



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

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

TEMA:

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA ESPECIE
YELLOWFIN TUNA (*Thunnus albacares*), EN LA CIUDAD DE MANTA

AUTOR:

CHÁVEZ SANTANA CARLOS ARMANDO

TUTOR:

ING. ROBERT MERO

MANTA-2021

DERECHOS DE AUTORIA

Yo, Chávez Santana Carlos Armando 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.

Carlos Chávez Santana

C.I. 131045320-2

Yo, Robert Mero Santana, declaro que, personalmente conozco que el maestrando Carlos Chávez Santana 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

CERTIFICACION DE TUTORIA

Roberth Mero certifica haber tutelado el Proyecto de investigación con componente de investigación aplicada “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA ESPECIE YELLOWFIN TUNA (*Thunnus albacares*), EN LA CIUDAD DE MANTA”. Que ha sido desarrollada por Carlos Armando Chávez Santana, 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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional y culminar unas de mis metas.

A mis Padres por ser los principales promotores de mis sueños y brindarme siempre su apoyo y por todo el esfuerzo que han hecho.

A mi familia por darme su apoyo incondicional y el sacrificio que hacen por mi día a día.

A mis Compañeros Carolina Sierra Marín, Paco Nieto Campozano por brindarme su apoyo incondicional en mi etapa de formación, compañeros que se volvieron amigos.

A mi mentor el Ing. Camilo Guzmán por sus enseñanzas impartidas en una de mis etapas laborales.

A Marilyn Sánchez, mi gran motor que nunca me dejo caer en esta etapa y me seguía alentando en cada momento que necesitaba apoyo en mi etapa de formación.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía en cada paso y permitirme culminar un peldaño más de mis metas. De manera muy especial quiero dedicar esta investigación a mis padres Susana Santana -Oscar Chávez y toda mi familia en general que son mi motor para seguir adelante.

No solo la familia engloba toda la felicidad que uno anhela, personas fuera de tu círculo familiar se vuelven tan importantes que en tu vida se hacen indispensables. Marilyn Sánchez le dedico a usted también este logro por ser la persona que a pesar de mis errores y desaciertos me brindo su apoyo y amor incondicional, es por ello mi dedicatoria también para ti en este sueño hecho realidad.

Tabla de contenido

DERECHOS DE AUTORIA	II
CERTIFICACION DE TUTORIA	III
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 MARCO TEORICO.....	4
1.1.1 Atún Aleta Amarilla.....	4
1.1.2 Metales pesados	4
1.1.1.1 Cadmio.....	5
1.1.1.2 Plomo	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3 JUSTIFICACION	7
1.4 HIPÓTESIS.....	10
1.5 OBJETIVOS	11
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
CAPITULO II.....	12
METODOLOGÍA	12
2.1 Ubicación	12
2.2 Variables	12
2.2.1 Variables independientes	12
2.2.2 Variables dependientes	12
2.3 Diseño Experimental.....	13
2.3.1 Tipo de diseño.....	13
2.3.2 Análisis estadísticos	13
2.4 MÉTODO DE ANÁLISIS	14
2.4.1 Determinación de los minerales: preparación de muestras para el análisis de minerales	14
<i>Propósito/Enfoque</i>	14
<i>Seguridad/Precaución</i>	14
2.4.2 Preparación de muestras.....	14

2.4.3 Preparación de Reactivos	16
2.4.3.1 Dilución de ácido nítrico al 1N	16
2.4.3.2 Dilución de ácido nítrico al 10%.....	17
2.4.3.3 Preparación de Estándar.....	17
2.4.4 Procedimiento	18
2.4.5 Lectura de muestras	19
CAPITULO III.....	20
3.1 Resultados.....	20
3.2 DISCUSIÓN	26
CAPITULO IV.....	28
4.1 CONCLUSIONES	28
4.2 RECOMENDACIONES.....	29
5. BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	13
<i>Esquema de Diseño Experimental</i>	13
Tabla 2	17
<i>Preparación de los estándares</i>	17
Tabla 3. Concentración de Pb y Cd en el tejido muscular del atún aleta amarilla.....	20
<i>Resultado de Cadmio (Cd), valor promedio con su desviación estándar</i>	20
Tabla 4.	43
<i>Resultados de análisis de tejido muscular de Yellowfin en referencia a cadmio (Cd).</i>	43
Tabla 5.	44
<i>Resultados de análisis de tejido muscular de Yellowfin en referencia a plomo (Pb)</i>	44

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro I. de análisis de la Varianza y Test Tukey Plomo (Pb)</i>	22
<i>Cuadro II de análisis de la Varianza y Test Tukey Cadmio (Cd)</i>	24

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Concentración de Pb en el tejido muscular de la especie Thunnus albacares (Atún aleta amarilla)</i>	23
<i>Figura 2. Concentración de Cd en el tejido muscular de la especie Thunnus albacares (Atún aleta amarilla)</i>	25

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito determinar la concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en la especie Yellowfin (*Thunnus albacares*), según tres rangos de tallas y poder compararlos con los valores establecidos por las normativas de la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 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. Las muestras de atún fueron obtenidas en una empresa atunera de la ciudad de Manta. Los organismos fueron clasificados en tres tallas: pequeña (25 – 27 cm), mediana (36 – 38 cm), grande (53 – 55 cm). Para el análisis de los metales cadmio (Cd) y plomo (Pb) se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica por flama.

Los valores promedios de Pb obtenidos según la talla fueron: $0.0370 \pm 0,028$ mg/kg (pequeña); $0.0097 \pm 0,017$ mg/kg (mediana) y en la talla grande no se detectó la presencia de este metal.

En el caso del Cd se obtuvieron valores promedios de $0.001 \pm 0,0014$ mg/kg, $0.014 \pm 0,024$ mg/kg y $0.042 \pm 0,058$ mg/kg (tallas pequeña, mediana y grande, respectivamente). Todos los valores de concentración de Pb y Cd están dentro de los límites permisibles que rigen las normativas de la Legislación europea, reglamento de la unión europea y la norma INEN NTE.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the concentration of cadmium (Cd) and lead (Pb) in the Yellowfin species (*Thunnus albacares*), according to three ranges of sizes and to be able to compare them with the values established by the regulations of the European Union Legislation of Chemical contaminants in food products Review August 2003 and Commission Regulation (EU) 2021/1323 of August 10, 2021 to determine if they are within the limits allowed for human consumption, INEN NTE 1772: 2013 Standard, Canned fish, Requirements. The tuna samples were obtained in a tuna company in the city of Manta. The organisms were classified into three sizes: small (25 - 27 cm), medium (36 - 38 cm), and large (53 - 55 cm). Flame atomic absorption spectrophotometry was used for the analysis of the metals cadmium (Cd) and lead (Pb).

The average Pb values obtained according to the size were: 0.0370 ± 0.028 mg / kg (small); 0.0097 ± 0.017 mg / kg (median) and the presence of this metal was not detected in the large size.

In the case of Cd, average values of 0.001 ± 0.0014 mg / kg, 0.014 ± 0.024 mg / kg and 0.042 ± 0.058 mg / kg (small, medium and large sizes, respectively) were obtained. All the concentration values of Pb and Cd are within the permissible limits that govern the regulations of European Legislation, European Union regulations and the INEN NTE standard

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la problemática de la contaminación de especies marinas por metales pesados está causando una gran preocupación en el medio ambiente debido a las diferentes causas o procedencias (naturales y antropogénicos) y su facilidad para poder almacenarse en los órganos y tejidos de las diferentes especies de origen marino, en este caso las especies de pescados como los túnidos, esto dado a su importancia significativa debido a los riesgos que atentan a la salud humana por el consumo continuo de pescado que pueda estar contaminado por metales pesados (Reyes *et al.* 2016).

En Ecuador, la pesca y los productos de la pesca son recursos económicos de gran importancia y se consideran la segunda actividad más importante del país, casi el 12% del comercio total. En la ciudad de Manta conocida como la capital atunera del Ecuador, se encuentra uno de los puertos más importantes del Ecuador. (Araújo y Cedeño Macias 2016)

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (Reyes *et al.* 2016)

Desde la revolución industrial, los impactos antropogénicos han liberado al ambiente una gran cantidad de metales pesados peligrosos que son desechos contaminantes muy tóxicos; las actividades asociadas principalmente con procesos de manufactura, disposición de aguas

residuales domésticas e industriales y aplicación de fertilizantes fosforados son las principales fuentes de metales en los ecosistemas (Pineda y Rodríguez 2016).

Los metales pesados pueden provenir de fuentes naturales o antrópicas; sin embargo, no se encuentran disponibles en muchos ecosistemas y el nivel cero de estos contaminantes en alimentos de consumo aún es imposible de asegurar. Por ello, las autoridades internacionales de control de la inocuidad alimentaria, como la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), han determinado criterios para identificar límites máximos de metales pesados en alimentos (Díaz Cano y López 2020).

Cabe mencionar que, la seguridad alimentaria se ha convertido en eje principal para la supervivencia del planeta, dada la aumentada expansión demográfica y la decreciente disponibilidad de recursos alimenticios (FAO 2017). Es por ello imprescindible en lo que sea posible asegurar que los productos a consumir sean aptos y beneficiosos mas no perjudiciales para nuestra salud, es de suma importancia el estudio de las diferentes variables que pueden poner en riesgo nuestra integridad.

Comúnmente, el término de metales pesados es utilizado para referirse a un conjunto de diversos elementos químicos a los que son atribuidos diferentes efectos de contaminación, toxicidad y ecotoxicidad. Los metales ejercen su acción de muchas maneras, pero por lo general lo hacen dentro de las células corporales. Algunos metales se unen a los nutrientes en el estómago lo que evita su absorción. Estos resultados dependen del metal específico y del órgano afectado. Es así como ciertos metales se bioacumulan alcanzando concentraciones tóxicas, otros tienen propiedades cancerígenas en ciertos órganos del cuerpo, algunos tienen propiedades mutagénicas pero el grupo final de efectos ocurre con los denominados teratogénicos, es decir, aquellos que inducen cambios genéticos en organismos en desarrollo (Zorrilla 2011).

Es importante expresar que los metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua, es decir, son los elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 u y 200.59 u. Entre estos se encuentran el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Flores *et al.* 2018).

Dentro de la clasificación de los metales pesados se encuentra el Cadmio (Cd), un metal altamente tóxico y no esencial, obtenido como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo que, junto con otras actividades industriales tales como el uso de fertilizantes o galvanizantes constituyen importantes fuentes de contaminación ambiental. Generalmente, se encuentra en el ambiente en bajas concentraciones, pero la actividad humana ha aumentado considerablemente esos niveles. El cadmio puede desplazarse a gran distancia desde la fuente de emisión por transferencia atmosférica y se acumula fácilmente en muchos organismos, especialmente en peces, moluscos y crustáceos (Flores *et al.* 2018).

Con respecto al plomo, éste se encuentra presente en la corteza terrestre de forma natural y en pequeñas cantidades (0.002 %). El plomo al ser un catión divalente se une de manera estrecha a los grupos sulfhídricos de las proteínas ocasionando su desnaturalización. La exposición a dosis elevadas de este elemento puede ocasionar una serie de efectos adversos a la salud, que incluyen daño cerebral severo e incluso la muerte. En mujeres embarazadas puede provocar aborto, mientras que en hombres altera la espermatogénesis. Las principales fuentes de emisión de plomo al ambiente son la fundición y el procesamiento de metales, el reciclamiento de baterías ácidas de plomo, la minería a través de la disposición de jales mineros y la contaminación de la atmósfera debido al uso de gasolinas con plomo (Covarrubias y Peña 2017).

1.1 MARCO TEORICO

1.1.1 Atún Aleta Amarilla

El atún de aleta amarilla se encuentra distribuido en todas las aguas subtropicales y tropicales a nivel mundial, excepto en el mar Mediterráneo. Su hábitat abarca desde la latitud 40°N hasta la 35°S. En cuanto a los límites térmicos, se localiza en aguas entre 18 y 31° C. Este pez realiza migraciones, viajando largas distancias a una alta velocidad. Dichas movilizaciones están asociadas a la reproducción y a la búsqueda de las presas para alimentarse. Generalmente viajan en grupos, que no necesariamente están conformados por miembros de la misma especie (Marrero 2019).

Especie epi y meso pelágica que puede localizarse hasta profundidades de 464 m, aunque es más frecuente alrededor de los 100 m; la distribución vertical de esta especie está influida por la estructura termal de la columna de agua. Es una especie transzonal y altamente migratoria. Tiene una fuerte tendencia a formar concentraciones, más por tamaño que por especie, que ocurren usualmente en aguas cerca de la superficie; los cardúmenes pueden ser integrados mono específicamente o por varias especies, incluso son observados (en el Pacífico Oriental) asociados a delfines o a objetos. Se alimenta de peces de cardumen, principalmente, y moluscos y crustáceos bentónicos (Clima pesca 2018).

1.1.2 Metales pesados

Dado que el pescado es uno de los principales componentes de la alimentación humana, se han llevado a cabo numerosos estudios para conocer los niveles de los diferentes contaminantes en diversas especies comerciales. Los metales pesados más peligrosos tanto para el ecosistema marino como para la salud humana debido a sus características de toxicidad, persistencia y bioacumulación son por este orden Hg, Cd y Pb, seguidos a bastante distancia por el Cu, Zn, Cr,

Ni, etc. Una de las consecuencias más graves de que los metales no sean biodegradables es su acumulación en las cadenas tróficas por lo que los organismos tróficamente superiores, entre ellos el hombre, se encuentren expuestos a elevadas concentraciones de estos elementos (Besada *et al.* 2006).

1.1.1.1 Cadmio

El Cd puede ingresar a través del nivel trófico o por absorción directa del agua. En los organismos acuáticos se observa que las branquias son el principal punto de entrada para los metales disueltos y el tracto gastrointestinal también actúa como una vía importante, los principales efectos del Cd en organismos acuáticos es que les impide mantener la velocidad necesaria de excreción, lo cual puede ser letal y subletal ya que puede reducir o eliminar las especies de un ecosistema a través de una mayor susceptibilidad a las enfermedades, la mortalidad y la disminución de la fecundidad. El Cd puede inducir diversos cambios patológicos en el hígado, congestión de vasos sanguíneos, congestión, degeneración vacuolar de hepatocitos, necrosis pancreática, células y cambios grasos en los hepatocitos peri pancreáticos de los peces. Los peces al bioacumular metales pesados en su organismo son de interés creciente para uso como bioindicadores de la contaminación de los sistemas ambientales acuáticos (Ruíz 2019).

1.1.1.2 Plomo

El Pb es el elemento pesado tóxico más importante en el medio ambiente. Es un metal gris azulado y altamente tóxico. Sus propiedades como la resistencia a la corrosión, la densidad y el bajo punto de fusión lo convierten en un metal principal con altas aplicaciones en la industria. Debido a su naturaleza no biodegradable y su uso continuo, su concentración se acumula en el medio ambiente con riesgos crecientes. El envenenamiento con Pb puede deberse a exposiciones

ocupacionales o ambientales, por ejemplo, alimentos contaminados, emisiones industriales y suelo contaminado (Palacios y Paz 2020).

La exposición al plomo probablemente deteriora la función motora e impacta negativamente el desarrollo intelectual, la formación de hemoglobina y el crecimiento infantil. Los niños de 9 meses a 3 años son más vulnerables debido a su etapa de desarrollo, entre otros grupos de alto riesgo incluyen mujeres embarazadas y sus fetos. Hoy en día, la incidencia de envenenamiento agudo por Pb ha disminuido, pero el envenenamiento crónico por plomo todavía existe en varias partes del mundo. La exposición al Pb generalmente se considera cuando el historial de un paciente es notable para fuentes conocidas de plomo, como en entornos ocupacionales e industriales (Palacios y Paz 2020).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas que enfrentan los ecosistemas acuáticos actualmente, es la presencia de metales pesados, los cuales, por su alta toxicidad, permanencia y tendencia a la acumulación en los diferentes compartimientos de los sistemas acuáticos y terrestres resultan en un peligro para la biota acuática ya que contaminan y deterioran el medio ambiente (Zorrilla 2011).

El hecho de que algunos pescados contengan metales pesados se convierte en un aspecto preocupante para los expertos, puesto que, en el sector pesquero, el problema de los metales pesados es particularmente importante para los grandes peces pelágicos, como el atún y el pez espada. Estos pescados están en la cima de la cadena alimenticia y, además, tienden a acumular grandes cantidades de metales pesados, sobre todo mercurio, en los tejidos musculares (FAO c2021).

Entre las especies de atún más consumidos se encuentra el (*Thunnus albacares*), también llamado atún de aleta amarilla, rabil/Yellowfin tuna/albacora, una especie epipelágica, migratoria que se distribuye en aguas tropicales y subtropicales de los tres océanos (Atlántico, Índico y Pacífico), pero no en el Mediterráneo (AZTI 2016).

Según la Cámara Nacional de Pesquería de enero del 2019 a marzo del 2019 la pesca del atún aleta amarilla en Ecuador tuvo un incremento del 15%, lo que se traduce a 1453 toneladas, motivo por el cual continúa siendo una de las especies más capturadas a nivel nacional (CNP 2020).

1.3 JUSTIFICACION

La industria del atún en Ecuador es una de las principales fuentes de ingresos para la economía del país, aporta, aproximadamente, el 65,48% de la generación de divisas del sector pesquero (2010-2016). Además, representó el 8,71% de las exportaciones no petroleras del país durante el mismo período. La industria en mención se centra, particularmente, en la captura de las siguientes especies: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), atún ojo grande (*Thunnus obesus*) y listados o bonitos (*Katsuwonus pelamis*), utilizados, en su mayoría, para el proceso de transformación del atún en conserva y lomos (Ministerio del Comercio Exterior 2017).

Por lo tanto, siendo Ecuador uno de los mayores exportadores a nivel mundial, el control de la materia prima es un factor fundamental dentro de la industria. En los últimos años la actividad pesquera industrial ha estado creciendo como un resultado positivo del Impacto Pesquero Industrial, las plazas de trabajo que ofrecen las empresas atuneras aportan 20.000 plazas de empleo de forma directas (Pérez Carpio y Ruiz 2017).

Una vez que se ha recalcado la trascendencia de la pesca del atún a nivel nacional e internacional, dentro del contexto del control de calidad y seguridad alimentaria, es importante aludir acerca de la contaminación del atún por metales pesados, una problemática que surge como resultado de la contaminación ambiental, y el consumo de peces contaminados pueden provocar riesgos de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso.

Por lo expuesto, es indispensable que la industria atunera ecuatoriana enfoque sus esfuerzos en asegurar la alimentación de la población, recolectar la mayor cantidad de información acerca de las concentraciones de metales pesados de aquellas especies de mayor consumo por el ser humano y contrastarlas con los límites máximos permitidos por los diferentes organismos estandarizados.

Según Reyes *et al.* (2016), en diversos estudios realizados se ha encontrado que el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que por su impacto en la salud y concentración deben ser cuidadosamente evaluados y monitoreados.

Determinar las concentraciones de metales pesados como el Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) resulta trascendental dentro del marco de la seguridad alimentaria, es necesario garantizar al consumidor un producto, que además de ser altamente nutritivo sea inocuo y no cause daños al organismo de quien lo consume. Por ello, en el presente estudio desarrollado en la ciudad de Manta, se pretende determinar cuáles son las concentraciones de cadmio y plomo presentes en la especie Yellowfin tuna, pues resulta imprescindible tener más información sobre el contenido de metales pesados de la especie en mención, cuya pesca llega a la ciudad y es procesada para satisfacer las necesidades alimenticias de la población.

De manera práctica, este proyecto servirá como fuente de investigación, instructivo o herramienta para estudiantes, docentes y personas dedicadas no solo al estudio de especies marinas sino también al desarrollo de actividades de producción de mariscos, o elaboración de nuevos productos, lo cual repercute significativamente en el plano socioeconómico.

De forma metodológica, con el presente proyecto se podrá demostrar mediante análisis de laboratorio el uso de materiales y equipos que podrán contribuir en el estudio de los distintos parámetros que serán evaluados en la especie atún aleta amarilla en cuanto a la determinación de metales pesados.

En el marco legal, la investigación se realizó de acuerdo con todas las normativas y protocolos necesarias. La recolección de la especie se dio mediante tallas variadas, los análisis de laboratorio se realizaron de acuerdo con los estándares de calidad y seguridad establecidos en normativas vigentes. Se uso como referencia la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 de agosto de 2021, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos.

1.4 HIPÓTESIS

- La concentración de cadmio y plomo en el tejido muscular del atún Aleta amarilla, excede los niveles máximos permitidos por las normativas vigentes.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la concentración de metales pesados en la especie atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*).

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la concentración de metales pesados, plomo y cadmio, en la especie atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en tallas específicas (25-27cm; 36-38cm; 53-55cm).
2. Comparar si los valores de Cd y Pb obtenidos en las muestras de atún aleta amarilla están dentro de los límites permisibles según las normativas de la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 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.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación

Las muestras de atún aleta amarilla fueron tomadas en una empresa atunera en la ciudad de Manta (Ecuador), y los análisis para determinar metales pesados Cd y Pb por espectrofotometría de absorción por flama se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la EPAM (Empresa Potable de Aguas de Manta).

2.2 Variables

2.2.1 Variables independientes

A. Tallas del Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)

a₁ pequeña: talla 25-27 cm

a₂ mediana: talla 36-38 cm

a₃ grande: talla 53-55 cm

2.2.2 Variables dependientes

- Concentración de Cadmio
- Concentración de Plomo

2.3 Diseño Experimental

2.3.1 Tipo de diseño

En esta investigación se aplicó un Anova de un factor con prueba de tukey para diferencias significativas con $\alpha = 0,05\%$ de probabilidad. Se tomaron 3 tallas con 9 réplicas cada una. Fueron escogidas tallas comerciales del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y con esto poder determinar la incidencia sobre los resultados en la concentración de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb).

Tabla 1.
Esquema de Diseño Experimental

Muestras de tejido muscular del atún aleta amarilla		
		Numero de muestras
Tallas	25-27 cm	9
	36-38 cm	9
	53-55 cm	9
	Total	27

2.3.2 Análisis estadísticos

El análisis estadístico usado en este proyecto de investigación es un análisis descriptivo, un análisis de varianza y una prueba de Tukey con $\alpha = 0,05\%$ de probabilidad. Se uso el software estadístico Infostat.

2.4 MÉTODO DE ANÁLISIS

2.4.1 Determinación de los minerales: preparación de muestras para el análisis de minerales

Propósito/Enfoque

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

Seguridad/Precaución

Para evitar la contaminación se debe utilizar un crisol con superficie lisa o un plato de platino en la ceniza seca.

La temperatura de la ceniza debe estar entre 450-525°C.

Es necesario extremar las precauciones al utilizar ácidos especialmente el ácido perclórico.

Evite calentar las soluciones de prueba hasta que se sequen, ya que esto puede provocar una explosión.

Utilice guantes y gafas de seguridad y realice toda la digestión ácida en la campana de humos.

Todas las actividades deben realizarse en una sala limpia sin polvo para evitar contaminación.

2.4.2 Preparación de muestras

En la presente investigación, las piezas de atún aleta amarilla necesarias para los análisis fueron recolectadas en una empresa atunera de la ciudad de Manta, previamente se realizó un análisis visual para identificar la especie de pescado correcta.

La recolección de las muestras se realizó entre los meses de abril a junio del 2021 en un periodo de tres meses. Se seleccionaron muestras de 3 barcos y de 3 tallas distintas por triplicado, en total se obtuvieron 27 muestras.

Una vez recolectadas las piezas de atún aleta amarilla, y alcanzada la temperatura ambiente se tomaron las muestras de la parte dorsal del pescado por tallas específicas (25-27 cm; 36-38 cm y 53-55 cm), desde el lomo hasta la espina utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

Las muestras fueron conservadas inicialmente en la cámara de frío de la empresa a -18°C . luego se colocaron en recipientes isotérmicos con hielo identificadas con fecha, hora, especie y talla, posteriormente éstas fueron trasladadas al laboratorio de la EPAM para ser analizadas por espectrofotometría de absorción por flama.

Se realizó la digestión y se obtuvieron las muestras mineralizadas, éstas fueron colocadas en tubos de ensayos sellados con tapa y debidamente identificadas por talla y embarcación. Para la ejecución de la espectrofotometría de absorción por flama, las muestras fueron analizadas en el mismo laboratorio de control de calidad de la EPAM.

Para la realización de este análisis de espectrofotometría de absorción atómica se utilizaron los siguientes implementos:

- Crisoles de porcelana de 15ml
- Balanza analítica Sartorius
- Cuchillo de acero inoxidable
- Licuadora Oster
- *Hot & Stirrer MS30HS*
- Estufa
- Mufla
- Pipeta de 10ml
- Probetas de 50 ml

- Probeta de 100 ml
- Matraz aforado de 1000 ml
- Embudos de vidrio
- Papel filtro
- Tubos de ensayo plásticos
- Vaso de precipitación 500 ml
- Vaso de precipitación 1000 ml
- Campana de gases
- Espectrofotómetro de Absorción atómica Agilent Technologies 200 Series AA

Reactivos y Sustancias

- HNO₃ al 65% grado reactivo
- Agua destilada

2.4.3 Preparación de Reactivos

2.4.3.1 Dilución de ácido nítrico al 1N

Para la preparación de la solución de HNO₃ 1N, en la campana de adsorción de gases se procedió a medir en una probeta de 100 ml, 69.77 ml de HNO₃ al 65 % en grado reactivo; en un balón aforado se colocó 500ml de agua destilada, se procedió colocar los 69.77 ml de HNO₃ y se aforó con agua destilada hasta completar los 1000 ml, la solución se colocó en el agitador para que sea homogénea.

2.4.3.2 Dilución de ácido nítrico al 10%.

Se preparó una solución de HNO₃ al 10%, y en la campana de absorción de gases se procedió a medir en una probeta 100 ml de ácido nítrico al 65 % grado reactivo, luego de esto en un balón aforado se colocó agua destilada en un aproximado de 500 ml, luego se adicionó el ácido nítrico medido en el balón y se completó con agua destilada hasta llegar a los 1000 ml, una vez completo se colocó en el agitador para que sea una mezcla homogénea.

2.4.3.3 Preparación de Estándar.

Tabla 2

Preparación de los estándares

Metal	Marca	Referencia, a 25°C	Certificado de valor e incertidumbre	Matrix	Estándares
Cadmio	CPA Chem	1000 mg/l	1001 ±5.7 mg / l	2 % HNO ₃	0.1 ml de nitrato de Cadmio en 100 ml en agua destilada. Posteriormente se toman 5 ml y se afora a 100 ml de agua bidestilada
Plomo	CPA Chem	1000 mg/l	1001 ±5.3 mg / l	2 % HNO ₃	0.1 ml de nitrato de Plomo en 100 ml en agua destilada. Posteriormente se toman 5 ml y se afora a 100 ml de agua bidestilada.

2.4.4 Procedimiento

Inicialmente se deberá colocar 24 horas antes los crisoles en la solución de ácido nítrico al 10% para de esta manera poder curar los crisoles antes de iniciar con la mineralización de las muestras.

Una vez realizada la cura de los crisoles se deberá coger una muestra de cada de las tallas, 10g y se licuaron para que queden homogenizadas.

En la balanza analítica se colocaron los crisoles y se tara la misma, luego de la mezcla homogeneizada se pesa 2.0 g, este procedimiento se realizó con cada una de las muestras en las diferentes tallas a realizar los análisis.

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

Se programo de manera simultánea la mufla para que la misma llegue a 525°C, por el lapso de tres horas.

Una vez pasados los 30 minutos en el hotplate, se las colocará de manera inmediata en la mufla, en la cual pasarán por el lapso de 3 horas a 525°C hasta que estas se aprecien de un color blanco.

Una vez cumplido el tiempo en la mufla, se deberán enfriar para luego filtrar las muestras para lo cual se utilizaron las probetas de 50 ml, y se realizó el siguiente procedimiento:

Se colocó en las probetas de 50ml los embudos de vidrio y el papel filtro, las cenizas y se colocó ácido nítrico al 1N, en el crisol con la misma dilución se colocó dentro del mismo para de esta manera poder lavar y sacar todo el residual de cenizas y colocarlas en el embudo para su

filtración hasta sacar todo el residual de los crisoles, este procedimiento se realizó en todas las muestras.

Las muestras una vez filtradas se colocan en los tubos de ensayo con tapas previamente identificadas.

La evaluación de los índices de concentración de metales pesados en el tejido en el Yellowfin (*Thunnus albacares*), fue evaluada usando como referencia la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 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.

2.4.5 Lectura de muestras

La lectura se realizó en el espectrofotómetro de absorción atómica Agilent Technologies 200 Series AA. Para lo cual se realizó la curva de los estándares de Cadmio y Plomo respectivamente los cuales fueron hechos según los procedimientos internos del laboratorio.

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.

CAPITULO III

3.1 Resultados

Una vez realizada las lecturas de Cadmio y Plomo en el espectrofotómetro de Absorción atómica en las muestras de atún aleta amarilla se obtuvo los siguientes resultados que serán demostrados en la siguiente tabla.

Tabla 3. Concentración de Pb y Cd en el tejido muscular del atún aleta amarilla
Resultado de Cadmio (Cd) y (Pb), valor promedio con su desviación estándar

Cadmio		Plomo	
Talla (cm)	media ± desviación (mg/kg)	Talla (cm)	media ± desviación (mg/kg)
25-27	0,001±0,0014	25-27	0,0370±0,028
36-38	0,014±0,024	36-38	0,0097±0,017
53-55	0,042±0,058	53-55	0,000±0,000

Por otra parte, el reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 de agosto de 2021 establece que el contenido máximo de cadmio para especies *Thunnus* es de 0,05 mg/kg, Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 con un máximo tolerable de 0,05 mg/kg, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos, con un máximo tolerable de 0,05 mg/kg.

La tabla presentada expone que la media de las 3 tallas en estudio está por debajo del contenido máximo permitido por las diferentes normativas ya mencionadas, se puede decir que se cumple con los niveles permitidos.

Se puede decir que varía directamente proporcional, a mayor talla, mayor contenido de Cadmio en la especie atún aleta amarilla. Según el reglamento (UE) 2021/1317 de la Comisión de 10 de agosto de 2021 establece que el contenido máximo de plomo para especies *Thunnus* es de 0,3 mg/kg, Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 con un máximo tolerable de 0,2 mg/kg, Norma INEN NTE 1772:2013, Pescados en conservas. Requisitos, con un máximo tolerable de 0,3 mg/kg. Con base al mencionado estándar en las diferentes normativas es posible manifestar que todos los valores determinados en el presente estudio y expuestos en la tabla, se encuentran dentro de los límites permisibles, en la talla más grande se observa ausencia del metal pesado.

Se puede decir que varía inversamente proporcional, a menor tamaño, mayor contenido de plomo presente en la especie atún aleta amarilla.

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software estadístico 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.

Cuadro 1. de análisis de la Varianza y Test Tukey Plomo (Pb)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg/kg	27	0,43	0,39	121,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	3,3E-03	9,20	0,0011
TALLAS	0,01	2	3,3E-03	9,20	0,0011
Error	0,01	24	3,6E-04		
Total	0,02	26			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02235

Error: 0,0004 gl: 24

TALLAS	Medias	n	E.E.	
25-27	0,04	9	0,01	A
36-38	0,01	9	0,01	B
53-55	0,00	9	0,01	B

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

El análisis estadístico demuestra que en la talla más pequeña la concentración de Pb es significativamente mayor en comparación con las talla mediana y grande. Entre las tallas mediana y grande no hay diferencia significativa en la concentración de este metal.

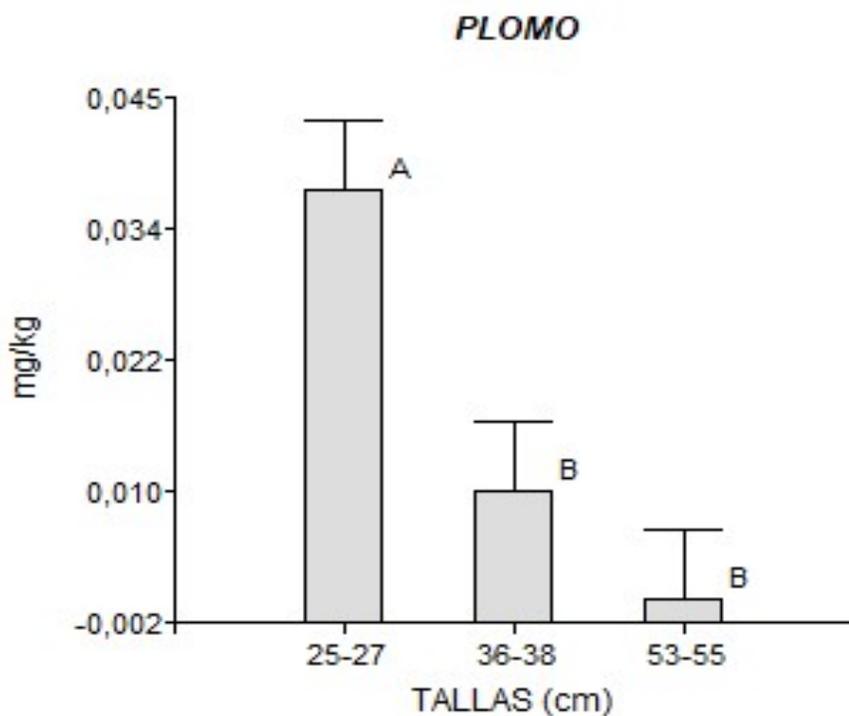


Figura 1. Concentración de Pb en el tejido muscular de la especie *Thunnus albacares* (Atún aleta amarilla)

La talla de menor tamaño tiene una diferencia significativa entre las de mayor tamaño y se puede ver la diferencia en la ilustración. La talla de menor tamaño presentó mayor concentración de plomo a diferencia de las tallas de mayor tamaño que presentaron menor cantidad, sin embargo, los resultados descritos están dentro de los límites tolerables por las diferentes normativas.

Cuadro II de análisis de la Varianza y Test Tukey Cadmio (Cd)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg/kg	27	0,35	0,29	130,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	3,9E-03	6,41	0,0059
TALLAS	0,01	2	3,9E-03	6,41	0,0059
Error	0,01	24	6,1E-04		
Total	0,02	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02896

Error: 0,0006 gl: 24

TALLAS	Medias	n	E.E.	
53-55	0,04	9	0,01	A
36-38	0,01	9	0,01	A B
25-27	1,1E-03	9	0,01	B

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

El análisis estadístico demuestra que en la talla más grande la concentración de Cd es significativamente mayor en comparación con las talla mediana y pequeña. Entre las tallas mediana y pequeña no hay diferencia significativa en la concentración de este metal.

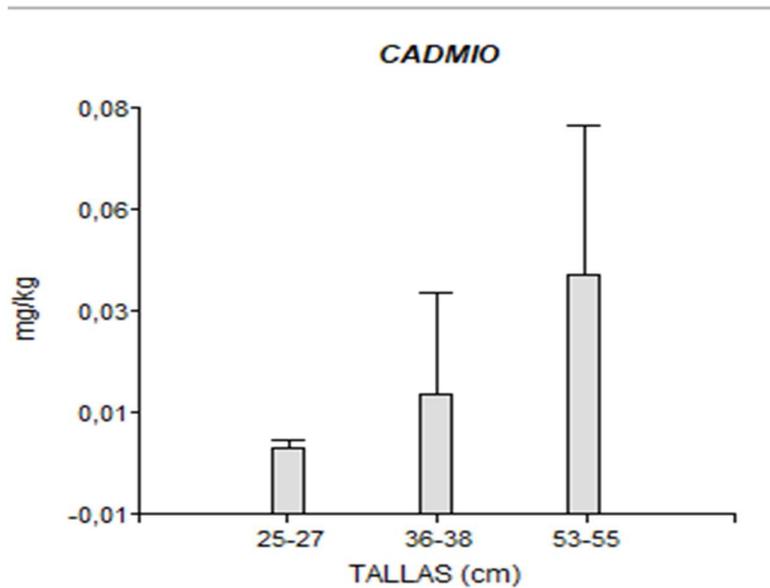


Figura 2. Concentración de Cd en el tejido muscular de la especie *Thunnus albacares* (Atún aleta amarilla)

Considerando que las diferencias entre las medias que comparten una letra no son estadísticamente significativas. Se puede deducir que hay diferencias significativas existentes en las tallas de mayor tamaño en relación con la de menor tamaño. Las tallas de mayor tamaño presentan mayor contenido de metal pesado Cadmio, sin embargo, los resultados descritos están dentro de los límites tolerables por las diferentes normativas vigentes.

3.2 DISCUSIÓN

Realizando un análisis comparativo de los análisis realizados entre la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 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 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, 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 < 0.05 mg/Kg y en la Normativa INEN 0.05 mg/Kg. Los valores promedio obtenidos para Cd en la talla 25-27 cm fue de 0.001 mg/kg, en la talla 36-38 cm fue de 0.014 mg/kg y en la talla 53-55 cm fue de 0.042 mg/kg.

Los valores promedio para Pb en talla 25-27 cm fue de 0.0370 mg/kg en la talla 36-38 cm fue de 0.0097 mg/kg y en la talla 53-55 cm hubo ausencia.

Los límites de Cadmio y Plomo obtenidos en esta investigación se sitúan por debajo de los límites tolerables por las diferentes normativas vigentes por lo que no suponen riesgo para la salud.

Un estudio realizado por Villarreal de la Torre *et al.* (2016) determinó concentración de Cd para el rango de tallas entre 70-85 cm fue de 0.0263 mg/ kg y para Hg fue de 0.0771 mg/kg.

En cuanto a las tallas entre 86-100 cm, se registró 0.0294 mg/kg de Cd, mientras que para Hg fue de 0.0826 mg/kg, valores que no superan los rangos de tolerancia permitidos por la

normativa ecuatoriana e internacional, aunque en dicho estudio las tallas de los organismos eran mayores a las utilizadas en el presente estudio.

Estudio realizado por Araújo y Cedeño Macias (2016) sobre metales pesados en atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) en la zona de Manta(Ecuador) en el cual tomaron muestras de *Thunnus albacares* y *Coryphaena hippurus* presentaron resultados, las concentraciones de Cd, Hg, Pb en el musculo y el hígado de ambas especies alrededor de la mitad de las muestras de músculo de ambas especies presentaron niveles de Cd y Hg por encima de los límites considerados seguros para el consumo humano establecidos por la Unión Europea. Los niveles de Pb se consideraron aceptables para ambas especies, los altos niveles de Cd y Hg en ambas especies pueden considerarse inseguros para la salud. En este estudio se encontraron resultados superiores al 0,1 ppm en la mayoría de las muestras en lo referente a Cadmio, se describieron niveles de cadmio de 0.18 ppm y de 0.25 ppm. En cuanto al plomo fue el metal donde menor concentración de 0.07 y 0.04 ppm en atún aleta amarilla y en delfín común 0.23 y 0.13 ppm.

Estos estudios realizados por estos investigadores corroboran que los resultados obtenidos dentro de la investigación se encuentran dentro de los rangos de contaminación que la especie tiene dentro de diferentes perfiles geográficos, sin embargo al contar con estos metales dentro de su cuerpo es de suma preocupación ya que si se siguen contaminando los océanos en pocos años la mayoría de especies de valor o interés comercial no serán aptas para el consumo humano y será difícil su exportación al momento de darle un valor agregado como producto en conserva.

Cabe destacar que estos estudios por los diferentes autores son del año 2016 y en diferentes mercados o zonas de pesca. El estudio desarrollado es actual y da una breve reseña del comportamiento de las diferentes zonas de pesca en cuanto a la contaminación por metales pesados.

En nuestro estudio se presenta que, si existen contaminación en el atún aleta amarillo por cadmio y plomo, podemos alegar que las diferentes concentraciones pueden variar debido a las diferentes épocas estacionarias, los sedimentos que llegan al océano cuando se desembocan los ríos, los peces bioacumulan este metal y la contaminación ambiental debido a la mano del hombre.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

Se confirma en este estudio en el atún aleta amarilla en las diferentes tallas evaluadas que los niveles de Cd y Pb dentro de esta investigación están por debajo de los límites tolerables y que están aptos para el consumo humano, sin embargo, se debe tener una dieta de consumo no tan alta de esta especie puesto que estos metales son bioacumulables y estamos expuestos a ellos sobre todo por la ingesta de alimentos.

Se comprueba en esta investigación que la hipótesis es negativa puesto que todos los resultados que se obtuvieron en las diferentes tallas y en los metales en estudio, están dentro de los límites tolerables por las normativas vigentes la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003 y Reglamento (UE) 2021/1323 de la Comisión de 10 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.

4.2 RECOMENDACIONES

- Replicar la investigación en otras especies de interés comercial que estén dentro de la zona de pesca y con otros tipos de metales pesados.
- Dado que la contaminación ambiental es un tema de preocupación mundial, se deben realizar esfuerzos por mantener la seguridad alimentaria dando a conocer información actual sobre contaminación por metales pesados.
- Tener más accesos y convenios con laboratorios de última tecnología para así poder realizar investigaciones de este tipo ya que en nuestro medio son muy pocos y los que son certificados tienen su coste económico muy elevado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Marrero, A. 2019. Atún de aleta amarilla: características, hábitat, alimentación (en línea, sitio web). Consultado 29 Aug. 2021. Available at <https://www.lifeder.com/atun-de-aleta-amarilla/>.
- Araújo, C; Cedeño-Macias, L. 2016. Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. Science of the Total Environment 541:149–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>.
- AZTI (Member of Basque Research & Technology Alliance). 2016. RABIL (*Thunnus albacares*) (en línea, sitio web). Consultado 17 mar. 2021. Disponible en: <https://www.azti.es/atuneroscongeladores/2016/08/10/rabil-Thunnus-albacares/>
- Barraza, M; Recavarren, M; Sanzano, P. 2018. Análisis Cuantitativo De Metales Pesados En Pescados Para Exportación A La Unión Europea (en línea). Tesina de la Orientación de Tecnología de los Alimentos. Tandil, Argentina, UNCPBA. Consultado 16 mar. 2021. Disponible en <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1759/Barraza%2C%20Mart%C3%ADn%20Horacio%20Emmanuel.PDF?sequence=1&isAllowed=y>.
- Besada, V; González, J; Schultze, F. 2006. Ciencias Marinas (online). Consultado 29 Aug. 2021. Available at <https://www.redalyc.org/pdf/480/48032210.pdf>.
- Clima pesca. 2018. *Thunnus albacares* (en línea, sitio web). Consultado 29 Aug. 2021. Available at <https://climapesca.org/2018/09/Thunnus-albacares/>.

- CNP (Cámara Nacional de Pesquería). 2020. Capturas de Atún en el OPO (en línea, sitio web). Consultado 17 mar. 2021. Disponible en: <https://camaradepesqueria.ec/wp-content/uploads/2020/06/CAPTURAS-DE-ATUN-EN-EL-OPO-2020-ENE-MAR.pdf>
- Covarrubias, SA; Peña Cabriales, JJ. 2017. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación (en línea). Revista Internacional de Contaminación Ambiental 33:7-21. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>.
- Díaz-Cano, M; López-Barrera, E. 2020. Metales Pesados en nuestra mesa (en línea). Bogotá – Colombia. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.22518/book/9789585158122>.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2017. El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el mundo 2017 (en línea, sitio web). Consultado 17 mar. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/aI7695s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). c2021. UE protección de la salud pública: cuestiones relacionadas con la detención por la contaminación con metales en la frontera (en línea, sitio web). Consultado 17 mar. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/globefish/fishery-information/resource-detail/es/c/458140/>
- Flores, E; Pozo, W; Pernía, B; Sánchez, W. 2018. Niveles de cadmio en atún fresco y enlatado para consumo humano en Ecuador (en línea). Maskana 9(2):35-40. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.18537/mskn.09.02.05>.

Horwitz W (2000) (editor). Método de análisis de la AOAC Internacional Edición “17”. AOAC International, Maryland, USA. (Métodos 9.1.09 y 50.1.14)

Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios Revisión agosto 2003.

Ministerio de Comercio Exterior. 2017. Informe sobre el Sector Atunero Ecuatoriano (en línea). Ecuador. 9 p. Informe Julio 2017. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-del-sector-atunero.pdf>

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

Palacios, L; Paz Y. 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, D; Ruiz, C. 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>

Pineda, MEB; Rodríguez, AMG. 2016. Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión (en línea). Revista Facultad de Ciencias Básicas 12(2):172-197. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>.

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 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 cadmio en determinados productos alimenticios.

Reyes, Y; Vergara, I; Torres, O; Díaz, M; González, E. 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>

Ruíz, SR. 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>.

Villarreal de la Torre, D; Sánchez, J; Cañarte, J. 2016. Comparación y valoración de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en la especie Dorado (*Coryphaena hippurus*) que se consume en Manta, Ecuador (en línea). La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 2477-8982

(16):32. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en
https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i16.533.

Zorrilla M. 2011. Estado del Arte sobre la Presencia de Metales Pesados en Tejidos y Agallas de Peces (en línea). Proyecto de grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, Santiago de Cali- Colombia, UAO. Consultado 17 mar. 2021. Disponible en:
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1637/TAA00771.pdf;jsessionid=1344054B02D40E47F73B8AA95FEAB436?sequence=1>.

ANEXOS

Anexo 1

Toma de muestra



Anexo 2

Toma de muestra



Anexo 3

Codificación de muestras



Anexo 4

Codificación de muestras



Anexo 5

Pesaje de la muestra



Anexo 6

Precalentamiento de muestras



Anexo 7

Mineralización en mufla



Anexo 8

Muestras mineralizadas en desecador



Anexo 9

Filtración de muestras



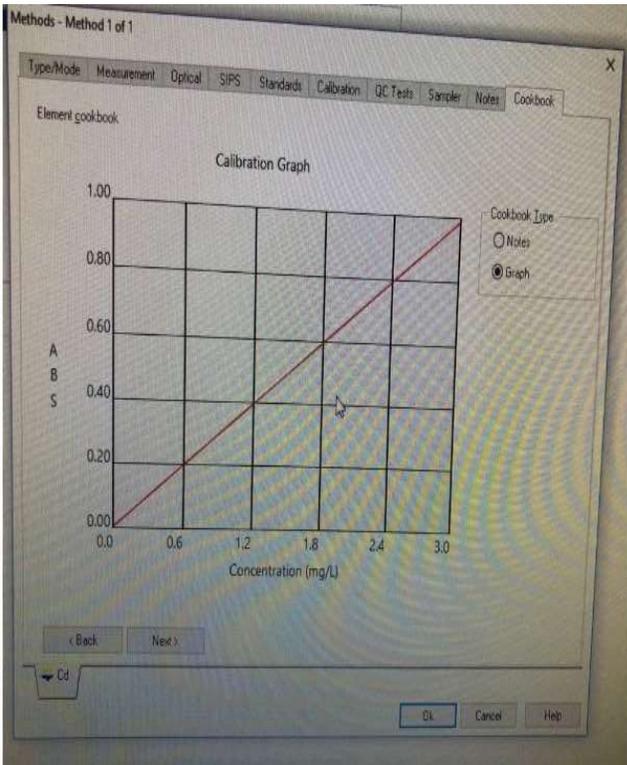
Anexo 10

Muestras filtradas y codificadas



Anexo 11

Calibración de equipo Curva de calibración



Sample Optimization

Sample Deck

Sample Offset

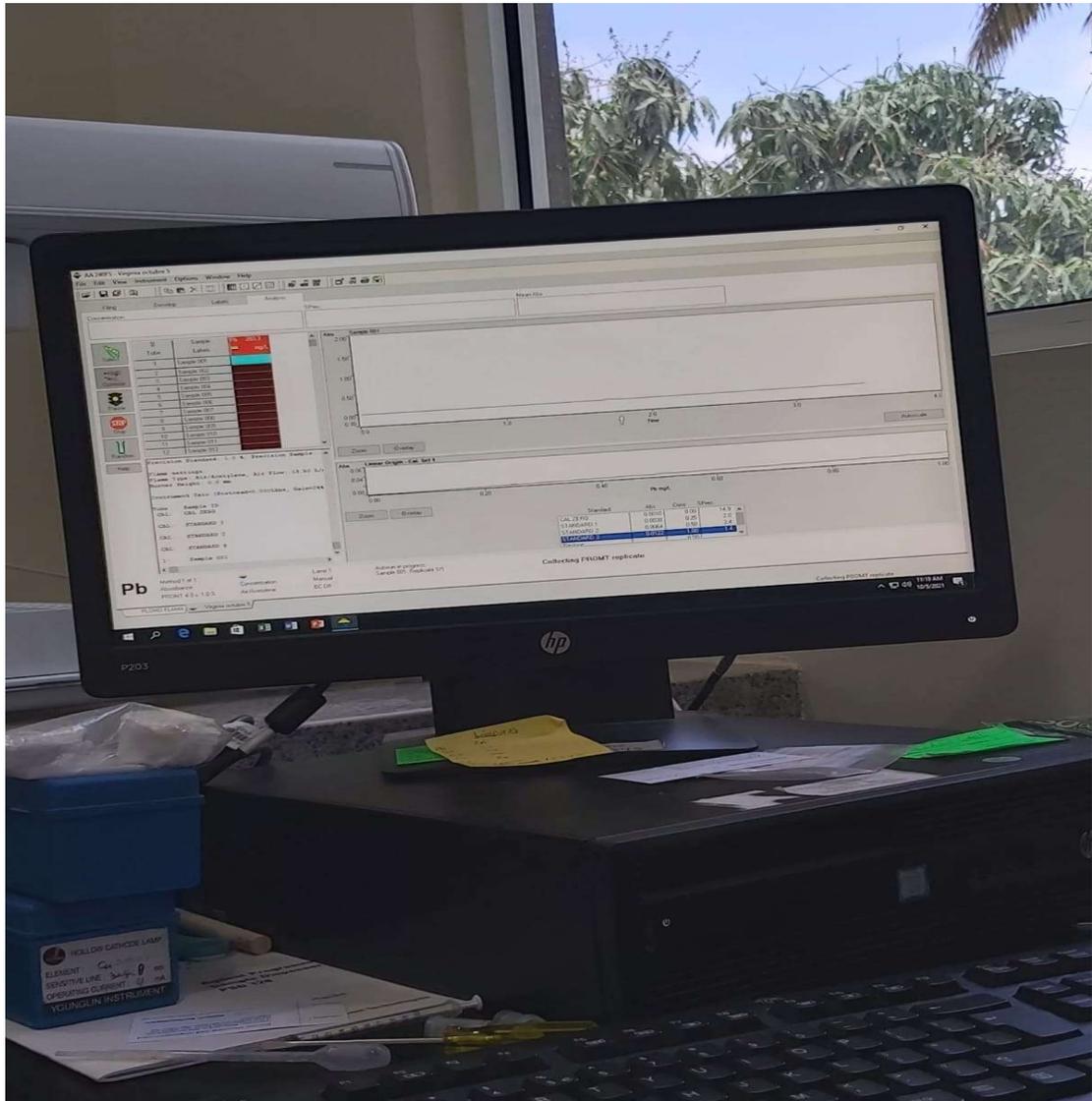
Sample Type: S
Type: S
Sample Offset: 0.080

Optimization Signal: 1.100

Get File Name:

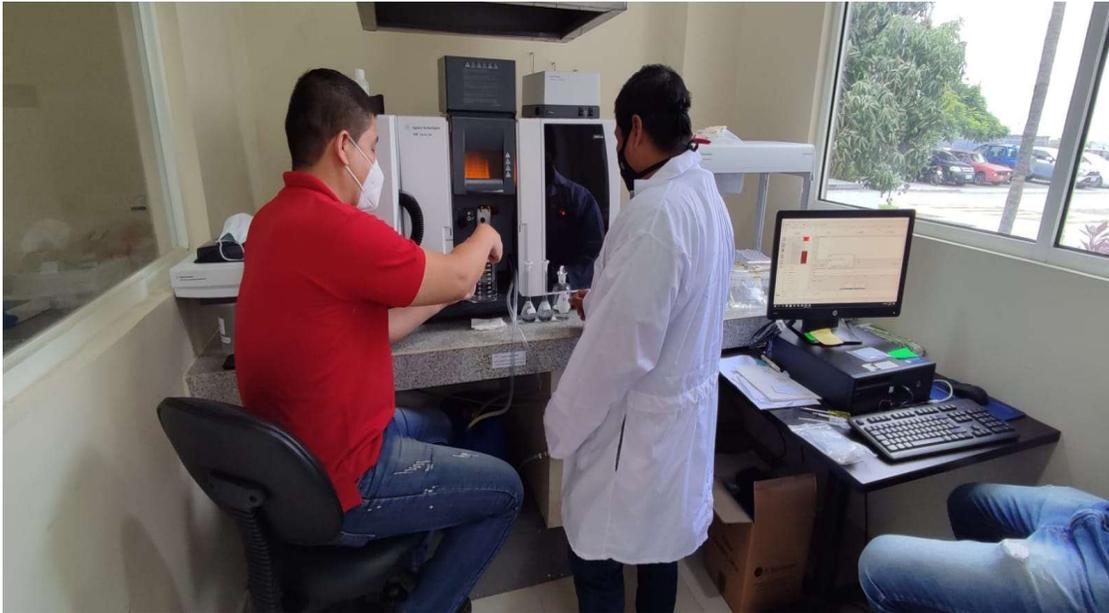
Sample Deck: 5 sig_L_pure_dilut_270_0271_010_A4_burn

OK Cancel Help



Anexo 12

Lectura en espectrofotómetro de Absorción Atómica por flama



Anexo 12

Tabla 4.

Resultados de análisis de tejido muscular de Yellowfin en referencia a cadmio (Cd).

	TALLA	Resultados Cadmio mg/Kg	Contenido máximo mg/Kg INEN	Contenido máximo * mg/Kg * UE	Contenido máximo mg/Kg * L UE R
1	25-27	0,000			
2	25-27	0,000			
3	25-27	0,000			
4	25-27	0,000			
5	25-27	0,000			
6	25-27	0,003			
7	25-27	0,000			
8	25-27	0,003			
9	25-27	0,004			
10	36-38	0,006			
11	36-38	0,005			
12	36-38	0,006			
13	36-38	0,004			
14	36-38	0,010	0,05	0,05	0,05
15	36-38	0,005			
16	36-38	0,007			
17	36-38	0,003			
18	36-38	0,077			
19	53-55	0,008			
20	53-55	0,075			
21	53-55	0,012			
22	53-55	0,079			
23	53-55	0,013			
24	53-55	0,079			
25	53-55	0,011			
26	53-55	0,082			
27	53-55	0,016			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13

Tabla 5.

Resultados de análisis de tejido muscular de Yellowfin en referencia a plomo (Pb).

	TALLA	Resultados Plomo mg/Kg	Contenido máximo mg/Kg INEN	Contenido máximo * mg/Kg * UE	Contenido máximo mg/Kg * L UE R
1	25-27	0,026			
2	25-27	0,009			
3	25-27	0,035			
4	25-27	0,044			
5	25-27	0,079			
6	25-27	0,000			
7	25-27	0,018			
8	25-27	0,044			
9	25-27	0,079			
10	36-38	0,044			
11	36-38	0,035			
12	36-38	0,000			
13	36-38	0,000	0,3	0,2	0,3
14	36-38	0,000			
15	36-38	0,000			
16	36-38	0,000			
17	36-38	0,009			
18	36-38	0,000			
19	53-55	0,000			
20	53-55	0,000			
21	53-55	0,000			
22	53-55	0,000			
23	53-55	0,000			
24	53-55	0,000			
25	53-55	0,000			
26	53-55	0,000			
27	53-55	0,000			

Fuente: Elaboración propia