



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Maestría en Agroindustria

Mención Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria

PERIODO 2020 - 2021

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN AGROINDUSTRIA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

TEMA:

**“DETERMINACION DE METALES PESADOS CADMIO (Cd) Y PLOMO
(Pb) EN EL ATÚN EN SKIP JACK (*Katsuwonus pelamis*)”**

AUTOR

Blgo. Paco Jorge Nieto Campozano

TUTOR DE TESIS

Ing. Robert Mero. Mg

Manta – 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo Nieto Campozano Paco Jorge; declaro bajo juramento que la investigación aquí descrita es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a esta investigación, a la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, según lo establecido por la ley de Propiedad intelectual y su reglamento.

Paco Jorge Nieto Campozano

C.I. 130821440-0

Yo, Robert Mero Santana, declaro que, personalmente conozco que el maestrando Paco Nieto Campozano es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suyo.

Ing. Robert Mero Santana MGA, MGE.

Docente Tutor

CERTIFICACIÓN DE TUTORÍA

Roberth Mero Santana certifica haber tutelado el Proyecto de investigación con componente de investigación aplicada: “DETERMINACION DE METALES PESADOS CADMIO (Cd) Y PLOMO (Pb) EN EL ATÚN EN SKIP JACK (*Katsuwonus pelamis*)”. Que ha sido desarrollada por Paco Jorge Nieto Campozano, previo a la Obtención del título de Magister en Agroindustria: Mención Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria, de acuerdo con el reglamento para elaboración de Proyecto de investigación con componente de investigación aplicada de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. ULEAM.

Lo certifico,

ING. ROBERT MERO SANTANA MGA, MGE.

Docente Tutor

DEDICATORIA

A Dios y mi Padre

A Dios por haberme permitido tener la vida y la salud necesaria para poder llegar a cumplir mis metas, objetivos y cumplir mis sueños, sus bendiciones y por haberme dado el ángel de la guarda que me cuida y me bendice mi Padre.

A mi Esposa y mis hijos

A mi esposa por apoyarme en mis decisiones y apoyarme más aún en mis estudios, a ella le dedico este triunfo ya que ella fue quien me impulsó a volver a estudiar y este es el fruto de nuestro esfuerzo.

A mis hijos porque a pesar de haberles quitado un año de poder pasar esos fines de semana compartiendo siempre están conmigo y me brindan su cariño y comprensión.

A mi Madre y Hermanas

Quienes siempre me han apoyado de distintas maneras, pero siempre juntos como familia y permitiéndome con su apoyo completar este ciclo de estudio que está terminando.

AGRADECIMIENTO

A mi querido y siempre recordado Ing. Como le decía de cariño mi papá, que sé que desde donde está y me sigue guiando y en complemento con mi madre me formaron para ser la persona de bien que soy ahora, ya que siempre me brindaron su apoyo moral, espiritual y los consejos diarios que aun sigo tomando en cuenta y de esta manera poder demostrarle que gracias a ellos soy la persona que soy.

A mi esposa por su apoyo incondicional y que siempre ha estado impulsándome a superarme y de esta manera poder ser un ejemplo para nuestros hijos.

A la Facultad de Ingeniería Agropecuaria, la cual me está dando la oportunidad de ser un profesional más preparado y formando un futuro como Magister en Sistema de Gestión y Seguridad Alimentaria.

Para todos y cada uno de ellos mi agradecimiento profundo y las mayores bendiciones que Dios les derrame.

RESUMEN

La investigación se dirige a la determinación de cadmio y plomo en atún congelado de diferentes tallas a evaluar (-3, 4-7, +12), en atún congelado, obtenidos de diferentes barcos de la flota pesquera de Manta, que llegan y se clasifican en la planta por tallas y que se identificaron de la siguiente manera: B/P Charo con (9 muestras), del B/P San Andrés con (9 muestras), B/P Rosita con (9 muestras), para de esta manera poder establecer la incidencia sobre los resultados en la concentración de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb).

Para poder realizar el análisis de metales pesados de todas las muestras, se utilizó el método de espectroscopía de absorción atómica con lo cual se buscó determinar la presencia o ausencia de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd). Utilizando un diseño DCA, el mismo que utiliza un diseño factorial AxB, el cual se realizara con tres repeticiones por tratamiento,).

Los resultados fueron comparados con los niveles de concentración máxima permitidos de cadmio y plomo permitida en carne de pescado por la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios, los niveles de cadmio de 0.05 mg/kg, y de plomo 0.2 mg/kg, y en Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos, los niveles de cadmio son de 0.05 mg/kg, y de plomo 0.3 mg/kg, con lo que respecta a los límites permisibles contenidos de metales pesados en los productos alimenticios del total de las muestras las cuales fueron 27 los resultados que se obtuvieron en lo referente al Pb se evidencio que los niveles en la talla -3 eran más bajos y entre las 3

embarcaciones en las tallas 4-7 y +12, se obtuvo una media de 0.153 mg/Kg. En los resultados de cadmio Cd entre las tres embarcaciones se pudo evidenciar que en la talla -3 los residuales de cadmio eran muy bajos a diferencia y entre las 3 embarcaciones en las tallas 4-7 y +12, se obtuvo una media de 0.012 mg/Kg.

Palabras claves: skip jack, cadmio, plomo, metales pesados, espectrofotómetro de absorción atómica.

ABSTRACT

The research is directed to the determination of cadmium and lead in frozen tuna of different sizes to be evaluated (-3, 4-7, +12), in frozen tuna, obtained from different vessels of the fishing fleet of Manta, which arrive and are classified in the plant by size and were identified as follows: B/P Charo with (9 samples), from B/P San Andres with (9 samples), B/P Rosita with (9 samples), in order to be able to establish the incidence on the results in the concentration of heavy metals cadmium (Cd) and lead (Pb).

In order to perform the analysis of heavy metals in all the samples, the atomic absorption spectroscopy method was used to determine the presence or absence of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd). Using a DCA design, which uses an AxB factorial design, which was carried out with three replicates per treatment).

The results were compared with the maximum permitted concentration levels of cadmium and lead allowed in fish meat by the European Union Legislation of chemical

contaminants in food products, cadmium levels of 0.05 mg/kg, and lead 0.2 mg/kg, and in INEN Standard NTE 1772:2013, Canned fish. Requirements, the levels of cadmium are 0.05 mg/kg, and lead 0.3 mg/kg, with regard to the permissible limits of heavy metals content in food products of the total of the samples which were 27, the results obtained for Pb showed that the levels in size -3 were lower and among the 3 vessels in sizes 4-7 and +12, an average of 0.153 mg/kg was obtained. In the results of cadmium Cd among the three vessels, it was evident that in size -3 the residual levels of cadmium were very low and among the three vessels in sizes 4-7 and +12, an average of 0.012 mg/Kg was obtained..

Key words: skip jack, cadmium, lead, heavy metals, atomic absorption spectrophotometer..

Key words: tuna, cadmium, heavy metals, atomic absorption spectrophotometer.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 MARCO TEÓRICO	7
1.1.1 <i>Katsuwonus pelamis</i>	7
1.1.2 Metales pesados	10
Cadmio	11
Plomo	11
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3. JUSTIFICACIÓN	14
1.4. HIPÓTESIS.....	17
1.5. OBJETIVOS.....	18
1.5.1 Objetivo General	18
1.5.2 Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II	19
2. METODOLOGÍA	19
2.1 UBICACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS	19
2.2 UBICACIÓN DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN	19
2.3 VARIABLES A MEDIR.....	20
2.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	20
2.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES	20
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	21
2.4.1 Tipo de diseño	21
2.4.2 Análisis estadísticos	22
2.5 TRATAMIENTO	22
2.5.1 Toma de muestras	22
2.6 MÉTODO DE ANALISIS.....	24
PRINCIPIO.....	24
PROPÓSITO / ENFOQUE.....	24
2.7 PREPARACIÓN DE DILUCIÓN DE REACTIVOS	25
2.7.1 Dilución de ácido nítrico al 1N.	25
2.7.2 Dilución de ácido nítrico al 10%.	26
2.7.3 Preparación de Estándar.....	26

2.8 PREPARACIÓN DE MUESTRAS	28
2.9.1 Lectura de las muestras.	30
CAPÍTULO III	31
3.1.1 ESTADÍSTICAS	31
3.4 CONCLUSIONES	40
3.5 RECOMENDACIONES.....	41
3.5 Referencias bibliográficas	43
ANEXO FOTOGRAFICO	51
ANEXO 1.	51
SELECCIÓN Y CORTE DE MUESTRAS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	
Esquema del Diseño Experimental Completamente al Azar	22
Tabla 2	
Tratamientos de estudio del diseño experimental.....	23
Tabla. 3	
Certifica de análisis CPA-chem plomo (Pb) y cadmio (Cd).....	27
Tabla. 4	
Parámetros equipo Agilent Technologies 200 Series AA.....	27
Tabla.5	
Cuadro de análisis de la Varianza por combinaciones de diseño experimental plomo (Pb)	31
Tabla. 6	
Análisis por barco en el contenido de plomo (Pb).....	32
Tabla. 7	
Análisis por Tallas en el contenido de plomo (Pb).....	33
Tabla.8	
Prueba de Tukey. Concentración de Pb, por barcos y tallas.....	33
Tabla. 9	
Cuadro de análisis de la Varianza por combinaciones de diseño experimental Cadmio (Cd).....	34
Tabla. 10	
Analisis por barco en el contenido de Cd.....	35

Tabla. 11	
Análisis por talla en el contenido de cadmio (Cd).....	36
Tabla. 12	
Prueba de Tukey. Concentración de cadmio (Cd), por barcos y tallas	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1	9
<i>Skip jackp (Katsuwonus pelamis)</i>	9
Figura. 2	30
<i>Diagrama de Digestión – Método de HNO3</i>	30

ANEXOS

FOTOGRAFICOS.....	55
--------------------------	-----------

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Cabe recalcar que la industria de la extracción (minería), es una actividad que en varios países del mundo constituye parte fundamental de la economía de los mismos, en las últimas décadas, se ha verificado un aumento en la demanda de estos recursos minerales y de los metales preciosos en especial, lo que ha agravado de manera significativa, lo que ha dado a un acrecentamiento en las exploraciones y explotación de estos recursos, lo cual ha conllevado a que las cantidades que se extraen se hayan multiplicado de manera exponencial (Friess y Brotz 2011).

La mayoría de estos metales pesados no se los encuentra de en el medio ambiente de forma natural, sino que los mismos forman parte de un complejo conjunto de elementos y que los mismos no son de fácil extracción por lo que necesitan de técnicas y proceso químicos, la mayoría de estos procesos generan compuestos tóxicos los mismos que son dañinos para todos los seres vivos y el medio ambiente en general, uno de los principales generadores de estos tipos de contaminantes es la industria de la minería (Effen 2010).

La espectrofotometría de absorción atómica, la cual es un tipo de espectrometría capaz de medir la luz emitida por transiciones de átomos o iones y no de especies moleculares; mide los átomos libres en una matriz de fase condensada o de espectros que son esencialmente atómicos, cabe recalcar que la absorción de las radiaciones ultravioletas,

visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica de cada sustancia química (Gutiérrez Espinoza, MG s.f 2021).

En la actualidad, los estudios de metales dentro de los alimentos se están convirtiendo en un aspecto relevante debido a que algunos metales son necesarios para el desarrollo normal de los organismos, pero al mismo tiempo otros metales en pequeñas concentraciones no son tolerables por su alto nivel de toxicidad, y que por ende no son aptos para el consumo humano (Milacic y Kralj 2003).

Los metales pesados se encuentran en diferentes formas químicas en el agua de mar, de manera natural en concentraciones muy bajas, pero de la misma manera también existen los metales en el agua de mar que son por contaminantes antropogénicos, y estos son muy elevados (Kargin *et al.*, 2001). Los químicos contaminan el agua de manera muy fácil por lo cual fomenta que la fauna marina y cualquier forma de vida acuática se expongan de manera prolongada (Burger *et al.*, 2002); por el ambiente, circunstancias y situaciones de vida, la fauna marina es sensible y capaz de acumular grandes cantidades de metales pesados y cualquier otro tipo de contaminantes tóxicos (Suhaimi *et al.*, 2005).

Actualmente en nuestro país la alta demanda de productos elaborados o derivados del pescado es elevada, los adelantos tecnológicos que se han suscitado para de esta manera poder suministrar los requerimientos de estos productos, ha conllevado a la elaboración de nuevos artículos para ofrecer en los mercados a nivel mundial, para de esta manera poder dar facilidades a los consumidores con productos de buena calidad y dar una mejor calidad de

vida, esto adicionado a el alto nivel de consumo que ha ocasionado en la actualidad los daños ambientales y específicamente en este último año la pandemia que estamos pasando.

Para la determinación de metales pesados a niveles de trazas en el medio ambiente se han desarrollado métodos altamente sensibles y selectivos, entre los que se encuentran la Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICPMS), Espectrometría de Fluorescencia de rayos X (XRF) y Espectrometría de Absorción Atómica (AAS) (Macías *et al.* citado por Ewing 1997). Basados en los diferentes aprovechamientos de minerales han ocasionado daños ambientales que han conllevado a que el planeta tenga afectaciones radicales al suelo, bosques, ríos y por ende animales. En la actualidad dentro de las principales especies que se utilizan como materia prima para la elaboración de enlatados y derivados del atún las más utilizadas son atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), el atún blanco o albacora (*Thunnus alalunga*), atún ojo grande (*Thunnus Obesus*), bonito skip jack (*Katsuwonus pelamis*), bonito sierra (*Sarna Sarna*) aunque también se llega a envasar caballa (*Scomber scombrus*) y jurel (*Scomberoides*). (Almodóvar 2011).

Hoy en día la contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire, plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local (Reyes *et al.* 2016).

Sin poner en tela de discusión todos los beneficios que tiene el consumo de atún pueden ser oscurecidos por la presencia en el tejido muscular por la presencia de metales

pesados que son tóxicos, como el cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg), esto a niveles superiores a las normativas establecidas por la legislación de los países. (Storelli et al. 2010).

Generalmente los metales se encuentran en el ambiente en concentraciones que son relativamente bajas, pero en la actualidad las operaciones realizadas por el ser humano en la industria han aumentado de un modo considerable los niveles. Estos se pueden movilizar en distancias considerables desde su punto de partida por transferencia atmosférica y se acumulan en los tejidos de organismos vivos de manera específica en moluscos, peces y crustáceos. (OMS, 2010). Los metales pesados se encuentran en los medios acuáticos como resultado de fenómenos naturales, adicional al vulcanismo marino, o manifestaciones geológicas y geotérmicas, pero de la misma manera por la contaminación proporcionada por el ser humano causada por la explotación minera y la metalurgia las cuales son realizadas de manera intensiva, de la misma manera por las lluvias ácidas inducidas por las industrias. (FAO 1989).

Los metales pesados son básicamente, sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles. Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y una zona específica de acumulación preferido. El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo, en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro. El plomo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema tubular de las nefronas (Romero Ledezma KP 2009).

Cabe recalcar que, los metales son persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados, ni mediante procesos biológicos ni antropogénicamente. Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico - químicas (Martorell 2010).

Dentro de los factores preponderantes de que estos contaminantes como son los metales pesados tengan un incremento en la contaminación se debe también al desarrollo tecnológico, crecimiento poblacional y obviamente la industrialización los cuales contribuyen de una manera significativa como factores preponderantes y de manera continua un gran número de sustancias tóxicas; estos contaminantes tóxicos son aquellas forma de materias que rebasan las concentraciones naturales del sistema y causan impactos negativos en el medio ambiente (Albert 1999), entre estos contaminantes tenemos los halógenos, pesticidas, aceites y grasas, y los metales pesados (Hart y Fuller 1974).

En los últimos años, los 5 países mayores exportadores de atún enlatado comercializan 74% de las exportaciones, liderados por Tailandia con el 44%, seguido de España, Ecuador, Filipinas, Samoa, México y Colombia que también es jugador importante en esta lista. Los principales importadores han sido Estados Unidos (17%), Italia (12%), Francia, Reino Unido y España (Dórea, 2012) (Lloret, Ferrer, Font, Botet Montoya, & Nadal, 2015).

En la actualidad el Ecuador a nivel mundial es el segundo país más importante en lo referente a la producción y transformación y exportación de atún en el mundo, el representante principal de la Cámara Nacional de Pesquería, Bruno Leone, sustenta que en el Ecuador la flota ecuatoriana pesquera atunera su capacidad de acarreo se torna en una de las mayores potencias de la región y la segunda a escala mundial, después de Tailandia. Al mismo tiempo, el Ecuador tiene derechos registrados por medio de la CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical) (CNP 2020).

Cabe recalcar que los estudios realizados en diversos países reportan presencia de metales pesados en peces y camarones en Indonesia, Japón, México y Chile, cerdo contaminado con plomo proveniente de Australia, salmón fresco con niveles peligrosos de plomo y cadmio en Noruega y Rusia reporta materias primas para fabricación de alimentos contaminadas con zinc provenientes de China (Londoño-Franco et al. 2016).

Ahora bien, una vez que se ha destacado la participación del atún en el sector alimenticio resulta indispensable especificar qué metales pesados pueden adherirse a esta especie y causar daños irreversibles al ser humano. Algunos estudios que evalúan la contaminación de metales pesados en alimentos, como el pescado, han encontrado que el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que en concentraciones anormales generan impactos negativos en la salud (Reyes et al. 2016).

Dentro del medio ambiente el Cadmio forma parte de la composición natural en rocas y suelo, y de manera natural se liberan en el medio ambiente unas 25000 toneladas. Por

causas antropogénicas las concentraciones en el ambiente se acrecientan de manera considerable, ya que este se utiliza en la industria y productos agrícolas, por lo que su producción ha estado aumentando. Solo el 5 % de este metal se ha podido reciclar por su considerable movilidad, lo cual aumenta la contaminación del medio ambiente (Reyes et al. citado por Marruecos et.al 1993).

El plomo se encuentra en todo el planeta en forma galena, que es sulfuro de plomo; en la industria se usan óxidos, carbonatos, sulfuros y otros. La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. El plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los últimos diez años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron significativamente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo, por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen y por los progresos en la garantía de calidad de los análisis químicos (Téllez et al. 2014).

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 *Katsuwonus pelamis*

Esta especie de túnido es llamado comúnmente como bonito, bonito barrilete, skip Jack, bonito jumbo; esta es una especie epipelágica oceánica migratoria que pertenece a la familia Scombridae, esta especie habita en aguas abiertas y en zonas tropicales, cálidas y templadas, se encuentra repartido entre los océanos Atlántico, Indico y Pacífico, esta especie

al ser migratoria se encuentran condicionados a las estaciones naturales del año. El bonito, skip Jack se clasifica de la siguiente manera (Collette y Nauen 1983):

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Scombroidei

Familia: Scombridae

Tribu: Thunnini

Género: *Katsuwonus*

Especie: *pelamis*

Nombre Científico: *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758)

Nombre Común: Bonito, Barrilete, Listado

Nombre en inglés: Skipjack Tuna

Podemos acotar que el *Katsuwonus pelamis* o como comúnmente lo llamamos skip Jack es de cuerpo fusiforme, su cuerpo como tal es de color azul, el mismo que comienza a cambiar en la parte ventral a un color plateado, teniendo como característica principal de 4 a

6 líneas las mismas que son de color oscuro y están dispuestas de manera longitudinal, las que lo diferencia de los otros túnidos existentes. Como se mencionó anteriormente esta especie su hábitat ideal es en las aguas tropicales templadas, este no se lo puede encontrar en las aguas del mar Mediterráneo y del mar Negro (Fischer et al. 1995).

Figura. 1

Skipjack (Katsuwonus pelamis)



Fuente: tomada de la web.

Al ser el skip Jack (*Katsuwonus pelamis*), está considerado en la categoría de los atunes pequeños, esto no lo disminuye dentro de la importancia en la pesquería y el procesamiento de este con fines industriales como pesquería tecnificada, debido a que el mismo ha podido deslizar a un segundo plano al atún aleta amarilla el cual estaba en una posición dominante en lo que se refiere a la pesca, procesamiento y comercialización mundial de túnidos, Esta especie de túnido está distribuida en aguas subtropicales y tropicales de los océanos, su hábitat idóneo fluctúa entre los 15° y los 30°C. Su distribución en referencia al océano Atlántico occidental está definida o se encuentra entre el Golfo de Maine, en los Estados Unidos hasta Río de Janeiro en Brasil, adicional a esto se incluye el golfo de México

(Briggs, 1958). Estas especies forman enormes cardúmenes en la superficie las cuales se encuentran mezcladas entre ellas; es decir, aleta amarilla, bigeyes y el skip jack, de la misma manera se encuentran asociadas con otras especies como son los delfines, ballenas y otras más (Collette & Nauen, 1983). Su distribución se encuentra específicamente relacionada en lo que se refiere a las zonas de convergencia, frentes oceánicos y otras discontinuidades oceanográficas (Sokolov, 1967).

En referencia a lo que corresponde al bonito o skip jack a su tiempo reproductivo este no es definido ya que desova durante todo el año, al igual que en otros sectores lo realiza desde la primavera hasta el inicio de otoño en las aguas subtropicales, de la misma manera a medida que se alejan de la zona ecuatorial su temporada de desove se acorta. Así mismo la fecundidad de la especie aumenta mucho dependiendo de su tamaño, de forma muy variable, las hembras que miden entre 41 y 87 cm de longitud pueden desovar entre 80000 y 2 millones de huevas (Collette & Nauen, 1983).

1.1.2 Metales pesados

El pescado se encuentra dentro del grupo básico de los alimentos, ha tenido la atención necesaria para que se realicen diversos estudios para de esta manera poder tener conocimiento de los diferentes contaminantes que pueden contener en las variadas especies que se comercializan. Dentro de la gran variedad de metales pesados que se encuentran en el medio ambiente los más peligrosos para la salud humana y el ecosistema marino por su toxicidad, permanencia y bioacumulación son el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y el Plomo

(Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Cromo (Cr), etc. Por su composición natural la mayor consecuencia es que estos no sean biodegradables y que su acumulación paulatina en la cadena trófica, entre ellos el ser humano, se encuentren exhibidos a elevadas concentraciones de estos elementos (Besada *et al.* 2006).

Cadmio

Metal que puede ingresar por consumo directo en el agua o a través de consumo de alimentos contaminados por este metal. En el agua llega por contaminación directa e indirecta y en los peces ingresa principalmente por las branquias al estar el metal pesado de manera disuelta, adicionalmente el tracto intestinal de las especies es otra vía. Varios de los efectos secundarios por contaminación de Cd en los organismos acuáticos van desde aletargar su movimiento peristáltico el cual es básico para la excreción, la misma que es letal para cualquier especie; aumenta el índice de mortalidad y reduce la fecundidad. Este metal induce a cambios patológicos varios de los órganos de los seres vivos, en los peces causa problemas severos en el hígado, necrosis en el páncreas, degeneración vacuolar de hepatocitos, congestión en los vasos sanguíneos entre otros problemas. Los seres acuáticos al bioacumular este metal en su organismo son de interés para la investigación como bioindicadores de la contaminación del sistema acuático (Sharon del Rosario Ruíz 2019).

Plomo

Este metal pesado toxico es uno de los más importantes en el medio ambiente. Es de color gris azulado adicionalmente es altamente toxico. Es resistente a la corrosión, es un metal que sirve para aplicaciones industriales. Por su naturaleza no biodegradable y adicional a su uso continuo, este es de fácil acumulación en el medio ambiente y lo hace en ritmos acelerados. Hay varias formas de poderse contaminar con este metal pesado puede ser por la exposición continua por factores ocupacionales o por el ambiente, emisiones industriales, suelo contaminado, etc. La exposición a este metal pesado causa problemas a nivel de las funciones motoras y de la misma manera afecta de manera negativa el desarrollo intelectual, el crecimiento en la etapa infantil y la formación de hemoglobina en la sangre. Las etapas de vulnerabilidad en el ser humano están en el periodo de 9 meses a 3 años por la etapa de desarrollo en la que se encuentran, de la misma manera están también las mujeres en estado de embarazo. En la actualidad los casos de envenenamiento agudo por Pb han ido decreciendo, aunque de manera crónica aún se verifican casos existentes a nivel mundial. Para el envenenamiento por Pb se debe considerar mucho el historial del paciente para de esta manera determinar las posibles fuentes donde podrían contaminarse, ya sean esta por entornos industriales u ocupacionales (Palacios Liz y Paz Yeny 2020).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por estar considerado dentro del grupo de los pequeños atunes, skip jack (*Katsuwonus pelamis*), tiene importancia desde el punto de vista de las pesquerías tecnificadas, debido a que ha desplazado al atún aleta amarilla de su posición dominante en la captura mundial de túnidos (Guevara-Rascado *et al.* 2008).

Unos de los mayores problemas en la actualidad es la gran demanda de alimentos por factores como la sobrepoblación y a la que se le une la pandemia que se está atravesando, esto ha desencadenado en que el consumo de alimentos sea más elevado y por ende la explotación de los recursos llega a duplicarse, y por consecuencia que puede llegar a ser irreversible, se está evidenciando la sobreexplotación de los recursos marinos, que conlleva a un desbalance en la cadena alimenticia (Otiende et al. 2010).

Cabe indicar que los recursos que nos brinda de manera natural el planeta y que hasta la actualidad dispone se pueden clasificar en: recursos renovables, no renovables e inagotables. Todos los recursos renovables son aquellos recursos que con los cuidados necesarios y adecuados podemos mantener, ya sea cultivos alimenticios, bosques, etc.; a diferencia de los recursos no renovables que son aquellos recursos que no se pueden reemplazar de manera fácil por sus mismo procesos o fases naturales, por lo que al final del día se vuelven frágiles porque se terminan agotando, podemos poner como ejemplo los depósitos de metales, y por último los inagotables, que son sin importar las actividades productivas del ser humano, como por ejemplo el aire y la arena. (Otiende *et al.* 2010).

Se ha corroborado que los contaminantes más comunes que afectan a la población de tónidos y otras especies marinas a nivel mundial son los metales pesados, estos generadores de contaminación son los principales focos de contaminación que afectan de manera directa el hábitat de las especies, lo cual provocan un sinnúmero de problemas a los organismos, que al ingresar a la cadena alimentaria, por la bioacumulación por el alto nivel de ingesta que este ha tenido, los niveles son mayores en los consumidores finales, lo cual conlleva a

desencadenar un riesgo elevadamente grave para la salud de los peces y del hombre (Lillo 2008).

Como referencia cabe indicar que los metales pesados que más han afectado a las especies a nivel mundial y que son de fácil adsorción para los túnidos y otras especies marinas grandes son: el mercurio, cadmio, plomo, estaño y arsénico. La mayoría de estos metales pesados no se los encuentra en el medio ambiente de forma natural, uno de los principales generadores de estos tipos de contaminantes es la industria de la minería (Effen 2010).

La contaminación por metales pesados no solo se atribuye al ser humano, cabe indicar que también existe variables que se relacionan a las condiciones geográficas que exteriorizan cada sector o punto específico en el mundo, como ejemplo podemos indicar en el Ecuador, dentro de la variedad de metales que nuestro país tiene, también se extrae el cadmio, las condiciones de este metal pesado en nuestra geografía es en estado libre, este se obtiene por la fundición de una material principal como es el zinc que es extraído de la minería y se da como un subproducto del mismo (Londoño-franco *et al.* 2016).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Todos estos metales pesados en bajas concentraciones son nocivos para la salud, su manera de presentarse puede darse de diferentes formas, la más comunes y que son consumidas de manera directa por las personas son en: el pescado, verduras, carne, etc.,

siendo el pescado un alimento a considerar, también es cierto que se han implementado nuevas maneras de alimentación sana y se ha verificado mayor consumo de estos productos, basado en esto la Comisión Europea, solicitó un análisis y revisión de las cantidades de estos metales. Para de esta manera dar las indicaciones de las tolerancias permitidas en las ingestas de alimentos por lo cual se establecen parámetros, estos valores se estiman que no va a ver ninguna afectación a la salud, estos valores están estipulados a la exposición promedio de una persona adulta en Europa (Commission 2016).

Por estar considerado dentro del grupo de los pequeños atunes, skip Jack (*Katsuwonus pelamis*), el barrilete tiene importancia desde el punto de vista de las pesquerías tecnificadas, debido a que ha desplazado al atún aleta amarilla de su posición dominante en la captura mundial de túnidos (Guevara-Rascado, Cerecedo-Escudero y Sánchez-Regalado, 2008).

En la actualidad Ecuador a nivel mundial entre los primeros países exportadores de túnidos y es uno de los pilares fundamentales en la economía del país. En la última década se ha incrementado la pesquería industrial, debido a la alta demanda lo que ha influido también a la apertura de plazas de trabajo, ya que las industrias atuneras contribuyen con 20.000 de manera directa y sin contar los indirectos (Pérez Carpio y Ruiz 2017).

Si bien es cierto la pesca actualmente es uno de los pilares de la economía del Ecuador, y fuente fundamental de ingresos económicos en la ciudad de Manta, esta también es parte primordial para el ecosistema marino. El mayor depredador de esta especie es el ser

humano, ya que este provee de innumerables beneficios. En la actualidad el consumo de atún es muy común en la ingesta diaria el mismo que se lo realiza de las siguientes maneras: fresca (se compra de manera directa), congelado (como materia prima para la elaboración de productos) y en conservas (con duración a largo plazo por los procesos de esterilización), si bien es cierto no son las únicas maneras de distribución, pero si son las más comunes en la actualidad para su consumo a nivel nacional e internacional. (Cerdeño, 2015).

Se deberá tomar en cuenta que muchos organismos internacionales mediante regulación y certificaciones buscan garantizar la inocuidad alimentaria, dentro de estos organismos podemos encontrar a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), la misma que se encarga de la protección del consumidor final contra todos los riesgos posibles en lo referente a la alimentación.

Según la EFSA, los metales pesados como son el cadmio, mercurio, plomo, etc.; los mismos que están considerados como un riesgo potencial a la salud humana; la presencia de estos se debe a muchos factores ya sean porque son de fuentes naturales, agrícolas, industriales y se los puede encontrar en el suelo, agua, todos estos segmentos han provocado una acumulación paulatina de estos metales pesados en la flora y fauna de nuestros ecosistemas.

1.4. HIPÓTESIS

La concentración de metales pesados (cadmio y plomo) en el atún skip jack (*Katsuwonus pelamis*) varía según las tallas.

La concentración de metales pesados (cadmio y plomo) en el atún skip jack (*Katsuwonus pelamis*) excede los límites permitidos por las normativas legales.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la concentración de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en la especie Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*) por espectrometría de absorción atómica método de flama.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de metales pesados, plomo y cadmio, en la especie Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*), en tallas específicas (-3; 4-7; +12).
- Comparar los resultados obtenidos de ambos metales pesados de las diferentes tallas y barcos, bajo los límites establecidos en la normativa nacional y las Internacionales.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS

Las muestras fueron obtenidas de las cámaras de frío de una de las empresas atuneras de la ciudad de Manta, la cual almacena su materia prima bruta diferenciándola por embarcaciones, tallas, fechas de arribo y zonas FAO de pesca en las tallas (-3; 4-7; +12).

Para realizar el estudio el cual tendrá una orientación como análisis cuantitativo experimental, estos diseños se derivan de la investigación cuantitativa con lo que atañen a estudios para cuyo desarrollo se indaga o requiere inspeccionar el comportamiento de los anomalías o novedades, a partir de la operación de cambios intencionados en las variables que los componen. (Mata Solís, LD 2019).

2.2 UBICACIÓN DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de la espectrometría de absorción atómica, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de control de calidad de la EPAM (Empresa Potable de Agua de Manta), 1°00'13.2" S, 80°41'14.3" W, y éstas fueron analizadas por triplicado; SJ -3(3), SJ 4-7(3), SJ +12(3) por cada uno de los barcos, lo cual genera un total de 27 unidades experimentales, dichas instalaciones se encuentran en el Km 6 de la vía Manta – Montecristi.

2.3 VARIABLES A MEDIR

2.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Tallas comerciales del bonito skip Jack

A₁ Skip jack: talla <3 lb

A₂ Skip jack: talla 4 – 7 lb

A₃ Skip jack: talla >12 lb

B. Embarcaciones

B₁ B/P Rosita

B₂ B/P Charo

B₃ B/P San Andrés

2.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Muestra de tejido muscular de la parte del lomo del Skip jack (*Katsuwonus pelamis*).

➤ Niveles de cadmio

➤ Niveles de plomo

2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

2.4.1 Tipo de diseño

La investigación va dirigida a la indagación de las muestras cuantitativas, con el propósito de determinar las concentraciones de manera que podríamos verificar, en especial de forma estadística (R. M. Palacios, 2006).

Para la cual también en esta investigación se utilizará un diseño al azar de tipo factorial AxB, con 3 réplicas por tratamiento teniendo como muestras finales 27 unidades experimentales; de las tres tallas comerciales predefinidas de skip Jack (Katsuwonus pelamis), las mismas que pertenecen a 3 embarcaciones distintas las cuales pescaron en la Zona FAO 77, y poder establecer la ocurrencia de los resultados en la concentración de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb).

La investigación va orientada a ser una disertación representativa como relación recíproca, esta se define como disertación o descriptivo porque de esta manera daremos a conocer los diferentes niveles de concentración de metales pesados como son el cadmio y el plomo, dependiendo de las tallas que estamos utilizando como muestras y dependiendo de la zona FAO de pesca, “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Cauas, 2015), y de manera recíproca o correlacional, ya que se va a conjeturar la

correlación entre las variables a plantearse (Cauas, 2015), esto nos dirige a que esta indagación que se va realizar está basada con el análisis de las cantidades de cadmio y plomo entre las tallas analizarse y también las zona de pesca (ZONAS FAO 77; área 48'100.000 Km²), y de los diferentes barcos.

2.4.2 Análisis estadísticos

Para el presente proyecto de investigación se utilizó el programa Infostat para realizar el análisis estadístico, el mismo que es descriptivo, con un análisis de varianza y con la prueba de Tukey con = 0,05% de probabilidad.

2.5 TRATAMIENTO

2.5.1 Toma de muestras

Las muestras tomadas para la comprobación de metales pesado plomo (Pb) y cadmio (Cd) se efectuó de la siguiente manera en la Tabla 1:

Tabla 1

Esquema del Diseño Experimental Completamente al Azar

Muestras de tejido de Skip Jack
--

Embarcaciones	Zona Fao de Pesca	N° Muestras -3	N° Muestras 4-7	N° Muestras +12	Fecha de Arribo
B/P CHARO	77	3	3	3	03-03-2021
B/P SAN ANDRES	77	3	3	3	08-02-2021
B/P ROSITA	77	3	3	3	28-02-2021
TOTAL DE MUESTRAS		27			

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Variables de las muestras.

Las variables que se van a realizar en el estudio darán lugar a los 9 tratamientos, los mismos que se indican a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2

Tratamientos de estudio del diseño experimental.

No	TRATAMIENTO	COMBINACION	DESCRIPCION
1	T1	A1B1	A1: SJ < -3 lbs B1: B/P ROSITA
2	T2	A1B2	A1: SJ < -3 lbs B1: B/P CHARO
3	T3	A1B3	A1: SJ < -3 lbs B1: B/P SAN ANDRES
4	T4	A2B1	A2: SJ 4-7 lbs B2: B/P ROSITA
5	T5	A2B2	A2: SJ 4-7 lbs B2: B/P CHARO
6	T6	A2B3	A2: SJ 4-7 lbs B2: B/P SAN ANDRES
7	T7	A3B1	A3: SJ +12 lbs B3: B/P ROSITA

8	T8	A3B2	A3:SJ+12 lbs B3: B/P CHARO
9	T9	A3B3	A3:SJ+12 lbs B3: B/P SAN ANDRES

Fuente: Elaboración propia

2.6 MÉTODO DE ANALISIS

PRINCIPIO

El principio del método consiste en la separación de los minerales de la matriz alimenticia por vía húmeda mediante la destrucción de la materia orgánica de la muestra a través de digestión a elevada temperatura y la obtención de la ceniza. El contenido mineral en la ceniza será extraído con solución de ácido nítrico y se determina entonces por espectroscopía de absorción atómica AAS. Método oficial de análisis de la AOAC (Métodos 9.1.09 y 50.1.14).

PROPÓSITO / ENFOQUE

El método incluye la ceniza seca y/o digestión húmeda, en la destrucción de las materias orgánicas en las muestras de alimentos antes de la mineralización y determinación.

Las muestras para la investigación se preservaron en las cámaras de frío (-25°C) de la empresa procesadora de atún de la ciudad de Manta, que almacena su materia prima bruta debidamente identificadas, diferenciándola por embarcaciones, cubas del barco, tallas, zonas FAO de pesca fueron tomadas por las tallas antes mencionadas para de esta manera verificar

las diferencias de la acumulación de metales pesados entre las mismas, ya que por las especies de tñidos, que se encuentran en el medio y las diferentes zonas migratorias las cuales no son idénticas, por lo que los análisis a realizar en los rangos permitidos según las referencias obtenidas de manera documental. Las muestras fueron preservadas inicialmente en la cámara de frío a -25°C de temperatura de cámara. correctamente identificadas con fecha, hora, especie y talla, subsiguientemente las mismas serán trasladadas al laboratorio de la EPAM para su progresivo análisis de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica.

Una vez las muestras las tenemos en el laboratorio se procederá a realizar la digestión a alta temperatura, retirado de la mufla, es enfriado en un desecador, para lo posterior se extrae los metales en investigación de la ceniza con solución de ácido nítrico, este analito se procederá a medir su concentración en el espectroscopio de absorción atómica Agilent Technologies 200 Series AA.

2.7 PREPARACIÓN DE DILUCIÓN DE REACTIVOS

2.7.1 Dilución de ácido nítrico al 1N.

Para la preparación de la solución de HNO_3 al 1N, en la campana de absorción de gases se procede a medir en una probeta de 100 ml, 69.77 ml de HNO_3 al 65 % en grado reactivo, en un balón aforado colocamos 500ml de agua destilada, se procede a colocar los

69.77 ml de HNO_3 y se afora con agua destilada hasta completar los 1000 ml, la solución se coloca en el agitador para que sea homogénea.

2.7.2 Dilución de ácido nítrico al 10%.

Para la preparación de la solución de HNO_3 al 10%, en la campana de absorción de gases se procede a medir en una probeta de 100 ml de ácido nítrico al 65 % en grado reactivo, luego de esto en un balón aforado deberá colocar agua destilada en un aproximado de 500 ml, luego se adicionará el ácido nítrico medido en el balón y se completará con agua destilada hasta llegar a los 1000 ml, una vez completo se coloca en el agitador para que sea una mezcla homogénea.

2.7.3 Preparación de Estándar.

Para la preparación de las soluciones estándares de Pb y Cd (Tabla 3), fueron realizadas por dilución sucesiva a partir de las soluciones patrones de Pb y Cd de 1000 mg/l en una matriz 2% HNO_3 . Se inició con la preparación de los patrones para realizar la curva de calibración para la espectrometría de adsorción atómica en método de flama. Para esto inicialmente se procedió a la configuración del equipo, para posteriormente iniciar con la calibración, con la utilización de los estándares de cadmio (Cd) y Plomo (Pb), con la utilización de patrones certificados de marca CPA-chem.

Tabla. 3

Certifica de análisis CPA-chem plomo (Pb) y cadmio (Cd).

Estándar	Marca	Concentración	Matriz	Patrón
Plomo	CPA-chem Certified Reference Material ISO 9001, ISO 17025, ISO 17034 Pb (Lead) Concentration: 1000 mg/l Matrix: 2% HNO ₃	1000 mg/l	HNO ₃ 2%	En 100 ml de agua ultrapura se adicional 0,1 ml de nitrato de plomo, luego se toman 5ml de la solución y se afora hasta 100 ml de agua ultrapura
Cadmio	CPA-chem CPA-chem Certified Reference Material CRM, ISO 17034 and ISO 17025 Cd (Cadmium) Concentration : 1000 mg/l Matrix : 2% HNO ₃	1000 mg/l	HNO ₃ 2%	En 100 ml de agua ultrapura se adicional 0,1 ml de nitrato de cadmio, luego se toman 5ml de la solución y se afora hasta 100 ml de agua ultraoura

Fuente: Elaboración propia

Se verificaron los parámetros de lectura del espectrofotómetro de absorción atómica en flama (Tabla 4), del equipo que se encuentra en el laboratorio de la EAPAM.

Tabla. 4

Parámetros equipo Agilent Technologies 200 Series AA

Estándares	Plomo	Cadmio
Longitud de onda	217,0 nm	228,8nm
Corriente de la lámpara	12 mA	3 mA
Ganancia %	25%	24%
Gas	Acetileno/aire	Acetileno/aire
Sensibilidad	Alta	Alta

Lectura	4 s	4 s
---------	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

2.8 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se deberá colocar 24 horas antes los crisoles en la solución de ácido nítrico al 10% para de esta manera poder curarlos antes de iniciar con la calcinación de las muestras.

Realizado la cura de los crisoles se deberá triturar y homogenizar una muestra de cada de las tallas 10 g.

Una vez triturada y homogenizada la muestra se colocó en la balanza analítica los crisoles y se procede a tarar, luego de la mezcla homogenizada se pesa 2 g de base húmeda, y este procedimiento se realizará con cada una de las muestras en las diferentes tallas y embarcaciones a realizar los análisis.

Una vez pesadas las nueve muestras húmedas de cada talla en los crisoles, estas se deberán colocar en el plato calentador, por un lapso de 30 minutos a 150°C.

Las muestras una vez pasados los 30 minutos en el plato calentador, se las colocará de manera inmediata en la mufla, en la cual pasarán por el lapso de 3 horas hasta que estas se aprecien cenizas de un color blanco. De no salir las muestras color blanco se deberá volver a realizar la mineralización en la mufla.

Una vez cumplido el tiempo en la mufla, se deberán enfriar para luego filtrar las muestras para lo cual se utilizarán las probetas de 50 ml.

Se colocó en las probetas de 50 ml los embudos de vidrio y el papel filtro, las cenizas y colocar una porción del ácido nítrico al 1N, en el crisol con la misma dilución se colocó dentro del mismo para pasar a lavar y obtener el residual de cenizas y depositar en el embudo para su filtración, hasta obtener todo el residual de los crisoles, este procedimiento se efectuará en todas las muestras.

Las muestras una vez filtradas se colocarán en los tubos de ensayo con tapas previamente identificados.

Finalmente, una vez que se obtienen los resultados analizadas por el método de espectroscopia de absorción atómica por flama, en el equipo Agilent Technologies 200 Series AA, de las concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*), éstas serán comparados con la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1317, 2021/1323 de la Comisión de 9 de agosto de 2021, para determinar si se encuentran en los límites permitidos para el consumo humano, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos.

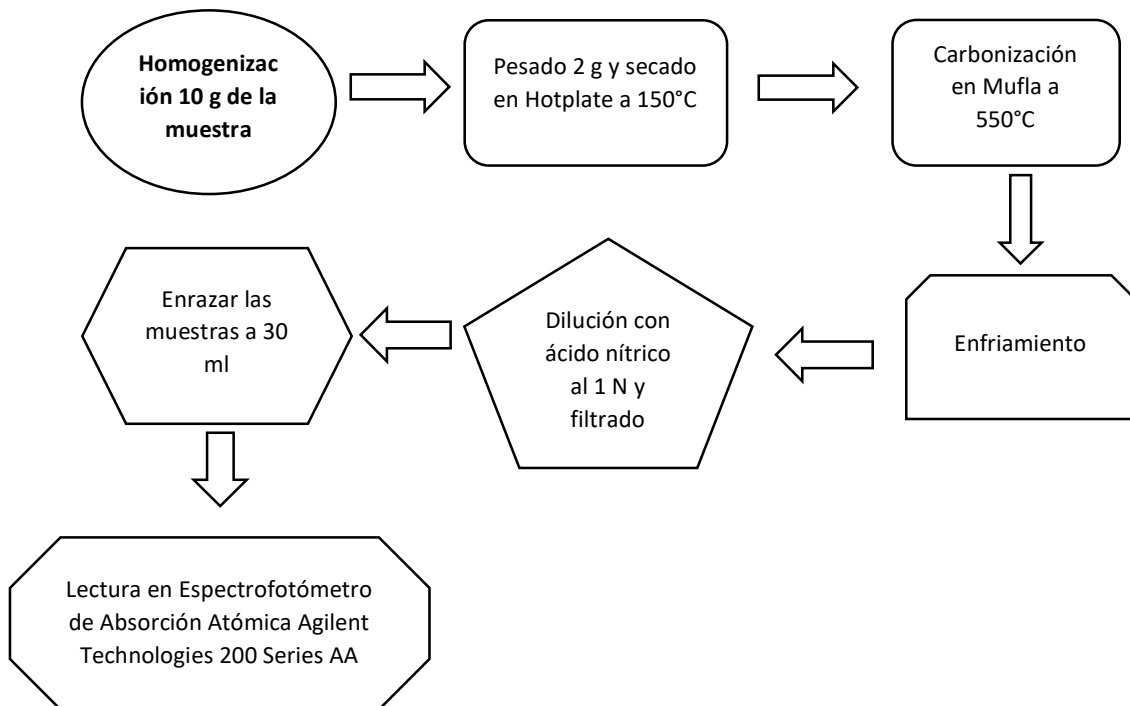
2.9.1 Lectura de las muestras.

Los análisis realizados para tener una mayor confiabilidad de los resultados se hicieron 3 repeticiones por cada una de las tallas y de esta manera poder evidenciar una mejor apreciación de los resultados.

En el siguiente diagrama se podrá evidenciar el flujo de la mineralización de las muestras analizadas por el método de ácido nítrico (HNO_3).

Figura. 2

Diagrama de Digestión – Método de HNO_3



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3.1.1 ESTADÍSTICAS

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el Infostat, para la cual se pudo comparar las medidas de concentración de cada uno de los metales cadmio y plomo en las tallas referenciales, tomando en cuenta un $p < 0.05$ como valor significativo y la prueba de Tukey.

Se pudo evidenciar (Tabla 5), que entre las tallas analizadas en referencia al metal pesado plomo (Pb), las diferencias de los resultados entre las tallas -3, y las 4-7 y +12 estas últimas teniendo una relación no significativa en los resultados.

Tabla.5

Cuadro de análisis de la Varianza por combinaciones de diseño experimental plomo (Pb)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,0680	8	0,0085	15,5145	<0,0001	
BARCOS	0,0075	2	0,0038	6,8465	0,0061	
TALLA	0,0104	2	0,0052	9,4689	0,0015	
BARCOS>TALLA	0,0029	6	0,0005	0,8778	0,5304	
Error	0,0099	18	0,0005			
Total	0,0779	26				

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica el análisis de varianza el cual indica que el p-valor < 0.0001 y una α de 0.05, en la cual se aprecia que la concentración de plomo (Pb) en el skip jack

(*Katsuwonus pelamis*) (tabla 5), no varía entre las tallas evaluadas, ya que los resultados de p-valor es menor a 0.05, por tanto, no hay diferencia significativa en los tratamientos ya que todas se comportan de la misma manera, se rechaza la hipótesis nula, ya que existe diferencia significativa en los tratamientos.

Se realiza subsiguientemente la prueba de tukey, para de esta manera poder tener una interpretación, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla. 6

Análisis por barco en el contenido de plomo (Pb)

TEST: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,2816
Error: 0,0005 gl: 18

BARCOS	MEDIAS (mgPb/kg pescado b.h.)
B/P S. ANDRES	0,1677 ^A
B/P CHARO	0,1628 ^A
B/P ROSITA	0,1301 ^B

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica en el análisis que la concentración de plomo (Pb) por barcos en el skip jack (*Katsuwonus pelamis*) (tabla 6), con relación a los B/P San Andrés y Charo no son estadísticamente diferentes entre sí, pero si superiores y estadísticamente diferentes al B/P Rosita. El contenido de plomo (Pb) depende del barco por su captura.

Tabla. 7

Análisis por Tallas en el contenido de plomo (Pb)

TEST: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,2816

Error: 0,0005 gl: 18

TALLAS	MEDIAS (mgPb/kg pescado b.h.)
4—7	0,1890 ^A
+12	0,1822 ^A
-3	0,0893 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica que el contenido de plomo (Pb) depende de la talla del pescado skip jack (*Katsuwonus pelamis*) (tabla 7), la talla 4-7 y la +12, tienen una concentración igual de plomo (Pb) y estadísticamente superior a la talla -3.

Tabla.8

Prueba de Tukey. Concentración de Pb, por barcos y tallas

TEST: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,6697

Error: 0,0005 gl: 18

BARCOS	TALLA	MEDIAS (mg Pb/kg pescado b.h.)
B/P S. ANDRES	4--7	0,1930 ^A
B/P CHARO	4--7	0,1930 ^A
B/P S. ANDRES	12	0,1903 ^A
B/P CHARO	12	0,1870 ^A
B/P ROSITA	4--7	0,1810 ^{AB}
B/P ROSITA	12	0,1693 ^{ABC}
B/P S. ANDRES	-3	0,1197 ^{BC}
B/P CHARO	-3	0,1083 ^C
B/P ROSITA	-3	0,0400 ^D

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica en el análisis que la concentración de plomo (Pb) por interacción de las variables barco/talla en el skip jack (*Katsuwonus pelamis*) (tabla 8), influyen en el contenido de plomo (Pb). La interacción del B/P Rosita talla -3, tuvo el menor contenido de plomo y fueron estadísticamente inferiores a las interacciones del B/P Charo tallas 4-7 y +12, y el B/P San Andrés tallas 4-7 y +12 y el B/P Rosita 4-7 y +12 estas últimas teniendo el mayor contenido de plomo.

Se pudo evidenciar, que entre las tallas analizadas en referencia al metal pesado plomo (Pb), las diferencias de los resultados entre las tallas -3, y las 4-7 y +12 estas últimas teniendo una relación no significativa en los resultados.

Entre las tallas analizadas en referencia al metal pesado cadmio (Cd), las diferencias de los resultados entre las tallas -3, y las 4-7 y +12 estas últimas teniendo una relación no significativa en los resultados.

Tabla. 9

Cuadro de análisis de la Varianza por combinaciones de diseño experimental Cadmio (Cd)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F. V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0,0053	8	0,0007	1,4840	0,2309
BARCOS	0,0004	2	0,0002	0,4218	0,6622
TALLA	0,0018	2	0,0009	1,9932	0,1652
BARCOS>TALLA	0,0009	6	0,0001	0,3369	0,9084
Error	0,0080	18	0,0004		
Total	0,0133	26			

Fuente: Infostat

En la revisión de los resultados de la concentración de cadmio (Cd) (tabla 9), el análisis indica que, con valor p de <0.2309 , y un α de 0.05, se identifica que las concentraciones de cadmio (Cd) en el skip jack (*Katsuwonus pelamis*) no varía entre las tallas evaluadas, ya que los resultados de p-valor son mayores a 0.05, por tanto no hay diferencia significativa en los tratamiento ya que todas se comportan de la misma manera, se acepta la hipótesis nula, ya que no existe diferencia significativa en los tratamientos.

Se realiza subsiguientemente la prueba de tukey, para de esta manera poder tener una interpretación, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla. 10

Análisis por barco en el contenido de Cd

TEST: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,2534

Error: 0,0004 gl: 18

BARCOS	MEDIAS (mgCd/kg pescado b.h)
B/P S. ANDRES	0,0151 ^A
B/P CHARO	0,0147 ^A
B/P ROSITA	0,0070 ^A

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica en el análisis que la concentración de cadmio (Cd) por barcos no influyo en el contenido de cadmio (Cd) en el skip jack (*Katsuwonus pelamis*) (tabla 10).

Tabla. 11

Análisis por talla en el contenido de cadmio (Cd)

TEST: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,2534

Error: 0,0005 gl: 18

TALLAS	MEDIAS (mgCd/kg pescado b.h)
4-7	0,0290 ^A
+12	0,0068 ^{AB}
-3	0,0010 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica en el análisis que la concentración de cadmio (Cd) por tallas en el skip jack (*Katsuwonus pelamis*) (tabla 11), la talla 4-7 tuvo un contenido de cadmio 0.0290 y la talla -3 tuvo un contenido de cadmio de 0.0010, mismo que fueron estadísticamente diferentes y que corresponden al nivel superior e inferior respectivamente. La talla -3 tuvo una concentración menor y estadísticamente diferente a la talla 4-7.

Tabla. 12

Prueba de Tukey. Concentración de cadmio (Cd), por barcos y tallas

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06026

Error: 0,0004 gl: 18

BARCOS	TALLA	MEDIAS (mg Cd/kg pescado b.h.)
B/P ROSITA	12	0,0403 ^A
B/P S. ANDRES	12	0,0343 ^A
B/P CHARO	12	0,0123 ^A
B/P CHARO	4--7	0,0083 ^A
B/P S. ANDRES	4--7	0,0070 ^A
B/P ROSITA	4--7	0,0050 ^A
B/P S. ANDRES	-3	0,0027 ^A
B/P CHARO	-3	0,0003 ^A
B/P CHARO	-3	0,0000 ^A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Infostat

Este cuadro nos indica en el análisis que la interacción de las variables barco/talla (tabla 12), no influyó en el contenido de cadmio (Cd).

3.2 DISCUSIÓN

La valoración de los índices de concentración de metales pesados en el tejido muscular en el Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*), será evaluada utilizando como referencia la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1317, 2021/1323 de la Comisión de 9 de agosto de 2021, para determinar si se encuentran en los límites permitidos para el consumo humano, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos.

De los resultados obtenidos dentro de este análisis en el presente trabajo se puede indicar lo siguiente:

Dentro de las variadas tallas examinadas de diferentes embarcaciones y de la zona FAO autorizadas, se pudo verificar según resultados obtenidos que las tallas pequeñas (-3) son las que menor cantidad de contaminante de metal pesado plomo (Pb), a diferencia entre las tallas 4-7 y +12 que, aunque sus valores son bajos sus diferencias no son muy representativas y se podría indicar que están casi parecidas.

Dentro de las tallas analizadas de diferentes embarcaciones y de la misma zona FAO autorizadas, se pudo verificar según resultados obtenidos que las tallas pequeñas (-3) los resultados salieron bajos inclusive no se evidenció, y en otras de la misma talla se podría indicar que prácticamente sus niveles son extremadamente bajos en lo referente al contaminante de metal pesado cadmio (cd), a diferencia entre las tallas 4-7 y +12 que, aunque sus valores son bajos sus diferencias no son muy representativas y se podría indicar que están casi parecidas, aunque dos muestras estuvieron más representativas ambas en la talla +12.

En el estudio realizado por (Senior *et al.* (2016), Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio), muestras congeladas de pescados de alta ingesta en el Ecuador, en donde indica que los resultados obtenidos en lo referente a Cadmio (Cd) en el atún y el dorado en referencia al Cadmio (Cd) se presentaron valores por debajo del límite 0.0139 mg/Kg y de la misma manera en el Plomo (Pb) 0.0197 mg/Kg, estos se encuentran dentro los límites, considerando que ellos tomaron como referencia la entre la el Reglamento (UE) 2016, donde

se puede corroborar que bajo los límites de los metales pesados investigados, están dentro de los límites aceptables para los túnidos.

En este estudio realizado por (Senior *et al* 2016), se puede mostrar que los niveles de contaminación de los metales pesados Cadmio y Plomo, se encuentran dentro de los rangos permitidos por las normativas que nosotros estamos tomando como referencia, aunque es relevante recalcar que las muestras tomadas fueron de materia prima ya procesada, con lo que se puede indicar que la misma pudo haber estado expuesta a contaminarse por factores externos.

La investigación realizada por los autores antes mencionados fue realizada en el 2016 y tomada de diferentes marcas de producto terminado filete de pescado teniendo como base de materias primas diferentes especies de pescado entre ellas el atún, nuestra investigación es actual de la zona de pesca FAO 77, y es una efímera indicación de cómo se puede encontrar esta zona de pesca en referencia a la contaminación de metales pesados, las muestras de túnidos la humedad relativa no fue analizada ya que el análisis a realizar en base húmeda.

Realizando un estudio comparativo de los análisis realizados en base húmeda, entre la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1317, 2021/1323 de la Comisión de 9 de agosto de 2021, para determinar si se encuentran en los límites permitidos para el consumo humano, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos, en lo que nos indican de manera individual que en la Legislación el límite máximo de plomo Pb en carne de

pescado es de 0.2 mg/Kg, el en Reglamento de la UE ≤ 0.3 mg/Kg y en la Normativa INEN 0.3 mg/Kg por lo cual estamos dentro de los límites permitidos en las 3 normativas siendo la Norma INEN, la que rige en Ecuador obteniendo resultado que oscilaron el más bajo de 0.009 mg/Kg, el más alto de 0.228 mg/Kg y obteniendo un valor promedio general de todas las muestras 0.154 mg/Kg, de la misma manera realizando la revisión en lo referente al metal pesado cadmio, el límite máximo de Cd en carne de pescado es de 0.05 mg/Kg, el en Reglamento de la UE < 0.1 mg/Kg y en la Normativa INEN 0.05 mg/Kg por lo cual estamos dentro de los límites permitidos en las 3 normativas siendo la Norma INEN, la que rige en Ecuador, obteniendo resultado que oscilaron más bajo de 0.000 mg/Kg, el más alto de 0.090 mg/Kg y obteniendo un valor promedio general de todas las muestras 0.012 mg/Kg

3.4 CONCLUSIONES

Se realizó el correspondiente análisis comparativo de las muestras según el estudio de diseño experimental, según tallas y por barcos en lo cual se pueden emitir las siguientes conclusiones.

En cuanto al metal pesado plomo (Pb) en las variables que influyeron en el contenido fueron barco, talla y la interacción barco/talla, vario teniendo como como resultados máximos 0.228 mg/kg y un mínimo de 0.009 mg/kg.

En cuanto al metal pesado cadmio (Cd), solo la talla que influyó en el contenido del metal. El contenido de cadmio (Cd), varió teniendo como como resultados máximos 0.0904 mg/kg y un mínimo de 0.0000 mg/kg.

En referencia a los objetivos de la concentración de metales pesados (cadmio y plomo) en el atún skip jack (*Katsuwonus pelamis*) no excede los límites permitidos por las normativas legales, en lo referentes a las muestras de atún congelado en base húmeda, según los límites establecidos en la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 2021; Reglamento (UE) 2021/1317 de la Comisión de 9 en referencia al plomo (0.30 mg/kg) y , 2021/1323 10 de agosto de 2021 en referencia al cadmio (0.10 mg/kg) , para determinar si se encuentran en los límites permitidos para el consumo humano, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos, estas en los resultados obtenidos en los metales pesados Cadmio (Cd) (0.050 mg/kg) y Plomo (Pb) (0.30 mg/kg).

Se verificó que, en el análisis comparativo de las muestras de atún congelado entre embarcaciones y tallas, de lo que se concluye que no existe una diferencia significativa entre los niveles de cadmio y plomo, esto indica que no existe mayor diferencia de metales pesados entre tallas y barcos.

3.5 RECOMENDACIONES

Se deberían realizar estudios más profundos de parte del ente regulatorio en conjunto con las Universidades en lo referente a los metales pesados en referencia al atún y las diferentes pesquerías, que son las especies comerciales de exportación y de consumo interno más representativas, para de esta manera poder tener un estadístico que se encuentre en el marco legal y que sea emitido por una entidad del estado.

Se debería realizar convenios institucionales entre las Universidades y laboratorios de instituciones del Estado Ecuatoriano (SCI) y con los Gobiernos Provinciales; que tengan laboratorios y equipos certificados para poder realizar este tipo de análisis de investigación con mayor facilidad.

3.5 Referencias bibliográficas

Albert L., 1999. Curso Básico de Toxicología Ambiental. Noriega Editores. Mexico. 310 pp.

Almodóvar, B. (2011). Atunes, Marlines y Pez espada Necesitan Protección. Ciencia y Conservación, 93-96.

Báez, J; Pascual-Alayón, P; Ramos, M; Abascal, F. (2018). Túnidos tropicales: calentamiento global y seguridad alimentaria, una visión global. Rev. biol. mar. oceanogr. vol.53 no.1 Valparaíso abr. 2018. <https://bit.ly/3a1Pzrr>

Bard, F. X., P. Cayré & T. Diouf. (1991). Migraciones, In Fonteneau, A. & J. Marcille (Eds.), Recursos, pesca y biolog

Besada, V; González, J; Schultze, F. 2006. Ciencias Marinas (online).. Consultado 29 Aug. 2021. Available at <https://www.redalyc.org/pdf/480/48032210.pdf>.

Briggs, J.C. 1958. A list of Florida fishes and their distribution. Bull. Fla. State. Mus. Biol. Sci. 2: 223-318.

Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. 1–11.

Cerdeño, V. J. M. (2015). Distribución y consumo de productos pesqueros. Universidad Complutense de Madrid, 3.

Collette y Nauen. 1983. Catálogo de Especies FAO. Vol.2 Escomberidos del Mundo. Catálogo de Anotaciones e Ilustraciones de Tunas, Macarelas, Bonitos y Especies Acompañantes. Ministerio de Agricultura y Ganadería de El salvador. FAO, Roma.

Collaguazo, Y. Ayala, H. Machuca, G. (2017). Cuantificación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* (Mollusca.bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrometría de absorción atómica. *Revista Ciencia UNEMI* Vol. 10, N° 24, Septiembre 2017, pp. 01 – 10.

Commission, F. S.-E. (2016). Cadmium. *EFSA Journal*.

Commission Europea (CE) 2005, Reglamento (CE) NO 78/2005 de la Comisión de 19 de enero de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) NO 4666/2001 en lo referente a metales pesados *Diario Oficial de la Union Europea*, L (016): 46-45.

Compeán-Jiménez, G. 1985. Atlas pesquero de atún. Instituto Nacional de Pesca. Secretaría de Pesca. 78.

Dórea, J. (2012). Los efectos del mercurio sobre la salud humana y el medio ambiente" y una consideración especial a la vulnerabilidad en la fase temprana de la vida. *Archivos argentinos de pediatría*, 110(5), 372-374.

Effen, M. A. (2010). Health risks caused by mining pollution and their impact on children. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbcst/v12n27/v12n27a05.pdf>.

Ewing, G. W. (1997). *Analytical Instrumentation Handbook*. Second ed. New York:

Marcel Dekker.

FAO (1989). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación 1. Nutrientes esenciales*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/ab492s04.htm>

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem., 1995b.

Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centrooriental. Volumen II: Vertebrados—Parte 1. FAO, 647-1200 pp.

Friess, S., & Brotz, H. (2011). La Minería en los Países en Desarrollo - Desafíos y Propuestas de Acción., 42.

Guevara-Rascado, ML; Cerecedo-Escudero, JL; Sánchez-Regalado, R. 2008. Distribución y abundancia de larvas del pez *Katsuwonus pelamis* (Perciformes: combridae) en el Golfo de México, 1982-1992, Nayarit-México (en línea). Revista de Biología Tropical 56(3):0034-7744. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000300028

Gutiérrez Espinoza, MG. s.f. Validación y Determinación de Plomo, Arsénico y Mercurio en Especies Marinas por Espectrometría de Absorción Atómica (en línea). Para optar al Grado de: Licenciatura En Ciencias Químicas, El Salvador, Universidad de El Salvador. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8763/1/19200747.pdf>

Hart C. y S. Fuller, 1974. Pollution Ecology of Freshwater invertebrates. Academic Press Inc. 389 pp.

Hoyle, S., Langley, A., y Hampton, J. (2008) Stock assessment of albacore tuna in the south Pacific Ocean. En 4th Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission. Port Moresby, Papua New Guinea, páginas 11–22

https://www.mercasa.es/media/publicaciones/222/1437669993_Distribucion_y_consumo_de_productos_pesqueros.pdf

[https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos de la minería - Javier Lillo.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos_de_la_mineria_-_Javier_Lillo.pdf)

<http://tumi.lamolina.edu.pe/infopes/?product=barrilete-katsuwonus-pelamis>

ICCAT. (2009). Listado. En Manual de ICCAT. Comisión Internacional para la conservación del atún del Atlántico

Kargin, F.,A. Donmez and Y. Cogun. 2001 Distribution of heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monocerus* from the Iskenderun Gulf, Turkey: seasonal variations. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 66: 102-109.

Lillo, J. (2008). Actividades antropogénicas: Impactos sobre medio ambiente. Grupo de Estudios En Minería y Medioambiente, 1–38.

Londoño-franco, L. F., Londoño-muñoz, P. T., & Muñoz-garcía, F. G. (2016). En la salud humana y animal risk of heavy metals in human and animal health risco de metais pesados na saúde humana e animal. 14(2), 145–153.

[https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

Londoño-Franco, L; Londoño-Muñoz, P; Muñoz-García, F. 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. (En línea, sitio web) Consultado 12 mar. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

- Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios
Revisión Agosto 2003.
- Lloret, J., Ferrer, D., Font, T., Botet Montoya, J., & Nadal, M. (2015). Salud y Pescado:
Condition and Health Indicators of Exploited Marine Fishes. Nueva Jersey: Wiley.
- Macías Socha, C; García Colmenares, M; Chaparro S, P. 2017. Determinación
Electroquímica de Plomo y Cadmio en Aguas Superficiales, Sogamoso-Colombia (en
línea). Revista Luna Azul 2017(44): 27-38. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n44/n44a03.pdf>
- Marruecos, L., Nogué, S., & Nolla, J. (1993). Toxicología clínica. Barcelona.: Springer-
Verlag Ibérica.
- Mata Solis, LD. 2019. Investigaciones cuantitativas de tipo experimental. Parte 1 (en línea,
sitio web). Consultado 16 mar. 2021. Disponible en
<https://investigaliacr.com/investigacion/investigaciones-cuantitativas-de-tipo-experimental-parte-1/>
- Mero, M. (2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de
interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil. Universidad de Guayaquil.
- Milacic, R. and B. Kralj. 2003. Determination of Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr in some Slovenian
foodstuffs. Eur. Food Res. Technol. 217:211-214.
- Martorell J.J. (2010) Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la
costa Suratlántica andaluza afectados por Contaminación difusa. Tesis Doctoral
Universidad de Cádiz.

Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos. Primera edición.

OMS. (2010). Hay que adoptar medidas sobre productos químicos que plantean un importante problema de salud pública. Disponible en <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

Ordoñez, M. (2015). Bioacumulación de metales pesados (Pb, Hg, Cd) en el bivalvo *Anadara tuberculosa* en cuatro localidades (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) de la región costera de la provincia de El Oro 2014. Universidad Técnica de Machala.

Otiende, J. E., Ezaza, W. P., & Boisvert, B. R. (2010). An Introduction to Environmental Education (J. E. Otiende, W. P. Ezaza, & B. R. Boisvert (Eds.); pp. 84–85). 1991.

Palacios, R. M. (2006). Investigación cualitativa y cuantitativa Diferencias imitaciones. www.monografias.com

Palacios Liz; Paz Yeny. 2020. Determinación de los niveles de plomo en pescado fresco comercializado en los principales mercados de san juan del lurigancho, lima. mayo a junio del 2020 (online). Lima, s.e. Consultado 29 Aug. 2021. Available at <http://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/UMA/368/DETERMINACION%20DE%20LOS%20NIVELES%20DE%20PLOMO%20EN%20PESCADO%20FRESCO%20COMERCIALIZADO%20EN%20LOS%20PRINCIPALES%20MERCADOS%20DE%20SAN%20JUAN%20DEL%20LURIGANCHO%20LIMA.%20MAYO%20A%20JUNI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Pérez Carpio, DI; Ruiz Palacios, CA. 2017. Análisis de la Calidad en la Industria Pesquera del Atún en la Península de Santa Elena (en línea). Trabajo de Titulación de Grado

previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial. Milagro, Ecuador, UNEMI.

Consultado 17 mar. 2021. Disponible en

<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3658/1/PEREZC~1.PDF>

Reglamento (UE) 2021/1317 de la Comisión de 9 de agosto de 2021, por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 en lo relativo a los contenidos máximos de plomo en determinados productos alimenticios.

Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 de agosto de 2021, por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 en lo relativo a los contenidos máximos de cadmio en determinados productos alimenticios.

Romero Ledezma, KP. 2009. Contaminación por Metales Pesados, Cochabamba-Bolivia (en línea). Revista Científica Ciencia Médica 12(1):2220-2234. Consultado 15 mar 2021. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013

Reyes, YC; Inés Vergara, I; Torres, OE; Díaz, M; González, EE. 2016. Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria, Bogotá D.C- Colombia (en línea). Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo 16(2):66-77. Consultado 16 mar. 2021. Disponible en <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110.pdf>.

Sharon del Rosario Ruíz. 2019. Niveles de cadmio en peces de alto consumo en aguas continentales en la provincia de Los Ríos (online). Los Ríos, s.e. 11–11 p. Consultado 29 Aug. 2021. Available at <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44928>.

- Salvat, J. O. (1969). Espectrofotometria de absorcion atomica, su aplicación en la industria del vidrio.
- Sokolov, V.A. 1967. Investigaciones sobre el atún en el Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Nal. de la Pesca. Cuba 26: 63-80.
- Storelli, M. M., Barone, G., Cuttone, G., Giungato, D., & Garofalo, R. (2010). Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: Public health implications. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11),3167-3170.
- Sokolov, V.A. 1967. Investigaciones sobre el atún en el Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Nal. de la Pesca. Cuba 26: 63-80.
- Suhaimi, F., S. P. Wong, V. L. L. Lee, and L. K. Low 2005. Heavy metals in fish and shellfish found in local wet markets. Singapore. *Journal of Primary Industries*, 32:1-18.
- Téllez Palacios, MJ; Torres Blandon, IL; Treminio Juárez, FJ. 2014. Determinación Cualitativa de Plomo en especies marinas obtenidas en Poneloya mediante el Bioensayo Allium Cepa L y marcha Analítica, Enero–Mayo 2014 (en línea). Monografía Para Optar al Título de Licenciado Químico Farmacéutico, Nicaragua, León, UNANLEON. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3146/1/227090.pdf>
- William Senior, María Herminia Cornejo-Rodríguez, Johnny Tobar, Mery R. Ramírez-Muñoz y Aristide Márquez. 2016. Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador

ANEXO FOTOGRÁFICO

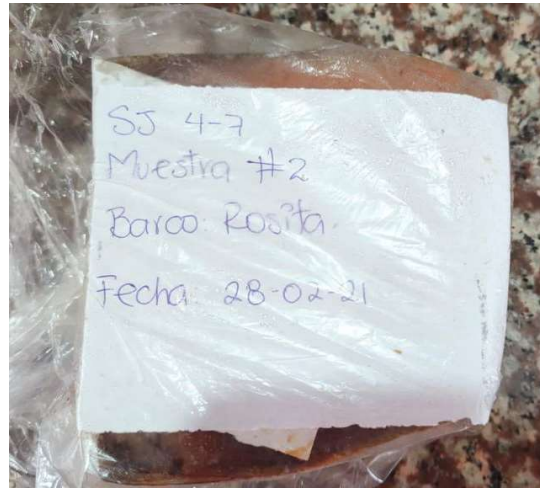
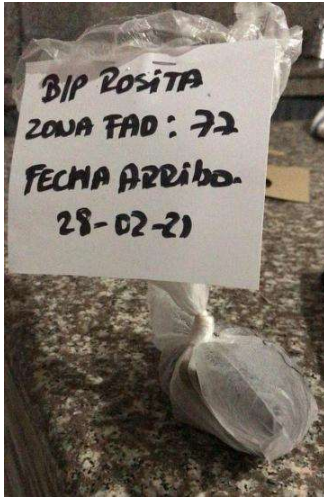
Anexo 1.

SELECCIÓN Y CORTE DE MUESTRAS



Anexo 2

CODIFICACIÓN DE MUESTRAS



Anexo 3

Pesaje de muestras



Anexo 4

Pre calentamiento



Anexo 5

Mineralización y enfriamiento



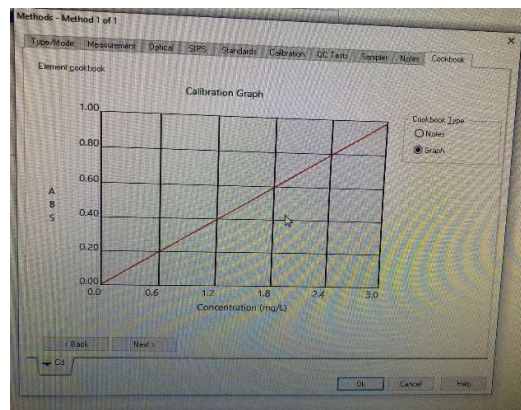
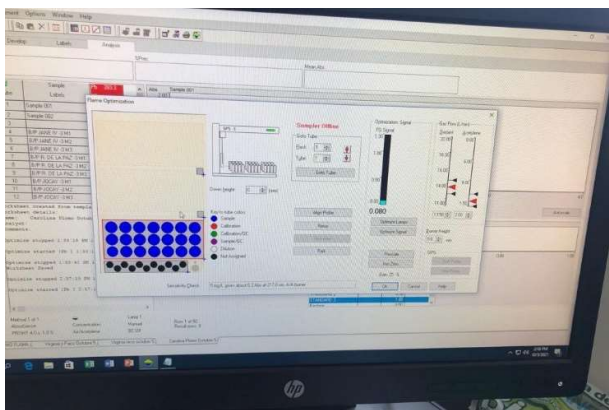
Anexo 6

Filtración de muestras y codificación



Anexo 7

Calibración de equipo (Curva de calibración)



Anexo 8

Lectura de muestra en Espectrofotómetro método de flama

