



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

**Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en
dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus
carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel
Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autores:

**JUAN FERNANDO BERMEO SALINAS
ANDREA SOFÍA CÉLLERI MARÍN**

Director:

EDWIN JAVIER ZÁRATE HUGO

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Con mucho amor y respeto a mi madre,
por todo su cariño, consejos, esfuerzo y dedicación.

Andrea Céleri

A mi padre por su sabiduría y cariño,
le dedico este trabajo hecho con mucha pasión y entrega.

Juan Bermeo Salinas

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, nos gustaría agradecer a Dios por haber guiado nuestro camino en estos años de estudio y por darnos la oportunidad de haber llegado hasta este punto de nuestras vidas.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro director de tesis Edwin Zárate y a los miembros del tribunal; David Siddons y Piercosimo Tripaldi, por todo su tiempo y dedicación en este proyecto; así como también de manera muy particular a Freddy Nugra quien nos demostró su apoyo incondicional a lo largo de esta investigación, compartiendo con nosotros sus experiencias y conocimientos.

Un agradecimiento especial a la Unidad de Negocio Hidropaute parte de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP por habernos brindado su apoyo y facilitar los medios suficientes para lograr los objetivos propuestos en esta tesis; de manera especial al Ing. David Vázquez y al Ing. Pedro Alvarado.

A Estefanía Crespo, Jenny Cocha y Carlos Niveló por ayudarnos en diversos aspectos de nuestro proyecto.

Por otro lado, queremos agradecer a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con sus conocimientos y experiencias para la conclusión de este trabajo; Finalmente el más sincero agradecimiento a nuestras familias, quienes han sido parte de este proceso con mucho apoyo, amor y confianza. A nuestros padres: Fernando Bermeo, Ana Marina Salinas; Nancy Marín, Claudio Célleri. A nuestros abuelitos: Sara Salinas; Benjamín Serrano, Elvia Sarmiento.

Y yo Andrea, quiero agradecer a mi esposo Manuel Escudero por su apoyo total e incondicional, gracias por estar siempre ahí.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	2
1.1 El Problema	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivos Generales.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbum 1792	11
2.2 <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus 1758	12

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	15
3.1 Área de Estudio	15
3.2 Metodología de Pesca.....	16
3.3 Fotografía	17
3.4 Disección	18
3.5 Escamas	18
3.6 Análisis estomacales.....	19
3.7 Metodología de Laboratorio.....	20
3.8 Diseño Estadístico	21
3.9 Morfometría geométrica.....	22
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	23
4.1 Resultados	23
4.2 Discusiones.....	30
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXOS	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	11
Figura 2.2 Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i>).....	12
Figura 3.1 Mapa de la Represa Daniel Palacios- Central Hidroeléctrica Paute.....	16
Figura 3.2 Medición de ejemplares.....	17
Figura 3.3 Escamas de (a) <i>Cyprinus carpio</i> (b) <i>Oncorhynchus mykiss</i>	19
Figura 3.4 Estómago de <i>Cyprinus carpio</i>	20
Figura 4.1 Selección de individuos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	25
Figura 4.2 Selección de individuos de <i>Cyprinus carpio</i>	25
Figura 4.3 Relación entre la concentración de arsénico en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en <i>Oncorhynchus mykiss</i>	27
Figura 4.4 Relación entre la concentración de arsénico en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en <i>Cyprinus carpio</i>	28
Figura 4.5 Relación entre la concentración de mercurio en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en <i>Cyprinus carpio</i>	28

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Descriptivos de la muestra	24
Tabla 4.2 Concentración (ppb) de metales presentes en las especies	26
Tabla 4.3 PCA de los metales pesados y la forma de los ejemplares de <i>O. mykiss</i> y <i>C. carpio</i>	29
Tabla 4.4 Análisis físico químico del Embalse Amaluza, noviembre 2015.	30

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos y coordenadas para colocación de redes.....	44
Anexo 2. Clúster para la selección de individuos.	45
Anexo 3. Taxones encontrados en el análisis de contenido estomacal de las truchas	46
Anexo 4. Taxones encontrados en el análisis de contenido estomacal de las carpas.....	47
Anexo 5. Límites máximos permisibles para carne de pescado – Unión Europea (2015)	48
Anexo 6. Características morfométricas y concentración de metales pesados En O. mykiss y C. carpio, noviembre 2015.....	49
Anexo 7. Resultados de la prueba shapiro wilks para comprobar la normalidad de datos de las especies Onchorynchus mykiss y Cyprinus carpio.....	50
Anexo 8. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección – TULSMA (2015)	51
Anexo 9. Límites máximos permisibles para la preservación de Flora Y Fauna – TULSMA (2015).....	52
Anexo 10. Registro Fotográfico.....	53

CUANTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE METALES PESADOS PRESENTES EN DOS ESPECIES DE PECES (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), Y SU RELACIÓN CON EDAD Y TAMAÑO EN EL EMBALSE DANIEL PALACIOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PAUTE – MOLINO

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la concentración de metales pesados (Cd, Pb, As, Hg) en los hígados *Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*, especies presentes en el embalse Daniel Palacios, y su relación con tamaño y edad.

En *O. mykiss* se determinó que existe una relación directa y alta entre la longitud y el arsénico; en *C. carpio* se encontró relación en la concentración de arsénico y la longitud, la cual es moderada- leve pero inversa, al igual que la concentración mercurio-peso de los individuos, es moderada y también inversa. Por último, se determinó que no existe relación entre la concentración de los metales pesados analizados y la morfometría de las dos especies.

Palabras Clave: Bioacumulación, cadena alimenticia, metales pesados, morfometría, nocivo, peces.




Edwin Javier Zárate Hugo

Director del Trabajo de Titulación




Andrea Sofía Célleri Marín



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Director de Escuela



Juan Fernando Bermeo Salinas

Autores

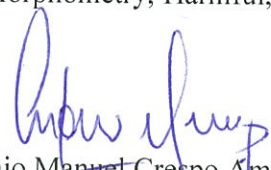
**QUANTIFYING THE AMOUNT OF HEAVY METAL IN TWO FISH SPECIES
(*Oncorhynchus mykiss* and *Cyprinus carpio*), AND ITS RELATIONSHIP WITH
AGE AND SIZE AT THE DANIEL PALACIOS DAM, PAUTE- MOLINO
HYDROELECTRIC PROJECT**

ABSTRACT

This research determined the concentration of heavy metals (Cd, Pb, As, Hg) in the livers of *Cyprinus carpio* and *Oncorhynchus mykiss*, species found in the *Daniel Palacios* Dam, and its relation to size and age. It was established that there is a direct and high ratio between length and arsenic in *O. mykiss*. A relationship was found in the concentration of arsenic and length in *C. carpio*, which is moderately-mild but reverse, just as the concentration of mercury-weight of the individuals is moderate and also reverse. Finally, it was determined that there is no relationship between the concentration of the heavy metals analyzed and the morphometry of the two species.

Keywords: Bioaccumulation, Food Chain, Heavy Metals, Morphometry, Harmful, Fish.


Edwin Javier Zárate Hugo
Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia
School Director


Andrea Sofía Céleri Marín


Juan Fernando Bermeo Salinas

Authors


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Célleri Marín Andrea Sofía

Bermeo Salinas Juan Fernando

Trabajo de Titulación

Blgo. Edwin Javier Zarate Hugo

Octubre, 2016.

**CUANTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE METALES PESADOS
PRESENTES EN DOS ESPECIES DE PECES (*Oncorhynchus mykiss* y
Cyprinus carpio), Y SU RELACIÓN CON EDAD Y TAMAÑO EN EL
EMBALSE DANIEL PALACIOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO
PAUTE – MOLINO**

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son muy peligrosos para el medio ambiente y los organismos vivos, estos se incorporan en la cadena alimenticia mediante procesos de bioacumulación los cuales se incluyen dentro de la dieta humana produciendo efectos nocivos en la salud. El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de metales pesados (Cd, Pb, As, Hg) en los hígados de dos especies presentes en el embalse Daniel Palacios en la provincia del Azuay, carpa común (*Cyprinus carpio*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su relación con tamaño y edad. En los individuos de trucha arcoíris se determinó la existencia de bioacumulación progresiva de arsénico con relación a su tamaño; así, en los individuos de carpa común podemos decir que existe una relación inversamente proporcional entre el mercurio y su peso; para el arsénico existe una débil relación de bioacumulación entre la concentración del metal y su longitud; con el resto de metales analizados no encontramos ningún tipo de relación. Por último se determinó que no existe relación entre la concentración de los metales pesados analizados y la morfometría de las dos especies.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 El Problema

El agua es el elemento vital al cual estamos asociados todos como seres humanos, a partir de las necesidades básicas que estas nos brinda para satisfacer nuestras necesidades, a través del tiempo hemos ido demandando diferentes clases de servicios a través del cual esta nos puede ayudar tanto como: transporte, industria o inclusive para generar otro de nuestros servicios básicos como es la electricidad; La llamamos energía hidroeléctrica, la cual se obtiene a partir de la energía que produce el agua. Para obtener este tipo de energía es necesario la construcción de una represa que reúna toda la cantidad de agua de una fuente determinada, la cual posteriormente moverá grandes turbinas gracias a su presión, esto pasará a un generador y se producirá la electricidad. Sin embargo, la construcción de una presa representa la alteración al sistema biótico de un determinado lugar, tanto en su flora, fauna, tipo de suelo y el ambiente en general.

El Ecuador tuvo su primera Hidroeléctrica en el año 1976 (Proyecto Hidroeléctrico Paute) con alrededor de 120.000.000 de metros cúbicos de agua embalsada, a la cual llegan las aguas de todos los ríos de la cuenca del río Paute trayendo desechos y sedimentos los cuales se encuentran acumulados a través de todos estos años de funcionamiento. Diferentes especies ícticas fueron acumulándose y se han adaptado a las condiciones del embalse y con ello las personas que viven junto a estas orillas se han habituado a consumir la carne de estas especies.

1.2 Justificación

Debido al conocimiento del tiempo que tiene el embalse y a todas las industrias que han descargado sus aguas en los ríos o a los accidentes ocasionales que han sucedido a lo largo del tiempo, creemos que en las aguas y en los sedimentos se han depositado ciertos metales pesados que pueden causar daño a la salud, los mismos que pueden formar parte de los alimentos consumidos como son los peces del embalse. Además, si consideramos los 40 años de existencia del embalse, es normal considerar que llegaron allí vía los ríos y riachuelos que recogieron los efluentes de muchas industrias, los mismos que traían cantidades importantes de metales pesados.

Por lo tanto este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la cantidad de metales pesados que contienen dos de las especies más comunes que habitan en el embalse: la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y conocer si su tamaño y edad están relacionados con la mayor o menor concentración de metales pesados; con el fin de dar a conocer si existe bioacumulación de metales pesados y los posibles daños que causaría consumir este tipo de peces a largo plazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

Determinar las concentraciones de metales pesados en dos especies de peces (*Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*) y analizar su concentración respecto a la edad y tamaño del espécimen en el embalse Daniel Palacios.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Cuantificar la cantidad de metales pesados en los hígados de las especies (*Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*)
- Determinar el ámbito alimenticio de las dos especies de peces

- Analizar los cambios en las características morfológicas de *Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss* en diferentes rangos de tamaño, peso y edad en relación a los metales pesados

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

El desarrollo tecnológico, el crecimiento poblacional y la industrialización son factores que contribuyen a que ingresen al ambiente de manera continua un gran número de sustancias tóxicas, dichos contaminantes son aquellas formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un sistema y causa impactos negativos en el medio ambiente, entre estos contaminantes tenemos los pesticidas, aceites y grasas, y los metales pesados (Jimenez, 2012).

Los metales pesados son bioacumulables y persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados, ni mediante procesos biológicos ni de forma antropogénica (Días, 2013). Los metales son de interés ya que son particularmente tóxicos y constituyen un riesgo serio para el medio ambiente. Estas sustancias son de una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos, generándose una contaminación por bioacumulación y tienen un efecto de biomagnificación en la concentración del contaminante a lo largo de la cadena trófica. Alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas (Mancera & Alvarez, 2006). Se agrupan sustancias como cadmio y mercurio, principales contaminantes dentro de este grupo de sustancias, además de otras como cromo, cobalto, cobre, molibdeno, níquel, arsénico, plomo, estaño, titanio, vanadio, zinc o plata. De todos los metales pesados, los más tóxicos son el mercurio, plomo, cadmio y arsénico que constituyen un riesgo para el medio ambiente, ya que son sustancias con una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación. La presencia de metales pesados en ecosistemas acuáticos se distribuye a lo largo de la columna de agua (agua, sedimentos y biota), donde los organismos acuáticos absorben los metales. Es por eso que el estudio de la bioacumulación de los contaminantes comprende biodisponibilidad,

velocidad y magnitud con la que el contaminante es incorporado, distribuido, metabolizado y eliminado por los organismos acuáticos. (Carrquiriborde, 2004). Por lo tanto el conocimiento de los niveles del contaminante en los tejidos es importante porque permite evaluar la magnitud de una respuesta biológica directamente en relación con la cantidad del tóxico en el ecosistema acuático (Peña, 2013).

Los metales pesados ingresan a los sistemas debido a actividades antropogénicas como, cultivos, minería o mal manejo de residuos de las industrias, estos por procesos de erosión o meteorización, ingresan al ciclo biológico del agua y por escorrentía se filtran hasta llegar a fuentes de agua donde se depositan en los sedimentos, entrando a la cadena alimenticia de muchas especies. Estos contaminantes son conservativos, es decir, no son eliminados de los sistemas acuáticos ya que no están sometidos al ataque bacteriano y no se disipan, pero reaccionan de varios modos con organismos de la biota (Corrales, 2013). Sin embargo, el comportamiento de un elemento depende de las especies particulares con las que están en contacto y la mayor reactividad de una especie no necesariamente coincidirá con la mayor concentración del metal en esa forma química. De allí que el comportamiento de un elemento en el ambiente (biodisponibilidad, toxicidad, distribución, entre otros.) no pueda predecirse basándose en su concentración total (Castañé et al. 2003). En la Provincia del Azuay por muchos sectores se encontraron numerosas mineras clandestinas a lo largo de los años, las cuales no procesan bien sus residuos y los metales que utilizan; los cuales pasan a los diferentes cuerpos de agua que llegan a verter sus aguas en el río Paute y por lo tanto deben encontrarse acumulados en los sedimentos del embalse. Los metales presentes en los sedimentos pueden ser liberados a la columna de agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, concentración de oxígeno disuelto y la presencia de quelatos orgánicos (Rojas, 2011).

La captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influidos no sólo por su concentración; también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente (Castañé et al. 2003). En el caso de los peces

al estar continuamente expuestos a los metales que se encuentran en los sedimentos, sufren un proceso de bioacumulación en sus organismos; Por otro lado la exposición de metales pesados presenta negativamente un efecto sobre el desarrollo embrionario y el crecimiento larval en los peces pudiendo reducir el tamaño de las poblaciones de peces o incluso causar la extinción de la totalidad de la población de peces en embalses contaminados (Pilgrim, 2009). También se ha demostrado que pueden afectar a sus órganos vitales como el hígado y los riñones causando malformaciones. Por lo tanto en etapas de desarrollo y crecimiento afecta la longitud, peso y tamaño de los ejemplares causando asimetrías morfológicas en el cuerpo de los peces (Zeinab & Abdel, 2015). Sin embargo, la absorción de metales pesados en peces no solo se da por su alimentación. Betancourth (2011) nos explica que existen dos formas en las cuales el pez puede incorporar metales a su organismo: por ingreso directo a través de las branquias, la piel o a través de los alimentos que consume, todo esto depende de la especie que representa y el rol que cumpla esta especie.

Los diferentes métodos de absorción contienen diferentes cantidades del metal según las diferentes partes de su cuerpo; por ejemplo, Jave (2005) encontró diferencias en los patrones de concentración del metal en cada órgano diferente: hígado, branquias, hueso, piel y riñón para metales como el hierro, plomo, zinc y níquel, sin embargo, el hígado al ser un órgano de desintoxicación, tiende a acumular mayor cantidad de residuos como metales pesados.

El mercurio, un metal noble que puede ser encontrado de manera natural en el ambiente, al ser un elemento muy volátil, puede recorrer grandes distancias hasta ser depositado en un sedimento, el mismo que es removido por aire o lluvias. Es utilizado para diferentes actividades humanas, el cual puede llegar a ser tóxico para diferentes organismos vivos al ser liberado desde distintas fuentes; Las fuentes antropogénicas son varias: el uso del mercurio como fungicida, herbicidas y conservadores de semillas en la agricultura; la papelería, la industria electroquímica, su uso en pinturas y pilas, la industria de los catalizadores, la combustión de carbón, residuos industriales, entre los más importantes. (Doadrio, 2004). El mercurio constituye un contaminante sumamente agresivo del medio

ambiente, se puede encontrar en sus estados de oxidación, Hg (0), Hg (I), Hg (II) y en todos los estados de agregación, sólido líquido y gaseoso. Sin embargo, es más común encontrarlo en medios acuáticos en forma de metilmercurio que en los suelos en forma de dimetilmercurio. El mercurio se acumula en sedimentos en la base de los cuerpos de agua, donde los microorganismos como bacterias que viven allí pueden convertirlo a la forma orgánica del metilmercurio, que es sacado por los gusanos y otros animales pequeños que viven en los sedimentos (Mancera & Alvarez, 2006). Pero por otro lado la capacidad de retener mercurio por parte de los sedimentos puede retrasar la eliminación de la contaminación por muchos años (García, 2010).

De las especies orgánicas, la que más interés tiene es el metil mercurio (CH_3Hg^+), que es acumulado por los animales marinos, y por tanto incorporado a las cadenas tróficas con facilidad. El metilmercurio se acumula tanto en las vísceras como en los músculos de los peces y se convierte en un producto altamente tóxico al ser ingerido con regularidad ya que la concentración en el cuerpo se acumula con el tiempo. El mercurio se ha constituido en uno de los elementos de contaminación más importantes con efectos sobre la salud pública, debido a que se estableció que las personas o poblaciones expuestas a niveles bajos pueden desarrollar alteraciones en las funciones del sistema nervioso (Lebel et al 1996). Es por eso que no es recomendable consumir especies que están propensas a una contaminación inminente.

Una de las enfermedades que se produce al consumir productos marinos que contengan compuestos de metilmercurio es la enfermedad de Minamata, enfermedad descubierta en 1956 en el Japón la cual produce un desorden neurotoxicológico que puede inhibir las funciones del cuerpo. El cual se produjo gracias a una planta de producción de acetaldehído que vertía sus efluentes directamente sobre la Bahía de Minamata sin ningún tipo de responsabilidad, lo que provocó la contaminación de plantas y peces, los cuales consumían los habitantes del Distrito de Tsukinoura. (Ministerio del Ambiente del Japón).

El plomo es un metal suave, de color azul-grisáceo. Se encuentra en su forma natural, pero una buena parte de su presencia en el medio ambiente se debe a su uso histórico en pinturas y gasolinas, así como a diversas actividades mineras y comerciales. (Ferrada, 2012). Es común encontrarlo como sulfuros, carbonatos o fosfatos en las rocas ígneas. El plomo también ingresa a los sistemas acuáticos a través de escorrentía o sedimentación ya que este se utiliza en pinturas, gasolinas, esmaltes o insecticidas, todos para la industria.

Se considera un metal pesado que causan serias enfermedades; se acumulan en tejidos humanos, especialmente en el riñón y el pulmón, alterando sus funciones básicas y provocando efectos tóxicos como neumonía, disfunción renal y enfisemas. (Mancera & Alvarez, 2006), Los animales que están expuestos a la contaminación por plomo presentan mutaciones y afecciones en su función motora.

El cadmio es un metal que lo podemos encontrar fácilmente en la corteza terrestre, comúnmente relacionado con el zinc y sus extracciones con el cual se lo encuentra de manera natural. Es un constituyente en algunas rocas, encontrándose en forma de sulfuro, carbonato y óxido de cadmio, de esta forma son prácticamente insolubles en agua, pero en la naturaleza se pueden transformar a compuestos más solubles, como nitratos y haluros. (García, 2002). Sin embargo, miles de toneladas de cadmio son liberadas en el ambiente a diario como residuos de pinturas, combustibles o baterías, el cual puede depositarse tanto en lodos o aguas residuales después de haber recorrido grandes distancias; y esto a su vez implica la contaminación de diferentes especies terrestres y acuáticas que estén expuestas a este contaminante. Las lombrices y otros animales esenciales para el suelo son extremadamente sensibles al envenenamiento por cadmio; pueden morir a muy bajas concentraciones y esto tiene consecuencias en la estructura del suelo. Por otro lado, cuando llega a depositarse en los sedimentos de los sistemas acuáticos, este se convierte en alimento de numerosas especies como son los peces, en el caso de los ríos o lagunas. En agua dulce, el cadmio puede estar frecuentemente unido a sustancias orgánicas, especialmente en plantas que contienen clorofila. (Pezo et al 1992). La contaminación en mares puede afectar a mejillones, ostras, camarones y demás; Sin

embargo, estos son menos sensibles a la toxicidad del cadmio. En peces, el cadmio afecta a varios sistemas enzimáticos, como los involucrados en la neurotransmisión, transporte transepitelial, metabolismo intermediario, actividad antioxidante y oxidasas de función mixta. También se han visto deformidades en el esqueleto a exposiciones de bajo nivel. (García, 2002). Un estudio realizado por Ossana, Bettina, & Salibián (2009) sobre cómo afecta el comportamiento de *Cyprinus carpio* en presencia de cadmio, confirma que este metal altera su actividad natatoria y su preferencia lateral como altitudinal.

El arsénico, un metal conocido como un agente cancerígeno (Del Razo et al 1990). Se presenta en forma natural en rocas sedimentarias, rocas volcánicas (forma el 0,00005% de la corteza terrestre) y en aguas geotermales. (Lozano. 2014); también se lo encuentra como materia de desecho o “ganga” en muchos minerales y puede ser liberado al ambiente por la actividad volcánica, erosión de depósitos minerales y por diversas actividades humanas. (Albores. Et.al. 1997), como: residuos de herbicidas o insecticidas, residuos de pegamentos, la industria del vidrio, la industria de la fundición; y todo esto llevado por mal manejo de residuos en general.

En las fases acuosas, el arsénico forma precipitados insolubles con un cierto número de elementos (Ca, S, Ba, Al, Fe), lo que resulta en la eliminación de los compuestos de arsénico del agua. En los micro-organismos, las plantas y los animales, existe metilación y reducción de los compuestos del arsénico, favoreciendo la producción de compuestos del arsénico, que son estables físico-química y biológicamente (Lenntech, 2015).

2.1 *Oncorhynchus mykiss* Walbum 1792



Figura 2.1 Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

La Trucha Arcoíris, es una especie nativa de las cuencas que drenan al Pacífico en Norte América, fue introducida a todos los continentes menos en la Antártida, aproximadamente desde 1874 con fines recreativos como es la pesca deportiva. Como resultado se han creado diferentes cepas con el objetivo de un mejoramiento genético de la especie (Walbaum, 1792).

Oncorhynchus mykiss es una especie de crecimiento rápido capaz de adaptarse a diferentes hábitats, pueden vivir tanto con ríos de aguas correntosas bien oxigenadas o en lagos. Soporta gamas de temperatura en entre 0 y 27 °C; sin embargo el desove y crecimiento deben ocurrir en un rango de 9 a 14 °C. (Walbaum, 1792). La trucha Arcoíris, posee una forma alargada, con una coloración azulada o verde oliva, salpicado de manchas negras por casi todo el cuerpo. Una característica muy distintiva de la trucha arco iris es la franja de color rosado que se extiende a lo largo de cada lado de la línea lateral hasta la cola. (Luonportti, 2015). Sin embargo su coloración varía con el habitat, tamaño y condición sexual (Walbaum, 1792). Su dieta está compuesta por elementos de origen animal, vegetal y ocasionalmente de sustratos como arenillas o piedras pequeñas (Palma et al 2002).

En Ecuador la siembra de trucha se inició en 1928, mediante un acuerdo entre el gobierno y una empresa canadiense que seleccionó ríos, riachuelos y lagos de la región interandina para el cultivo de esta especie. (Mora, Uyaguari, & Osorio, 2014). El descontrolado cultivo de esta especie ha llevado a causar graves problemas en el ambiente acuático, ya que estamos hablando de una especie introducida y por tanto invasora, al ser de crecimiento rápido a llegado a desplazar especies nativas, las cuales han tenido que luchar por sus recursos y espacios para coexistir.

2.2 *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758



Figura 2.2 Carpa común (*Cyprinus carpio*)

La carpa común es una especie que vive en corrientes medias, adaptada a las aguas de curso lento o estancadas, poco profundas y eutróficas, con fondos fangosos donde preferentemente habitan. Es una especie omnívora, la cual busca sustento en las capas medias o superiores del agua. Se alimenta de insectos, moluscos, larvas, zooplancton o inclusive de peces más pequeños. Su cuerpo generalmente es alargado, comprimido y robusto, de color cobre o dorado, a diferencia de sus aletas que son más oscuras; posee dos pares barbillas cerca de la boca; el par superior es pequeño y apenas perceptible, el par inferior es largo y prominente (Luontoportti, 2015). Posee labios gruesos y dientes faríngeos 5:5 y dientes con coronas aplanadas (Linnaeus, 1758). Los adultos levantan las raíces y destruyen la vegetación sumergida, lo que perjudica el hábitat de otras especies.

Además, levantan el sedimento y contribuyen al enturbiamiento del agua, con efectos nocivos para otras especies (Linnaeus, 1758). Su cuerpo puede llegar a pesar hasta 37,3 kg, que es el mayor peso registrado hasta el momento y puede llegar a medir hasta 120 cm. Actualmente la carpa tiene una distribución mundial, lo cual se debe a numerosas introducciones de la especie. Esta población original está ahora bajo amenaza, por lo que actualmente está clasificada como vulnerable por la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (Biopedia, 2015).

La represa Daniel Palacios Izquierdo es una obra que fue construida desde 1978, sin duda alguna fue una de las obras más grandes e importantes para nuestro país la cual aún nos abastece de energía eléctrica a todo el Ecuador con una capacidad para almacenar 120 millones de metros cúbicos de agua. Como toda gran obra existen problemas técnicos y naturales contra los que se lucha día a día como es el problema de los sedimentos. El fenómeno hidrogeológico de La Josefina, en 1993, tuvo incidencia en la Central Paute, por el arrastre de grandes cantidades de sedimento durante el desfogue violento de las aguas represadas durante un mes. Actualmente los sedimentos que ingresan al embalse atribuidos a la erosión de la cuenca del río Paute aproxima una tasa anual de 2,252 Hm³. Para evitar que los sedimentos taponen las tomas de carga y el desagüe de fondo de la represa se emplea una draga de succión con cortadores hidráulico por chorro en los primeros 1,000 m hacia aguas arriba del embalse (Castillo, 2013).

Otro de los problemas a los cuales se enfrenta el embalse es la presencia de *Euchornia crassipes* o también llamados Jacintos de Agua, la cual tiene acelerados ritmos de crecimiento y su extensión ocasiona graves problemas a los embalses. En el embalse Amaluza este problema obstruye el libre tránsito de la draga, haciendo más difícil la evacuación de sedimentos (Alvarado, 2012). Se han realizado múltiples estudios en los cuales se busca aprovechar su masa y transformarlos en fertilizantes orgánicos y biogás, sin embargo, se sigue trabajando en estos procesos ya que la cosecha de las macrófitas no es un proceso sencillo.

Los problemas de sedimentación acarrear otros inconvenientes en la biota acuática como es la eutrofización; la retención masiva de sedimentos ocasiona un aumento de biomasa e impide un normal funcionamiento en la vida acuática. Diversos estudios han puesto de manifiesto que la creación de un embalse produce importantes cambios en las comunidades de peces continentales, siendo normalmente las especies reófilas que ocupan ambientes loticos, sustituidas por especies adaptadas a ambientes lenticos (Prenda, 2002).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en la represa Daniel Palacios Izquierdo o también llamada “Represa Amaluza” esta se encuentra en el río Paute, en la zona austral del Ecuador, específicamente en la región oriental de la provincia del Azuay.

La represa Daniel Palacios Izquierdo es una presa de hormigón tipo arco de gravedad de 170 m de altura y longitud de coronación de 420 m. Genera un embalsamiento de agua de 120 Hm³ con un volumen útil de 100 Hm³, cuyos niveles normales de fluctuación oscilan entre los 1991 y 1935 m.s.n.m. El embalse corresponde a la región bioclimática templado húmedo a muy húmedo, de régimen oriental con una temperatura media anual entre los 12°C a 18°C y precipitación promedio entre 2,000 y 3,000 mm, presentando lluvia frecuente durante todo el año (Abad, 2009). Forma parte del Bosque Montano (Sierra, 1999) y parte del piso zoo geográfico Templado (Albuja, 2011).

Para este presente estudio, se realizó un punto de muestreo abarcando una extensión de 135,5 metros a una distancia de entre 464,94 metros y 574,31 metros de la compuerta de la represa. Aprovechando los lugares que permitían acceso, se colocó tres redes trasmallo separadas entre 53,5 metros y 82,4 metros entre sí. (Anexo 1)

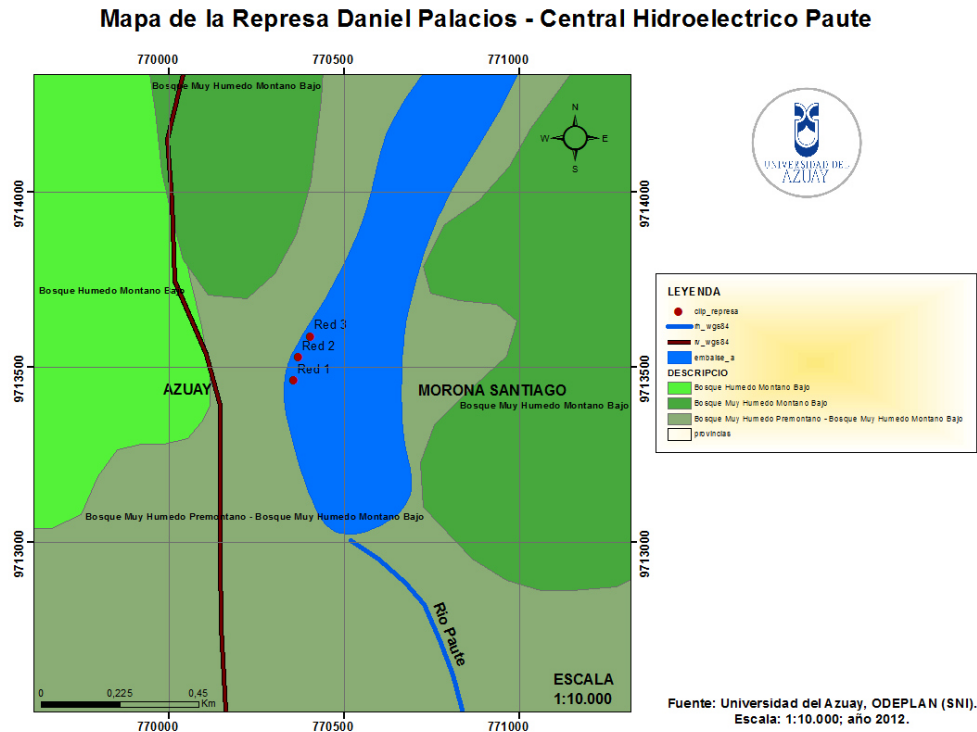


Figura 3.1 Mapa de la Represa Daniel Palacios- Central Hidroeléctrica Paute

3.2 Metodología de Pesca

El proceso de pesca fue realizado mediante la técnica de trasmallos, la cual es la unión por superposición de dos o más redes tejidas con igual o diferente luz de malla para aumentar la captura de las especies acuáticas. (Linares, 2012). Para nuestro proyecto se trabajó con trasmallo de tres redes, las dos externas con luz de malla más grande que la interna y en los tres puntos de muestreo se utilizaron redes con diferente ojo de malla con el objetivo de tener una amplia variedad de tamaños en los individuos. Los trasmallos utilizados fueron de 18, 15 y 20 metros, con un total de 53 metros de largo.

Las redes se instalaron al atardecer (5:30 pm) y se revisaron la mañana siguiente entre las 8h00 y 12:30 con tiempos de captura de unas 12 horas. Los peces fueron retirados uno a uno muy cuidadosamente para evitar que se lastimen, ya que luego serían fotografiados para obtener los datos de morfometría. Según los protocolos expuestos en el manual de

ictiofauna propuesto por Eduardo Sostoa y sus colaboradores en 2005; para muestreo y análisis de ictiofauna, recomiendan tomar medidas biométricas como: peso, longitud furcal y estado sanitario, a cada individuo antes de ser devueltos al agua de manera inmediata; sin embargo, como nuestro proyecto requería la colección de los mismos, los individuos fueron colocados en baldes con agua, lavados y transportados en un cooler, donde fueron almacenados en un congelador hasta sus próximos análisis. Fue indispensable congelar todos los peces y descongelarlos según como se iba avanzando el proyecto debido a que la descomposición de estos individuos es muy acelerada.

3.3 Fotografía

Para el análisis morfométrico obtuvimos fotografías de cada individuo de las dos especies; Se obtuvieron 71 fotografías en total, 50 pertenecientes a *Cyprinus carpio* y 11 a *Oncorhynchus mykiss*, las cuales fueron tomadas con una cámara de teléfono celular, Sony Z3, de 20 megapíxeles. En todas las fotografías se utilizó un fondo blanco, en este caso utilizamos espuma flex ya que necesitábamos abrir las aletas de cada pez para mejor observación y esto se lograba con la ayuda de alfileres. Por otro lado, se utilizó un patrón (cinta métrica) la cual sirvió para obtener las medidas necesarias de cada ejemplar como se puede apreciar en la (Figura 3.4).



Figura 3.2 Medición de ejemplares

3.4 Disección

En la extracción de tejido, se realizó un corte cerca de la cabeza, otro cerca de la aleta caudal y uno en el vientre, el cual nos permitió levantar el musculo y encontrar el hígado, el mismo que se encontraba rodeando los intestinos en el caso de *Cyprinus carpio*, por lo que se debía extraer muy cuidadosamente y fueron colocados en fundas ziploc debidamente etiquetados. Además, se tomaron muestras de escamas para establecer su edad y estómagos para determinar su dieta. Todas estas muestras fueron llevadas nuevamente al congelador.

3.5 Escamas

Para determinar la edad de los individuos optamos por escoger el método de conteo de anillos en las escamas. Las escamas son estructuras exoesqueléticas de los peces, que resultan en el caso de los Teleósteos, de un ensanchamiento de la placa basal ósea y una reducción del dentículo dérmico, presentándose como una lámina delgada, que se va incrementando en tamaño por oposición de círculos concéntricos de osificación (Echeverría, 2009). Es uno de los métodos más directos de determinar la edad de un individuo.

Cyprinus carpio posee escamas grandes, muy visibles y manejables, por lo tanto, podemos decir que cada círculo más destacado que se observa en la escama es un invierno, por lo tanto, cada anillo estrecho y más marcado que encontremos (anular) es un año de vida de una carpa. (Saincarp, 2009). En el caso de *Oncorhynchus mykiss*, sus escamas eran bastante pequeñas, y sus anillos son bastante numerosos, en consecuencia, era importante no confundir los anillos finos que se observan en el interior del círculo grande ya que estos no marcan años sino meses o inclusive semanas. (Saincarp, 2009). Es por esta razón que para la Trucha arcoíris no se trabajó con años sino con meses de vida.

Las escamas pasaron por un proceso de lavado y cepillado para eliminar todos los residuos de mucosidad que poseían; sin embargo, las escamas tenían que encontrarse bajo constante humedad, para evitar su deterioro y la contracción lo que impide la observación de sus anillos.

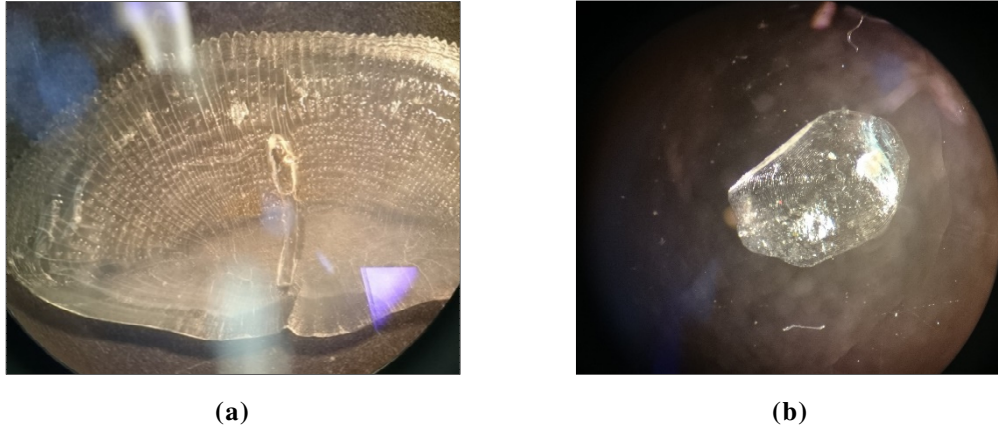


Figura 3.3 Escamas de (a) *Cyprinus carpio* (b) *Oncorhynchus mykiss*

3.6 Análisis estomacales

Los estómagos de todos los individuos separados debidamente por especie fueron lavados y colocados en Alcohol al 70% y llevados al laboratorio en el cual fueron analizados. Para la extracción de los contenidos estomacales se utilizó un bisturí de acero inoxidable y pinzas entomológicas. Se procedió a realizar un corte vertical a lo largo del estómago el cual posee una forma de U, todo esto fue colocado en una caja Petri y llevado al estereoscopio. (Anexo 3) (Anexo 4)



Figura 3.4 Estómago de *Cyprinus carpio*

3.7 Metodología de Laboratorio

Los análisis de metales pesados fueron realizados mediante espectrometría de absorción atómica, el cual es un método instrumental que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador o pre-quemador para crear una niebla de la muestra. (Ribón, 2013). Los análisis de cadmio, plomo y arsénico se analizaron mediante el horno de grafito el cual es el resultado de la necesidad de contar con una técnica que empleara volúmenes mínimos de la muestra, por su elevada sensibilidad (niveles de ppb). Por otro lado, el mercurio fue analizado mediante el generador de hidruros, método que sirve para determinar los elementos que forman hidruros covalentes volátiles (Gallarta Et.al. 1992).

Los hígados recolectados de los especímenes fueron analizados de la siguiente manera: A través de la balanza analítica se pesaron los tubos vacíos, previamente lavados y secados, y se añadió una porción de tejido que se volvió a pesar junto con el tubo y la muestra. Una vez realizado el procedimiento anterior se añadió 10 ml de Ácido Nítrico en cada tubo, los cuales se colocaron en el soporte de carrusel y se dejaron en el microondas Mars One Touch, durante una hora aproximadamente; media hora con su potencia máxima y rangos de temperatura y media hora para enfriar. Cada muestra fue colocada en balones de 100 ml y aforada con agua destilada. También se realizó la preparación de patrones de los

diferentes metales, los mismos que se añaden al equipo de espectroscopía de absorción atómica Thermo Scientific para obtener una curva de calibración y los resultados (Dorsal & Villanueva, 2008).

3.8 Diseño Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el apoyo de dos programas informáticos especializados: PAST Statistical Software versión 3.12 y R-Studio versión 3.2.3 (stats) parte del paquete básico del programa (R Core Team, 2015) y las decisiones fueron tomadas con una α del 5%.

El software PAST, se empleó para: determinar los grupos de estudio mediante un análisis Clúster con el método UPGMA considerando las distancias euclidianas a partir de la variable biológica (edad), los estadísticos descriptivos de las especies del estudio expresados con medidas de tendencia central y dispersión y el comportamiento de los datos mediante la prueba de comprobación de normalidad para muestras pequeñas (Shapiro-Wilk).

El software R-Studio se utilizó para determinar la correlación de la concentración de metales pesados en los hígados de los peces con la longitud de las especies: se hizo uso de la regresión lineal simple, además para determinar la relación entre la presencia y ausencia de metales pesados detectables para la especie *C. carpio* se utilizó el modelo lineal mixto con efectos fijos. También para determinar la asociación entre la morfometría de las especies y la presencia de metales pesados se utilizó el estadístico de Fisher.

Para determinar la correlación existente entre la morfometría de los organismos y las variables explicativas, se utilizó el paquete MOMOCS (Bonhomme et.al 2014) mediante la técnica PCA, la cual permite obtener mapas factoriales que representan la variación morfológica de los organismos.

3.9 Morfometría geométrica

Para la determinación de la morfometría de las dos especies (*C. carpio* y *O. mykiss*) se empleó el software TPSDig 2 version 2.4, a través de la digitalización de marcas anatómicas sobre la morfología externa del organismo. Con la consideración de la topología de las especies analizadas, se seleccionaron 10 coordenadas de referencia y se ubicaron en las regiones que podrían definir de una manera más precisa los atributos morfológicos de los especímenes, es decir en la posición de marcas naturales homólogas de estas especies (Burnes, 2009).

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

La investigación se realizó con un total de 32 individuos, 12 pertenecientes a la especie *O. mykiss* y 20 correspondientes a la especie *C. carpio*. El primer grupo de estudio se presentó con longitudes de entre 17 y 31,5 cm ($\bar{x} = 21,28$; DE = 4,92) con pesos que varían de 80 a 420 g ($\bar{x} = 165,92$; DE=116,92), las escamas de los peces revelaron que las edades que tenían al momento del diagnóstico estaban distribuidas entre 0,9 años (10 meses) y 8 años de edad ($\bar{x} = 3,46$; DE=2,22). (Tabla 4.1)

El segundo grupo de estudio estuvo conformado por individuos con longitudes desde 16,5 cm hasta 31,3 cm ($\bar{x} = 22,9$; DE=3,81) con pesos entre 165 gr y 1085 g ($\bar{x} = 459,75$; DE=265,66) y según el análisis de sus escamas con edades oscilantes entre 4 y 17 años ($\bar{x} = 10,35$; DE=4,72). (Tabla 4.1)

Tabla 4.1 Descriptivos de la muestra

Especie	Indicador	Mínimo	Máximo	Media	DE
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Longitud estándar(cm)	17,00	31,50	21,28	4,92
	Peso (g)	80,00	420,00	165,92	116,92
	Escamas (años)	0,90	8,00	3,46	2,22
<i>Cyprinus carpio</i>	Longitud estándar (cm)	16,50	31,30	22,90	3,81
	Peso (g)	165,00	1085,00	459,75	265,66
	Escamas (años)	4,00	17,00	10,35	4,72

Nota: Resultados obtenidos de la investigación “Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino”

El análisis Cluster, agrupó a los sujetos de la especie *O. mykiss* en un total de 5 muestras separadas, considerando la relación y semejanza de edad y peso de los individuos. (Figura 4.1) (Anexo 2)

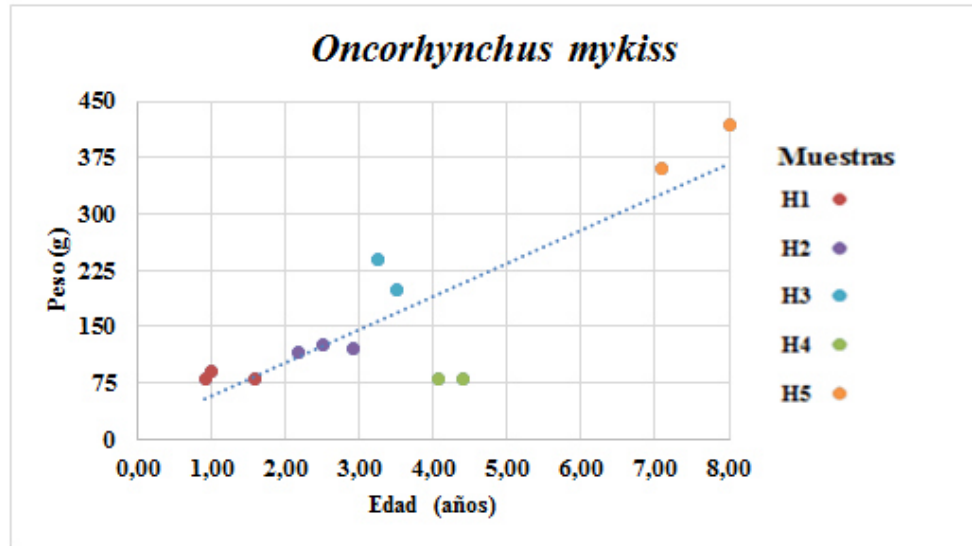


Figura 4.1 Selección de individuos de *Oncorhynchus mykiss*

Para la selección de individuos de la especie *C. carpio* se consideraron aquellos individuos que cumplieron con los criterios de inclusión y se distribuyeron en cuatro grupos tomando en cuenta la edad y la semejanza de los individuos. (Figura 4.2) (Anexo2)

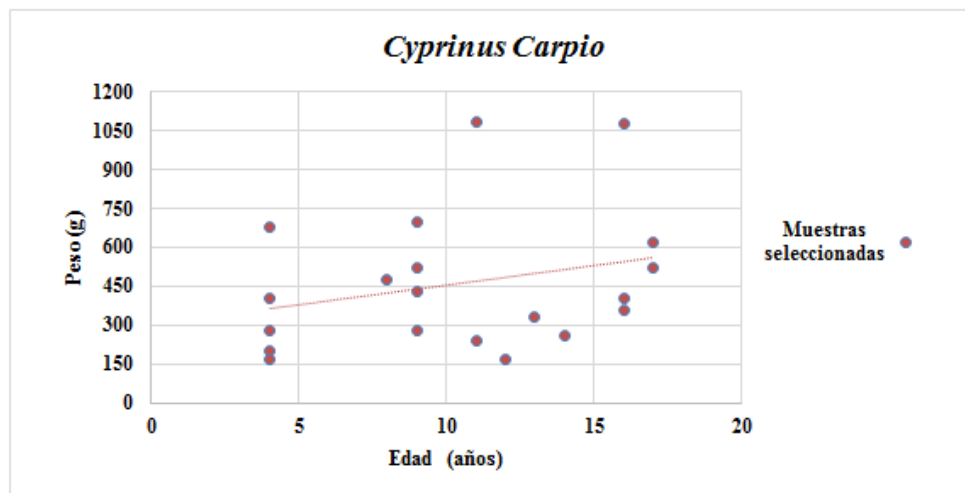


Figura 4.2 Selección de individuos de *Cyprinus carpio*

Los resultados de laboratorio acerca de la presencia y concentración de metales pesados en los hígados de *Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio* (Anexo 6), arrojaron que: En el primer grupo se encontró que todas las muestras presentaron arsénico, 3 de ellas mercurio y 2 plomo con concentraciones por encima de los límites detectables por el laboratorio. En el segundo grupo de estudio se encontró que en 9 de los 20 individuos existía arsénico por encima de los límites de detección, en 16 se encontró cadmio, en 14 mercurio y en uno de ellos plomo.

La concentración media de arsénico presentes en las muestras de *O.mykiss* fue de 174,2 ppb (DE=114,4), la de mercurio fue de 1022,3 ppb (DE= 427,3) y los valores de plomo presentes correspondieron a 73,3 y 43,8 ppb. (Tabla 4.2). Las concentraciones medias correspondientes a los metales: arsénico, cadmio y mercurio presentes en los hígados de la especie *C.carpio* fueron de: 70,4 ppb (DE=19,3) ; 226,2 ppb (DE=162,6) y 738,1 ppb (DE = 36,2) respectivamente. La concentración de plomo presente en un individuo fue de 49,41 ppb. (Tabla 4.2)

Tabla 4.2 Concentración (ppb) de metales presentes en las especies

Especie	Metal (n)	Mínimo	Máximo	Media	DE
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Arsénico (5)	62,8	349,4	174,2	114,4
	Mercurio (3)	669,3	1497,3	1022,3	427,3
<i>Cyprinus carpio</i>	Arsénico (9)	51,4	104,4	70,4	19,3
	Cadmio (16)	74,0	582,3	226,2	162,6
	Mercurio (14)	357,3	1335,5	738,1	360,2

Nota: Resultados obtenidos de la investigación “Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino”

Los datos de cada grupo de estudio no presentaron un comportamiento normal, $p < 0.05$, a excepción de la edad en la especie *O. mykiss* $p = 0,162$. (Anexo 7)

En el estudio se encontró que en la especie *O. mykiss*, no existe relación longitud-mercurio. Sin embargo se reportó que existe relación directa y alta entre el arsénico y la longitud de los individuos ($r = 0,97$; $p = 0,004$). (Figura 4.3)

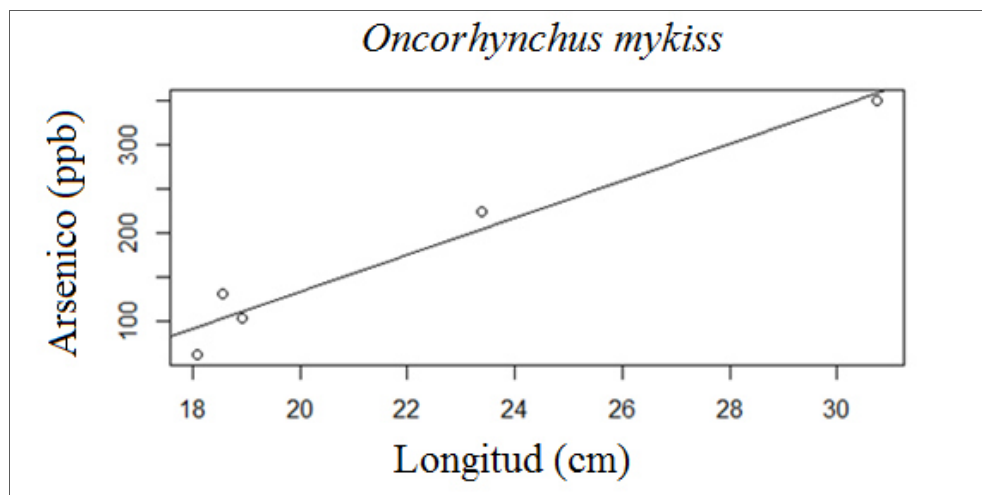


Figura 4.3 Relación entre la concentración de arsénico en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en *Oncorhynchus mykiss*

Los resultados arrojaron que en la especie *C. carpio*, no existe relación entre la presencia de metales pesados y su longitud. Sin embargo, se encontró que: la longitud de los individuos se relaciona con la concentración de arsénico y el peso con el mercurio.

La relación existente entre la concentración de arsénico presente en los hígados de los peces y su longitud es inversa con una intensidad moderada-leve ($r = -0.365$; $p = 0,049$)

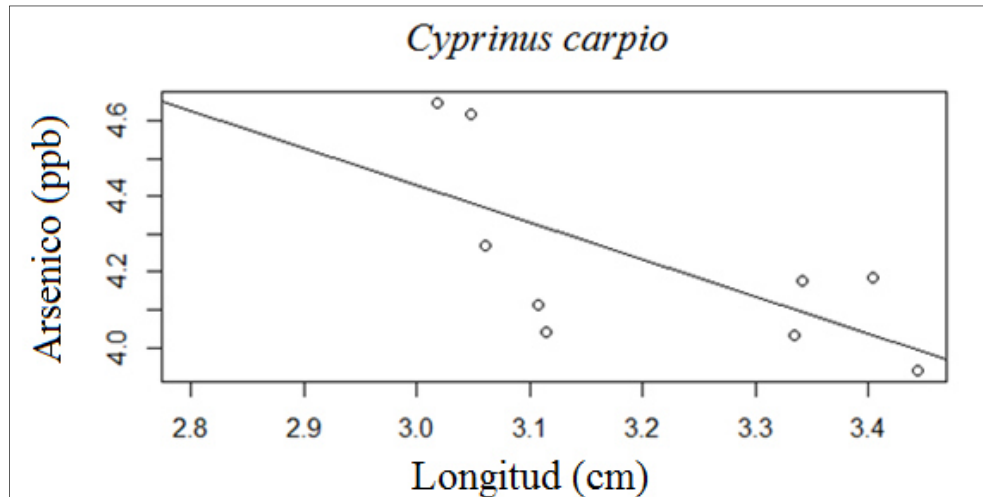


Figura 4.4 Relación entre la concentración de arsénico en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en *Cyprinus carpio*

Se determinó también que en esta muestra de estudio, la relación peso (g) – mercurio (ppb) resultó inversa con una intensidad moderada ($r = 0,56$; $p = 0,021$).

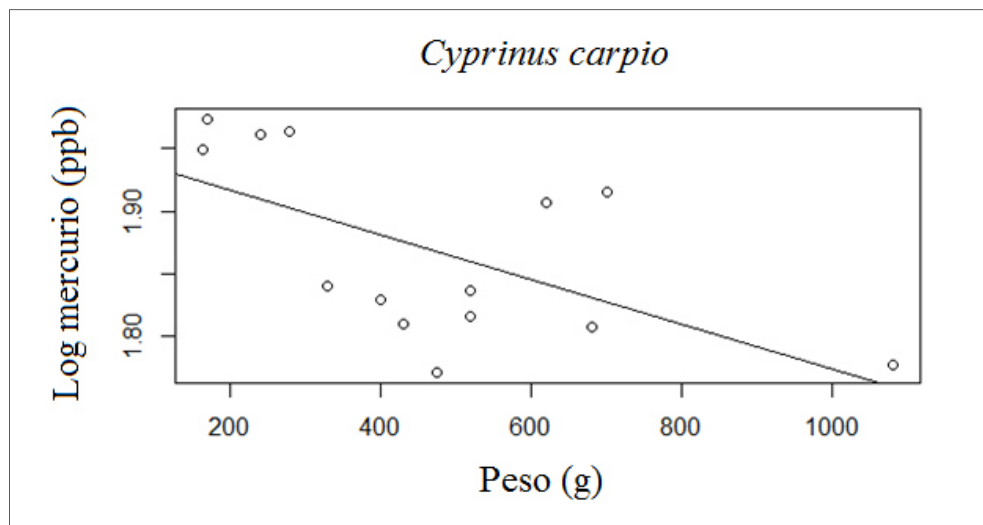


Figura 4.5 Relación entre la concentración de mercurio en el hígado (ppb) y la longitud (cm) en *Cyprinus carpio*

De acuerdo al análisis PCA de relación entre la concentración de metales pesados y la morfometría de *Onchorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio* se determinó que la forma de los peces no se ve afectada por la concentración de los metales: arsénico, mercurio y cadmio en los hígados de los individuos. Así lo indica la prueba de asociación Fisher. $p < 0,05$.

Tabla 4.3 PCA de los metales pesados y la forma de los ejemplares de *O. mykiss* y *C. carpio*

Variable	p (F)
Mercurio vs Forma de <i>C. carpio</i>	0,4057
Arsénico vs Forma de <i>C. carpio</i>	0,7308
Cadmio vs Forma de <i>C. carpio</i>	0,8412
Arsénico vs Forma de <i>O. mykiss</i>	0,1677
Mercurio vs Forma de <i>O. mykiss</i>	0.6689

Nota: Resultados obtenidos de la investigación “Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino”

Los datos físico químicos del estado del agua del embalse Amaluza realizado en el año 2015 exhibieron que la cantidad de metales presentes se encuentra por debajo de los límites permitidos según lo establecido por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA 2015). (Anexo 8)

Tabla 4.4 Análisis físico químico del Embalse Amaluza, noviembre 2015.

INDICADOR	MUESTRAS			
	AMA- EMB-01	AMA- EMB-02	AMA- EMB-03	AMA- EMB-04
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	97	96	96	100
Sólidos suspendidos Totales (mg/L)	9	<5	14	21
Aceites y Grasas (mg/L)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Demanda Bioquímica Oxígeno (mg/L)	<2	<2	<2	<2
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	33	8	13	14
Fenoles (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsénico (mg/L)	0,0023	0,0016	0,0023	0,0032
Cadmio (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Mercurio (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Plomo (mg/L)	0,0021	0,0012	0,0015	0,0029

Nota: AMA-EMB = Amaluza Embalse. Fuente:(Celec.2015)

4.2 Discusiones

La mayoría de las investigaciones de laboratorio sobre la bioacumulación de metales pesados sugiere que no existe un mecanismo único y responsable de la absorción de metales en los sistemas acuáticos (Betancourth, 2011). Estos dependen de diversos factores físicos, químicos o ambientales para reflejar sus distintas concentraciones. La acumulación de un metal particular depende en gran medida de la presencia del metal en la columna de agua o de su presencia en la cadena alimenticia. Según Douben (1989) la actividad metabólica es un factor importante que juega un papel significativo en la acumulación de metales pesados.

La información sobre la concentración de metales pesados en peces es muy escasa, sobre todo cuando se trata de órganos específicos como: músculos, branquias, hígados o huesos, por lo que los datos obtenidos en este estudio podrían dar un punto de partida para futuros estudios de bioacumulación en este grupo de vertebrados.

En el Ecuador no existe ninguna normativa que establezca una concentración máxima admitida para arsénico ni para ningún otro metal pesado en peces ni productos de pesca para el consumo (Chavez, 2007). Por otro lado, según los valores publicados por la Unión Europea (UE) el arsénico tiene valores permisibles de 2 mg/kg (2000 ppb) para peces de consumo humano. El análisis de la concentración de arsénico en los hígados de *Oncorhynchus mykiss* mostraron una concentración máxima de 349,3 ppb y un promedio de 174,2 ppb. Estos valores al parecer están por debajo de lo establecido por la UE, sin embargo, los análisis fueron realizados en un órgano específico (hígado), por lo que no se pueden comparar estos valores.

Se ha visto que la acumulación de arsénico en mamíferos es menor debido a los procesos alimenticios y tipos de compuesto que contienen el metal. Peces de agua salada presentan acumulación que podría provenir de la cadena alimenticia (Moore, 1947), por lo que un proceso parecido sería posible en peces de estuario y lagos así como lo observado en una investigación realizada por (Edmonds & Francesconi, 1987)

Según un estudio realizado por Ventura (2009), la baja acumulación de arsénico en el hígado de *Cyprinus carpio* es una característica especial de esta especie. El presente estudio muestra valores bajos de arsénico en los hígados analizados (promedio 70.4 ppb), reflejando lo mencionado por Ventura, sin embargo, esto no significa que otros órganos no puedan contener concentraciones altas de arsénico.

En cuanto al mercurio la UE establece valores permisibles de 500 ppb para las dos especies estudiadas. En un estudio realizado por Mela y sus colaboradores en el 2012 encontraron que los riñones de *Cyprinus carpio* son más propensos a acumular mercurio que el mismo hígado a pesar que este tiene una importancia clave en los procesos toxicológicos ya que aquí ocurre la biotransformación de muchos xenobióticos. La cantidad de mercurio resultante de los análisis nos dio un promedio de 1022,2 ppb para *Oncorhynchus mykiss* y 738,1 ppb para *Cyprinus carpio*, en este caso los valores se encuentran sobre lo

establecido por la UE. Un estudio realizado en el estado de Jalisco México, analizó el mismo análisis de concentración de mercurio presente en *Cyprinus carpio*, ya que su preocupación eran los habitantes que consumían este producto. Consideran que el análisis químico de los tejidos de organismos acuáticos constituye una medida directa de la proporción de un contaminante que es efectivamente incorporado a partir del medio donde habita. (Dicyt, 2012); Así pues, en sus análisis encontraron una media de 0,36 ppm, encontrándose por debajo de los límites permisibles según la normativa mexicana.

En el análisis de cadmio *Cyprinus carpio* presenta una concentración promedio de 226 ppb y una máxima de 582,3 ppb, en este caso estos valores son superiores a los de la UE, la cual acepta como valores máximos 50 ppb. En el caso del plomo se encontró un promedio de 58.3 ppb para *Oncorhynchus mykiss* y un valor único para *Cyprinus carpio* de 49,4 ppb los cuales se encuentran por debajo de lo establecido por la UE de 300 ppb. Sin embargo, estos valores podrían variar según la época del año esto de acuerdo a lo presentado por Ashish y Amitabh (2014) donde mencionan que la variación de concentración está influenciada por las estaciones invierno y verano, encontrándose mayores concentraciones de plomo en verano y en menor concentración en invierno o monzón.

Según Selda y Nursah (2012) en un estudio de metales pesados en *Cyprinus carpio* en el lago Isikli en Turquía no se encontró relación entre los niveles de metales y tamaño de los peces (longitud total y peso). Por otro lado, se encontraron relaciones positivas y negativas entre los parámetros físicos-químicos de agua principalmente en pH, oxígeno disuelto y temperatura con los metales pesados que en este estudio se realizó como: Ba, As, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn, además las concentraciones de metales variaron dependiendo del tejido analizado y la temporalidad (invierno y verano).

En cuanto al mercurio, la relación entre la concentración en los hígados de *Oncorhynchus mykiss* y la longitud no están correlacionadas. Esto se debe a que la concentración de

mercurio en los tejidos de peces depende de varios factores como fisiológicos, morfológicos, ambientales, hábito alimenticio, ecología, presencia del contaminante, zona de estudio entre otros. Por lo tanto, esto definiría la capacidad del metal pesado para bioacumularse en los tejidos y tener un impacto en la morfología de los peces.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Finalmente podemos concluir en este estudio que existe una bioacumulación de arsénico en los hígados de *Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio* en relación a la longitud de los individuos. Además, se determinó que existen niveles altos de concentraciones de mercurio en los hígados específicamente en los individuos de menor tamaño de *C. carpio*, y que en los individuos de mayor tamaño los niveles de mercurio disminuyen, por lo tanto, existe una bioacumulación de mercurio inversamente proporcional en relación con el tamaño y peso de los individuos. Se determinó también que la morfometría de los individuos de *O. mykiss* y *C. carpio* no se vio afectada por los niveles de concentración de metales pesados. Por ultimo podemos decir que en base a las comparaciones realizadas de la calidad del agua del embalse Amaluza, con los límites permisibles según el libro número IV del TULSMA 2015, los datos de metales pesados estudiados es este trabajo se encuentran por debajo de los límites permisibles, concluyendo que el agua se encuentra en un estado óptimo para la vida de las especies en cuanto a metales pesados, reflejando que existe otra fuente de contaminación para los individuos como podrían ser los sedimentos.

Recomendaciones:

- Un estudio de la población de *O. mykiss* y *C. carpio* determinaría la cantidad aproximada de individuos presentes en la represa, y así se podrá brindar un dato más cercano a la realidad en cuanto en la concentración de metales pesados de estas especies.
- Un estudio de todas las especies ícticas del embalse ya que según los informes de los monitoreos que CELEC E.P. realiza de manera anual, se registran otras especies de peces introducidas y nativas. Como *Poecilia reticulata* (Guppy), que fue introducida para el control de mosquito. Dos especies nativas de *Astroblepus* spp. y una especie de Loricarido del género *Chaetostoma* que están asociado a los ríos tributarios que drenan al embalse, estos se encuentran relativamente aislados. (CELEC, 2015).
- Ampliar el estudio a los diferentes tejidos de las especies aquí estudiadas como branquias, músculo y huesos con el fin de conocer y comparar la concentración de metales por diferentes tipos de absorción.
- Realizar estudios respecto a la contaminación existente en peces del embalse Daniel Palacios, así como también de la cuenca del río Paute, con muestreos específicos que apunten a más de una especie, analizando la concentración de metales en individuos de diferentes zonas, con muestreo periódicos a lo largo del año con el fin de que la comunidad tenga un consumo moderado de estos peces.
- Un próximo estudio en el que se analicen los sedimentos ya que podrían ser estos los que se encuentran contaminando la ictiofauna, debido que utilizan este recurso como alimento. Realizar estudios sobre análisis de metales pesados en los sedimentos, brindaría información respecto a la biodisponibilidad de metales en las diferentes y posibles zonas desde las cuales los organismos podrían estar incorporando estos elementos.
- Ampliar el análisis de metales que podrían encontrarse en concentraciones altas y ser tóxicas tales como: aluminio, zinc o cromo ocasionado serios daños a los peces y a la ecología acuática de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, T. (2009). *Estudio de Aprovechamiento Del Lechuguín Eichhornia Crassipes, Del Embalse De La Represa Daniel Palacios Como Bioabsorbente De Metales Pesados En El Tratamiento De Aguas Residuales . Cuenca*. Cuenca.
- Albores, A., Quintanilla , B., Del Razo, L., & Cebrián , M. (1997). *Arsénico*. Distrito Federal: Centro de investigación y de estudios avanzadosdel IPN.
- Albuja, L. (2011). *Lista de mamíferos actuales del Ecuador*. Quito: Insituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional.
- Alvarado, P. (2012). *Factibilidad del uso del Lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Arslan, Z., & Secor, D. (2005). *Analysis of trace transition elements and heavy metals in fish otoliths as tracers of habitat use by american eels in the Hudson river estuary*. Hudson: Estuaries.
- Ashish, T., & Amitabh, D. (2014). Assessment of heavy metals bioaccumulation in alien fish species, Cyprinus carpio from the Gomti river, India. *Pelagia Research*.
- Banon, D. (09 de 2015). *Batanga*. Obtenido de Consumimos Metales pesados a traves del pescado: <http://www.batanga.com/curiosidades/4299/consumimos-metales-pesados-a-traves-del-pescado>
- Betancourth, B. (2011). *Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso Bagre paisano y Sardinata*. Guayana: Universidad experimental de Guayana.
- Biopedia. (07 de 2015). *Biopedia*. Obtenido de <http://www.biopedia.com/carpa-comun-cyprinus-carpio/>
- Bonhomme , V., Picq, S., Gaucherel, C., & Claude, J. (2014). *Momocs: Outline Analysis Using R*.

- Bonhomme, V., Picq, S., Gaucherel, C., & Claude, J. (2014). *Momocs: Outline analysis using R*. Montpellier: French Institute of Pondicherry.
- Burnes, L. (2009). *Estatus taxonómico de Gerres cinereus (Walaum, 1792) (TELEOSTEI: GERREIDAE)*. La Paz: Instituto Politécnico Nacional.
- Canli, M., & Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ Pollut.*
- Carey, G. (1998). *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA): I. Theory*. Obtenido de <http://ibgwww.colorado.edu/~carey/p7291dir/handouts/manova1.pdf>
- Carriquiriborde, P. (4 de Agosto de 2004). *Respuestas biológicas a contaminantes ambientales en peces; Estudio de la bioconcentración, de los efectos letales y subletales y la evaluación de biomarcadores en Odontesthes bonariensis expuesto a diferentes concentraciones de cadmio y cromo en el agua*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata. Obtenido de Sedici: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4570>
- Castañé, P., Topalián, M., Cordero, R., & Salibián, A. (2003). Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Revista de Toxicología*.
- CELEC. (2013). *CELEC EP*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/perfil-corporativo/resena-historica.html>
- CELEC. (2015). *Monitoreo biótico 2015 de los proyectos Hidroeléctricos Mazar y Molino*. Paute.
- Chavez, C. (2007). *Escuela Politécnica del Ejercito*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/755/1/T-ESPE-025023.pdf>
- Claude, J. (2008). *Morphometrics with R*. New York: Springer. Obtenido de Morphometrics: <http://www.vincentbonhomme.fr/momocs/>

- Corrales, D. (2013). *Estudio del contenido de metales pesados en dos especies de peces de la zona costera de Montevideo Uruguay*. Montevideo: Universidad de la Republica de Uruguay.
- Del Razo, R., Arellano, M., & Cebrián, M. (1990). The oxidation states of arsenic in well-water from a chronic arsenicism area of northern Mexico. *Environ Pollut.*
- Días, A. (1999). *Diseño estadístico de experimentos Segunda Edición*. Antioquía: Editorial Universidad de Antioquía.
- Días, M. (2013). *Avances en el control de la contaminación por metales: nuevas metodologías de análisis y especiación metálica en sistemas acuáticos. Estudios en la Bahía de Algeciras*. Universidad de Cádiz, Cádiz.
- Dicyt. (2012). Obtenido de Investigadores trabajan en el biomonitorio de metales en peces en el lago de Chapala, en Jalisco: <http://www.dicyt.com/noticias/investigadores-trabajan-en-el-biomonitorio-de-metales-en-peces-en-el-lago-de-chapala-en-jalisco>
- Doadrio, A. (2004). Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. *Anal Real Aademia Nacional de Farmacia*.
- Dorsal, M. A., & Villanueva, M. (2008). *Introducción a la Metrología Química*. Obtenido de Curvas de Calibración en los Métodos Analíticos: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CURVASDECALIBRACION_23498.pdf
- Douben, P. (1989). Lead and cadmium in stone loach (*Noemacheilus barbatulus* L.) from three rivers in Derbyshire. *Ecotoxicol Environ.*
- Dourojeanni, M. (s/a). *El lado oscuro de las represas en la Amazonía*. Obtenido de La Revista Agraria: <http://www.larevistaagraria.org/sites/default/files/revista/ra-gra109/LRA109-06.pdf>
- Echeverria, G. (Agosto de 2009). *Scrib*. Obtenido de Edad y Crecimiento en Peces: <https://es.scribd.com/doc/19020868/Edad-y-Crecimiento-en-Peces>

Edmonds, J., & Francesconi, K. (1987). *Trimethylarsine oxide in estuary catfish (Cnidoglanis macrocephalus) and school whiting (Sillago brassencis) after oral administration of sodium arsenate: and as a natural component of estuary catfish. Science of the Total Environment.*

Europea, U. (2014). *Contenidos maximos en metales pesados en productos alimenticios.*

Ferrada, M. (Noviembre de 2012). *Prevención de Riesgos.* Obtenido de Blogferrada: <http://blogferrada.blogspot.com/2012/11/plomo.html>

Gallarta, F., Sanz, J., & Galbán, J. (1992). *Generación de Hidruros, Espectrometría de absorción atómica molecular UV- VIS en fase de gas. Determinación de Arsénico, Antimonio y Selenio.* Logroño.

García, D. (2015). *Actitud al cambio socioeducativo y práctica educativa. Un análisis multifuncional en población docente.* Valencia: Universidad de Valencia.

García, G. (2010). *Determinación de mercurio por generación de vapor frío y determinación vía absorción y fluorescencia atómica.* Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.

García, J. (2002). *Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el parque natural de Monfragüe.* Cáceres: Universidad de Extremadura.

Gómez, M. (2011). *Rol de la universidad en la conformación de valores prosociales. Un estudio en la Universidad Autónoma de Santo Domingo.* Valencia: Universidad Autónoma de Santo Domingo.

Granado, C. (2002). *Ecología de Peces.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Javed, M. (2005). Heavy metal contamination of freshwater fish and bed sediments in the river Ravi Stretch and related tributaries. *Pakistan Journal of Biological Sciences.*

Jimenez, D. B. (2012). *"Cuantificación de metales pesados (Cromo, Cadmio, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea columbiensis) ostión de mangle en el puente portete del Estereo Salado (Guayaquil)".* Obtenido de

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1683/1/Cuantificaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20\(Cadmio,%20cromo,%20n%C3%ADquel%20y%20Plomo\)%20en%20agua%20superficial,%20sedimentos%20y%20organismos...%20Jim%C3%A9nez,%20David.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1683/1/Cuantificaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20(Cadmio,%20cromo,%20n%C3%ADquel%20y%20Plomo)%20en%20agua%20superficial,%20sedimentos%20y%20organismos...%20Jim%C3%A9nez,%20David.pdf)

Lebel, J., Mergler, D., Lucotte, M., Amorim, M., Dolbec, J., Miranda, D., . . . Pichet, P. (1996). Evidence of early nervous system dysfunction in Amazonian populations exposed to low-levels of methylmercury. *Neurotoxicology*.

Lenntech. (09 de 2015). *Lenntech*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm#ixzz3sQb0DMrV>

Linares, J. (2012). *Proyecto de modificación a la norma oficial mexicana nom-034-pesc-2003, pesca responsable en el embalse de la presa Emilio Portes Gil (San Lorenzo), ubicada en el estado de Tamaulipas. especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros*. San Lorenzo.

Linnaeus. (1758). *Fao*. Obtenido de Departamento de Agricultura y Pesca: www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

Lobón, J. (1991). *Dinámica de poblaciones de peces en ríos. Pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias*. Madrid: Centro de Investigaciones de Agua La Poveda.

Lozano, J. (2014). *Estudio toxicológico de la contaminación por Cadmio y Arsénico en las fuentes de abastecimiento de agua expuestas a la ceniza del Volcán Tungurahua en las parroquias Guanando y la Providencia del Cantón Guano provincia de Chimborazo*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Luonportti. (2015). *Luonportti*. Obtenido de <http://www.luonportti.com/suomi/es/kalat/trucha-arcoiris>

Luonportti. (06 de 2015). *Nature Gate*. Obtenido de <http://www.luonportti.com/suomi/es/kalat/carpa-comun>

Mancera, N., & Alvarez, R. (23 de 03 de 2006). *Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n1/v11n1a01>

- Mela, M., Neto, F., Groztner, R., Rabitto, S., Ventura, F., & Oliveiro, R. (2012). Localization of inorganic and organic mercury in the liver and kidney of *Cyprinus carpio* by autometallography. *Ecotox- Brazil*.
- Monosalvas, F. (2011). *Estudio para la incorporación de la Central Hidroeléctrica Paute al desarrollo de turismo de naturaleza*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Moore, J. (1947). *Inorganic Contaminants of Surface Wate, Research and Monitoring Priorities*. Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Mora, V., Uyaguari, M., & Osorio, V. (2014). *Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas*. Obtenido de Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1550/1/3076.pdf>
- Nuñez , C. A., & Escobedo, D. (2011). *Uso correcto del análisis Clúster en la caracterización de germoplasma vegetal*. Agronomía Mesosamericana.
- Ossana, N., Bettina, E., & Salibián, A. (2009). *Short communication: Cadmium bioconcentration and genotoxicity in the common carp (Cyprinus carpio)*. Cuidad de la Plata: Department of basic sciences (PRODEA- INEDES).
- Palma, A., Figueroa , R., H. Ruiz, V., Araya, E., & Berrios, P. (2002). Composición de la dita de *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) (Pisces: Salmonidae) en un sistema fluvialde baja intervencion antrópica : Estereo Nonguen, VIII Región Chile. *Scielo - Gayana*.
- Peña, M. (02 de 08 de 2013). *Desarrollo y aplicación de metodologías mediante la simulación de las condiciones digestivas de peces para la evaluación de la biodisponibilidad de metales en sedimentos marinos*. Obtenido de RODIN: <http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/15520?locale-attribute=es>
- Pezo, R., Paredes, H., & Bedayán, A. (1992). Determinación de metales pesados bioacumulables en especies icticas de consumo humano en la amazonía peruana. *Folia Amazónica*.
- Pilgrim, N. (2009). *Multigenerational effects of selenium in rainbow trout, brook trout, and cutthroat trout*. Lethbridge: University of Lethbridge.

- Prenda, J., Clavero, M., Blanco, F., & Rebollo, A. (2002). *Consecuencias ecológicas de la creación de embalses en el ámbito mediterráneo: el caso de los peces*. Sevilla: Universidad de Huelva.
- Ribón, B. (2013). *Espectroscopía de Absorción Atómica*. Obtenido de Laboratorio Técnicas Instrumentales UVA: <http://laboratoriotecnicasinstrumentales.es/analisis-quimicos/espectroscopa-de-absorcin-atmica>
- Rojas, C. (2011). *Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México*. Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Saincarp. (03 de 2009). Obtenido de Carpfishing: <http://spaincarp.blogspot.com/2009/03/cuando-empezamos-pescar-en-un-lugar.html>
- Selda, T., & Nursah, A. (2012). Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 from İşikli Lake (Turkey). *Pakistan J. Zool.*
- Seoane, J. (2014). *Modelos Mixtos Lineales. Una introducción al usuario temeroso*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Sierra, R. (1999). *Popuesta preliminar de clasificación de un sistema de vegetación para el Ecuador continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Sokal, R., & Michener, C. (1958). *A statistical method for evaluating systematic relationships*. Kansas: University of Kansas.
- Sostoa, A., Gacía, D., & García, E. (2007). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la confederación hidrográfica del Ebro*. España: Ministerio del Medio Ambiente.
- Team, R. C. (2015). *A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria.

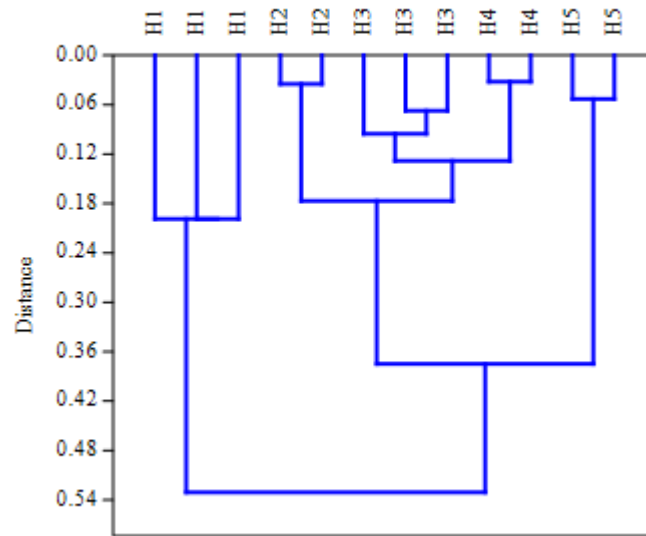
- TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria* . Quito: LIBRO VI. Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descargas de efluente: Recurso Agua. Criterios admisibles de metales pesados para el consumo humano y uso doméstico.
- Ventura, J., Fattorini, D., Regoli, F., & Monserrat, J. (2009). Effects of different inorganic arsenic species in *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) tissues after short-time exposure: Bioaccumulation, biotransformation and biological responses. *Environmental Pollution*.
- Walbaum. (1792). *Fao*. Obtenido de Departamento de Pesca y Agricultura: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
- Yatabe, T. (2009). *Análisis de factores de riesgo para niveles de Caligidosis (Caligus rogercresseyi) en salmonidos cultivados en el sur de Chile*. Tesis, Universidad de Chile , Santiago de Chile.
- Zeinab, E.-G., & Abdel, H. (2015). Experimental studies on the effect of cadmium chloride, zinc acetate, their mixture and the mitigation with vitamin C supplementation on hatchability, size and quality of newly hatched larvae of common carp, *Cyprinus carpio*. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*.

ANEXOS**Anexo 1. Puntos y coordenadas para colocación de redes.**

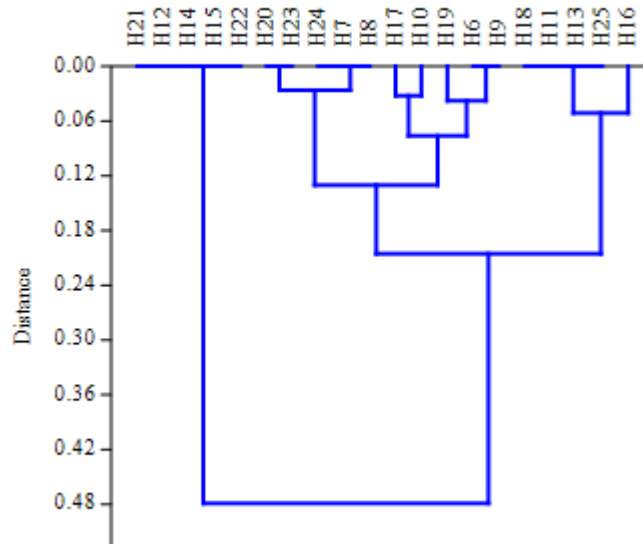
	Latitud	Longitud	Altitud
RED 1	9713503,47	770277,53	2012,4 msnm
RED 2	9713553,71	770296,15	2000,1 msnm
RED 3	9713624,48	770338,5	2007,1 msnm

Anexo 2. Clúster para la selección de individuos.

Cluster - Oncorhynchus mykiss



Cluster - Cyprinus Carpio



Anexo 3. Taxones encontrados en el análisis de contenido estomacal de las truchas

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	
Tipos de Presas	Taxon
Presas Acuáticas	Hymenoptera
	Coleoptera
	Hydracarina
Presas aéreas	Coleóptera
	Díptera adultos
La deriva	Pupa
	Material vegetal
	Semilla

Anexo 4. Taxones encontrados en el análisis de contenido estomacal de las carpas

<i>Cyprinus carpio</i>	
Tipos de Presas	Taxon
Presas Acuáticas	Hymenoptera
	Coleoptera
	Hydracarina
Presas aéreas	Coleoptera
	Diptera adultos
La deriva	Pupa
	Material vegetal
	Semilla

Anexo 5. Límites máximos permisibles para carne de pescado – Unión Europea (2015)

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Arsénico (total)	As	ppb	2000
Cadmio	Cd	ppb	50
Plomo	Pb	ppb	300
Mercurio	Hg	ppb	500

Anexo 6. Características morfométricas y concentración de metales pesados En *O. mykiss* y *C. carpio*, noviembre 2015

Especie	Muestra	Sitio	Individuo	Long SD (cm)	Peso (g)	Escamas (años)	Arsenico (ppb)	Cadmio (ppb)	Mercurio (ppb)	Plomo (ppb)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	H1	E1	12	17,1	80	0,9	62,827	<LD	669,294	73,280
		E3	9	19,7	90	1,0				
		S2	2	17,4	81	1,6				
	H2	E3	8	17,0	80	4,4	130,472	<LD	1497,339	<LD
			10	19,2	80	4,1				
	H3	E3	7	19,2	115	2,2	104,244	<LD	<LD	<LD
			17	20,1	120	2,9				
		S2	3	17,5	125	2,5				
	H4	E3	18	23,9	240	3,3	224,098	<LD	<LD	<LD
			S2	20	22,9	200				
	H5	S2	18	29,9	420	8,0	349,371	<LD	900,151	43,825
			19	31,5	360	7,1				
<i>Cyprinus carpio</i>	H6	S2	15	20,1	240	11	<LD	582,319	1219,243	<LD
	H7	S2	12	30,1	1080	16	65,819	113,296	370,334	<LD
	H8	E1	8	21,1	360	16	101,294	149,365	<LD	<LD
	H9	E1	14	31,3	1085	11	51,363	104,724	<LD	<LD
	H10	E1	10	21,3	260	14	71,598	100,189	<LD	<LD
	H11	E1	20	20,4	280	9	104,414	142,181	<LD	49,408
	H12	E1	7	22,5	400	4	56,812	74,002	<LD	<LD
	H13	E1	17	22,4	430	9	61,035	<LD	449,205	<LD
	H14	S2	13	20,6	680	4	<LD	<LD	444,917	<LD
	H15	E2	6	20,5	280	4	<LD	232,745	1247,731	<LD
	H16	E3	20	22,7	475	8	<LD	438,784	357,307	<LD
	H17	E2	5	21,6	330	13	<LD	<LD	544,286	<LD
	H18	S2	5	28,0	700	9	56,343	301,066	892,127	<LD
	H19	E1	5	19,1	165	12	<LD	<LD	1124,441	<LD
	H20	E3	5	28,2	620	17	65,195	367,088	839,063	<LD
	H21	E3	13	16,5	170	4	<LD	<LD	1335,501	<LD
	H22	E1	3	20,3	200	4	<LD	<LD	<LD	<LD
	H23	E2	4	24,7	520	17	<LD	<LD	531,596	<LD
	H24	E2	3	22,9	400	16	<LD	108,636	508,935	<LD
	H25	E1	15	23,7	520	9	<LD	<LD	468,779	<LD

Nota: LD = Límite de detección; LD Arsénico = 1,20 ppb; LD Cadmio ppb = 4,59; LD Mercurio ppb= 5,87; LD Plomo = 0,58

Anexo 7. Resultados de la prueba shapiro wilks para comprobar la normalidad de datos de las especies *Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*

Indicador	Shapiro-Wilks Valor p(normal)	
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Cyprinus carpio</i>
Long SD (cm)	0,01217	0,04833
Peso (g)	0,003808	0,01037
Escamas (años)	0,162	0,03526
Arsenico (ppb)	0,01474	0,0002687
Mercurio (ppb)	0,02529	0,02188
Cadmio (ppb)	0	0,0009829
Plomo (ppb)	0,001093	0

Anexo 8. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección – TULSMA (2015)

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Plomo	Pb	mg/l	0,001
Mercurio	Hg	mg/l	0,005

Anexo 9. Límites máximos permisibles para la preservación de Flora Y Fauna – TULSMA (2015)

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible	
			Agua dulce fría (20°c)	Agua dulce cálida (32°c)
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05	0,05
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Mercurio	Hg	mg/l	0,005	0,005

Anexo 10. Registro Fotográfico



Pesca con trasmallo punto 1



Medición de ejemplares



Disección de *Cyprinus carpio* (hígado)



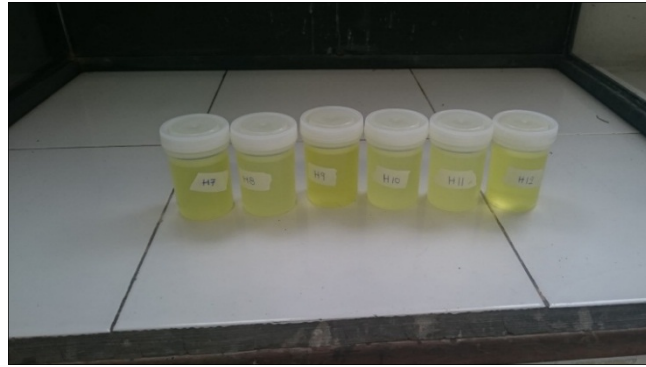
Dissección de *Oncorhynchus mykiss* (hígado)



Coleóptero encontrado dentro del estómago de *Cyprinus carpio*



Contenido estomacal de *Oncorhynchus mykiss*



Muestras de hígados diluidos en ácido nítrico



Lámpara de absorción atómica y horno de grafito