales causas de la contaminación ambiental con este metal son: el empleo para la fabricación de baterías y su utilización en los aditivos antidetonantes de la gasolina. También se han utilizado plaguicidas que contienen plomo. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias (Bjeldanes y Shibamoto, 1997).

Efectos sobre la salud humana: El plomo puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida, como frutas, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener cantidades significantes de este metal. También puede entrar por agua y por aire. El humo de los cigarrillos también contiene pequeñas cantidades de plomo (Kemmer y McCallin, 1997).

Galvao y Corey (1987) indican que, el plomo puede causar perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño en riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma y la disminución de las habilidades de aprendizaje y perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad. También, el metal puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre y debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro del feto.

Elementos esenciales

Cobre

Elemento químico, de símbolo Cu, con número atómico 29; uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de

sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos (Galvao y Corey, 1987).

Lenntech (2006) menciona que, la mayoría de los compuestos del Cobre se depositarán y se enlazarán tanto a los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Compuestos solubles del Cobre forman la mayor amenaza para la salud humana. Usualmente compuestos del Cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura.

Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte.

Zinc

Según Lenntech (2006) el zinc es un elemento químico de símbolo Zn, número atómico 30 y peso atómico 65,37. Es un metal maleable, dúctil y de color gris, es el 23º elemento más abundante en la Tierra y una de sus aplicaciones más importantes es el galvanizado del acero. Es un metal de color blanco azulado que arde en aire con llama verde azulada. El aire seco no le ataca, pero en presencia de humedad se forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión. El zinc se encuentra en diversos alimentos como las ostras, carnes rojas, aves de corral, algunos pescados y mariscos, habas y nueces. La ingesta diaria recomendada de zinc ronda los 20 mg para adultos, menor para bebés, niños y adolescentes (por su menor peso corporal) y algo mayor para mujeres embarazadas y durante la lactancia.

La deficiencia de zinc perjudica al sistema inmunitario, genera retardo en el crecimiento y puede producir pérdida del cabello, diarrea, impotencia, lesiones oculares y de piel, pérdida de apetito, pérdida de peso, tardanza en la cicatrización de las heridas y anomalías en el sentido del olfato.

El zinc es una substancia muy común que ocurre naturalmente. Muchos alimentos contienen ciertas concentraciones de zinc. El agua potable también contiene cierta cantidad de zinc. La cual puede ser mayor cuando es almacenada en

tanques de metal. Las fuentes industriales o los emplazamientos para residuos tóxicos pueden ser la causa del zinc en el agua potable llegando a niveles que causan problemas.

El zinc es un elemento traza que es esencial para la salud humana. Cuando la gente absorbe demasiado poco zinc estos pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. La acumulación del zinc puede incluso producir defectos de nacimiento.

Incluso los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de zinc, demasiada cantidad de zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles alto de zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis.

2.2.7. Técnica analítica empleada para la determinación de metales pesados

Introducción histórica y Definición

Según William (1979) la espectrofotometría de absorción molecular ultravioleta visible, comúnmente llamada espectrofotometría ultra violeta visible, tiene una larga y continua historia en el campo de la química analítica estructura molecular, la región ultra violeta está definida en el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta, por lo que provoca daño al ojo humano, así como quemaduras comunes en la piel y en algunos casos puede producir cáncer. En la región visible, la cual se encuentra comprendida entre 400 y 700 nm, apreciamos el color visible de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe.

Espectrofotometría molecular ultra violeta visible

Para Prichard *et al.* (1996) la espectrofotometría o espectrometría ultra violeta visible utiliza el principio de absorción para determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. (1) Lámpara o fuente de luz, (2) rendija 1, (3)

monocromador, (4) rendija 2, (5) cubeta con muestra, (6) rendija 3, (7) detector y transductor, (8) registro de señal.

Cuando un haz incidente de radiación que tiene una longitud de onda adecuada golpea una molécula, se lleva a cabo la absorción de un fotón y la molécula se excita. Cuando las moléculas se excitan estas perderán la energía de excitación en forma de calor o emitiendo fotones (luminiscencia). La absorción de la radiación ultra violeta visible es capaz de afectar a la excitación de los electrones de enlace y otros electrones de valencia.

Para Skoog (2008) los compuestos inorgánicos las soluciones de iones metálicos de transición pueden ser coloreadas (es decir, absorben la luz visible) debido a que los electrones en los átomos de metal se pueden excitar desde un estado electrónico a otro. El color de las soluciones de iones metálicos se ve muy afectado por la presencia de otras especies, como algunos aniones o ligando. Por ejemplo, el color de una solución diluida de sulfato de cobre es muy azul; agregando amoníaco se intensifica el color y cambia la longitud de onda de absorción máxima.

Según Skoog (2008) los compuestos orgánicos, especialmente aquellos con un alto grado de conjugación, también absorben luz en las regiones del espectro electromagnético visible o ultravioleta. Los disolventes para estas determinaciones son a menudo el agua para los compuestos solubles en agua, o el etanol para compuestos orgánicos solubles. Los disolventes orgánicos pueden tener una significativa absorción de ultra violeta, por lo que no todos los disolventes son adecuados para su uso en espectrometría ultra violeta. El etanol absorbe muy débilmente en la mayoría de longitudes de onda. La polaridad y el pH del disolvente pueden afectar la absorción del espectro de un compuesto orgánico. La tirosina, por ejemplo, aumenta su máximo de absorción y su coeficiente de extinción molar cuando aumenta el pH de 6 a 13, o cuando disminuye la polaridad de los disolventes.

2.3. Hipótesis

La hipótesis de la investigación fue:

Se encontró metales pesados (Pb y Zn) en el pez bagre (*Rhamdia quelen*), en agua y sedimento en el río Urubamba en el centro poblado de Uritúyoc en el distrito de Marcas.

2.4. Definición de términos

Bioacumulación: Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos. Algunos metales pesados e hidrocarburos clorados son acumulados por los organismos acuáticos. Es por eso que pueden encontrarse concentraciones muy altas de estos elementos químicos en tejidos biológicos, aun cuando se hallen extremadamente diluidos en el medio acuático circundante.

Plomo: El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública, Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo.

Zinc: El zinc es un metal o mineral, a veces clasificado como metal de transición aunque estrictamente no lo sea, el consumo accidental de dosis de más de 200 mg de zinc es muy peligroso y provoca náuseas y vómitos, mientras que un consumo prolongado de suplementos puede interferir con la absorción del cobre y el hierro. Esto se debe a que el cobre, el hierro y el zinc compiten por utilizar la misma vía para pasar del intestino al torrente sanguíneo, por lo que el consumo excesivo de un mineral afectará a la absorción de los demás.

Cobre: Elemento químico, de símbolo Cu, con número atómico 29; uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos.

Concentración: es la cantidad de materia expresada por unidad de peso, volumen, masa, etc. la concentración representa la cantidad de soluto por una cantidad fija de disolvente solución en una mezcla de dos o más componentes.

Contaminante: Sustancia introducida en el ambiente que afecta adversamente los recursos naturales o la salud de seres humanos, de animales, o de ecosistemas.

Biomagnificación: Es la concentración de un químico con el aumento en la cadena trófica. Es causada por la bioacumulación que ocurre durante cada transferencia del químico hacia los niveles tróficos más altos.

Nutriente: Un soluto inorgánico u orgánico necesario para la nutrición de los seres vivos, mediante el cual llevan a cabo sus procesos fisiológicos.

2.5. Definición operativa de variables e indicadores

Tabla 2. Definición operativa de variable e indicadores.

Nominación	Definición operativa	Indicadores
Independiente	La operación se realizara como indica el análisis.	Músculos, piel, hueso y branquias. Agua y sedimento
Dependiente	Los análisis se realizarán mediante el método de espectrofotometría molecular UV-VIS.	Pb, Cu y Zn En mg.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación y nivel de investigación

El presente estudio es una investigación de tipo aplicada. El tipo de investigación fue descriptivo.

3.2. Método de Investigación

El método que se aplicó en el presente trabajo fue el método de la observación científica, ya que se analizó las muestras músculos, piel, hueso y branquias en pez bagre (*Rhamdia quelen*), agua y sedimento, se hizo la determinación de la concentración de metales pesados, para poder describir lo que pasa en lugar de observación.

3.3. Diseño de Investigación

En el trabajo de investigación se aplicó el diseño no experimental, que se caracterizan por su naturaleza descriptiva y hacen referencia a hallazgos puntuales. Se siguió el diagrama de flujo de la figura.

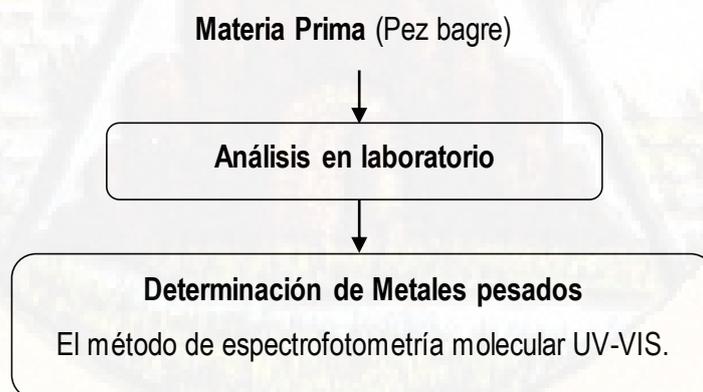


Figura 2. Diseño de la investigación.

Descripción del diagrama de flujo

Materia prima: En este proceso se realizó la captura de las especies a estudiar en el río de Urubamba ubicado en el centro poblado de Uritúyoc, las especies capturadas serán introducidas en bolsas separadas, convenientemente etiquetadas y se transportaron en neveras plásticas con hielo, para su posterior análisis en laboratorio.

Análisis en laboratorio: El análisis en el laboratorio se realizó una incisión de las muestras de pez bagre, para luego realizar una incisión en su cavidad abdominal, luego se extrae las branquias, piel, musculo y hueso. Una vez extraído todas las muestras de pez bagre fueron pesados de nuevo y se anotaron el peso. Para cada muestra de pez bagre se obtuvo los siguientes datos biométricos:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| ✓ Especie. | ✓ Peso de piel (g). |
| ✓ Longitud (25 cm a 30 cm). | ✓ Peso del hueso (g). |
| ✓ Peso total (224 g a 227 g). | ✓ Peso del musculo (g). |
| ✓ Peso de las branquias (g). | |

Determinación de metales pesados: En este proceso se realizó la determinación de los metales pesados (Pb, Cu y Zn), haciendo las preparaciones de los estándares de cada elemento químico en este caso, el estándar de plomo para determinar la concentración de plomo en cada 10g de muestra, se hizo el mismo paso para determinar los otros metales, y finalmente se empleó el equipo de espectrofotometría molecular ultra violeta visible para el análisis y resultado final.

Cobre total: método colorimétrico el Cu (II) forman con cuprizona un complejo azul.

Plomo total: método colorimétrico forman con 4-(2-piridilazo) resorcina (PAR) un complejo rojo.

Zinc total: método colorimétrico reaccionan con piridilazoresorcina (PAR) formado un complejo rojo.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población utilizada para el presente estudio fueron los peces bagre, el agua corriente y el sedimento que están presentes en el río de Urubamba en el Centro Poblado de Uritúyocc.

3.4.2. Muestra

La muestra fue obtenida después de la captura de los peces bagre, seleccionado al azar y se analizaron, la concentración de metales en musculo, piel, huso y branquias, el tamaño de la muestra a estudiar fue de 5 muestras al azar equivalente a los datos biométricos de los peces bagre entre 25 cm a 30 cm.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se hizo mediante la técnica de observación, haciendo uso de equipo para detección de metales pesados. Se procedió a la captura de pez bagre, en el río de Urubamba ubicado en el Centro Poblado de "Uritúyocc" y luego se procedió al fileteado para separar músculos de los huesos donde se estudió las muestras de músculos, hueso, piel y branquias, luego se procede al análisis mediante espectrofotometría molecular ultra violeta visible, para después determinar la concentración de metales pesados tales como son, plomo (Pb) y cobre (Cu) y zinc (Zn), que será como resultado final.

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas	Instrumentos	Recolección de datos
Recolección de información	Libros, papers, abstract, boletín y formatos impresos	- Metales pesados. - Análisis de la bioacumulación de metales pesados. - Determinación la concentración metales pesados en peces bagre (<i>Rhamdia quelen</i>)
Análisis de Metales	Espectrofotometría UV-VIS	- Concentración de Metales.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La técnica de procesamiento de datos se usó la hoja de cálculo Excel 2016.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

Época de lluvia (febrero – abril)

Para la humedad pérdida de cada tejido, se obtuvieron los porcentajes de humedades durante seis días a una temperatura de 40°C (Tabla 4), obteniéndose a partir de ellas la humedad final en cada tejido del pescado. Este proceso se requiere para la determinación de los elementos en estudio, en base seca.

Tabla 4. Determinaciones de las humedades en el tiempo.

Tejido	% Humedad pérdida						Final
	1	2	3	4	5	6	
Músculo	36,54	60,69	80,30	80,42	80,42	80,42	80,42
Piel	29,98	45,66	54,97	54,97	54,97	54,97	54,97
Hueso	6,41	11,84	19,83	23,11	23,11	23,11	23,11
Branquias	44,31	60,86	70,40	70,40	70,40	70,40	70,40

A partir del día 4 la pesada permaneció invariable prácticamente, por lo que se consideró que seis días eran suficientes para evaluar resultados en base seca. Figura 3. Con los datos de la Tabla 4.

Presentó una función logarítmica con regresiones (R^2) mayores de 0.85, en orden, los mayores valores de humedades corresponden para el piel, seguido de las branquias, músculo y hueso.

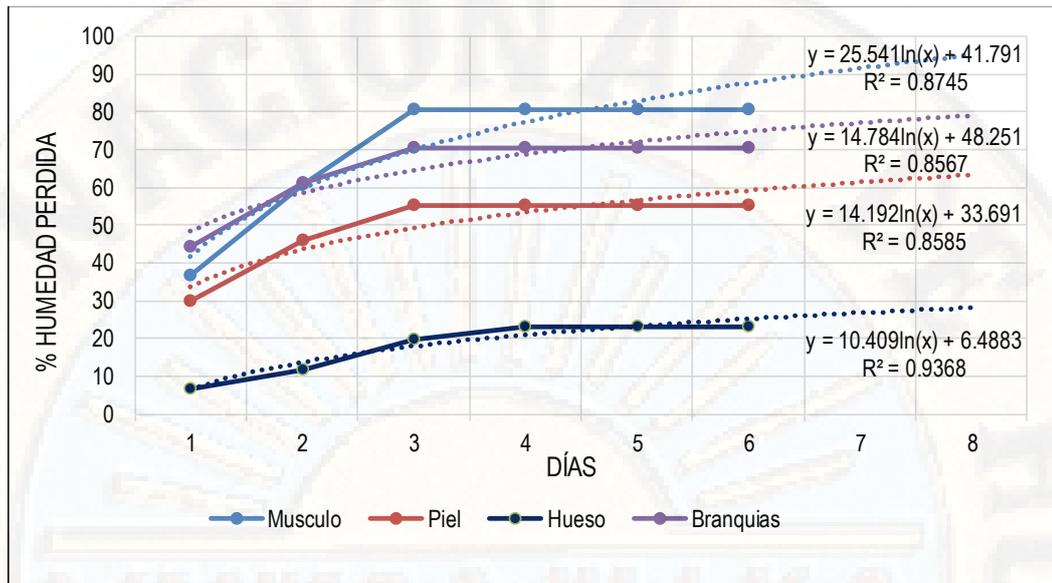


Figura 3. Cinética de pérdida de humedad de cada tejido del pez bagre durante seis días a 40 °C.

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones de los metales evaluados en los tejidos del pescado, calculados en base seca. De forma gráfica, en la Figura 4 se presentan los niveles de Bioacumulación de los metales tóxicos (Pb, Zn y Cu), en valores menores de mg/kg en los tejidos del pescado, donde la concentración para Plomo, Zinc y Cobre no se detectaron ya que están por debajo del límite de detección del equipo. Esto sugiere que, para estos metales, en época de lluvia, no están presentes en concentraciones altas para que el metabolismo de pez bagre (*Rhamdia quelen*) los bioacumule.

Tabla 5. Bioacumulados en cada tejido, evaluado en base seca.

Muestra	Pb	Cu	Zn
	mg/kg		
Músculo	0,000	0,0	0,005
Piel	0,000	0,0	0,019
Hueso	0,015	0,0	0,601
Branquias	0,000	0,0	0,004
Límite máximo permisible*	2,0	30,0	50,0

* Según la Organización Mundial de la Salud (2008).

El plomo no se detectó en músculo y branquias, únicamente se registró en huesos, siendo en este tejido el que presenta mayor concentración. Por ello, surge la hipótesis de que el plomo presente en el río de Urubamba puede penetrar a través de piel (donde es bioacumulable), y a través de las branquias (ambos tejidos en contacto directo con el agua). Sin embargo, esta posible ruta de incorporación del elemento debe ser evaluada ya que no se registró plomo en branquias, posiblemente porque el metal puede estar pasando directamente a la sangre con rapidez, de donde es transportado a los huesos. De igual manera, donde la concentración del cobre no se presentó en ningún de los tejidos mencionado.

Los niveles de zinc se presentan en concentración de 0,004 a 0,601 mg/kg en los tejidos, bioacumulando en músculos, branquias, piel y hueso. De manera inversa se dan mayores niveles concentración de zinc en los huesos.

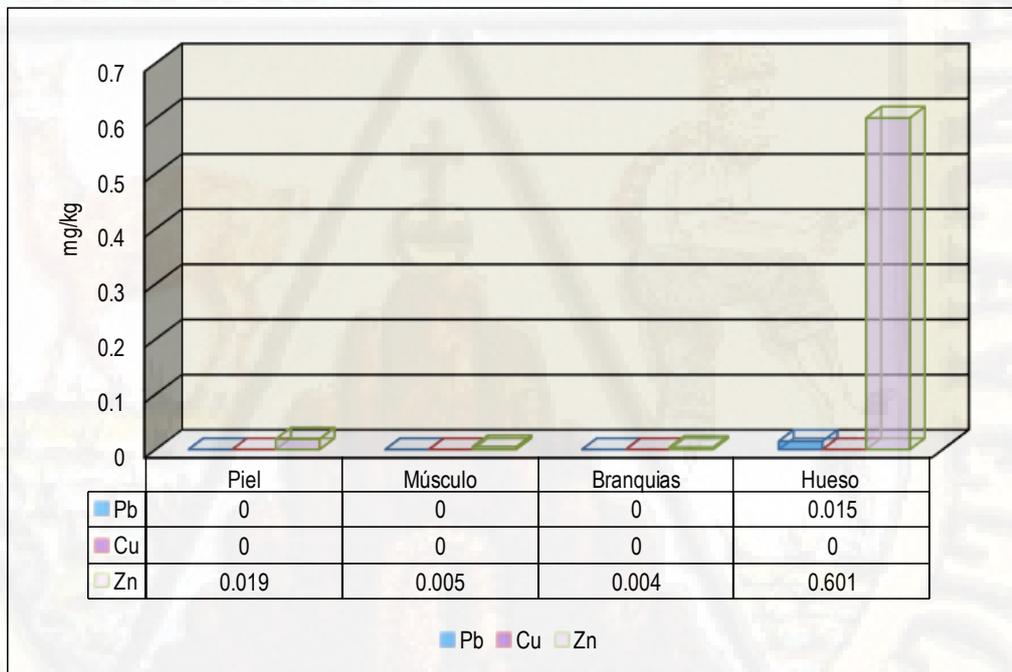


Figura 4. Concentración de Pb, Cu y Zn bioacumulados por cada tejido del pez bagre.

En la tabla 6 se puede observar, los niveles de concentración de metales pesados presentes en el río y sedimento, indicando la clara relación bioacumulada de cada metal de los tejidos del pescado. Esto seguirá que al estar presentes estos metales en el río de Urubamba en el centro poblado de Uritúyoc.

Tabla 6. Concentración de metales pesados presentes en el agua y sedimento en el río de Urubamba.

Metal	Agua	Sedimento mg/kg	Límite máximo permisible*
	mg/L	mg/kg	mg/L
Plomo	0,00	0,056	2,5
Cobre	0,0	0,0	---
Zinc	0,998	0,088	120

*Según Environmental Protection Agency (EPA) (2009).

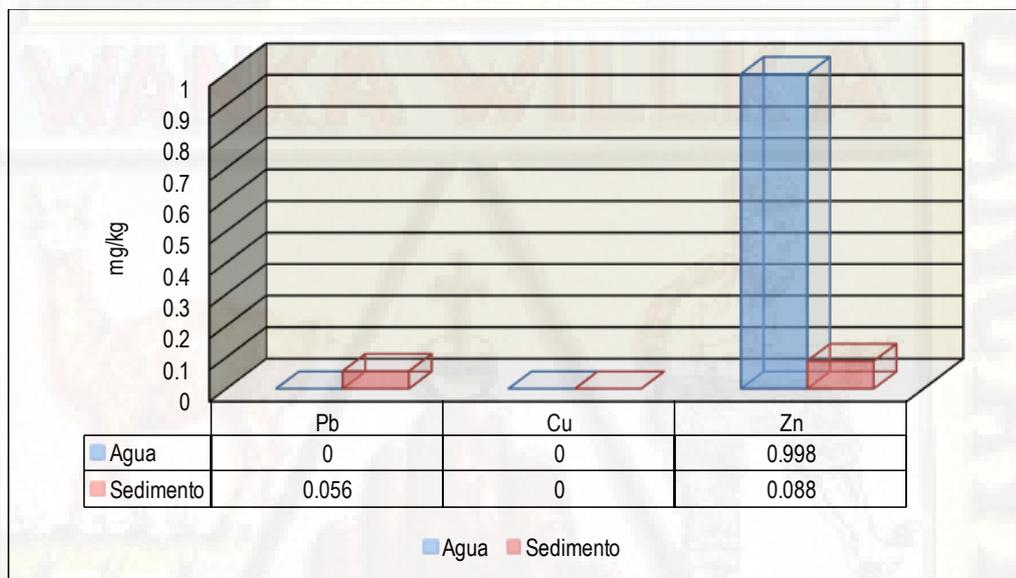


Figura 5. Niveles de concentración de metales presentes en el agua del río Urubamba del Centro poblado de Uritúyocc.

4.2. Análisis de datos

Análisis de bioacumulación de metales pesados en pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río Urubamba, en el Centro poblado de Uritúyocc, en el distrito de Marcas en tiempo de lluvia (febrero – abril)

La bioacumulación que se encontró de los elementos tóxicos plomo (Pb) zinc (Zn) y cobre (Cu) en los tejidos del bagre en temporada de lluvia, se observa que, el plomo se encuentra en hueso de 0,015 mg/kg, el cobre no se registró en las muestra analizada y zinc se presentó en hueso de 0,601 mg/kg, piel 0,019 mg/kg, musculo 0,005 mg/kg y branquias 0,004 mg/kg. Tabla 5.

Análisis de plomo

El contenido de plomo en las muestras del pez bagre (*Rhamdia quelen*) fue mayor en el hueso (0,015 mg/kg de plomo), mientras los músculos, branquias y piel no se detectó la presencia de plomo (0,000 mg/kg de plomo), según este último resultado, puede considerarse lo siguiente:

Tao *et al.* (1999) realizaron un estudio profundo en época de lluvia sobre la ingestión de Pb a través de branquias y piel en el pez *Carassius auratus*, llegando a la conclusión de que, el Pb estaba disponible en forma de ión libre cuando hay movimiento por corrientes y cuando está adherido a pequeñas partículas, de esta manera se hace más biodisponible que otros metales, además, encontraron en las branquias del pez niveles de entre 4,07 - 56,5 ppm (mg/kg). A diferencia de este estudio, el pez bagre (*Rhamdia quelen*) que se estudió en este trabajo, no mostró bioacumulación de plomo en branquias, músculos ni piel. El plomo que no es excretado permanece en el cuerpo por periodos prolongados y se intercambia entre 3 compartimientos sangre, huesos y dientes que contienen casi la totalidad del plomo, y en otros tejidos, como el hígado, riñones, pulmones, cerebro, bazo, músculos y corazón. El plomo almacenado en los huesos y dientes puede volver a entrar a la circulación durante periodos de deficiencia de calcio, como el embarazo, lactancia y osteoporosis (EPA, 2009).

Granada y Escobar (2012) encontró la presencia del Pb en musculo de 2,90 mg/kg en el pez *Rhamdia wagne* (Barbudo) se encuentra por encima por los valores máximos permitidos por la Unión Europea 0,30 mg/kg.

La presencia de plomo en las aguas del río de Urubamba no se registró según en el presente trabajo de investigación. Del mismo modo, ocurrió en los datos obtenido por Granada y Escobar (2012) la concentración del plomo en al agua del rio Cauca no detectó la presencia de plomo.

En el sedimento del río de Urubamba se encontró la presencia de 0,056 mg/kg de Pb. Se corrobora con los datos obtenidos por Granada y Escobar (2012), la presencia de plomo en el sedimento del río Cauca fue de 7,11 mg/kg supera los límites permisibles permitidos por la Unión Europea de 0,05mg/kg.

En este estudio se observa que, el sedimento es un reservorio importante de metales. La importancia en el análisis de los parámetros del sedimento radica en que la toma, acumulación y movilización de los metales en este medio es dependiente de varios factores. Se sabe que, la arcilla posee cargas eléctricas negativas que ocasiona que la partícula atraiga cationes. Una disminución del contenido de esta reduce la capacidad de intercambio catiónico, lo que genera una capacidad de retención de los metales. De igual modo, el descenso en el pH incrementa la solubilidad de los metales. Esta concentración puede ser originada por deposición atmosférica, remoción del suelo o la movilización del contaminante desde las fuentes, principalmente por actividades de minería.

Análisis de cobre

El Cu no se encontró en el trabajo realizado de las muestras analizadas (branquias, piel, músculos y hueso) tanto en el agua y sedimento, Rodríguez (2009) menciona que, la presencia del Cu encontrado en el músculo y tejidos de los camarones en su trabajo de investigación de Cu de 2,0 mg/kg y que es elementos esenciales para el beneficio para un buen desarrollo de las especies acuáticos.

Análisis de zinc

En el presente trabajo de investigación realizado se encontró una mínima cantidad de Zn en las muestras analizadas del pez Bagre (*Rhamdia quelen*), branquias (0,004

mg/kg), músculos (0,005mg/kg), piel (0,019mg/kg) y en el hueso (0,601mg/kg); por lo tanto, se encontró por debajo del límite máximo permisible, Tabla 5. Rodríguez (2009) menciona que, la presencia del Zn encontrado en el músculo y tejidos de los camarones en su trabajo de investigación Zn de 15,02 mg/kg y que es elementos esenciales para el beneficio para un buen desarrollo de las especies acuáticos. Según este resultado obtenidos por Rodríguez (2009), se puede mencionar que, en el presente trabajo de investigación realizado se encontró una mínima cantidad de Zn en las muestras analizadas del pez Bagre (*Rhamdia quelen*). La presencia de Zn en el agua y en sedimento en tiempo de lluvia en la muestra del río Urubamba fue, en el agua 0,998mg/L y en el sedimento 0,088mg/kg según este último estudio, puede considerarse lo siguiente. Según los datos obtenidos por Rodríguez (2009), en el análisis de agua y sedimentos encontraron en tiempo de lluvia la mayor cantidad de Zn tanto en agua y sedimento, los resultados obtenidos son muy inferiores a los límites máximos permisibles.

Pinto – Herrera (2010) menciona que, el río Urubamba fue contaminado por derrame de material de minería de los cual se encontró los metales pesados en mayor cantidad es el Pb, Zn y Cu. En el presente trabajo de investigación se observó en el agua una concentración de 0,998 mg/L de Zn y en el sedimento de 0,088mg/kg de Zn. Con estos resultados se puede afirmar que, aún existe presencia de metales pesados (Pb y Zn) en el río Urubamba contaminado por la empresa minera Caudalosa Chica.

El zinc se acumula principalmente en branquias si la vía de absorción es acuática, también se acumula en hígado, riñón y poco en músculo (EPA, 2009). En España, algunos autores como Anadon *et al.* (1984), observaron también que la distribución de Zn alcanzaba los mayores niveles en branquias, seguido de hígado y músculo. En el presente estudio, la afinidad de acumulación de este metal en los tejidos estudiados, siguió el mismo patrón que el de los anteriores autores.

También se han visto elevadas concentraciones de Zn en huesos, ya que este metal está involucrado en su formación. En el tejido esquelético, la deposición de Zn se hace en la matriz de fosfato cálcico insoluble por lo que no es fácilmente movilizado,

lo que contribuye al reforzamiento de la utilidad de medir Zn en huesos como indicador de contaminación a largo plazo Camusso *et al.* (1995).



CONCLUSIONES

- Los metales pesados encontrados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) durante la época de lluvia fueron:
El Pb en el huso (0,015mg/kg), en branquias, piel y músculos no se encontró.
El Zn en mayor concentración en el hueso de 0,601 mg/kg, piel 0,019 mg/kg, musculo 0,005 mg/kg y branquias 0,004 mg/kg, mientras que, el cobre no se presentó en ningún tejido.
- La concentración de zinc encontrada en el agua del río de Urubamba, no excede los límites máximos permisibles establecidos por la EPA (Environmental Protection Agency), mientras que, el plomo y el cobre no se registraron en la muestra de agua.
- La concentración de plomo presente en el sedimento fue del orden de 0,056 mg/kg, de zinc fue del orden de 0,088mg/kg, y de cobre no se detectó presencia alguna.
- Las concentraciones de metales pesados de plomo, zinc y cobre en el pez bagre (*Rhamdia quelen*), se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para consumo humano, según los límites establecidos por Organización Mundial de Salud (OMS) y Environmental Protection Agency (EPA).

RECOMENDACIONES

- Realizar este estudio en el río de Urubamba en el centro poblado de Uritúyoc en la época de estiaje.
- Realizar investigaciones sobre algunos metales pesados como para el cadmio, mercurio y el arsénico en las zonas donde son capturadas las especies ícticas analizadas para minimizar el riesgo ecológico de dichos ecosistemas.
- Monitorear el ecosistema en sus diferentes matrices, para plomo, cobre y zinc al menos una vez al año, para el seguimiento y evaluación de la contaminación.
- Hacer el mismo análisis para metales oligoelementos que tengan una gran utilización en las industrias aledañas al río de Urubamba y en especial en la explotación minera.
- Evaluar otros parámetros de calidad fisicoquímica del agua del río de Urubamba para establecer medidas que permite comprender mejor la situación actual.
- Analizar parámetros como pH, dureza del agua y materia orgánica, ya que estos factores afectan en la acumulación y disponibilidad de metales pesados en el ambiente acuático.

REFERENCIAS

1. Amundsen, P., Staldvik, F., Ludin, A., Kashulin, N., Popova, O., & Reshetniko, J. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Science of the Total Environment*, 201, 211-224.
2. Anadon, A., Muñoz, M., & Ortiz, J. (1984). Acumulación tisular de Zinc, Plomo, Cobre, Hierro y Cromo en Truchas de Río, *Salmo trutta fario*. Acción ecotoxicológica. *An. INIA/Service Ganadera*, 19.
3. Arroyo, P. (2004). La biorremediación como media correctora en los impactos ambientales de agua contaminada con metales pesados., 2, págs. 1 - 9. Buenos Aires.
4. Bjeldanes, L., & Shibamoto, T. (1997). *Introducción a la toxicología de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia SA.
5. Bohinski, R. (1991). *Bioquímica*. México DF: Pearson Educación.
6. Camusso, M., Vigano, Y., & Balestrini, R. (1995). Bioconcentration of trace metals in rainbow trout. A field study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 31, 133-141.
7. Deacon, J., & Driver, N. (1999). *Distribution of trace elements in streambed Sediment associated with mining activities in the upper Colorado River Basin*. USA: Archives of Environmental Contamination and Toxicology.
8. Donat, J., & Dryden, C. (2001). *Transition metals and heavy metal speciation*. Londres: Academic Press.
9. Environmental, P. A. (2009). SW-846 EPA Method 3051: Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. En *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Washington DC.
10. Galvao, G., & Corey, L. (1987). *Plomo*. Washington DC: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.

11. Granada, N., & Escobar, D. (2012). *Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie Rhandia wagne (barbudo) del río Cauca, en el municipio de la Virginia*. Ecuador: Universidad Tecnológica de Pereira.
12. Kabata, H., & Pendias, A. (2001). *Trace elements in soils and plants*. Florida : Editorial CRC Press.
13. Kemmer, J., & McCallin, N. (1997). *Manual de Agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. México DF: McGraw-Hill.
14. Lenntech, B. (2006). *Agua residual & purificación del aire*. Holanda: Holding B.V.
15. Olaya-Nieto, C. P.-O., & Ochoa-Arteaga, J. (2012). Ecología trófica del Liso (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824) en el río Sinú, Colombia. *Rev. MVZ Córdoba*, 17(3), 3217 – 3223.
16. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición. Vol. 1: Recomendaciones. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
17. Peña, C., Dean, E., Carter, A., & Ayala-Fierro, F. (2001). Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. *Distributed on the Internet via the Southwest Hazardous Waste Program*. doi:<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/tox>
18. Pezo, P., Paredes, H., & Bedayán, N. (1992). Determinación de Metales pesados bioacumulables en especies Icticas de Consumo Humano en la Amazonia Peruana. *Folia amazónica*, 4(2), 171 - 181 .
19. Pinto Herrera, H. (2010). *Desastre ecológico y ambiental en Huancavelica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
20. Pis, M., Gilma, D., Hernández, D., Díez, J., Martínez, Y., Hernández, A., & Rico, O. (2014). Contaminantes químicos en agua, sedimento y camarón rosado *Farfantepenaeus notialis* del golfo de Guacanayabo. *Revista electrónica de Veterinaria*, 15(2), 1-12.

21. Prichard, E., Mackay, G., & Points, J. (1996). *Trace analysis: A structured approach to obtaining reliable results*. Londres: Royal Society of Chemistry.
22. Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2010). *Análisis del agua*. Barcelona: Editorial Omega.
23. Rodríguez A. 2009 Determinación de metales pesados en agua, sedimento y camarón rosado, La Habana.
24. Skoog, A., Nieman, D., & Holler, F. (2008). *Principios de análisis instrumental*. Madrid: Mc Graw Hill.
25. Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., & Li, B. (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37, 352-357.
26. Tiller, K. (1989). *Heavy Metals in Soils and Their Environmental Significance*. In: Stewart B.A. (eds) *Advances in Soil Science* (Vol. IX). New York, NY: Springer.
27. Toral, Y. (1996). *Estudio comparativo de especiación en muestras sólidas de interés medioambiental*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
28. Viessman, W., & Hammer, M. (1993). *Water supply and pollution control*. USA: Harper Collins Publishers.
29. Vílchez, R. (2005). *Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistema de lechos sumergidos*. Granada. España: Universidad de Granada.
30. William, B. (1979). *Instrumental analysis*. New York: Collegium Book.

The background features a large, faded seal of the Universidad Nacional de Huancavelica, Peru. The seal is circular and contains the text 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA PERU' around its perimeter. The central emblem depicts a sun with rays, a mountain range, a llama on the left, and a figure on the right. The word 'WANKA WILKA' is written across the middle of the seal.

ARTÍCULO CIENTÍFICO

“EVALUACIÓN DE BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL PEZ BAGRE (*Rhamdia quelen*) EN EL RÍO URUBAMBA DEL CENTRO POBLADO DE URITÚYOCC EN EL DISTRITO DE MARCAS”.

ALMINAGORTA MARTINEZ, Emerson.

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional De Huancavelica

Ciudad Universitaria de Común Era s/n Acobamba, Huancavelica – Perú.

kevinaminagorta@outlook.com

RESUMEN

En presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar la bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) que habita en el río Urubamba en el centro poblado de Uritúyocc en el Distrito de Marcas, el pez que se cultiva y se consume en la zona de estudio. Se evaluó la presencia de metales pesados Plomo (Pb), Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), en el agua y sedimento del río de Urubamba, a su vez la presencia de Plomo (Pb), Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), en el pez bagre (*Rhamdia quelen*), se determinó los metales pesados mediante el método espectrofotometría molecular UV-VIS.

En los resultados obtenidos, no se detectó presencia de cobre (Cu) en las muestras del pez bagre (*Rhamdia quelen*), en el musculo, branquias, piel, hueso, agua y sedimento, la concentración hallada de plomo (Pb) fue en la muestra de hueso 0,015 mg/kg y en el sedimento 0,056 mg/kg, ausencia de plomo en las muestras no mencionadas, la presencia del zinc (Zn) la concentración hallada en mayor cantidad es de 0,601 mg/kg en la muestra de hueso, agua de 0,998 mg/L y en sedimento de 0,088 mg/kg.

Las muestras de pez analizado si revelaron bioacumulación de metales pesados por lo que se encuentran por debajo de límites permisibles de la norma de Organización Mundial de la Salud (OMS). Para el caso de las muestras de agua no se encontró contaminación química por metales pesados, las concentraciones determinadas se encuentran por debajo del límite permisible de Environmental Protection Agency EPA de agua dulce.

Palabras claves: *Rhamdia quelen*, plomo, cobre, zinc, bioacumulación, OMS, EPA.

"EVALUATION OF BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE BAGRE FISH (*Rhamdia quelen*) IN THE URUBAMBA RIVER OF THE URITÚYOCC POPULATED CENTER IN THE MARKS DISTRICT".

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the bioaccumulation of heavy metals in the catfish (*Rhamdia quelen*) that lives in the Urubamba River in the Uritúyocc town center in the District of Marche, the fish that is cultivated and consumed in the study area. The presence of heavy metals Lead (Pb), Copper (Cu) and Zinc (Zn) was evaluated in the water and sediment of the Urubamba River, in turn the presence of Lead (Pb), Copper (Cu) and the Zinc (Zn), in the catfish fish (*Rhamdia quelen*), the heavy metals were determined by the UV-VIS molecular spectrophotometry method.

In the results obtained, copper (Cu) presence was not detected in the catfish (*Rhamdia quelen*), muscle, gills, skin, bone, water and sediment samples, the found concentration of lead (Pb) was in the bone sample 0.015 mg / kg and in the sediment 0.056 mg / kg, absence of lead in the samples not mentioned, the presence of zinc (Zn) the concentration found in greatest amount is 0.601 mg / kg in the bone sample, water of 0.998 mg / L and in sediment of 0.088 mg / kg.

The analyzed fish samples did reveal bioaccumulation of heavy metals so they are below the permissible limits of the World Health Organization (WHO) standard. In the case of water samples, no chemical contamination by heavy metals was found; the determined concentrations are below the EPA Environmental Protection Agency freshwater allowable limit.

Keywords: *Rhamdia quelen*, lead, copper, zinc, bioaccumulation, WHO, EPA.

INTRODUCCIÓN

Peña (2001) menciona que la contaminación del aire, el agua y el suelo, es uno de los más graves problemas que preocupa al hombre, el cual es un fenómeno que él mismo ha ocasionado. La industria que se ha convertido en una actividad necesaria para la vida moderna en los países desarrollados, ha generado una serie de peligros ambientales.

Los contaminantes solubles de la atmósfera y de los suelos, a través de escurrimientos y filtraciones al subsuelo de las precipitaciones pluviales naturales son arrastrados, las aguas residuales e industriales que tienen un tratamiento deficiente o inclusive ningún tipo de tratamiento de depuración, son introducidos en los sistemas de drenajes y alcantarillados urbanos con destino final en los ríos, lagunas y mares lo que ocasiona el deterioro de los ecosistemas y cuencas hidrológicas, además de la biodiversidad que habita en ellos (Viessman y Hammer, 1993).

Según Toral (1996) los diversos contaminantes del agua como pesticidas, sales, detergentes y los metales pesados, entre otros, los metales pesados son muy importantes, éstos se definen como elementos químicos con densidad mayor que 5g/cm^3 en forma elemental o con número atómico mayor de 20. Se clasifican entre las sustancias identificadas como contaminantes, aunque este término es impreciso, ya que existen 65 elementos que pueden ser denominados de esa manera, entre los efectos negativos de los metales pesados se encuentran daños a la salud, ya sea por exposición o por bioacumulación, impedimentos para riego e industria, siendo un peligro para los ecosistemas y las cadenas tróficas atentando contra el equilibrio biológico de la tierra,

“Por consecuencia de actividades antropogénica, los metales pueden estar presentes en suelo y agua debido a las descargas industriales y residuales. En el agua, al ser contaminada provoca que organismos acuáticos, como los peces, bioacumulan estos metales produciendo daños toxicológicos en su metabolismo y, por ende, en los consumidores”.

Amundsen *et al.* (1997) menciona que, algunos de los elementos no esenciales tales como el Plomo, Cobre, Cadmio, Arsénico, etc., son tóxicos, pero a pesar de ello, las células vegetales y animales los almacenan sin conocer cuál es su función o valor biológico. Entre los elementos esenciales se consideran: Calcio (Ca), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Estaño (Sn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel

(Ni), Potasio (K), Sodio (Na), Selenio (Se), Vanadio (V), Zinc (Zn), entre otros. Sin el aporte de los elementos esenciales, la vida no es posible, ya que desempeñan funciones importantes como componentes de hormonas, enzimas, vitaminas en el metabolismo proteico, entre otros. Por ejemplo, el magnesio y el zinc son nutrientes, que en micro cantidades son elementos esenciales para el metabolismo de los organismos. Si la concentración de estos, se incrementa, pueden producir daños toxicológicos a la salud. En los ecosistemas acuáticos, los metales pesados, pueden afectar a los peces y bioacumularse por tres posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante; a través de la ingestión de comida, y a través de la superficie corporal.

Considerando lo anterior, el escaso conocimiento de la presencia y las concentraciones de los contaminantes en el ambiente, despierta el interés de estudio. Por lo cual, el propósito del siguiente trabajo fue presentar los resultados de las concentraciones de metales en diferentes tejidos en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río urubamba del Centro Poblado de Urituyoc en el Distrito de Marcas.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Zona de estudio

El río Urubamba del Centro Poblado de Uritúyoc, localizada en el Distrito de Marcas Provincia de Acobamba y departamento de Huancavelica está ubicada entre 74° 23' 58" del meridiano de Greenwich de longitud a una altitud de 3 382m.s.n.m.

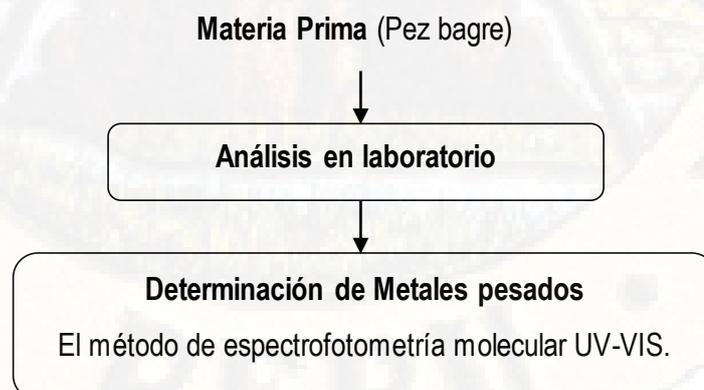


Figura 2. Diseño de la investigación.

Materia prima: En este proceso se realizó la captura de las especies a estudiar en el río de Urubamba ubicado en el centro poblado de Uritúyoc, las especies capturadas serán introducidas en bolsas separadas, convenientemente etiquetadas y se transportaron en neveras plásticas con hielo, para su posterior análisis en laboratorio.

Análisis en laboratorio: El análisis en el laboratorio se realizó una incisión de las muestras de pez bagre, para luego realizar una incisión en su cavidad abdominal, luego se extrae las branquias, piel, musculo y hueso. Una vez extraído todas las muestras de pez bagre fueron pesados de nuevo y se anotaron el peso. Para cada muestra de pez bagre se obtuvo los siguientes datos biométricos:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| ✓ Especie. | ✓ Peso de piel (g). |
| ✓ Longitud (25 cm a 30 cm). | ✓ Peso del hueso (g). |
| ✓ Peso total (224 g a 227 g). | ✓ Peso del musculo (g). |
| ✓ Peso de las branquias (g). | |

Determinación de metales pesados: En este proceso se realizó la determinación de los metales pesados (Pb, Cu y Zn), haciendo las preparaciones de los estándares de cada elemento químico en este caso, el estándar de plomo para determinar la concentración de plomo en cada 10g de muestra, se hizo el mismo paso para determinar los otros metales, y finalmente se empleó el equipo de espectrofotometría molecular ultra violeta visible para el análisis y resultado final.

Cobre total: método colorimétrico el Cu (II) forman con cuprizona un complejo azul.

Plomo total: método colorimétrico forman con 4-(2-piridilazo) resorcina (PAR) un complejo rojo.

Zinc total: método colorimétrico reaccionan con piridilazoresorcina (PAR) formado un complejo rojo.

RESULTADOS

Presentación de resultados

Época de lluvia (febrero – abril)

Para la humedad pérdida de cada tejido, se obtuvieron los porcentajes de humedades durante seis días a una temperatura de 40°C (Tabla 4), obteniéndose a partir de ellas la humedad final en cada tejido del pescado.

Tabla 4. Determinaciones de las humedades en el tiempo.

Tejido	% Humedad pérdida						Final
	1	2	3	4	5	6	
Músculo	36,54	60,69	80,30	80,42	80,42	80,42	80,42
Piel	29,98	45,66	54,97	54,97	54,97	54,97	54,97
Hueso	6,41	11,84	19,83	23,11	23,11	23,11	23,11
Branquias	44,31	60,86	70,40	70,40	70,40	70,40	70,40

A partir del día 4 la pesada permaneció invariable prácticamente, por lo que se consideró que seis días eran suficientes para evaluar resultados en base seca. Figura 3. Con los datos de la Tabla 4.

Presentó una función logarítmica con regresiones (R^2) mayores de 0.85, en orden, los mayores valores de humedades corresponden para el piel, seguido de las branquias, músculo y hueso.

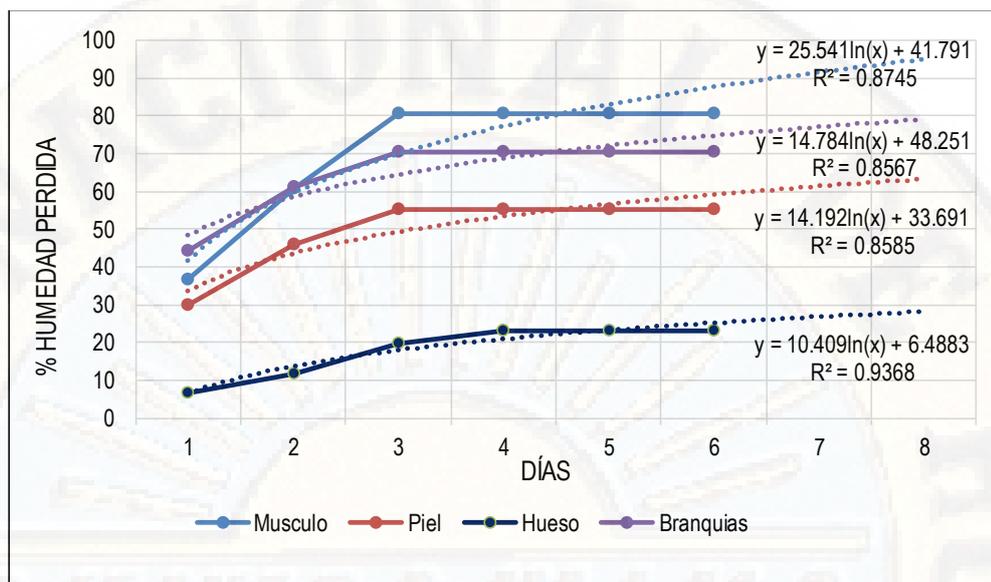


Figura 3. Cinética de pérdida de humedad de cada tejido del pez bagre durante seis días a 40 °C.

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones de los metales evaluados en los tejidos del pescado, calculados en base seca. De forma gráfica, en la Figura 4 se presentan los niveles de bioacumulación de los metales tóxicos (Pb, Zn y Cu), en valores menores de mg/kg en los tejidos del pescado, donde la concentración para Plomo, Zinc y Cobre no se detectaron ya que están por debajo del límite de detección del equipo. Esto sugiere que, para estos metales, en época de lluvia, no están presentes en concentraciones altas para que el metabolismo de pez bagre (*Rhamdia quelen*) los bioacumule.

Tabla 5. Bioacumulados en cada tejido, evaluado en base seca.

Muestra	Pb	Cu	Zn
	mg/kg		
Músculo	0,000	0,0	0,005
Piel	0,000	0,0	0,019
Hueso	0,015	0,0	0,601
Branquias	0,000	0,0	0,004
Límite máximo permisible*	2,0	30,0	50,0

* Según la Organización Mundial de la Salud (2008).

El plomo no se detectó en músculo y branquias, únicamente se registró en huesos, siendo en este tejido el que presenta mayor concentración. Por ello, surge la hipótesis de que el plomo presente en el río de Urubamba puede penetrar a través de piel (donde es bioacumulable), y a través de las branquias (ambos tejidos en contacto directo con el agua). Sin embargo, esta posible ruta de incorporación del elemento debe ser evaluada ya que no se registró plomo en branquias, posiblemente porque el metal puede estar pasando directamente a la sangre con rapidez, de donde es transportado a los huesos. De igual manera, donde la concentración del cobre no se presentó en ningún de los tejidos mencionado.

Los niveles de zinc se presentan en concentración de 0,004 a 0,601 mg/kg en los tejidos, bioacumulando en músculos, branquias, piel y hueso. De manera inversa se dan mayores niveles concentración de zinc en los huesos.

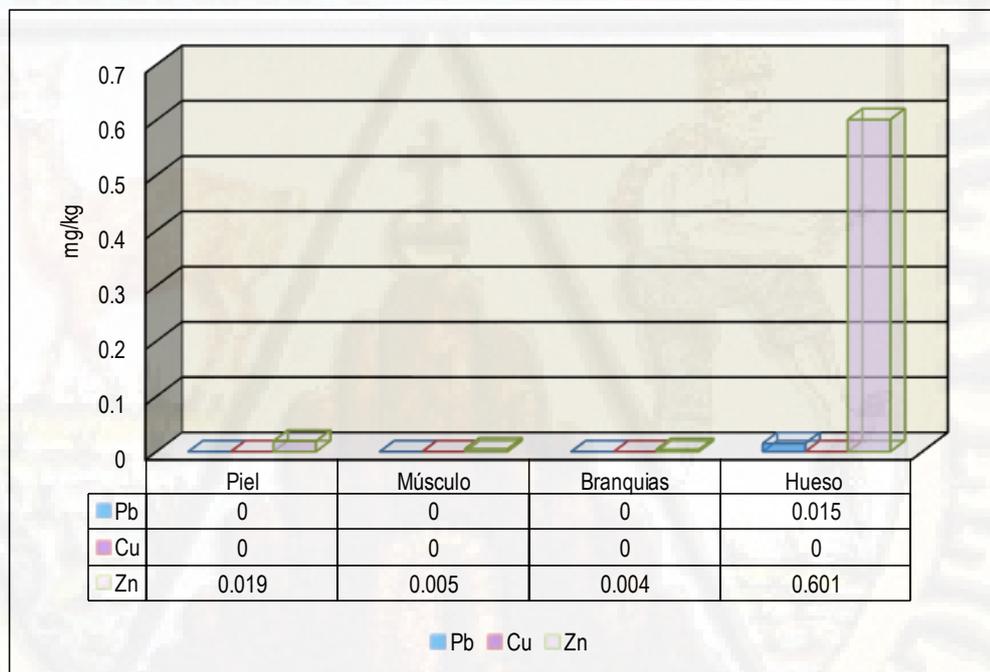


Figura 4. Concentración de Pb, Cu y Zn bioacumulados por cada tejido del pez bagre.

En la tabla 6 se puede observar, los niveles de concentración de metales pesados presentes en el río y sedimento, indicando la clara relación bioacumulada de cada metal de los tejidos del pescado.

Tabla 6. Concentración de metales pesados presentes en el agua y sedimento en el río de Urubamba.

Metal	Agua	Sedimento mg/kg	Límite máximo permisible*
	mg/L	mg/kg	mg/L
Plomo	0,00	0,056	2,5
Cobre	0,0	0,0	---
Zinc	0,998	0,088	120

*Según Environmental Protection Agency (EPA) (2009).

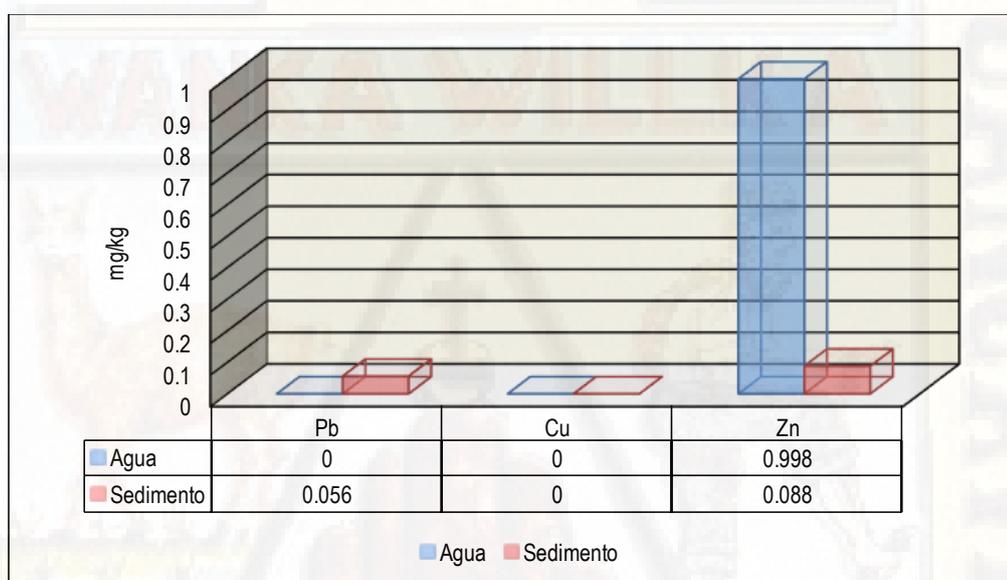


Figura 5. Niveles de concentración de metales presentes en el agua del río Urubamba del Centro poblado de Uritúyocc.

Análisis de datos

Análisis de bioacumulación de metales pesados en pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río Urubamba, en el Centro poblado de Uritúyocc, en el distrito de Marcas en tiempo de lluvia (febrero – abril)

Análisis de plomo

El contenido de plomo en las muestras del pez bagre (*Rhamdia quelen*) fue mayor en el hueso (0,015 mg/kg de plomo), mientras los músculos, branquias y piel no se detectó la

presencia de plomo (0,000 mg/kg de plomo), según este último resultado, puede considerarse lo siguiente:

Tao *et al.* (1999) realizaron un estudio profundo en época de lluvia sobre la ingestión de Pb a través de branquias y piel en el pez *Carassius auratus*, llegando a la conclusión de que, el Pb estaba disponible en forma de ión libre cuando hay movimiento por corrientes y cuando está adherido a pequeñas partículas, de esta manera se hace más biodisponible que otros metales, además, encontraron en las branquias del pez niveles de entre 4,07 - 56,5 ppm (mg/kg). A diferencia de este estudio, el pez bagre (*Rhamdia quelen*) que se estudió en este trabajo, no mostró bioacumulación de plomo en branquias, músculos ni piel. El plomo que no es excretado permanece en el cuerpo por periodos prolongados y se intercambia entre 3 compartimientos sangre, huesos y dientes que contienen casi la totalidad del plomo, y en otros tejidos, como el hígado, riñones, pulmones, cerebro, bazo, músculos y corazón. El plomo almacenado en los huesos y dientes puede volver a entrar a la circulación durante periodos de deficiencia de calcio, como el embarazo, lactancia y osteoporosis (EPA, 2009).

La presencia de plomo en las aguas del río de Urubamba no se registró según en el presente trabajo de investigación. Del mismo modo, ocurrió en los datos obtenidos por Granada y Escobar (2012) la concentración del plomo en el agua del río Cauca no detectó la presencia de plomo.

En el sedimento del río de Urubamba se encontró la presencia de 0,056 mg/kg de Pb. Se corrobora con los datos obtenidos por Granada y Escobar (2012), la presencia de plomo en el sedimento del río Cauca fue de 7,11 mg/kg supera los límites permisibles permitidos por la Unión Europea de 0,05mg/kg.

En este estudio se observa que, el sedimento es un reservorio importante de metales. La importancia en el análisis de los parámetros del sedimento radica en que la toma, acumulación y movilización de los metales en este medio es dependiente de varios factores. Se sabe que, la arcilla posee cargas eléctricas negativas que ocasiona que la partícula atraiga cationes.

Análisis de cobre

El Cu no se encontró en el trabajo realizado de las muestras analizadas (branquias, piel, músculos y hueso) tanto en el agua y sedimento, Rodríguez (2009) menciona que, la presencia del Cu encontrado en el músculo y tejidos de los camarones en su trabajo de investigación de Cu de 2,0 mg/kg y que es elementos esenciales para el beneficio para un buen desarrollo de las especies acuáticos.

Análisis de zinc

En el presente trabajo de investigación realizado se encontró una mínima cantidad de Zn en las muestras analizadas del pez Bagre (*Rhamdia quelen*), branquias (0,004 mg/kg), músculos (0,005mg/kg), piel (0,019mg/kg) y en el hueso (0,601mg/kg); por lo tanto, se encontró por debajo del límite máximo permisible, Tabla 5. Rodríguez (2009) menciona que, la presencia del Zn encontrado en el músculo y tejidos de los camarones en su trabajo de investigación Zn de 15,02 mg/kg y que es elementos esenciales para el beneficio para un buen desarrollo de las especies acuáticos. Según este resultado obtenidos por Rodríguez (2009), se puede mencionar que, en el presente trabajo de investigación realizado se encontró una mínima cantidad de Zn en las muestras analizadas del pez Bagre (*Rhamdia quelen*). La presencia de Zn en el agua y en sedimento en tiempo de lluvia en la muestra del río Urubamba fue, en el agua 0,998mg/L y en el sedimento 0,088mg/kg según este último estudio, puede considerarse lo siguiente. Según los datos obtenidos por Rodríguez (2009), en el análisis de agua y sedimentos encontraron en tiempo de lluvia la mayor cantidad de Zn tanto en agua y sedimento, los resultados obtenidos son muy inferiores a los límites máximos permisibles.

Pinto – Herrera (2010) menciona que, el río Urubamba fue contaminado por derrame de material de minería de los cual se encontró los metales pesados en mayor cantidad es el Pb, Zn y Cu. En el presente trabajo de investigación se observó en el agua una concentración de 0,998 mg/L de Zn y en el sedimento de 0,088mg/kg de Zn. Con estos resultados se puede afirmar que, aún existe presencia de metales pesados (Pb y Zn) en el río Urubamba contaminado por la empresa minera Caudalosa Chica.

También se han visto elevadas concentraciones de Zn en huesos, ya que este metal está involucrado en su formación. En el tejido esquelético, la deposición de Zn se hace en la

matriz de fosfato cálcico insoluble por lo que no es fácilmente movilizado, lo que contribuye al reforzamiento de la utilidad de medir Zn en huesos como indicador de contaminación a largo plazo Camusso *et al.* (1995).

CONCLUSIONES

- Los metales pesados encontrados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) durante la época de lluvia fueron:
El Pb en el huso (0,015mg/kg), en branquias, piel y músculos no se encontró.
El Zn en mayor concentración en el hueso de 0,601 mg/kg, piel 0,019 mg/kg, musculo 0,005 mg/kg y branquias 0,004 mg/kg, mientras que, el cobre no se presentó en ningún tejido.
- La concentración de zinc encontrada en el agua del río de Urubamba, no excede los límites máximos permisibles establecidos por la EPA (Environmental Protection Agency), mientras que, el plomo y el cobre no se registraron en la muestra de agua.
- La concentración de plomo presente en el sedimento fue del orden de 0,056 mg/kg, de zinc fue del orden de 0,088mg/kg, y de cobre no se detectó presencia alguna.
- Las concentraciones de metales pesados de plomo, zinc y cobre en el pez bagre (*Rhamdia quelen*), se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para consumo humano, según los límites establecidos por Organización Mundial de Salud (OMS) y Environmental Protection Agency (EPA).

REFERENCIAS

1. Amundsen, P., Staldvik, F., Ludin, A., Kashulin, N., Popova, O., & Reshetniko, J. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Science of the Total Environment*, 201, 211-224.
2. Camusso, M., Vigano, Y., & Balestrini, R. (1995). Bioconcentration of trace metals in rainbow trout. A field study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 31, 133-141.

3. Environmental, P. A. (2009). SW-846 EPA Method 3051: Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. En *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Washington DC
4. Granada, N., & Escobar, D. (2012). *Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie Rhandia wagne (barbudo) del río Cauca, en el municipio de la Virginia*. Ecuador: Universidad Tecnológica de Pereira.
5. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición. Vol. 1: Recomendaciones. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
6. Peña, C., Dean, E., Carter, A., & Ayala-Fierro, F. (2001). Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. *Distributed on the Internet via the Southwest Hazardous Waste Program*. doi:<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/tox>
7. Pinto Herrera, H. (2010). *Desastre ecológico y ambiental en Huancavelica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
8. Rodríguez A. 2009 Determinación de metales pesados en agua, sedimento y camarón rosado, La Habana.
9. Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., & Li, B. (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37, 352-357.
10. Toral, Y. (1996). *Estudio comparativo de especiación en muestras sólidas de interés medioambiental*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
11. Viessman, W., & Hammer, M. (1993). *Water supply and pollution control*. USA: Harper Collins Publishers.

ANEXOS

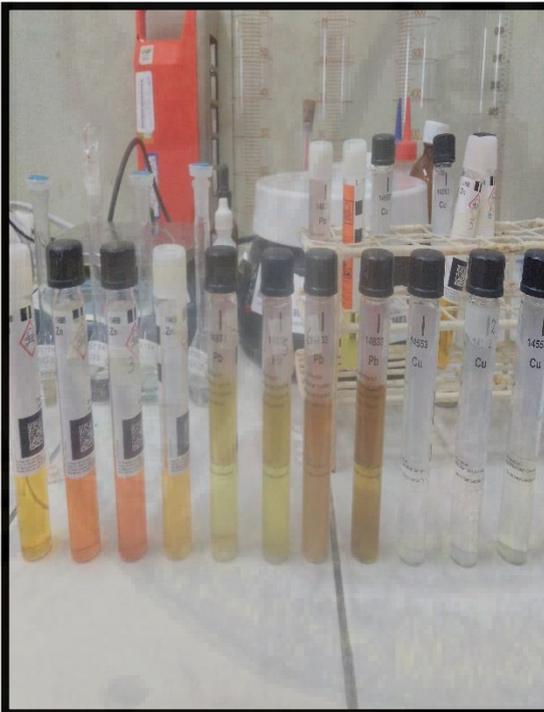
Anexo 1. Testimonio fotográfico



Fotografía 1. Preparación de las muestras para en análisis de metales pesados.



Fotografía 2. Partes del pez bagre usadas como muestras para en análisis de metales pesados.



Fotografía 3. Procedimiento de análisis de metales pesados.

Anexo 2. Materiales y Métodos

Zona de estudio

El río Urubamba del Centro Poblado de Uritúyocc, localizada en el Distrito de Marcas Provincia de Acobamba y departamento de Huancavelica está ubicada entre $74^{\circ} 23' 58''$ del meridiano de Greenwich de longitud a una altitud de 3 382m.s.n.m.



Fotografía 4. Zona de estudio (Río Urubamba).

Trabajo de campo

Para el presente trabajo las muestras se obtuvieron a través de la captura por de los peces en la zona del río de Urubamba situado en el centro poblado de Uritúyocc, de una talla comercial de aproximadamente 25 a 30 cm de longitud y de a 230 g de peso (**Fotografía 4**), durante el día. Se depositaron en bolsas de plástico, adecuadamente rotuladas para su identificación y se conservaron en hielo para su transporte hasta ser analizados.

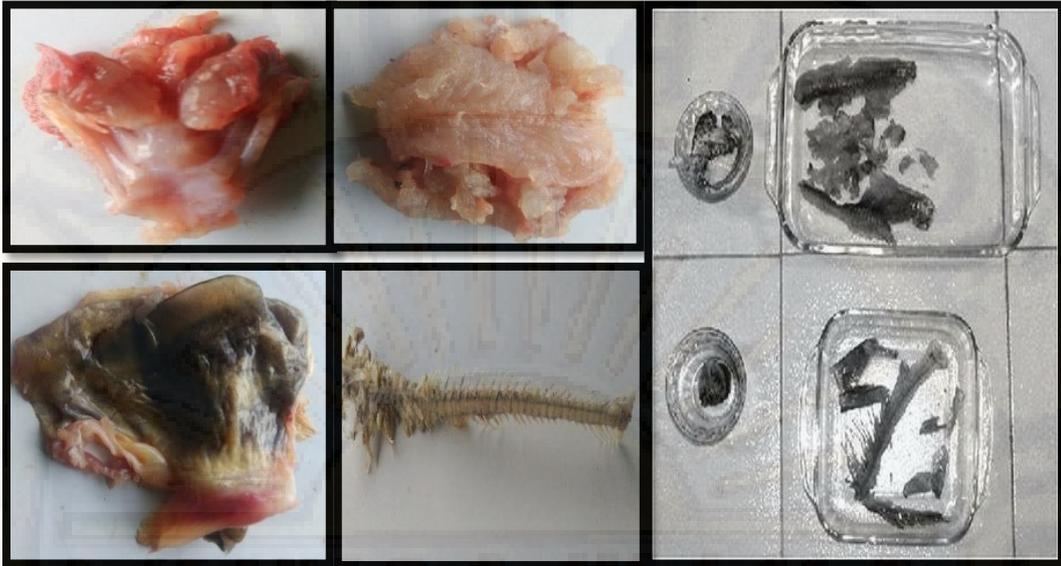
Las muestras de agua y del sedimento se tomaron en el mismo lugar donde se obtuvieron los peces realizándolo con botellas de polietileno libres de contaminación, para su transporte hasta ser analizadas. En el momento de la toma de muestras, la botella se enjuagó dos veces con el agua del río.



Fotografía 5. Pez bagre (*Rhamdia quelen*) que se utilizó en el presente estudio.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio de análisis químico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, a cada pez se le realizó una incisión ventral en plano sagital para obtener las vísceras. Las branquias, piel, músculo y hueso (todo realizado en una charola de plástico) fueron separados y colocados en refractarios de cristal. Cada tejido se procesó por separado y fue secado en una estufa a 40°C hasta masa seca (constante). Se evaluó la cinética de secado para calcular la pérdida de humedad cada 24 horas, por un lapso de seis días.



Fotografía 6. Separación del pescado en sus partes: branquias, piel, músculo y hueso.

Análisis

El análisis de las muestras se llevó a cabo en la Universidad Nacional del Centro del Perú Laboratorio de Análisis Químico y la lectura de los metales pesados se realizó por el método de espectrofotometría molecular UV - VIS, del laboratorio Central de la misma Universidad.

Digestión de la muestra

La digestión de los tejidos se llevó a cabo de la siguiente manera:

Para las branquias, músculos, hueso y piel: pesar 10 g de muestra de ceniza en una balanza y agregar 100ml de agua destilada en un vaso de precipitación y hacer hervir en una estufa hasta que la muestra este al 75 mL sacara el vaso de precipitación y hacer enfriar, una vez que esta enfriado la muestra se le agrega 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) a 6N, hacer hervir hasta que la muestra se encuentre pastoso, dejar enfriar y nuevamente agregar 100 mL de agua destilada, hacer hervir hasta que se evapora el agua, que la muestra se encuentra en forma pastoso, dejar enfriar, por último se le agrega 20 mL de agua destilada un hervor y filtrar con papel filtro a 25 mL almacenar en una fiola.

Para el sedimento: pesar 10 g de muestra y agregar 100 mL de agua destilada en un vaso de precipitación y hacer hervir en una estufa hasta que la muestra este a 25 mL del peso total, dejar enfriar, una vez que esta enfriado se le agrega 5ml de ácido clorhídrico

(HCl) a 6N y hacer hervir a fuego lento hasta que este semiseco, enfriar y echar 50 ml de agua destilada hacer hervir la muestra hasta que este pastoso sacar y hacerla enfriar, por último se le agrega 20 mL de agua destilada un hervor y filtrar con papel filtro a 25 ml almacenar en una fiola.

Para el agua: se mide 250 mL de muestra en un vaso de precipitación y hacer hervir, concentrar hasta 20 mL y almacenar en una fiola.



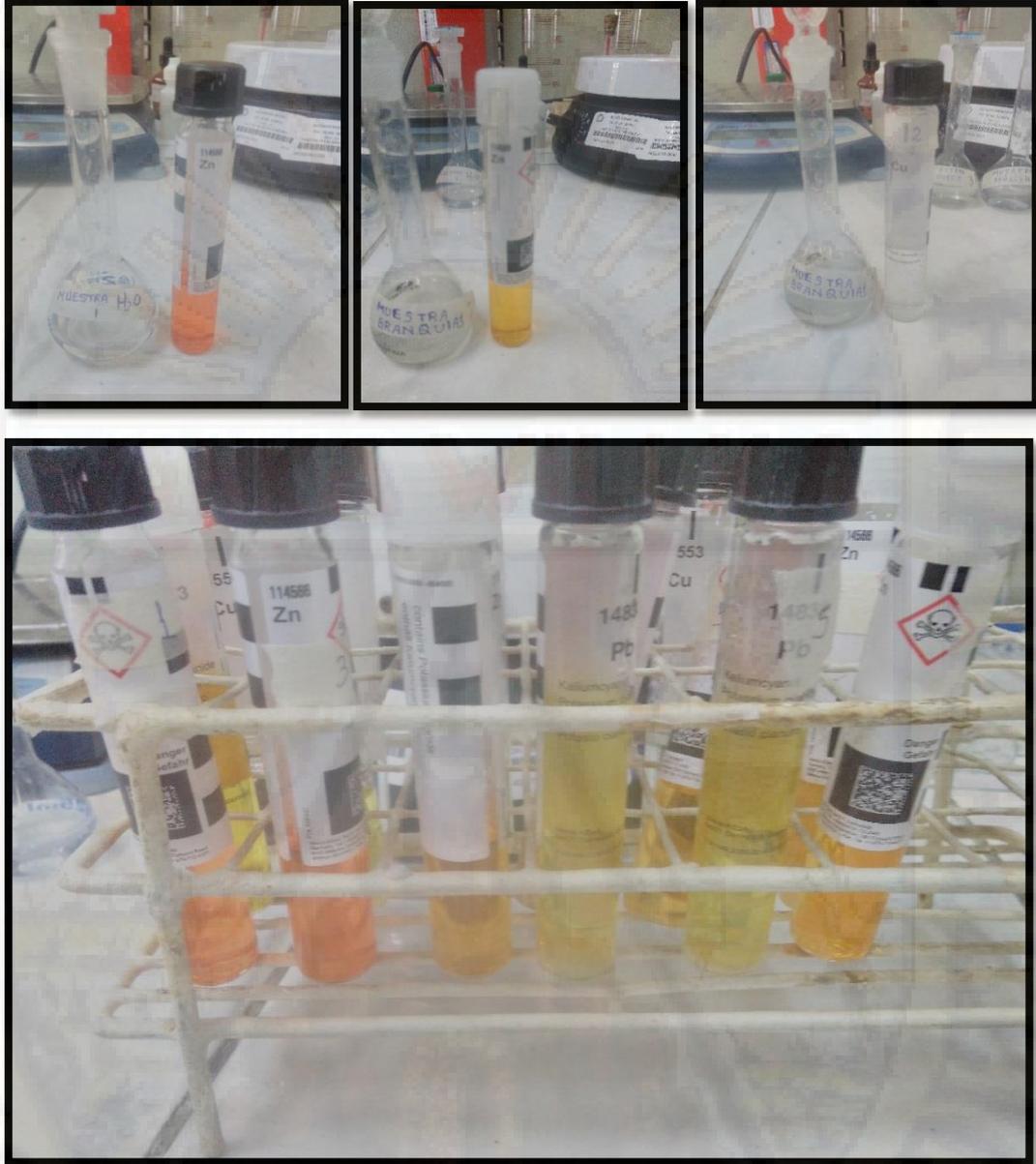
Fotografía 7. Digestión de la muestra.

Preparación de estándares para la lectura de los elementos en estudio

Para la presencia de Cobre: en un tubo de reacción se le agrega 1 mL de Cobre - I a la muestra de 5mL (branquias, musculo, hueso, piel, sedimento y agua) y agitar, luego se le agrega 5 gotas de cobre – II, agitar y dejar que tome el color.

Para la presencia de Plomo: en un tubo de reacción se le agrega 0,5 mL de Pb – I y 0,5mL Pb – II a la muestra de (branquias, musculo, hueso, piel, sedimento y agua) de 8ml, agitar y dejar que tome de color.

Para la presencia de Zinc: en un tubo de reacción de 8ml se le agrega 5 gotas de Zn – I y se le añade 0,5ml de muestra (branquias, musculo, hueso, piel, sedimento y agua), se agita y por último se agrega 5 gotas de Zn – II, agitar y dejar que tome el color.



Fotografía 8. Muestras que se digirieron, filtraron y aforaron para su análisis en el equipo.

Lectura de los metales de estudio por medio del equipo espectrofotómetro UV-VIS.

Se utilizó un espectrofotómetro UV-VIS equipo para determinar la concentración de metales presentes en el bagre (*Rhamdia quelen*),



Fotografía 9. Equipo espectrofotómetro UV-VIS que se utilizó para la lectura de metales.