

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES  
PESADOS (MERCURIO, PLOMO Y CADMIO) EN FILETE  
DE PESCADO IMPORTADO A GUATEMALA DE LA  
ESPECIE *Pangasius hypophthalmus* (PANGA)  
PROVENIENTE DE VIETNAM EN EL AÑO 2018**

**MAGLY BEATRIZ MORALES AGUILAR**

**Médica veterinaria**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES  
PESADOS (MERCURIO, PLOMO Y CADMIO) EN FILETE DE  
PESCADO IMPORTADO A GUATEMALA DE LA ESPECIE  
*Pangasius hypophthalmus* (PANGA) PROVENIENTE DE VIETNAM  
EN EL AÑO 2018.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTANDO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD**

**POR**

**MAGLY BEATRIZ MORALES AGUILAR**

Al conferírsele el título profesional de

**Médica veterinaria**

En el grado de Licenciada

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
JUNTA DIRECTIVA**

|             |   |
|-------------|---|
| DECANO:     | M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil       |
| SECRETARIO: | Dr. Hugo René Pérez Noriega             |
| VOCAL I:    | M.Sc. Juan José Prem González           |
| VOCAL II:   | Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta |
| VOCAL III:  | Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar   |
| VOCAL IV:   | Br. Yasmín Adalí Sian Gamboa            |
| VOCAL V:    | Br. Maria Fernanda Amézquita Estévez    |

**ASESORES**

M.A. FLOR DINORAH PORRAS LÓPEZ

M.A. JAIME ROLANDO MÉNDEZ SOSA

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (MERCURIO, PLOMO Y CADMIO) EN FILETE DE PESCADO IMPORTADO A GUATEMALA DE LA ESPECIE *Pangasius hypophthalmus* (PANGA) PROVENIENTE DE VIETNAM EN EL AÑO 2018.**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

**MÉDICA VETERINARIA**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- A DIOS:** Por ser mi guía, brindarme sabiduría y permitirme cumplir mis metas, definitivamente sin él, nada hubiera sido posible.
- A MI MADRE:** Aura Esperanza Aguilar por ser un ejemplo de lucha y sacrificio, este acto es un fruto de lo que sembraste y este logro también es tuyo.
- A MIS HERMANOS LAURA Y JOSUÉ:** Por darme su apoyo y ayudarme a cumplir esta meta, ustedes son parte importante de este logro.
- A MIS HERMANOS:** Mary, Oscar, Rosy y Victor Hugo por siempre estar a mi lado y apoyarme siempre.
- A MIS SOBRINOS:** Gerson, Andrea y Larisa por ser mis grandes amores y darme la dicha de verlos crecer y espero ser un ejemplo de superación para ustedes.
- A ARTURO GÓMEZ:** Definitivamente sin ti no lo hubiera logrado, agradezco cada sacrificio que realizaste para verme lograr mis metas. El camino no fue fácil, pero me motivaste y apoyaste cada momento.

Sin duda este logro es nuestro, te amo.

A MIS AMIGAS:

Marian y Carolina por los grandes momentos vividos durante los años compartidos en la universidad y sobre todo por tantas risas que me provocaron su compañía.

## **AGRADECIMIENTOS**

A LA TRICENTENARIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA:

En especial a la Escuela de Medicina Veterinaria, por ser mí casa de estudios y haberme formado profesionalmente.

A MIS ASESORES:

M.A. Flor Porras, M.A. Jaime Méndez y Dra. Jacqueline Escobar por su guía y su dedicación en el desarrollo de esta investigación.

A MIS CATEDRÁTICOS:

Por haberme transmitido sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.

AL MAGA:

Especialmente al Departamento de productos de origen animal e hidrobiológicos por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

A DONATO GONZÁLEZ:

Por brindarme su total apoyo y confiar en mí para la realización de esta investigación.

A BRENDA CETINO:

Por confiar en mí y brindarme siempre su apoyo y motivación.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>II. OBJETIVOS</b> .....   | 3  |
| 2.1 General.....   | 3  |
| 2.2 Específicos .....  | 3  |
| <b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                                     | 4  |
| 3.1 <i>Pangasius hypophthalmus</i> y el río Mekong.....                      | 4  |
| 3.2 La producción del <i>Pangasius hypophthalmus</i> .....                   | 5  |
| 3.3 Metales pesados.....   | 7  |
| 3.4 Metales pesados y sus efectos tóxicos en la salud .....                  | 9  |
| 3.4.1 Cadmio (Cd) .....  | 12 |
| 3.4.2 Mercurio (Hg) .....  | 15 |
| 3.4.3 Plomo (Pb) .....   | 16 |
| 3.5 Legislación alimentaria sobre metales pesados .....                      | 19 |
| 3.5.1 Situación reglamentaria de los metales pesados en Guatemala.....       | 19 |
| 3.5.2 Acuerdo Ministerial No. 318-2008.....                                  | 21 |
| 3.5.3 <i>Codex alimentarius</i> .....  | 21 |
| 3.5.4 Comité Mixto FAO/OMS.....  | 22 |
| 3.5.5 Reglamento No. 333/2007 de la Unión Europea.....                       | 23 |
| 3.6 Métodos de detección de metales pesados .....                            | 24 |
| 3.6.1 Espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)..... | 25 |
| <b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....  | 28 |
| 4.1 Materiales .....   | 28 |
| 4.1.1 Recurso humano .....   | 28 |
| 4.1.2 Recurso biológico .....  | 28 |
| 4.1.3 Recursos de campo.....   | 28 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.4 Recursos tecnológicos.....           | 28        |
| 4.1.5 Recursos de laboratorio.....         | 28        |
| 4.2 Metodología.....                       | 29        |
| 4.2.1 Diseño del estudio.....              | 29        |
| 4.2.2 Población.....                       | 29        |
| 4.2.3 Muestra.....                         | 29        |
| 4.2.4 Muestreo.....                        | 29        |
| 4.2.5 Análisis de datos.....               | 31        |
| <b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>      | <b>32</b> |
| <b>VI. CONCLUSIONES.....</b>               | <b>36</b> |
| <b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>           | <b>37</b> |
| <b>VIII. RESUMEN.....</b>                  | <b>38</b> |
| SUMMARY.....                               | 40        |
| <b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>42</b> |
| <b>X. ANEXOS.....</b>                      | <b>47</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                    |    |
|--------------------|----|
| Cuadro No. 1 ..... | 12 |
| Cuadro No. 2 ..... | 21 |
| Cuadro No. 3 ..... | 22 |
| Cuadro No. 4 ..... | 23 |
| Cuadro No. 5 ..... | 24 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                    |    |
|--------------------|----|
| Figura No. 1 ..... | 27 |
| Figura No. 2 ..... | 32 |
| Figura No. 3 ..... | 33 |
| Figura No. 4 ..... | 34 |
| Figura No. 5 ..... | 35 |

## I. INTRODUCCIÓN

El *Pangasius hypophthalmus* (Panga) es una especie de pez cultivada en Vietnam, que se exporta a Guatemala, en el año 2017 se importaron 357,350.66 kg de filete de este pescado. Desde el inicio de las importaciones de panga al mercado guatemalteco, se ha introducido su consumo en los ámbitos de tipo doméstico, en sectores como la hotelería y en restaurantes.

La panga es cultivada por campesinos del Delta, del río Mekong. Esta es consumida a nivel nacional e internacional y el principal riesgo del sector son las condiciones de producción intensiva, ya que son técnicas de pesca muy agresivas y destructivas. Otro factor importante es la contaminación en hábitats acuáticos por el uso incontrolado de productos químicos, que es un flagelo a nivel mundial y los efectos de este problema son asumidos por los consumidores de pescados y mariscos que son expuestos a sustancias tóxicas como metales pesados que son vertidos y circulan en los ecosistemas.

La contaminación por metales pesados en recursos hídricos plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global, ya que, por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta efectos cancerígenos.

A través de esta investigación se establecieron las concentraciones de metales pesados cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en muestras de filete congelado de pescado importado a Guatemala *Pangasius hypophthalmus* y se determinó si estos metales se encuentran en concentraciones inferiores a los límites máximos permitidos según el reglamento 333/ 2007 de la Unión Europea.

Se colectaron muestras en almacenadoras ubicadas en la ciudad capital, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2018.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 General

Demostrar la presencia de metales pesados (Mercurio, Plomo y Cadmio) en filetes de *Pangasius hypophthalmus* proveniente de Vietnam.

### 2.2 Específicos

- Determinar la concentración de metales pesados (Mercurio, Plomo y Cadmio) en muestras de filetes de pescado *Pangasius hypophthalmus* proveniente de Vietnam.
- Establecer si la concentración de metales pesados (Mercurio, Plomo y Cadmio) es inferior al límite máximo permitido por la Unión Europea, de acuerdo al reglamento 333/ 2007.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 *Pangasius hypophthalmus* y el río Mekong

El *Pangasius hypophthalmus* conocido comúnmente como Basa o Panga, es una de las primordiales especies de agua dulce en la pesquería del río Mekong de Vietnam, esta actividad es de las más grandes y más importantes en la pesca continental en el mundo (Agricultura, 2010). Existe una inquietud en cuanto al consumo de este pescado por la contaminación de las aguas de Vietnam, con productos agroquímicos que son derramados al río por actividades agrícolas, suscitando la voz de alarma ante su posible efecto nocivo sobre la salud humana por la acumulación de metales tóxicos (Codinan, 2017).

En el último siglo la Panga ha tenido un crecimiento de producción promedio anual del 30% y su éxito se debe a un esparcimiento hacia los mercados internacionales, ya que la Panga tiene la capacidad de competir principalmente por el precio (Bush, 2015).

“El río Mekong nace en la cordillera del Himalaya, tiene una longitud estimada de 4,880 km, atraviesa seis países: China, Birmania, Laos, Tailandia, Camboya y Vietnam. Cuando entra en Vietnam forma un delta con siete brazos, donde es cultivado principalmente el *Pangasius hypophthalmus*” (Fayanas, 2011).

Son cuatro las amenazas que acechan al río Mekong:

- 1) La contaminación por las poblaciones e industrias que se encuentran cerca del río, provocando que sus desechos sean eliminados en él.
- 2) La construcción de grandes pantanos.
- 3) Las técnicas de pesca empleadas que son muy agresivas y destructivas y
- 4) La deforestación de grandes zonas de su cuenca.

“No existe ninguna política medioambiental que proteja al río Mekong, donde cada vez es mayor la contaminación de sus aguas por los efectos de los pesticidas y fertilizantes que tan abundantemente se utilizan en los campos de arroz. La depuración de las aguas fecales de las ciudades y pueblos es casi inexistente”. El nivel de contaminación es angustiante en los alrededores de las grandes ciudades y en el delta, llevando en sus aguas altas concentraciones de metales pesados (Fayanas, 2011).

La Organización de Consumidores y Usuarios (2010), realizó un estudio donde analizaron 23 muestras de panga, ya que sospechaban de la presencia de contaminantes ambientales y encontraron restos de pesticidas y trazas de mercurio en muestras de filetes de panga, afirmando que “aunque los residuos contaminantes están dentro de los límites legalmente tolerados y no suponen un riesgo inmediato para la salud, es mejor no consumir estos pescados en exceso” (Codinan, 2017). Lo que nos lleva a cuestionar sobre la calidad de los alimentos que se importan a Guatemala para el consumo de la población.

### **3.2 La producción del *Pangasius hypophthalmus***

Es importante conocer cómo se produce la Panga en el delta del río Mekong en Vietnam, para entender el motivo de la preocupación por el consumo de este pescado en Guatemala.

#### **Reproducción**

Se realiza reproducción artificial intensiva con el objetivo de lograr una producción de huevos de buena calidad, en una cantidad que satisfaga el requerimiento de alevines de las granjas de engorde en el cauce del río (Rodríguez, 2015).

“Los reproductores se crían en estanques de 500 m<sup>2</sup> y una profundidad de 1.5 - 3 metros. Con una temperatura de 26 - 30 grados centígrados y un pH entre 7 y 8. El oxígeno disuelto mínimo ronda los valores de 2mg/litro” (Rodríguez, 2015).

“Los huevos fertilizados se trasladan a otros estanques donde la eclosión sucede luego de haber transcurrido un tiempo entre 20 -30 horas y al día siguiente las larvas se convierten en alevines de *Pangasius hypophthalmus* que son trasladados a tanques de pre-engorde por 90 días, para luego ser trasladados a los estanques de engorde” (Rodríguez, 2015).

### **Engorde**

Dependiendo de las zonas de cultivo se utilizan los sistemas descritos a continuación:

- 1) Jaulas de engorde: “este tipo de cultivo se realiza en los dos afluentes del río Mekong. Las jaulas flotantes de madera o de acero poseen un tamaño de 10 metros de ancho por 25 de largo y 5 de fondo. Poseen una luz de malla de 3 a 5 cm y se encuentran ancladas en el río. En ellas se producen unas 200 toneladas métricas (Tm) de pescado en seis meses de cultivo” (Rodríguez, 2015).
- 2) Cercados de engorde: “este se realiza en las islas de las ramificaciones del Mekong, donde hay una mejor circulación del agua debido a que ciertos puntos del curso de agua se encuentran cerrados, pero permite el flujo del río. La producción oscila entre 250 y 300 Tm por hectárea y cosecha” (Rodríguez, 2015).
- 3) Estanques de engorde: “estos están ubicados en las orillas e islas. Cada estanque posee una superficie que oscila entre 0,2 y 1 hectárea. En estos estanques hay mejor oxigenación. La productividad varía entre 250 y 300 Tm por hectárea y cosecha” (Rodríguez, 2015).

Por la descripción de los 3 métodos de engorde utilizados en la Panga, es notable que son producciones intensivas lo que provoca aumento de densidad, y esto a su vez provoca importantes problemas sanitarios que tienen que ver con la contaminación del agua y afecta las condiciones de la misma. El agua entrante y saliente de los sistemas no es sometida a ningún tipo de tratamiento. Los granjeros generalmente sólo instalan los equipos básicos para controlar parámetros como: pH, oxígeno y temperatura; que no son suficientes para garantizar una óptima calidad del agua (Rodríguez, 2015).

Los peces son alimentados con piensos secos compuestos por cáscara de arroz, harina de soja y harina de pescado. En ocasiones, algunos granjeros preparan su propio alimento artesanal, pero no es alimento seco, por lo tanto, cae al fondo y provoca que los peces revuelvan el fango del lecho del río para poder alimentarse, empeorando notablemente la calidad de la carne y del agua confiriéndole un color ligeramente amarillo y cierto sabor a fango. El periodo de engorde dura aproximadamente 6 meses, con un peso por pescado de 1 a 1.2 kg (Rodríguez, 2015).

Los metales pesados son de importancia en la crianza de la Panga por el tipo de producción intensiva y la contaminación del río Mekong donde es producido, a continuación, conoceremos más sobre los metales pesados y como afectan a los seres humanos a través de la ingesta de estos por los alimentos, especialmente el cadmio, el plomo y el mercurio ya que son los metales de importancia según las normas guatemaltecas.

### **3.3 Metales pesados**

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de elevado peso molecular, muy difundidos en la corteza terrestre (Eróstegui, 2009). Son contaminantes químicos ambientales peligrosos ya que no son biodegradables y

poseen una alta bioacumulación en los seres vivos. Los efectos sobre el medio ambiente son bastante graves, debido a que desnaturalizan proteínas, son asimilados por organismos filtradores e incorporados a la cadena alimenticia provocando alteraciones negativas ecológicas y biológicas en los ecosistemas y por consiguiente a los seres humanos (Boy, 2015). 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 (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016). Lo que los convierte de interés para los consumidores de alimentos que provienen de agua dulce, ya que cada metal tiene un mecanismo de acción y un lugar de acumulación predilecto (Eróstegui, 2009).

El problema de que los metales pesados contaminen el medio ambiente es que tiene efectos silenciosos y por consiguiente causa daño sin que nos demos cuenta. Los metales pesados se clasifican en beneficiosos y perjudiciales:

- a) Los metales pesados beneficiosos o esenciales pueden clasificarse en:
  - Oligoelementos o micronutrientes: que son demandados en cantidades pequeñas por los seres vivos y son precisos para completar funciones fisiológicas. Sin embargo, en cantidades elevadas estos metales pueden llegar a ser tóxicos en los seres vivos. Representan a este grupo: arsénico (As), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), níquel (Ni), selenio (Se) y zinc (Zn). (Cargua, 2010)
  - Macronutrientes: estos son requeridos en cantidades mayores y se encuentran presentes en su mayoría, en los tejidos de los seres vivos. Son representativos de este grupo: sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), entre otros (Cargua, 2010).
- b) Metales no esenciales o metales pesados sin función biológica conocida: presentes en la corteza terrestre y son altamente tóxicos, las cantidades de estos en los seres vivos, son consecuencia de las alteraciones en el funcionamiento de sus organismos. En este grupo podemos mencionar:

cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), níquel (Ni) y bismuto (Bi). (Cargua, 2010) Estos son los metales de interés en este estudio, ya que se encuentran en grandes cantidades en los sistemas hídricos.

La contaminación por metales pesados puede tener orígenes naturales o endógenas y antropogénicas o exógenas. El grado de toxicidad de los metales pesados depende de las propiedades químicas y composición de cada uno de estos, además otro factor importante es la propiedad biológica de los organismos en situación de peligro (Pérez, 2011).

### **3.4 Metales pesados y sus efectos tóxicos en la salud**

Antes de conocer los efectos negativos que los metales pesados pueden tener en un organismo, tenemos que saber que un tóxico es toda sustancia química que ingresa a un ser vivo y tiene efectos perjudiciales, siendo la toxicidad el resultado de la interacción entre el tóxico y el organismo, esto puede variar según la especie, edad, sexo, tamaño, vía de administración y la concentración (Lozano, 2009). Conociendo esta definición, sabemos que el cadmio, el plomo y el mercurio representan un riesgo para la salud de las personas expuestas a estos metales.

La intoxicación por metales pesados en la salud es una problemática que afecta a nivel mundial (López & Barragán, 2014). Estos son perjudiciales porque compiten con los macro y microelementos (zinc, hierro, selenio, etc.) y esto afecta la forma en que son metabolizados los nutrientes que son ingeridos y las reacciones químicas fisiológicas que se realizan en un ser vivo. Estos metales se van acumulando lentamente en distintos órganos alterando su correcto funcionamiento, a esto se le llama bioacumulación (Agraz et al., s.f).

Por su elevada toxicidad, el impacto causado a la salud del ser humano por exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante, ya que, dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen distintas afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos

cancerígenos (Reyes et al, 2016). En general se puede concluir que los daños son diversos y esto depende del tiempo y al tipo de metal al que se tenga exposición, pero con seguridad se puede decir que provoca una lesión celular (Eróstegui, 2009).

Es de suma importancia recalcar que los metales pesados tienden a bioacumularse y esto significa que en cierto plazo de tiempo aumentan su concentración en un organismo biológico (Méndez, González, Gutiérrez, & García, 2009), principalmente en el tejido muscular y grasoso, y es cuando los organismos expuestos constantemente a una sustancia tóxica, no pueden metabolizarla para desintoxicarse y en consecuencia, mientras mayores el individuo aumenta la cantidad de tóxico acumulado (López & Barragán, 2014).

A partir de la bioacumulación se deriva el siguiente problema que es la biomagnificación, que es un aumento en la concentración de un xenobiótico (sustancia extraña) debido al consumo de alimentos que lo hallan bioacumulado, en este caso metales pesados en filete de Panga, esta biomagnificación ocurre cuando se suman las concentraciones a lo largo de la cadena trófica y las consecuencias las padecen los organismos que ocupan el último lugar de la cadena alimenticia, como ocurre con los humanos (López & Barragán, 2014).

La presencia de los elementos metálicos puede ser causantes de problemas en la salud y la magnitud de la respuesta tóxica, en un organismo determinado depende de la exposición (dosis, tiempo, ruta y vía de exposición) y de factores relacionados con las características del organismo expuesto, del medio ambiente y de la sustancia misma. Sin embargo, todos son acumulados por los organismos, ya que difícilmente son eliminados en procesos fisiológicos y se puede considerar que no son biodegradables (Lozada, 2007).

A nivel global, se han reportado casos que dan cuenta de las afecciones en la salud por causa del consumo de alimentos contaminados por metales pesados. En China, en un estudio realizado por Rodríguez et al. (2013) demostraron que China es afectada por una severa contaminación por metales pesados, se estima que

unos 600 millones de personas se encuentran en alto riesgo por exposición al agua contaminada, la cual corresponde al 70% del recurso hídrico del país (Reyes et al., 2016).

La bioacumulación en peces es mayor cuando el peso corporal es bajo, es decir en organismos jóvenes, durante los periodos de crecimiento, en aguas con una salinidad baja en aguas con una temperatura más o menos alta (Lozada, 2007). y estas condiciones se cumplen en las producciones intensivas de la Panga, lo que provoca preocupaciones por ser un alimento a nivel mundial, actualmente muy difundido.

El cadmio se bioacumula principalmente en riñón, seguido del hígado, branquias y finalmente en músculo. Los niveles relativos de cadmio son mucho mayores en hígado que en todo el pez o músculo. El plomo se acumula más en hígado, seguido de branquias, riñón y en menor cantidad en músculo (Lozada, 2007).

En un estudio realizado en Pakistán, por Shah, en el año 2005, menciona que la acumulación de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio en el cuerpo de un pescado es de 0.011, 0.32, y 1.59 mg/g, haciendo mención que la acumulación en su orden es: mercurio < cadmio < plomo. De acuerdo a la bioacumulación de metales pesados en los tejidos analizados (músculo, piel, testículo y ovarios), concluyó que el orden para el mercurio es: testículos > ovarios > piel > músculo > branquias, para el cadmio es testículos > branquias > músculo > ovarios > piel, y para el plomo es: piel > branquias > músculo > ovario > testículo (Lozada, 2007).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) es la agencia especializada en cáncer de la Organización Mundial de la Salud. El objetivo del IARC es promover la colaboración internacional en la investigación del cáncer (IARC, 2018).

La IARC creó monografías que identifican factores ambientales que pueden aumentar el riesgo de cáncer humano. Estos incluyen químicos, mezclas complejas, exposiciones ocupacionales, agentes físicos, agentes biológicos y factores de estilo de vida. Las agencias nacionales de salud pueden usar esta información como apoyo científico para sus acciones para prevenir la exposición a posibles carcinógenos. En el cuadro no. 1 se encuentran la clasificación de agentes por las monografías de la IARC, que explica cómo los metales pesados son clasificados como cancerígenos para los seres humanos. El cadmio es clasificado como carcinógeno para los seres humanos y el plomo y el mercurio como posiblemente carcinógenos para los seres humanos. De tal forma que la salud pública puede reflejar las consecuencias de una alimentación con sustancias nocivas para el ser humano (IARC, 2018).

### CUADRO No. 1

Clasificación cancerígena de los metales pesados

| <b>Metal tóxico</b> | <b>Clasificación</b>                                      |
|---------------------|---|
| Cadmio              | Grupo 1: Carcinógeno para los seres humanos               |
| Plomo               | Grupo 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos |
| Mercurio            | Grupo 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos |

Fuente: IARC, 2018.

#### 3.4.1 Cadmio (Cd)

El cadmio (Cd) es un metal que forma parte de la composición natural de la corteza terrestre y como contaminación natural libera al medio ambiente cerca de 25000 toneladas (Lozada, 2007). Ingresa al medio ambiente a través de actividades naturales como: Actividad volcánica y rocas (Pérez & Azcona, 2012). Por medio de la vía antrópica las concentraciones de este metal en el ambiente pueden ser incrementadas grandemente. Ya que es un metal muy utilizado en la

industria y productos agrícolas, esto ha provocado un considerable aumento en su producción (Reyes, et al., 2016). El cadmio se libera al medio ambiente acuático desde una amplia gama de fuentes antropogénicas, incluyendo aguas residuales, fertilizantes de fosfato, vertederos y sitios de desechos peligrosos (IARC, 2018). Las propiedades químicas y físicas del cadmio (Cd) son muy similares a las del zinc, y frecuentemente convive con este metal en la naturaleza (Pérez & Azcona, 2012).

La IARC (2018), dice que, en Estados Unidos, la ingesta diaria media geométrica de cadmio en los alimentos se estima en 18.9  $\mu\text{g}$  / día, mientras que, en la mayoría de los países, el consumo diario promedio de cadmio en los alimentos oscila entre 0,1 y 0,4  $\mu\text{g}$  / kg de peso corporal, debido a principalmente a través de la ingestión de alimentos. Los factores que influyen en los niveles de cadmio en los alimentos incluyen: tipo de alimento (mariscos, vegetales, carne o productos lácteos), condiciones de crecimiento (por ejemplo, tipo de suelo, agua) y prácticas agrícolas y contaminación antropogénica del suelo o del sistema acuático, por lo tanto, las áreas altamente contaminadas tienen mayores concentraciones de cadmio en los alimentos producidos localmente, y el uso de fertilizantes que contienen cadmio en la agricultura aumenta las concentraciones de cadmio en los cultivos y productos derivados (IARC, 2018). En el caso de la Panga es un pez cultivado en un río donde hay un uso indiscriminado de fertilizante por los campos de arroz que es una actividad agrícola común en los alrededores del Mekong.

Es de gran importancia hacer saber que los daños provocados por este metal, lo ubica entre los más peligrosos, según la Agencia Estadounidense para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, ocupa el puesto número 6 en la lista (Pérez & Azcona, 2012). El cadmio es considerado por la IARC, cancerígeno para los seres humanos. Así mismo el cáncer de riñón, el de la vejiga, el seno y el endometrio pueden mostrar mayores riesgos asociados con la dieta (IARC, 2018).

Hay que recalcar que el Cadmio en el organismo se absorbe únicamente a través de las vías respiratorias y la vía oral. Este metal permanece en el organismo del ser humano por un periodo largo que oscila entre 10 y 40 años, fijándose principalmente en el sistema renal (Lozano, 2009).

La absorción a nivel intestinal del cadmio ingerido es aproximadamente de 4-7% en condiciones normales pero este número puede ser afectado si hay baja ingesta de calcio, zinc o hierro (Pérez & Azcona, 2012). El cadmio absorbido se excreta muy lentamente, y las cantidades excretadas en la orina y las heces son aproximadamente iguales (IARC, 2018).

Es de suma importancia exponer que los riñones son el órgano diana para el cadmio, este se acumula en la corteza renal (Pérez & Azcona, 2012). Entre el 50 y el 85% del cadmio absorbido se acumulan en hígado y riñón. El riñón puede llegar a acumular entre el 30-60% de la carga corporal de cadmio. La corteza renal resulta ser el mayor depósito de cadmio en el organismo. En el páncreas, el tiroides, el pulmón y los testículos pueden encontrarse pequeñas cantidades de este metal (Armendáriz, 2013).

Las intoxicaciones por alimentos son de carácter crónico y entre las manifestaciones clínicas por exposición alimenticia de este metal son: Enfermedades de tipo cardiovascular y trastornos renales y esto produce daño gastrointestinal, provocando síntomas: náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea, en algunos casos se presenta diarrea intensa. También se presentan alteraciones de tipo óseo, daños al sistema nervioso central, desordenes en aparato reproductor y posible desarrollo de cáncer (Pérez & Azcona, 2012; Eróstegui, 2009).

La dosis mínima de cadmio capaz de inducir efectos adversos para la salud humana sería de 2 mg. Esta cantidad varía mucho dependiendo de la fuente de intoxicación. Por ejemplo, la ingesta diaria de 140 –260 µg de cadmio para un

adulto de 70 Kg comenzaría a producir alteraciones renales tras 50 años de exposición al metal (Armendáriz, 2013).

### **3.4.2 Mercurio (Hg)**

Es un metal que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente; este metal se encuentra presente en los recursos naturales, principalmente en las capas más internas de la tierra (Español, 2001).

El mercurio se presenta en 3 formas como:

- a) Mercurio elemental
- b) Sal inorgánica de mercurio
- c) Mercurio orgánico

Siendo el mercurio orgánico el de mayor importancia para la salud del ser humano. El compuesto más representativo de este grupo es el metilmercurio, que se encuentra en el ambiente y se deposita en el agua, por lo tanto, se concentra en la cadena alimentaria acuática (Raimann, Rodríguez, & Torrejón, 2014).

El aporte antropogénico del mercurio es de relevancia, ya que la contaminación de este metal proviene de actividades como la minería, disposición de residuos industriales y aguas residuales humanas.

Schuler, Howell y Heagler (2000) realizaron un estudio donde demostraron que la concentración de mercurio en los cangrejos de río procedentes de China y de Louisiana presentaban un riesgo de envenenamiento por mercurio, reforzando que en los casos donde los alimentos procedentes de áreas medioambientalmente contaminadas pueden presentar un riesgo por mercurio.

La ingesta de mercurio a través de productos hídricos como peces es un problema de salud pública, porque es sumamente tóxico por sus efectos adversos en la salud principalmente en el desarrollo neurológico en fetos y niños. Ya que el órgano diana del mercurio es el sistema nervioso (Español, 2001; Valderas., et al.

2013). Entre las manifestaciones clínicas por la ingestión de mercurio se encuentran el síndrome gastroentérico agudo de la ingestión de cáusticos, seguido de insuficiencia renal con anuria y uremia y colitis ulcero-hemorrágica (Armendáriz, 2013)

Los efectos tóxicos del mercurio dependen del compuesto, la ruta de exposición y la edad de la persona afectada (Raimann et al., 2014). Entre las manifestaciones clínicas podemos mencionar: en el sistema nervioso central ocasiona vértigo, alteraciones vasomotoras, ataxia, temblores musculares e insensibilización de las extremidades. En el aparato digestivo se presenta aumento en la salivación, gingivitis, náuseas, vómitos y diarrea. En el aparato genitourinario hay alteraciones renales con proteinuria, hematuria y anuria (Armendáriz, 2013; Valderas et al., 2013).

El mercurio también produce efectos negativos sobre el cerebro feto y la razón es que el compuesto metilmercurio tiene la capacidad de atravesar la barrera placentaria (Armendáriz, 2013). Estos niños al nacer presentan retraso psicomotor, ceguera, sordera y convulsiones (Raimann et al., 2014).

### **3.4.3 Plomo (Pb)**

El plomo es un metal no esencial, maleable y resistente a la corrosión. Está presente primordialmente en forma de sales en el medio ambiente, por ejemplo, en plantas, animales herbívoros, aire, ríos y océanos (Armendáriz, 2013). Las concentraciones de plomo son incrementadas debido a actividades antropogénicas como construcción, la fabricación de pigmentos, fertilizantes y baterías eléctricas (Pezo, Paredes, & Bedayán, 1992).

La dieta es una fuente de relevancia en la exposición del plomo, este se acumula primordialmente en peces, debido a los desechos de la industria dan entrada a este metal a los ríos y mares (Lozano, 2009). Una persona adulta

ingiere 0.3 a 0.5 mg de plomo sin estar expuesto a él y es eliminado por el riñón el 80%. Una ingesta de plomo arriba de 0.6 mg/día se considera como una intoxicación (Armendáriz, 2013).

Tras ser absorbido, el plomo en el organismo sigue un modelo tricompartmental:

- El sanguíneo (el 2% del contenido total, cuya vida media es de  $36 \pm 5$  días)
- El de los tejidos blandos (cuya vida media es algo más prolongada)
- El óseo (que representa el 90% del contenido total con una vida media entre 10 y 28 años) (Rubio, et al., 2004).

Cualquier vía de ingestión de plomo tiene su punto final en el hígado, el cual metaboliza los compuestos que a él llegan, eliminando una parte por la bilis. Cuando existe una insuficiencia hepática o la concentración del metal es excesiva se elimina por el sudor, la saliva, el páncreas y por la orina. Se excreta fundamentalmente por orina (80%) y de forma secundaria por heces y saliva. En el caso de baja exposición al plomo, existe un equilibrio entre el aporte del tóxico y la eliminación. Pero, pasado un cierto nivel, comienza a acumularse. Este nivel depende no sólo del grado de exposición, sino también de la edad y de la integridad de órganos como el hígado y el riñón (Rubio, et al., 2004).

El plomo puede circular dentro del organismo en alrededor de 25 días. En los tejidos blandos puede durar 40 días y la del plomo depositado en los huesos puede ser de hasta 30 años (Rubio et al., 2004).

Los efectos tóxicos por exposición crónica al plomo son: presencia de manifestaciones gastrointestinales, trastornos hematológicos, daños al sistema nervioso que daña las neuronas cerebrales, causando encefalopatías, también causa daño a la médula ósea, cuando se acumula excesivamente en hueso causa plumbismo, en el riñón afecta el sistema tubular de la nefrona, también se sabe que puede llegar a simular otras enfermedades como esclerosis (Eróstegui, 2009).

Presenta consecuencias en el espermatozoides del hombre, disminuyendo su fertilidad y causa perturbación en la conducta de los niños, como agresión e hipersensibilidad (Lozada, 2007).

La exposición crónica a concentraciones relativamente bajas de plomo puede ocasionar los siguientes signos y síntomas:

- Gastrointestinales: anorexia, dispepsia, estreñimiento, sabor metálico en la boca, dolor abdominal.
- Hematopoyéticos: anemia, punteado basófilo.
- Neurológicos: encefalopatía, muñeca caída o pie caído.
- Renales: albuminuria, hematuria, cilindros en la orina.
- Cavidad oral: ribete de Burton, estomatitis ulcerosa.
- Endocrinos y del sistema reproductor: anormalidades del ciclo ovárico, infertilidad, aborto espontáneo, alteraciones en los espermioigramas.
- Feto: macrocefalia, poco peso, alteraciones del sistema nervioso, tasa de mortalidad aumentada durante el primer año (Armendáriz, 2013).

Actualmente se relaciona al plomo con la conducta antisocial, el retraso mental y la disminución de las actividades cognitivas (Eróstegui, 2009).

Los ecosistemas acuáticos y los metales pesados han recibido una atención recientemente debido a su toxicidad y acumulación en la biota y los peces. Los peces son parte importante de la dieta del ser humano, debido al alto contenido de proteína, baja en grasas saturadas y ácidos grasos omega suficientes que son conocidos para apoyar la salud del consumidor, por lo tanto, diversos estudios se han adoptado en todo el mundo sobre la contaminación de diferentes especies de peces por metales pesados. El tejido muscular de los peces es lo más utilizado para el análisis, ya que es un importante tejido para el almacenamiento de metal y es la principal parte de consumo del pescado (Maldonado et al., 2015).

### **3.5 Legislación alimentaria sobre metales pesados**

En Guatemala existen leyes y normas que protegen a los guatemaltecos en cuanto a salud alimentaria. A continuación, serán mencionados brevemente algunas de ellas y se explican el motivo por el cual algunas instituciones del estado, en este caso el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación están obligados a garantizar que los alimentos no procesados que son producidos o importados al país deben de ser inocuos para los consumidores.

#### **3.5.1 Situación reglamentaria de los metales pesados en Guatemala**

Guatemala cuenta con el código de salud (Decreto 90-97) que es un decreto formado por el Congreso de la República de Guatemala y tiene como objeto “proteger a la persona y a la familia, para alcanzar el fin supremo en la realización del bien común y le asigna, los deberes de garantizarle a los habitantes de la República, la vida, la seguridad y el desarrollo integral de la persona.” De la misma forma, la Constitución Política de la República de Guatemala reconoce “que el goce de la salud es derecho fundamental del ser humano sin discriminación alguna, y obliga al Estado a velar por la misma, desarrollando a través de sus instituciones acciones de prevención, promoción, recuperación y rehabilitación, a fin de procurarles a los habitantes el más completo bienestar físico, mental y social, reconociendo, asimismo, que la salud de los habitantes de la Nación es un bien público” (Congreso de la República de Guatemala, 1997). Por lo tanto, esto nos indica que el gobierno de Guatemala está en la obligación de velar por la salud de los guatemaltecos y a través de este estudio se busca garantizar la salud a través de la inocuidad alimentaria.

El tema de la seguridad alimentaria esta descrito en el Acuerdo Gubernativo número 969-99 y explica que “corresponde al Estado a través de sus instituciones especializadas velar porque la alimentación y nutrición de la población reúna los requisitos de salud, para lograr un sistema nacional alimentario efectivo.” Y que

“todos los habitantes tienen derecho a consumir alimentos inocuos y de calidad aceptable, para lo cual los Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y Agricultura, Ganadería y Alimentación, y demás instituciones del Sector, dentro de su ámbito de competencia, garantizarán el mismo a través de acciones de prevención y promoción” (Congreso de la República de Guatemala, 1999). Por lo tanto, realizar muestreos a los alimentos de origen animal no procesados, producidos en el país y a los alimentos importados, son acciones para garantizar que los alimentos consumidos por la población guatemalteca sean inocuos y velar por la salud de los habitantes del país. Esta función le corresponde específicamente al Departamento de productos de origen animal e hidrobiológicos, VISAR, Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación, de acuerdo a lo establecido en el acuerdo gubernativo número 969-99.

En Guatemala existe un reglamento para límites máximos permitidos de metales pesados en atunes, pero no existe un reglamento o norma que regule otro tipo de pescado, por lo que también serán mencionados algunas normativas internacionales en relación a límites máximos permitidos en metales pesados (Cd, Pb y Hg) en pescado.

En Guatemala es difícil obtener datos precisos sobre el volumen de la oferta y la demanda de productos pesqueros en el mercado interno, ya que “es una realidad muy complicada de conseguir en las entidades que manejan registros y estadísticas, inclusive en la Administración Pesquera, debido a la escasa cobertura e información generada respecto de los volúmenes de producción de la pesca industrial, pesca artesanal (marítima y continental) y de la producción acuícola, además, es inevitable considerar el incremento anual en el número de pescadores, el esfuerzo pesquero (No. de embarcaciones y artes de pesca), la incorporación de nueva tecnología de pesca, el acceso a nuevos caladeros y pesquerías en ambos litorales así también, la contribución de las pesquerías artesanales de aguas continentales y el crecimiento y diversificación de la acuicultura”.

En Guatemala la pesca y la acuicultura alcanzan unas 40 mil toneladas por año, el país se ubica entre los países con menos consumo de pescado per cápita en el mundo, solamente se consumen alrededor de 2 kilogramos por persona al año, esto representa únicamente el 10 por ciento del promedio de consumo a nivel mundial. (FAO, 2013).

### 3.5.2 Acuerdo Ministerial No. 318-2008

Este acuerdo busca vigilar a través de muestreos y análisis que la carne de atún que es importada y consumida en el país, no constituya un riesgo para los consumidores guatemaltecos. Esta acción está dirigida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2008).

En este acuerdo se establecen los límites máximos permitidos de los metales pesados: Cadmio, Plomo y Mercurio en atunes importados, que se muestran en el siguiente cuadro.

#### CUADRO No. 2

Límites máximos permitidos para atún importado

| <b>Metal</b> | <b>mg/kg</b> |
|--------------|--------------|
| Mercurio     | 0.5          |
| Cadmio       | 0.1          |
| Plomo        | 0.3          |

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 318-2008

### 3.5.3 *Codex alimentarius*

El *Codex alimentarius* es una colección de normas alimentarias, códigos de prácticas y directrices internacionales destinados a proteger la salud de los

consumidores y garantizar practicas equitativas en el comercio de los alimentos (FAO, 2013).

Las normas generales, las directrices y los códigos de prácticas del Codex se aplican en forma horizontal a diversos ámbitos, tipos de alimentos y procesos. Estos textos tratan sobre prácticas de higiene, etiquetado, aditivos, inspección y certificación, nutrición y residuos de medicamentos veterinarios y de plaguicidas (FAO, 2013).

En el Cuadro No. 3 podemos observar los límites máximos permitidos en pescado, según las normas establecidas por el *Codex alimentarius*.

### CUADRO No. 3

Límites máximos permitidos establecidos por el *Codex Alimentarius* en pescados.

| <b>Metal</b> | <b>Nivel máximo permitido (mg/kg)</b> |
|--------------|---------------------------------------|
| Plomo        | 0.3                                   |
| Cadmio       | 0.05                                  |
| Mercurio     | 0.5                                   |

Fuente: Codex, 1995

#### 3.5.4 Comité Mixto FAO/OMS

El comité Mixto FAO/OMS es un comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). El trabajo de este comité consiste en evaluar la inocuidad de los aditivos alimentarios, de los contaminantes, las sustancias tóxicas naturales y los residuos

de medicamentos veterinarios en los alimentos (Secretaría Mixta FAO/OMS, 2006).

Este comité estableció límites máximos permitidos para metales pesados en pescado que pueden ser consumidos semanalmente por persona, que son presentados en el siguiente cuadro.

#### **CUADRO No. 4**

Límites máximos permitidos establecidos por el Comité Mixto FAO/OMS en pescados.

| <b>Metal</b>  | <b>Nivel máximo permitido</b> |
|---------------|-------------------------------|
| Metilmercurio | 0.2 mg/semanal                |
| Cadmio        | 7 µg/kg/semanal               |
| Plomo         | 25 µg/kg/semanal              |

Fuente: Comité Mixto FAO/OMS

#### **3.5.5 Reglamento No. 333/2007 de la Unión Europea**

En este reglamento se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, y los límites máximos permitidos en los productos alimenticios (Unión Europea, 2017).

El Departamento de Productos de Origen Animal e Hidrobiológicos realiza muestreos a nivel nacional, para controlar contaminantes microbiológicos y químicos que pueden estar presentes en los alimentos producidos e importados a Guatemala. Actualmente el sector hidrobiológico exporta e importa a la Unión Europea y Asia, por lo que, este departamento trabaja con el Reglamento No. 333/2007 de la Unión Europea.

En el siguiente cuadro se observa los límites máximos permitidos de metales pesados (Cd, Pb y Hg) en pescado establecidos por la Unión Europea.

### CUADRO No. 5

Límites máximos permisibles de metales pesados en pescado

| <b>Metal pesado</b> | <b>Contenido máximo (mg / Kg peso fresco)</b> |
|---------------------|---|
| Plomo               | 0.30  |
| Cadmio              | 0.05  |
| Mercurio            | 0.5   |

Fuente: Unión Europea, 2017

### 3.6 Métodos de detección de metales pesados

En la actualidad, está disponible una amplia variedad de métodos analíticos para el análisis de minerales y elementos traza en los alimentos. Los métodos más frecuentemente utilizados incluyen:

- Espectrofotometría
- Fluorometría
- Espectrometría de absorción atómica, -AAS- (atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica de llama, -FAAS- (flame atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito, -GFAAS- (graphite furnace atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros, -HGAAS- (hydride generation atomic absorption spectrometry)

- Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, ICP-AES- (inductively coupled plasma atomic emission spectrometry)
- Espectrometría de masa de plasma acoplado Inductivamente, -ICP- MS- (inductively coupled plasma mass spectrometry) (Kastenmayer, s.f).

El método elegido para el presente estudio, es la espectrometría de masa de plasma acoplado Inductivamente, ya que el laboratorio cuenta el mayor nivel de acreditación en Costa Rica e internacionalmente para laboratorios de ensayo (ISO 17025) que cumple con el acuerdo ministerial 1128-2001 que es el “Reglamento para el reconocimiento de pruebas de análisis y diagnóstico de laboratorios”, siendo reconocido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para el análisis microbiológico, biológico, físico, químico, de residuos, de impurezas, metabolitos y antibióticos, en alimentos naturales no procesados (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2001).

### **3.6.1 Espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)**

La técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS, por su nombre en inglés: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), es una variedad de las técnicas de análisis por espectrometría de masas (Fernández, 2004).

Las principales ventajas de esta técnica radican en su alta precisión al presentar resultados, bajos límites de detección y el bajo costo económico. Esta técnica analiza la mayoría de los elementos e isótopos que se encuentran presentes en la tabla periódica de manera simultánea en tan solo unos minutos. Por lo tanto, es un método ideal en el análisis de aguas, remanente de rocas y minerales, alimentos, etc. (Fernández, 2004).

Aunque la ICP-MS es una técnica analítica relativamente nueva si se compara con los métodos mencionados anteriormente, se ha posicionado rápidamente como una de las técnicas más útiles y versátiles para la determinación de trazas en el análisis de alimentos (Kastenmayer, s.f).

Esta técnica es “altamente sensible y capaz de determinar de forma cuantitativa casi todos los elementos presentes en la tabla periódica que tengan un potencial de ionización menor que el potencial de ionización del argón a concentraciones muy bajas (nanogramo/litro o parte por trillón, ppt). Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas)”. (Mansilla, Castroviejo, & Delgado, 2019).

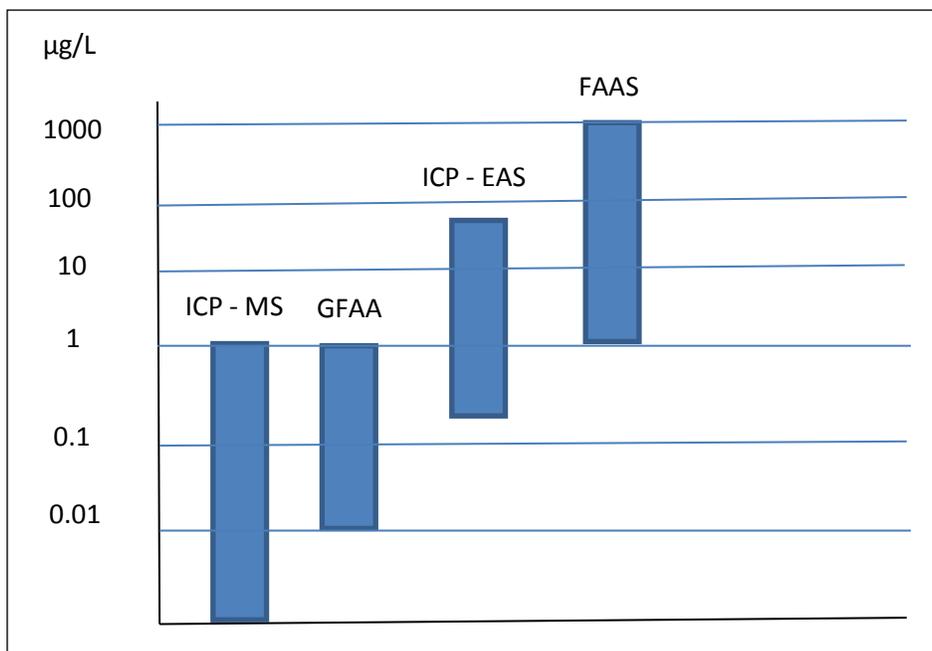
“La muestra, en forma líquida, es transportada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados. Los iones pasan al interior del filtro cuadrupolar a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/masa. Cada una de las masas sintonizadas llega al detector donde se evalúa su abundancia en la muestra” (Mansilla et al., 2019).

Ventajas adicionales, más allá de los excelentes límites de detección, incluyen un rendimiento de muestras extremadamente alto (>100 muestras/día) y la disponibilidad de información isotópica. La principal desventaja de la ICP-MS consiste en el alto costo del instrumento y de funcionamiento (derivado principalmente de un gran consumo de gas argón puro) (Kastenmayer, s.f).

En la figura No. 1 podemos observar la comparación de los límites de detección de las diferentes técnicas de espectrometría; que nos indica que la prueba con los límites de detección más bajos es la técnica ICP- MS.

**FIGURA No. 1**

Límites de detección típicos para las principales técnicas espectrométricas



Fuente: Kastenmayer

Este gráfico indica que el método ICP – MS tiene límites de detección menores a 0.01 µg/L en una muestra y que en comparación con los otros métodos es el presenta los límites de detección más bajos.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Recurso humano

- Estudiante investigadora.
- Asesores
- Director del Departamento de Productos de Origen Animal e Hidrobiológicos

#### 4.1.2 Recurso biológico

- 12 muestras compuestas por filetes de *Pangasius hypophthalmus*.

#### 4.1.3 Recursos de campo

- Hielera
- Guantes estériles
- Bolsas de plástico estéril con cierre patentado WHIRL-PAK de 100ml
- Hielo químico
- Hoja de solicitud para el laboratorio
- Vehículo
- Gasolina

#### 4.1.4 Recursos tecnológicos

- Computadora
- Impresora
- Celular
- USB

#### 4.1.5 Recursos de laboratorio

- Espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) para determinar Plomo, Cadmio y Mercurio, del laboratorio acreditado AGQ, ubicado en Costa Rica, Centro América.

## **4.2 Metodología**

### **4.2.1 Diseño del estudio**

Descriptivo, de corte transversal: Es un procedimiento no experimental, con ausencia de seguimiento en el que la muestra representativa es estudiada en un período de tiempo corto. Cada sujeto de estudio solo es investigado una vez. Se tomarán muestras de las importaciones que ingresen al país durante el periodo de agosto a octubre del año 2018.

Según el Reglamento 333/2007 de la Unión Europea y el Acuerdo Ministerial no. 318-2008 “Marco conceptual del programa nacional de monitoreo para la detección de metales pesados en atunes importados” de la República de Guatemala, indican que la muestra total de cada lote debe estar compuesta por 10 submuestras, para hacer un peso total de un kilogramo por lote.

### **4.2.2 Población**

La población de estudio fue representada por filetes congelados de Panga (*Pangasius hypophthalmus*) provenientes de Vietnam.

### **4.2.3 Muestra**

- Muestra elemental: Se tomaron 5 cajas en distintos puntos del furgón, para formar la muestra global.
- Muestra global: Es la agrupación de las muestras elementales, es decir, se tomaron filetes de las distintas cajas tomadas del furgón, con un peso total de 1 kilogramo.

### **4.2.4 Muestreo**

1. Las empresas que importan *Pangasius hypophthalmus* solicitaron al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) una autorización para ingresar dicho producto a Guatemala.

2. Cuando el MAGA emitió la autorización, se procedió a coordinar con la empresa la realización del muestreo.

3. El producto ingreso al país en un furgón por vía marítima, que fue trasladado a la bodega de la empresa importadora, donde el delegado del MAGA procedió a romper el marchamo y se realizó la descarga del furgón, tomando cajas de distintos puntos.

4. El pescado dentro de las cajas se encuentra congelado y puede estar en presentaciones a granel o en paquetes de 1 o 2 kilogramos. Si la muestra está a granel, se tomaron 10 filetes para formar una muestra de 1 kilogramo; si el pescado está dentro de bolsas, se tomó 1 bolsa de las diferentes cajas elegidas para formar una muestra de 1 kilogramo.

5. Cada muestra se colocó en una hielera que ofrezca una protección adecuada contra la contaminación, contra la pérdida de analitos por adsorción en su pared interna y contra daños durante el transporte. Se tomaron todas las precauciones necesarias, usando guantes estériles al momento de tomar la muestra, la hielera limpia y desinfectada, las muestras se colocaron en bolsas de plástico estériles, para evitar que se modifique la composición de la muestra durante el transporte o el almacenamiento.

6. Se notificó al laboratorio AGQ Labs & Technological services que la muestra fue tomada, y se coordinó la recolección por parte de los mismos. Las muestras fueron enviadas a Costa Rica donde fueron procesadas. El laboratorio trabaja con la prueba Espectrometría de emisión por plasma con detector de masas (IPC-MS), que es una prueba que cuenta con acreditación internacional para laboratorios de ensayo (ISO 17025).

7. El laboratorio envió los resultados de los análisis vía correo electrónico en un periodo de 3 a 5 días.

8. En la elección del laboratorio responsable se tomaron en cuenta que la realización del análisis de la muestra debe estar autorizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, según el Acuerdo Ministerial, No. 1128-2001 “Reglamento para el reconocimiento de prueba de análisis y diagnóstico de laboratorios,” que nos indica que el laboratorio y el análisis a realizar deben estar acreditados.

#### **4.2.5 Análisis de datos**

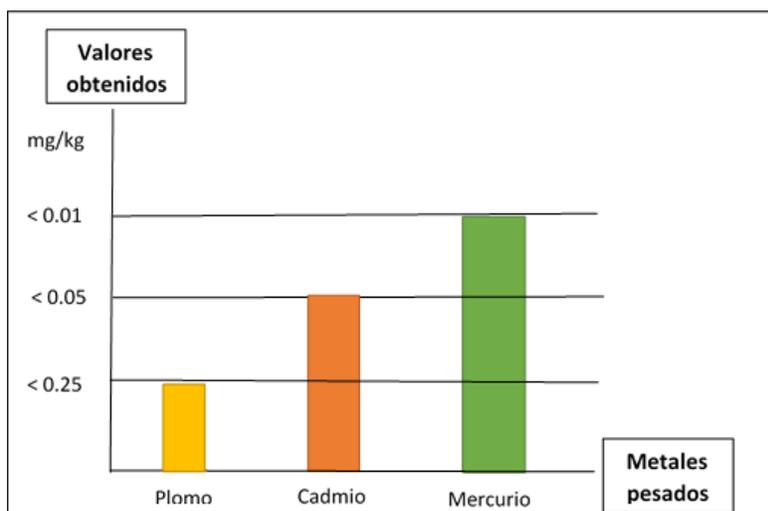
Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva, medias y distribución porcentual. Los resultados fueron presentados en gráficas y tablas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en la figura No. 2, se muestran los resultados obtenidos en mg/kg de 12 muestras de filete de pescado del *Pangasius hypophthalmus* analizadas para determinar la presencia de Cadmio, Plomo y Mercurio por la técnica de espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) que tiene la ventaja de ser precisa y tener límites bajos de detección (Fernández, 2004).

**FIGURA No. 2**

Resultados obtenidos de las muestras de filete de *Pangasius hypophthalmus*



Fuente: La autora

Se puede observar en el Anexo No. 1, que sí hay presencia de los metales pesados Cadmio, Plomo y Mercurio en las 12 muestras analizadas. De las muestras que resultaron positivas, se aprecia que la concentración de estos metales, se encuentra debajo del límite máximo permitido según el reglamento no. 333/2007 de la Unión Europea, que para el Cadmio es de 0.05 mg/kg, para el Plomo es de 0.30 mg/kg y para el Mercurio 0.5 mg/kg, por lo tanto, podemos considerar que el filete de pescado del *Pangasius hypophthalmus* no es un peligro para la salud del consumidor como fuente de metales pesados.

### FIGURA No. 3

#### Recolección de muestras



Fuente: La autora

Los peces constituyen una parte importante en la dieta de un ser humano, por lo que su inocuidad es de gran interés. En las últimas décadas, las concentraciones de metales pesados en peces se han estudiado ampliamente en diversos lugares del mundo. Dado que la dieta es la principal ruta de exposición humana a los metales pesados. Por lo tanto, el conocimiento sobre la acumulación potencial de metales tóxicos en pescados importados, es muy importante para la salud de los consumidores (Kamal, Shareef, & Nizam, 2013). Existe un estudio realizado en Guatemala por Andrea Boy (2015), que se dedicó a la búsqueda de metales pesados en el lago de Izabal, analizó el agua, los peces, las almejas y un alga, el estudio dio como resultado que los metales pesados analizados en cada una de las muestras, se encontraban dentro de los límites máximos permitidos (según distintas normas). Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio.

#### FIGURA No. 4

Muestras en presentación a granel



Fuente: La autora

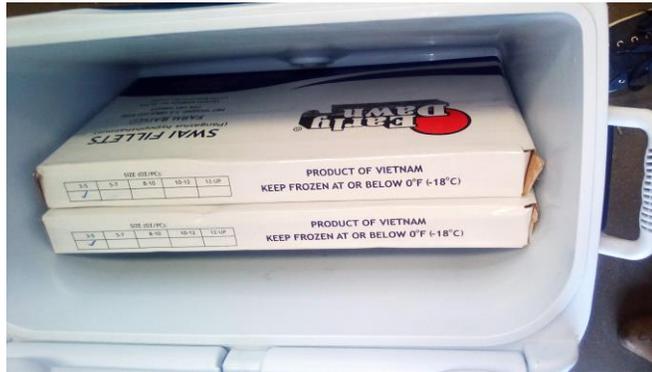
Si bien los metales pesados analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos, hay que tomar en cuenta que son metales tóxicos y son el tipo de contaminación química más importante en los ecosistemas acuáticos (Boy, 2015), por su bioacumulación en seres vivos. En este caso, la concentración de los 3 metales analizados se encuentra debajo de los límites máximos permitidos, pero el hecho de que los resultados fueron positivos a presencia de metales pesados da una señal de alerta para el consumidor guatemalteco ya que el consumo de este producto, a largo plazo, puede causar bioacumulación de metales pesados en el organismo del consumidor.

Es bien sabido que el músculo del pescado no es un tejido activo en la acumulación de metales pesados, y en el presente estudio se refiere a las concentraciones de metales pesados en el músculo del *Pangasius hypophthalmus* porque es la porción que es importada y consumida por los guatemaltecos. Además, es relevante conocer que algunos peces en regiones donde la contaminación puede acumular cantidades sustanciales de metales en sus tejidos que a veces superan los niveles máximos aceptables, llegando así contaminar el

músculo del pescado (Kamal et al., 2013), esta es la razón por la que se realizó el presente estudio.

### FIGURA No. 5

Muestras en presentación en cajas



Fuente: La autora

## VI. CONCLUSIONES

- Se analizaron 12 filetes de *Pangasius hypophthalmus* de las cuales las 12 muestras mostraban presencia de Cadmio, Plomo y Mercurio.
- La presencia de los metales pesados Mercurio, Cadmio y Plomo se encuentran en valores inferiores a los límites máximos permitidos por la Unión Europea, de acuerdo al reglamento 333/ 2007.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda al Departamento de productos de origen animal e hidrobiológicos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, analizar una mayor cantidad de muestras tomando en consideración que si se detectó la presencia de Cadmio.
- Realizar muestreos de metales pesados en pescados que son producidos y/o capturados en Guatemala.

## VIII. RESUMEN

Los metales pesados están difundidos en la corteza terrestre y son contaminantes químicos ambientales. Los metales de importancia para el estudio se encuentran clasificados como no esenciales y la contaminación por estos primordialmente es de origen antropogénico, y su consecuencia es su deposición en los ecosistemas acuáticos. El cadmio, el plomo y el mercurio son metales que tienen la capacidad de bioacumularse siendo el principal problema.

El código de salud y el acuerdo gubernativo número 969-99 establecen que es obligación del estado garantizar la salud de la población y recae sobre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, vigilar que la alimentación y de la población reúna los requisitos de salud. También establece que cada habitante tiene derecho a consumir alimentos inocuos y de calidad.

En esta investigación se determinaron las concentraciones de metales pesados (Mercurio, Plomo y Cadmio) en muestras de filete de pescado *Pangasius hypophthalmus*, importado de Vietnam, y se estableció que estos se encuentran en concentraciones permisibles según las normas de la Unión Europea, Reglamento 333/ 2007.

Se realizó un muestreo por conveniencia por un periodo de 3 meses, donde se tomaron en cuenta como grupo de estudio los filetes de *Pangasius hypophthalmus* importados de Vietnam durante los meses de agosto a octubre del año 2018. Se colectaron muestras del filete de *Pangasius hypophthalmus*, en almacenadoras de las empresas importadoras, estas muestras se tomaron con las precauciones necesarias para no modificar su composición durante el transporte.

Las muestras fueron analizadas por un laboratorio acreditado según el acuerdo ministerial No. 1128-2001, mediante la técnica de Espectrometría de masas asistida por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).

Los resultados del estudio demostraron la presencia metales pesados en el filete de *Pangasius hypophthalmus*, pero las cantidades encontradas dentro de las muestras son inferiores a los límites máximos permitidos según el acuerdo 333/2007 de la Unión Europea.

## SUMMARY

Heavy metals are diffused in the earth's crust and are environmental chemical contaminants. The metals of importance for the study are classified as non-essential and the contamination by these is primarily of anthropogenic origin, and their consequence is their deposition in aquatic ecosystems. Cadmium, lead and mercury are metals that have the ability to bio accumulate being the main problem.

The health code and the government agreement number 969-99 establish that it is the obligation of the state to provide health to the population and falls on the state through the Ministry of Public Health and Social Assistance and the Ministry of Agriculture, Livestock and Food, monitor that Food and population meet the health requirements. It also establishes that each inhabitant has the right to consume safe and quality food.

In this investigation, heavy metal concentrations (Mercury, Lead and Cadmium) were determined in samples of *Pangasius hypophthalmus* fish fillet, imported from Vietnam, and it was established that these are in permissible concentrations according to European Union standards, Regulation 333 / 2007.

Sampling was carried out for convenience for a period of 3 months, where the *Pangasius hypophthalmus* fillets imported from Vietnam during the months of August to October of the year 2018 were taken as a study group. Samples of the *Pangasius hypophthalmus* fillet were collected, in warehouses of importing companies, these samples were taken with the necessary precautions to avoid modifying their composition during transport.

The samples were analyzed by an accredited laboratory according to ministerial agreement No. 1128-2001, using the technique of inductively coupled plasma assisted mass spectrometry (ICP-MS).

The results of the study demonstrated the presence of heavy metals in the fillet of *Pangasius hypophthalmus*, but the quantities found within the samples are below the maximum limits allowed according to agreement 333/2007 of the European Union.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. (2018). Misión de IARC: Investigación del cáncer para la prevención del cáncer. Recuperado de <https://www.iarc.fr/about-iarc-mission/>
- Agraz , F., Guízar, B., Larrea, A., Castillo , M., Velázquez, A., & Vázquez, V. (s.f.). Intoxicación por metales pesados en la salud. Recuperado el 2018, de <http://www.acmor.org.mx/reportescongreso/2013/prepa/biolquimsalud/231-intoxicacion-metales-pesados.pdf>
- Agricultura, O. d. (2010). Programa de información de especies acuáticas cultivadas. FAO. Recuperado el Abril de 2018, de [http://www.fao.org/figis/pdf/fishery/culturedspecies/Pangasius\\_hypophthalmus/en?title=FAO Fisheries & Aquaculture - Cultured Aquatic Species Information Programme - Pangasius hypophthalmus \(Sauvage, 1878\)](http://www.fao.org/figis/pdf/fishery/culturedspecies/Pangasius_hypophthalmus/en?title=FAO%20Fisheries%20&Aquaculture%20-%20Cultured%20Aquatic%20Species%20Information%20Programme%20-%20Pangasius%20hypophthalmus%20(Sauvage,%201878))
- Armendáriz, C. (2013). *Ingesta Dietética de Contaminantes Metálicos (Hg, Pb, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria*. (Tesis de grado). Universidad de la Laguna, España.
- Barragan, R., Corredor, S. & Sánchez, F. (S.f). Evaluación del nivel de concentración de metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero más consumidos en bogotá. Universidad de Santo Tomas, Bogotá, Colombia.
- Boy, A. (2015). *Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas E Hydrilla verticillata del lago de Izabal*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Bush, S. R. (2015, 16 de Julio). Out of the factory and into the fish pond. *Environmental Policy Group*. Recuperado de <https://www.worldfishcenter.org/content/out-factory-and-fish-pond-can-certification-transform-vietnamese-pangasius>
- Cargua, J. (Noviembre de 2010). *Determinación de las Formas de Cd, Cu, Ni, Pb, y Zn y su Biodisponibilidad en Suelos Agrícolas del Litoral Ecuatoriano*. Conferencia llevada a cabo en XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, Ecuador.
- Codex Stand. (1995). *Norma general del codex para los contaminantes tóxicos presentes en los alimentos*. Recuperado



[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)

Codinan. (2017). Conclusiones acerca de la adecuación del consumo y calidad del panga. Recuperado de <http://codinan.org/cod/wp-content/uploads/2017/01/Documento-de-posicionamiento-CODINAN-sobre-el-PANGA.pdf>

Comisión del Codex Alimentarius. (1993). *Programa conjunto fao/oms sobre normas alimentarias*. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/codex/reports/alnorm10/al33\\_13s.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/reports/alnorm10/al33_13s.pdf)

Comisión de la Comunidades Europeas. (2007). *Reglamento (ce) no 333/2007 de la comisión*. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2007/088/L00029-00038.pdf>

Congreso de la República de Guatemala (1999). *Acuerdo Gubernativo Número 969-99*. Recuperado de [http://cretec.org.gt/wp-content/files\\_mf/acuerdogubernativo96999.pdf](http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/acuerdogubernativo96999.pdf)

Congreso de la República de Guatemala. (1997). *Código de Salud Nuevo*. Recuperado de <http://transparencia.minfin.gob.gt/transparencia/BibliotecaDigital/Documentos%20Area%20Social/CodSalud.pdf>

Diario Oficial de la Unión Europea. (2007). *Reglamento (ce) no 333/2007 de la comisión*. Recuperado de <https://publications.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/1137632c-6b80-40ec-92c1-a3433b3ad51f/language-es>

Eróstegui, C. P. (2009). Contaminación por metales pesados . *Científica Ciencia Médica*, 12 (1), 45-46.

Español, S. (Septiembre de 2001). *Toxicología del mercurio. Actuaciones preventiva en sanidad laboral y ambiental*. Conferencia llevada a cabo en La Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado por la minería aurífera artesanal en Iberoamérica, Lima, Perú.

Estrada, C. (2009). *Estudio de factibilidad para la implementación de una granja productora de tilapia*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala

Fao. (2013). Comisión del Codex Alimentarius, Manual de Procedimientos. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3243s.pdf>



- Fayanas, E. (2011). El Río Mekong: la muerte de un río. *Revista Pesca*. 198(01), 38-40. Recuperado de [http://www.academia.edu/35527828/REVISTA\\_PESCA\\_ENERO\\_2018](http://www.academia.edu/35527828/REVISTA_PESCA_ENERO_2018)
- Fernández, R. (Julio de 2004). Técnica de Plasma- Masas (ICP-MS). *Seminarios*. Recuperado de [https://www.uam.es/personal\\_pas/txrf/icpms.html](https://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html)
- Kamal, j., Shareef, K. & Nizam, M. (2013). Las concentraciones de metales pesados en algunos peces de importancia comercial y su contribución a la exposición a metales pesados en el pueblo palestino de la Franja de Gaza (Palestina). *Revista de la Asociación de universidades Árabes de Ciencias Básicas y Aplicadas*. 13(1). 44-51
- Kastenmayer, P. (s.f). Analisis de Minerales y Elementos Traza en Alimentos. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s22.htm>
- López , E., & Barragán, R. (2014). ¿Peces con Metales Tóxicos En Nuestra Mesa? . *La Timonera*. Recuperado de [http://www.usergioarboleda.edu.co/wp-content/uploads/2015/07/articulo\\_peces\\_con\\_metales\\_toxicos\\_en\\_nuestra\\_mesa.pdf?6b8ded](http://www.usergioarboleda.edu.co/wp-content/uploads/2015/07/articulo_peces_con_metales_toxicos_en_nuestra_mesa.pdf?6b8ded)
- Lozada, J. (2007). *Determinación de la concentración de metales en Cyprinus carpio, Linnaeus 1758 (carpa común) de la Laguna de Metztlán, Hidalgo, Mexico*. México. (Tesis de grado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
- Lozano, G. (2009). *Metales pesados: aportaciones al estudio toxicológico de especies y alimentos marinos en las Islas Canarias* (tesis doctoral). Universidad de La Laguna, Islas Canarias, Africa.
- Maldonado, E., López, U., Salinas, M., González, N., Cuenca, C., Jiménez, R. & Hernández, J. (2015). Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(1). 68-71.
- Mansilla, M., Castroviejo, P. & Delgado, J. (2019). Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-MS). Universidad de Burgos. Recuperado de <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/espectrometria-de-masas-de-plasma-icp-ms>
- Méndez , J., González , C., Gutiérrez, R., y García, P. (2009). Contaminación fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelo y *Redalyc*, 10 (2009), 29-44.



- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2008). *Acuerdo Ministerial No. 318-2008*. Recuperado de [http://cretec.org.gt/wp-content/files\\_mf/acuerdoministerial3182008.pdf](http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/acuerdoministerial3182008.pdf)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2001). *Acuerdo Ministerial No. 1128-2001*. Recuperado de [https://visar.maga.gob.gt/visar/ia/norm\\_hidro/51128-2001.pdf](https://visar.maga.gob.gt/visar/ia/norm_hidro/51128-2001.pdf)
- Pérez, P., & Azcona, M. (03 de Julio de 2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Redalyc*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Peréz, R. (23 de mayo de 2011). Efecto de los metales pesados en la salud humana. *Ecured*. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Anexo:Efecto\\_de\\_los\\_metales\\_pesados\\_en\\_la\\_salud\\_humana](https://www.ecured.cu/Anexo:Efecto_de_los_metales_pesados_en_la_salud_humana)
- Pezo, D., Paredes, A., & Bedayán, A. (1992). Determinación de metales pesados bioacumulables en especies icticas de consumo humano en la amazonia peruana. *Folia Amazonica*, 4(2), 171-175.
- Raimann, X., Rodríguez, P., y Torrejón, C. (2014). Mercurio en pescados y su importancia en la salud. *Red Med Chile*, 142(1), 1174- 1179.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-73.
- Rodríguez, N. (2015). Metales en pangasius hypophthalmus. Evaluación nutricional y toxicológica. *Dialnet*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=120372>
- Rubio, C., Gutiérrez, A., Martín, C., Revert, C., Lozano, G. & Hardisson, A. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*, 21(2), 72-80.
- Schuler, L., Howell, J. & Heagler, M. (2000). Mercury concentrations in Louisiana and Chinese crayfish. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs001289910005>
- Secretaria Mixta FAO/OMS. (2006). Nota informativa sobre el Jecfa. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/jecfa\\_2006\\_02\\_](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/jecfa_2006_02.pdf)



Unión Europea. (2017). *Contenidos maximos en metales pesados en productos alimenticios*. Recuperado de <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>

Valderas, j., Mejias, M., Riquelme, J., Aedo, K., Aros, S. & Barrera, F. (2013). Intoxicación familiar por mercurio elemental. *Revista Chil Pediatr* 84(3): 79



# **X. ANEXOS**

**Resultados de análisis químico de *Pangasius hypophthalmus* realizado en el laboratorio AGQ, Guatemala 2018**

| No. de muestra | No. de Lote     | Metal pesado analizado | Resultado del análisis (mg/kg) | Límites máximos permitidos en la Unión Europea (mg/kg) |
|----------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|--|
| 1              | VN<br>478VI1175 | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 2              | VN<br>4051V020  | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 3              | VN<br>026V1056  | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 4              | VN<br>714VI284  | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 5              | VN<br>714VI188  | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 6              | VN<br>478VI113  | Cadmio                 | <0.05                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.25                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.01                          | 0.5  |
| 7              | 270             | Cadmio                 | <0.01                          | 0.05   |
|                |                 | Plomo                  | <0.03                          | 0.30   |
|                |                 | Mercurio               | <0.02                          | 0.5  |

| No. de muestra | No. de Lote    | Metal pesado analizado | Resultado del análisis | Límites máximos permitidos en la Unión Europea (mg/kg) |
|----------------|----------------|------------------------|------------------------|--|
| 8              | VN<br>4051V493 | Cadmio                 | <0.01                  | 0.05   |
|                |                | Plomo                  | <0.02                  | 0.30   |
|                |                | Mercurio               | <0.005                 | 0.5  |
| 9              | VN<br>026V1528 | Cadmio                 | <0.01                  | 0.05   |
|                |                | Plomo                  | <0.02                  | 0.30   |
|                |                | Mercurio               | <0.005                 | 0.5  |
| 10             | VN<br>4051V519 | Cadmio                 | <0.01                  | 0.05   |
|                |                | Plomo                  | <0.01                  | 0.30   |
|                |                | Mercurio               | <0.005                 | 0.5  |
| 11             | VN<br>4711V053 | Cadmio                 | <0.01                  | 0.05   |
|                |                | Plomo                  | <0.01                  | 0.30   |
|                |                | Mercurio               | <0.005                 | 0.5  |
| 12             | VN<br>026V1056 | Cadmio                 | <0.01                  | 0.05   |
|                |                | Plomo                  | <0.01                  | 0.30   |
|                |                | Mercurio               | <0.005                 | 0.5  |

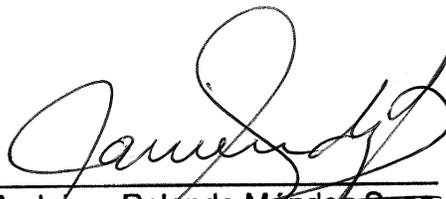
Fuente: La autora

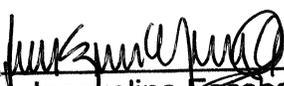
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES  
PESADOS (MERCURIO, PLOMO Y CADMIO) EN FILETE DE  
PESCADO IMPORTADO A GUATEMALA DE LA ESPECIE  
*Pangasius hypophthalmus* (PANGA) PROVENIENTE DE  
VIETNAM EN EL AÑO 2018.

f.   
Br. Magly Beatriz Morales Aguilar

f.   
M.A. Flor Dinerán Porras López  
ASESORA PRINCIPAL

f.   
M.A. Jaime Rolando Méndez Sosa  
ASESOR

f.   
Dra. Jacqueline Escobar Muñoz  
EVALUADORA

IMPRIMASE

  
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil  
DECANO

