



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE
MANABI**

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

BIÓLOGO PESQUERO

TEMA:

**“Determinación de niveles de Mercurio en los
tiburones *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) y
Sphyrna lewini (Griffith y Smith, 1834)”**

AUTORES:

PARRALES MERA MARÍA ISABEL

PALMA MENDOZA RONALD ALCIVIADES

DIRECTOR DE TESIS:

Blgo. Jaime Sánchez Moreira Mg. A.

MANTA – ECUADOR

2013

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Ronald Palma Mendoza y María Parrales Mera, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestro derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Facultad de “Ciencias del Mar”, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Ronald Alciviades Palma Mendoza

María Isabel Parrales Mera

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo Blgo. Jaime Sánchez Moreira Mg. A., en calidad de Director de la Tesis titulada **“DETERMINACION DE NIVELES DE MERCURIO EN LOS TIBURONES *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) y *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834)”**, certifico que la señorita María Isabel Parrales Mera y el señor Ronald Alciviades Palma Mendoza han realizado el presente trabajo, bajo mi supervisión y tutoría de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Universidad Laica “ELOY ALFARO” de Manabí, previo a la obtención del título de Biólogo Pesquero.

Blgo. Jaime Sánchez Moreira Mg. A.

DIRECTOR DE TESIS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada **“DETERMINACION DE NIVELES DE MERCURIO EN LOS TIBURONES *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) y *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834)”**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por la señorita María Isabel Parrales Mera y el señor Ronald Alciviades Palma Mendoza previa a la obtención del título de Biólogo Pesquero, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Universidad Laica “ELOY ALFARO” de Manabí, Facultad “CIENCIAS DEL MAR”.

Dr. Luís Ayala Castro Ph. D.

Decano

Blgo. Jaime Sánchez Moreira Mg. A.

Director de Tesis

Ing. Javier Reyes Solórzano Mg. A.

Miembro Principal

Dr. David Villarreal de la Torre

Miembro Principal

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Luis y Floricelda por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por ser parte importante en mi vida, ya que siempre están apoyándome en todo momento.

A la universidad ULEAM por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también como a los diferentes docentes que brindaron su tiempo y apoyo así como por los conocimientos y sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clases durante todo el periodo de estudio universitario ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

RONALD PALMA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios sobre todas las cosas.

A todos los profesores y personal administrativo por su colaboración brindada; en especial agradezco al Lic. Roberto Tandazo por ser digno de mi admiración y respeto tanto como profesor y persona, que fue quien siempre estuvo apoyándome en esos momentos difíciles en mi etapa como estudiante y como madre al mismo tiempo.

Al Sr. Ronald Palma por no solo ser mi compañero de tesis si no un gran amigo al que quiero y respeto; y porque siempre ha estado conmigo cuando he necesitado apoyo.

MARIA PARRALES

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida que estuvieron ahí siempre dándome una mano de apoyo y un “Sí se puede”, en momentos buenos, en momentos difíciles.

RONALD PALMA

DEDICATORIA

Dedico a mi hija Arelis Isabel que ha sido mi razón de vivir y seguir alcanzando mis objetivos.

A mi madre María Mera por el apoyo incondicional brindado durante mi formación profesional, a mis hermanos: Geoconda, Iván, Ana, Argenis, Luis y al sr. José Cedeño que siempre han estado conmigo como la familia que somos.

A mi esposo Cristian Molina por la confianza, el amor y el apoyo que siempre me ha dado.

A mi padre Gustavo Parrales que aunque no esté conmigo me enseñó que siempre tenemos que alcanzar todas las metas que nos proponemos en la vida.

MARIA PARRALES

INDICE

I.	ANTECEDENTES.....	1
1.1.	Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	Objetivo general.....	4
1.3.2.	Objetivos específicos.....	4
1.4.	Hipótesis.....	5
II.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	El Mercurio.....	5
2.2.	Efectos del Mercurio sobre la salud.....	7
2.3.	Efectos ambientales del Mercurio.....	10
2.4.	Características químicas de interés biológico.....	12
2.5.	Principales compuestos del Mercurio.....	13
2.6.	Presencia en la naturaleza: Biodisponibilidad y biomovilización.....	17
2.7.	Fuentes de contaminación.....	18
2.8.	Ciclo natural del Mercurio.....	20
2.9.	Ciclo antropogénico del Mercurio.....	20
2.10.	Los tiburones.....	21
2.10.1.	Características generales.....	21
2.3.	Especies empleadas en el estudio.....	25
2.3.1.	Clasificación taxonómica.....	25
2.4.	Familia <i>Sphyrnidae</i>	26
2.5.	Área de estudio.....	27
III.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
3.1.	Ubicación de la zona de estudio.....	28

3.2. Materiales.....	28
3.2.1. Materiales de laboratorio y equipos electrónicos.....	28
3.2.2. Reactivos.....	29
3.3. Metodología utilizada.....	29
3.3.1. Procedimiento de extracción de las muestras.....	29
3.3.2. Determinación de Mercurio.....	30
3.3.3. Cálculos.....	31
IV. RESULTADOS.....	31
V. CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA	
ANEXOS	

I. ANTECEDENTES.-

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.-

El Mercurio es un elemento inorgánico o metal que se encuentra en la corteza terrestre en concentraciones de aproximadamente 13mg/kg. Se asegura que la concentración de Mercurio en la biósfera se ha incrementado sustancialmente como resultado de la actividad a través de varios milenios. La minería del Mercurio y su utilización era conocida por los griegos y los romanos. El Mercurio se usa para recubrimiento de depósitos de tubería y de otro equipo cuando flexibilidad y la resistencia a la corrosión son necesarias como en la industria química, en el manejo de gases corrosivos. Se usa como metal líquido de imprenta, en termómetros, pinturas industriales, en esmaltados de espejos, etc. El Mercurio es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos minerales de Mercurio.

Hay creciente preocupación por la calidad de los animales en varias partes del mundo. La presencia de elementos tóxicos en alimentos ha incitado a estudios de los efectos toxicológicos. Los metales pesados son considerados la forma más importante de contaminación del ambiente

acuático debido a su toxicidad y bioacumulación. Mientras que el Mercurio se puede tolerar en concentraciones extremadamente bajas, es extremadamente tóxico para los seres humanos. Es por eso que se realiza este trabajo de investigación en la especies de peces cartilagosos del género *Sphyrna*. Los efectos tóxicos de los metales pesados, particularmente arsénico, mercurio, cadmio y plomo, se han estudiado ampliamente (Inskip y Piotrowsiki, 1985; Kurieshy y D_siliva, 1993; Narvaez, 2002; Nishihara, Shimamoto, Wen y Kondo, 1985; Schoerder, 1965; Uchida, Hirakawa, e Inoue, 1961; Venugopal y Luckey, 1975). La distribución de metales varía entre la especie de los peces, dependiendo de la edad, del estado del desarrollo y de otros factores fisiológicos (Kagi y Schaffer, 1998). Los peces acumulan concentraciones substanciales de Mercurio en sus tejidos musculares y pueden representar así una fuente dietética importante de este elemento para los seres humanos. En el actual estudio, evaluamos por el método de absorción atómica las concentraciones totales del Mercurio en dos especies de tiburones desembarcados en la zona Playita mía del Cantón Manta, Ecuador. Se espera que los resultados de esta investigación sean de importancia para tomar conciencia de los niveles de contaminación de las costas del Ecuador.

1.2. JUSTIFICACIÓN.-

El presente trabajo se realiza para determinar niveles del metal Mercurio existente en la carne de dos especies de tiburones, utilizando la técnica de laboratorio para determinar la presencia de dicho metal, realizando el análisis de absorción atómica utilizando un equipo electrónico llamado espectrofotómetro de absorción atómica en el laboratorio CESECCA. Además con los resultados obtenidos en la presente investigación se llegará a la conclusión correspondiente a niveles elevados o normales de átomos de Mercurio que puedan encontrarse en la carne de tiburón del género *Sphyrna* para brindar estos conocimientos a las industrias procesadoras de pescados en la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

1.3. OBJETIVOS.-

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.-

Determinar los niveles de Mercurio (Hg), en muestras de dos especies de tiburón *Sphyrna* desembarcados en la zona Playita mía del Cantón Manta.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

- Recoger muestras en el desembarcadero Playita mía del Cantón Manta.
- Realizar análisis de Mercurio de las muestras de tiburón desembarcados, para determinación de niveles por kilogramo de carne.
- Establecer la tabulación y cuadros estadísticos de resultados de las muestras.
- Elaborar las conclusiones específicas y recomendaciones para el conocimiento de la población en general.

1.4. HIPÓTESIS.-

- ¿Las cantidades de metales pesados como el Mercurio contenido en la carne de tiburón de dos especies del género *Sphyrna*, están dentro del rango de hasta 0.20 mg/kg establecido por la FDA, y no representan un peligro para el consumidor interno y externo?

- ¿Las cantidades de metales pesados como el Mercurio contenido en la carne de tiburón de dos especies del género *Sphyrna*, están fuera del rango de hasta 0.20 mg/kg establecido por la FDA, y representan un peligro para el consumidor interno y externo?

II. MARCO TEÓRICO.-

2.1. EL MERCURIO.-

Elemento químico, símbolo Hg, número atómico 80 y peso atómico 200.59. es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente (punto de fusión -38.4°C o -37.46°F); ebulle a 357°C (675.05°F) a presión atmosférica. Es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. El mercurio sólido es tan suave como el plomo. El metal y sus compuestos son muy tóxicos. El mercurio forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio). ¹. www.caranx.net/especies_listado.htm

En sus compuestos, el mercurio se encuentra en los estados de oxidación 2+, 1+ y más bajos; por ejemplo, HgCl_2 , Hg_2Cl_2 o $\text{Hg}_3(\text{AsF}_6)_2$. A menudo los átomos de mercurio presentan dos enlaces covalentes; por ejemplo, Cl-Hg-Cl o Cl-Hg-Hg-Cl . Algunas sales de mercurio(II), por ejemplo, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ o $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$, son muy solubles en agua y por lo general están disociadas. Las soluciones acuosas de estas sales reaccionan como ácidos fuertes a causa de la hidrólisis que ocurre. Otras sales de mercurio(III), como HgCl_2 o $\text{Hg}(\text{Cn})_2$, también se disuelven en agua, pero en solución sólo están poco disociadas. Hay compuestos en que los átomos de mercurio están

directamente enlazados a átomos de carbono o de nitrógeno; por ejemplo, dimetil mercurio $\text{H}_3\text{C-Hg-CH}_3$. En complejos, como $\text{K}_2(\text{HgI}_4)$, a menudo tiene tres o cuatro enlaces.

El mercurio metálico se usa en interruptores eléctricos como material líquido de contacto, como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío, en la fabricación de rectificadores de vapor de mercurio, termómetros, barómetros, tacómetros y termostatos y en la manufactura de lámparas de vapor de mercurio. Se utiliza en amalgamas de plata para empastes de dientes. Los electrodos normales de calomel Hg_2Cl_2 son importantes en electroquímica; se usan como electrodos de referencia en la medición de potenciales, en titulaciones potenciométricas y en la celda normal de Weston.

¹. www.caranx.net/especies_listado.htm

El mercurio se encuentra comúnmente como su sulfuro HgS , con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metalcinabrio negro. Un mineral menos común es el cloruro de mercurio(I). A veces los minerales de mercurio contienen gotas pequeñas de mercurio metálico Hg .

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire. Por consiguiente, el mercurio no puede mojar ninguna superficie con la cual esté en contacto. En aire seco el mercurio metálico no se oxida, pero después de una larga exposición al aire húmedo, el metal se cubre con una película delgada de óxido. No se disuelve en ácido clorhídrico (HCl) libre de aire o en ácido sulfúrico diluido, pero sí en ácidos oxidantes (ácido nítrico, ácido sulfúrico concentrado y agua regia HNO_3 ; H_2SO_4).

2.2. EFECTOS DEL MERCURIO SOBRE LA SALUD.-

El Mercurio es un elemento que puede ser encontrado de forma natural en el medio ambiente. Puede ser encontrado en forma de metal, como sales de Mercurio o como Mercurio orgánico.

El Mercurio metálico es usado en una variedad de productos de las casas, como barómetros, termómetros, bombillas fluorescentes. El Mercurio en estos mecanismos está atrapado y usualmente no causa ningún problema de salud. De cualquier manera, cuando un termómetro se rompe una exposición significativamente alta al Mercurio ocurre a través de la respiración, esto ocurrirá por un periodo de tiempo corto mientras

este se evapora. Esto puede causar efectos dañinos, como daño a los nervios, al cerebro y riñones, irritación de los pulmones, irritación de los ojos, reacciones en la piel, vómitos y diarreas.

Es una sustancia altamente volátil, de hecho algunas sales de mercurio (como el HgCl_2) son lo bastante volátiles para existir como gas atmosférico. En cuanto a su fuerza de cohesión, el mercurio tiene alto grado ya que presenta un menisco con curva hacia abajo, en los puntos donde hace contacto con el vidrio, esto significa que sus interacción con la moléculas del vidrio son muy pocas.

Con respecto a su valor de calor de vaporización y de fusión, este elemento presenta alto grados, lo que quiere decir, que las fuerzas intermoleculares son muy fuertes y deben vencerse para que se efectúe el cambio de estado.

El vapor de mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, por lo que debe emplearse con cuidado, en especial a altas temperaturas.

Se emplea en termómetros, barómetros, medicina, productos químicos (pesticidas, pinturas antisuciedad), baterías, bombas de vacío y como catalizador.

Se utilizaba en amalgamas dentales, pero esa práctica está cayendo en desuso. Sus aplicaciones eléctricas comprenden la fabricación de lámparas de vapor de mercurio y anuncios luminosos, interruptores eléctricos y otros dispositivos electrónicos.

²www.greenfatcs.org

El Mercurio no es encontrado de forma natural en los alimentos, pero este puede aparecer en la comida así como ser expandido en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, por ejemplo a través de los peces. Las concentraciones de Mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Los productos de la cría de ganado pueden también contener eminentes cantidades de Mercurio. El Mercurio no es comúnmente encontrado en plantas, pero este puede entrar en los cuerpos humanos a través de vegetales y otros cultivos. Cuando sprays que contienen Mercurio son aplicados en la agricultura.

El Mercurio tiene un número de efectos sobre los humanos, que pueden ser todos simplificados en las siguientes principalmente:

- Daño al sistema nervioso
- Daño a las funciones del cerebro
- Daño al ADN y cromosomas
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza
- Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos

El daño a las funciones del cerebro pueden causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria. Daño en el cromosoma y es conocido que causa mongolismo.

2.3. EFECTOS AMBIENTALES DEL MERCURIO.-

El Mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de Mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Todavía las concentraciones de Mercurio en el medioambiente están creciendo; esto es debido a la actividad humana.

La mayoría del Mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos.

Algunas formas de actividades humanas liberan Mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales.

El Mercurio del suelo puede acumularse en ciertos vegetales y hongos comestibles como los champiñones.

Aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de Mercurio. Cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de Mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del Mercurio en el suelo. El Mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos los microorganismos pueden convertirlo en metil mercurio (CH_3Hg), una sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte. Los efectos del Mercurio en los animales son daño en los riñones, trastornos en el estómago, daño en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.

³ <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

2.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE INTERÉS BIOLÓGICO.-

El mercurio, se presenta en las cadenas tróficas, en dos grupos de especies químicas, inorgánicas y orgánicas, con características toxicológicas diferentes. Las especies inorgánicas dentro de las cadenas tróficas, están constituidas por el propio Hg metal, el óxido de mercurio HgO y dos especies iónicas, el catión mercúrico Hg^{+1} y el mercurioso Hg_2^{+1} ; mientras que las especies orgánicas son habitualmente tres: el dimetil mercurio $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, el metil mercurio CH_3Hg^+ y el fenil mercurio $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$.

La especie de Hg^{+1} , muy ácida y soluble en agua, está presente en las aguas de bebida. Una vez absorbido, por su característica de ácido blando, forma complejos biológicos, preferentemente con átomos dadores de azufre, siendo el aminoácido preferido, la cisteína, con el cual forma un complejo estable, para su metabolización. El catión mercurioso Hg_2^{+1} ($\text{Hg}^+ - \text{Hg}^+$), se oxida con facilidad a mercúrico, Hg^{+1} , y no es fácil que entre dentro de las cadenas tróficas, aunque sí que está presente en algunos procesos industriales. Por su parte, tanto el Hg metal, como el HgO, en forma de partículas, se encuentran en la atmósfera, y son fuentes continuas de contaminación.

De las especies orgánicas, la que más interés tiene es el metil mercurio $(\text{CH}_3)\text{Hg}^+$, que es acumulado por los animales marinos, y por tanto incorporado a las cadenas tróficas con facilidad. El descubrimiento de esta especie en los peces, dio lugar al esclarecimiento del ciclo biológico del mercurio. También son interesantes las propias sales del metilmercurio $(\text{CH}_3)\text{Hg}$.

Estas especies orgánicas, son liposolubles y fácilmente absorbibles, acumulándose en glóbulos rojos y producen alteraciones importantes en el sistema nervioso central.³ <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

2.5. PRINCIPALES COMPUESTOS DE MERCURIO.-

Óxidos de mercurio HgO

Se conocen dos especies de óxidos de mercurio, la amarilla y la roja. Se han utilizado en terapéutica y a veces, con fines criminales por su solubilidad en ácidos orgánicos. No son muy interesantes desde el punto de vista toxicológico.

Cloruros de mercurio Hg_2Cl_2 , HgCl_2

El cloruro mercurioso Hg_2Cl_2 o calomelano, es un sólido blanco, insoluble en agua, alcohol y éter. Se descompone por la luz y el calor en HgCl_2 y Hg .

Los agentes alcalinos, como el bicarbonato (HCO_3), aumentan su toxicidad, al transformarlo en HgCl_2 .

El cloruro mercuríco HgCl_2 es corrosivo, fácilmente soluble en agua (mejor en fría), alcohol, éter y glicerina. El cloruro sódico aumenta su solubilidad en agua. Reductores como el SO_2 o el ácido fosforoso, lo reducen a calomelano.

El sublimado de HgCl_2 es cáustico e irritante de las mucosas, por formación de albuminatos solubles. Los polvos de HgCl_2 pueden perforar la córnea por este motivo.

Yoduros de mercurio Hg_2I_2

El yoduro mercurioso Hg_2I_2 , es un sólido verdoso, muy poco soluble en agua, alcohol y éter y se descompone fácilmente en Hg y HgI_2 .

Por su parte, el yoduro mercuríco HgI_2 es un polvo rojo, casi insoluble en agua fría, pero soluble en medio ácido o débilmente alcalino, o en presencia de otras sales mercurícas. Es soluble en aceite, lo que se ha utilizado como vehículo para aplicaciones terapéuticas de esta especie.

Nitratos de mercurio. $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

El nitrato mercurioso $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ha sido utilizado en farmacia, con el nombre de *turbit nitroso*. Presenta poco interés toxicológico.

El nitrato mercúrico $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ es empleado en forma de solución nítrica en terapéutica, con el nombre de ácido de mercurio, para cauterizar ulceraciones. Esta solución es cáustica, de acción tóxica intensa y hay que manejarla con mucha precaución.

Este compuesto, se emplea también en el curtido de pieles, donde no se elimina por completo y en el fieltro de los sombreros.

Cianuro de mercurio $\text{Hg}(\text{CN})_2$

Es un sólido cristalino, que no da las reacciones de cianuros. Las proteínas se ligan al Hg y se libera CN^- .

Oxicianuro de mercurio $\text{Hg}(\text{CN})_2\text{O}$

Se emplea en cirugía, urología y en oftalmología como antiséptico.

Tiocianato de mercurio $\text{Hg}(\text{SCN})_2$

Es un polvo blanco de propiedades eméticas.

Fulminato de mercurio $\text{Hg}(\text{CN})_2\text{O}_2$

Muy utilizado en la fabricación de explosivos como detonante. Soluble en agua y alcohol. Es un polvo cristalino, que explota fácilmente en seco.

Compuestos orgánicos

Se absorben por vía cutánea. El empleo de jabones antisépticos de organomercuriales, es por tanto una fuente de entrada de mercurio.

Algunas especies orgánicas, se han empleado como diuréticos o antisépticos. El Novasurol (Mercuriclorofenoxiacetato de sodioveronal) o el Neptal, se utilizan como diuréticos en inyección intramuscular. En ambos casos, el mercurio es fácilmente liberado, pero su acción tóxica está disminuida por su unión a la molécula orgánica.

Como antiséptico, el más utilizado es el Mercurocromo Hg_3Cr_2 , polvo rojo, poco irritante, que puede causar reacciones de hipersensibilización.

⁴ www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

Contiene un 27% de mercurio y es soluble en agua. Se utiliza en concentraciones de 0,5-2% en agua. También se usa para estos fines, el borato de fenilmercurio, veinte veces más activo y menos tóxico que el anterior. El Mercurofeno, Tiomersol o Mertiolate, Nitromersol o el Nitrato de fenilmercurio, también son de acción antiséptica, y aunque son poco irritantes, producen reacciones de sensibilización.

Como fungicidas, se emplean el cloruro de etilmercurio o Ceresán, el fosfato de etio mercurio o Samesán, el cloruro de metoxietilmercurio, el silicato de metoxietilmercurio y el metilmercurediciandiamida o Panógeno.

2.6. PRESENCIA EN LA NATURALEZA: BIODISPONIBILIDAD Y BIOMOVILIZACIÓN.-

El mercurio, está en la naturaleza en forma de mineral cinabrio, que es un sulfuro de mercurio Hg_2S , o principalmente, en grandes bolsas de mercurio metal. El sulfuro de mercurio, es prácticamente inatacable por los agentes atmosféricos (CO_2 , O_2 y H_2O) y no entra en el ciclo del agua, por lo que la incorporación del mercurio a las cadenas tróficas por esta vía, es insignificante.

La principal incorporación de mercurio a las cadenas tróficas, es a partir del propio Hg metal, ya que es volátil y a temperatura ambiente se está sublimando, con lo que se incorpora a la atmósfera en forma de vapor, sufriendo procesos posteriores de transformación, en la especie soluble de Hg^{2+} .

El mercurio, no es un metal abundante en la corteza terrestre, su concentración se estima en unas 0,5 ppm, aunque su distribución es muy irregular, y se acumula en grandes bolsas, donde la concentración de mercurio es muy elevada.

Además, hay que destacar, que dentro de las cadenas tróficas, el mercurio sufre procesos de bioconcentración, principalmente en los

animales marinos y en los cereales, lo que hay que tener muy en cuenta como fuente de contaminación accidental.

2.7. FUENTES DE CONTAMINACIÓN.-

Las fuentes de contaminación, pueden ser naturales o antropogénicas, como es habitual en estos metales tóxicos.

La fuente natural de contaminación más importante es debida a la sublimación del propio Hg metal, como hemos indicado anteriormente, y por tanto se crea un ciclo atmosférico como vía de entrada a las cadenas tróficas. Las fuentes antropogénicas son varias; la utilización del mercurio como fungicida, herbicida y conservante de semillas en agricultura; las papeleras, la industria electroquímica, su uso en pinturas y pilas, la industria de los catalizadores, la combustión de carbones, los vertidos industriales y por las alcantarillas, son las más importantes. Cabe destacar, sobre todo la fuente de contaminación industrial, ya que supone aproximadamente el 83 % de la contaminación total de mercurio por este tipo de fuente. ⁴ www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

2.8. CICLO NATURAL DEL MERCURIO.-

La principal incorporación del mercurio a la atmósfera es debida al vulcanismo y al proceso de desgasificación del mercurio metal, por sublimación. A partir de la atmósfera, o bien se inhala directamente, o se incorpora a las cadenas tróficas, mediante el ciclo del agua.

2.9. CICLO ANTROPOGÉNICO DEL MERCURIO.-

El mercurio, puede entrar en un ciclo atmosférico, por los vertidos industriales atmosféricos o por la combustión de carbones, desde donde se introduce en las cadenas tróficas por el ciclo del agua, o bien se inhala directamente. También entra directamente en el ciclo del agua, mediante el vertido de residuos a las aguas de los ríos y mares, y a través de vertidos industriales o domésticos (alcantarillado). Por último, debido al uso agrícola del mercurio, está presente como contaminante del suelo, desde donde se incorpora a las cadenas tróficas.

Ciclo de biotransformación

El mercurio es biotransformado, en especial en el agua de los ríos por microorganismos, e incorporado a las cadenas tróficas como

metilmercurio, muy tóxico. En la atmósfera, la especie predominante es la de Hg^{2+} , formada a partir de otras especies de mercurio, como el dimetilmercurio, el HgO o el propio Hg metal, en diferentes procesos químicos; mientras que en el agua, como hemos dicho, se biotransforma a metilmercurio. ⁴ www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

2.10. LOS TIBURONES.-

2.10.1.- Características generales.-

Los tiburones se caracterizan por presentar un esqueleto a base de cartílago. La piel de los tiburones es carente de escamas y está recubierta por millares de placas pequeñas, llamados dentículos dérmicos; con hendiduras branquiales arqueadas, entre 5 y 7 ubicadas lateralmente y abiertas al exterior. Su cuerpo es alargado o hidrodinámico que termina en una cola con dos lóbulos normalmente asimétricos. Los dientes son muy especiales, están incrustados en las encías y se producen y vierten en serie.

Al igual que la mayoría de los peces, los tiburones tienen dos sistemas de aletas pareadas: pectorales y pélvicas, y aletas impares: las dorsales, la anal y la caudal. La mayoría tienen una fertilización interna, gracias a órganos intromitentes pareados llamados mixopterigios, que están situados a lo largo de los márgenes internos de las aletas pélvicas en los machos. Carecen de cualquier rastro de vejiga natatoria, como órgano de control de flotabilidad característico de muchos peces óseos, el hígado grande permite reducir su densidad total y de esta manera adquirir una cierta flotabilidad; viven en aguas oceánicas, sin contacto con el fondo, excepto los escuatínidos que habitan en los fondos marinos. El intestino es corto y repartido de tres maneras: torcido en espiral, enrollado, o anillado; esta forma intestinal retarda el paso del alimento y aumenta la eficiencia de absorción del mismo.⁵ www.reefquest.com/shark_perfiles.

Los tiburones martillo son marinos y costeros, ocasionalmente en aguas salobres. Viven en todos los océanos, pero especialmente en los cálidos. Tienen la cabeza muy expandida lateralmente, con los ojos y los orificios nasales mucho más ampliamente separados que en los demás tiburones; esta estructura cefálica probablemente sirva para aumentar sus capacidades sensoriales. No tienen espiráculos. La gama de las nueve especies conocidas es de 0,9 a 6 m de largo. En general son de color gris

claro y tienen un tono verdoso. Sus vientres son de color blanco, que les permite estar cerca del fondo del océano y se mezclan cuando se acercan sigilosamente a sus presas. Sus cabezas tienen proyecciones laterales que les dan una forma de martillo.

La forma de martillo de la cabeza puede haber evolucionado, al menos en parte, para mejorar la visión del animal. El posicionamiento de los ojos, montados en los lados del martillo distintivo, pueden dar la visión binocular, así como una visión de 360 grados en el plano vertical, lo que significa que pueden ver arriba y debajo de ellos en todo momento. La forma de la cabeza puede ayudar a que el tiburón encuentre comida y permite un movimiento de giro brusco sin perder la estabilidad.

Los tiburones martillo tienen 7 sentidos. Uno de ellos, que no poseen los seres humanos, es el de detectar ondas de frecuencia provocadas por movimientos de peces y zambullidas a grandes distancias del mar. Otro sentido es el de detectar los campos eléctricos generados por los peces y así poder encontrar presas enterradas en la arena o a grandes distancias. Además, su olfato es capaz de detectar una gota de sangre a grandes distancias. Pueden formar grupos de más de 100 tiburones martillo. Por la noche, al igual que otros tiburones, se convierten en cazadores solitarios. Dado que los tiburones no tienen huesos mineralizados y rara

vez se fosilizan, sólo los dientes se encuentran normalmente como fósiles.



Figura 2.1.- Tiburón martillo del género *Sphyrna*. (Fuente: Wikipedia)



Figura 2.2.- Distribución de tiburones del género *Sphyrna* en el mundo.
(Fuente: Wikipedia)

2.3. ESPECIES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO.-

2.3.1.- Clasificación taxonómica (Según Compagno, 1984)

Reino: ANIMALIA

Phylum: CHORDATA

Subphylum: VERTEBRATA

Superclase: PISCES (Gnathostomata)

Clase: CHONDRICHTHYES

Subclase: ELASMOBRANCHII

Superorden: EUSELACHII

Orden: Carcharhiniformes

Familia: Sphyrnidae (Gill, 1872)

Género: Sphyrna

Especie: *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834)

Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758)

2.4. Familia *Sphyrnidae*.-

Son tiburones conocidos generalmente como cornudas y alcanzan tallas entre media y grande; presenta un cuerpo alargado y moderadamente esbelto. La región anterior de la cabeza está fuertemente achatada y expandida lateralmente a modo de hacha o martillo, en cuyos extremos se encuentran ubicados los ojos, con párpados nictitantes inferiores bien desarrollados. Posee dientes laminares, de una sola cúspide. Dos aletas dorsales; la primera alta y puntiaguda, con una base mucho más corta que en la caudal y situada y situada completamente por delante del origen de las aletas pélvicas. La aleta caudal fuertemente asimétrica, con una pronunciada escotadura sub-terminal y un lóbulo ventral pequeño, pero bien definido; el pedúnculo caudal, no es pronunciadamente achatado ni expandido lateralmente, no posee quillas longitudinales, pero presenta fosetas pre-caudales. ⁶Fischer et al., 1995.

Las cornudas viven en las aguas superficiales de mares tropicales y templado-cálidos; las especies pequeñas están confinadas a aguas costeras; también los juveniles de las especies más grandes viven cerca de la costa, mientras que los adultos son primordialmente semi-oceánicos; aunque a menudo se acercan a tierra en busca de alimento.

Son voraces depredadores que se alimentan principalmente de peces óseos, tiburones, rayas y animales bentónicos (algunos crustáceos y moluscos). Pocas especies son peligrosas para el hombre. ⁶Fischer et al., 1995.

2.5.- AREA DE ESTUDIO.-

El área de estudio de Manta está comprendida entre los $0^{\circ} 57'$ latitud Sur y los $80^{\circ} 42'$ longitud Oeste, en la provincia de Manabí. Es una de las mayores ciudades del país no capitales de provincia; su mayor población es debido sobre todo, por ser la terminal del eje industrial Portoviejo-Manta. Es una ciudad, con una importante actividad comercial e industrial inducida por su puerto marítimo y complementa con la turística cultural. La ciudad tiene una población 226.477 habitantes, cuyas principales actividades económicas son el comercio, la pesca y el turismo. ⁹Municipio de Manta, departamento de planeamiento urbano.

3. DISEÑO METODOLÓGICO.-

3.1. Ubicación de la zona de estudio.-

La presente investigación fue realizada en desembarcadero Playita mía ubicada en la Parroquia Los Esteros de la ciudad de Manta, Provincia de Manabí. Los Límites son: al Norte con el océano Pacífico, al este con el centro de Manta, al Sur con la vía puerto aeropuerto y al Oeste con la Parroquia Los Esteros.

3.2. MATERIALES.-

3.2.1. Materiales de laboratorio y equipos electrónicos.-

- Espectrofotómetro de absorción atómica marca Shimadzu modelo AA6800.
- Tubos de ensayo de 10 y 20 ml de capacidad.
- Gradilla para tubos de ensayo.
- Matraces de 100 ml de capacidad.
- Estufa.
- Crisol.
- Mufla.

- Soborna química.

3.2.2. Reactivos.-

- Acido nítrico HNO₃
- Estándares de calibración del espectrofotómetro de absorción atómica.

3.3. METODOLOGÍA UTILIZADA.-

3.3.1. Procedimiento de extracción de las muestras.-

Se tomaron las muestras y se procedió a la homogenización de las mismas, se tomó aproximadamente 200 g de cada muestra en un vaso plástico previamente codificado, y finalmente se procedió a realizar el ensayo.

3.3.2. Determinación de Mercurio.-

El peso de cada muestra fue de 5 gramos, previamente secado por dos horas a 110 °C. Luego se colocó la muestra en un crisol con tapa, y se llevó a 450 °C en una mufla, aumentando la temperatura a 300 °C y gradualmente se llevó hasta 450 °C +/- 25 °C en un tiempo de 16 horas.

Luego cada muestra fue enfriada a temperatura ambiente, y se añadieron 2 ml de HNO₃ entonces se generó la aparición de gases que fueron absorbidos por una soborna hasta obtener las cenizas de color blanco para llevar las muestras a un matraz volumétrico a 10 ml mezclada con agua destilada.

Antes de realizar las muestras se procedió a realizar la curva de calibración con los respectivos estándares de 0.01 – 0.05 y 0.1 mg/l, utilizando una solución 2 molar de HNO₃ para la dilución de las sustancias estándares.

3.3.3. Cálculos.-

En la curva de calibración se interpolaron los valores de absorbancia de las muestras analizadas y se calculó la concentración del elemento en dichas muestras, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Mercurio (mg/kg)} = \frac{\mathbf{P \cdot V}}{\mathbf{M}}$$

Donde:

P = mg/l de Mercurio obtenidos en la curva.

M = masa de la muestra en gramos.

V = volumen de aforo en mililitros (ml)

(Manual de procedimiento para determinación de Metales pesados
CESECCA)

IV RESULTADOS.-

Una vez reconocidas las especies de tiburones *Sphyrna lewini* y *Sphyrna zigaena*, fueron tomadas las muestras que consistieron en 10 g de carne de cada individuo muestreado y era llevada al laboratorio de análisis de

metales pesados CESECCA ubicado en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en la ciudad de Manta, provincia de Manabí. Este laboratorio está equipado con un Espectrofotómetro de absorción atómica, el cual es un instrumento electrónico especialmente diseñado para la detección de metales pesados en alimentos y su determinación en concentraciones por mg/Kg.

Las concentraciones de Mercurio se presentan en la tabla # 4.2, presentando la media y la desviación estándar (SD).

METAL	RANGO	MEDIA	SD
Mercurio Hg (mg/Kg)	0.005 - 0.050	0.0148	0.0068

Tabla # 4.1.- Representación del rango, media y desviación estándar que presentaron los análisis del metal Mercurio (mg/Kg). Fuente: Autores de tesis.

Los resultados de la tabla # 4.2, 4.3, 4.4. Y 4.5., indican que la concentración varió a partir de 0.005 a 0.050 con una media de 0.0148 mg/Kg para el metal Mercurio contenido en las muestras de las especies *S. lewini* y *S. zigaena*.

Los análisis de varianza determinan que no hay diferencias significativas en los resultados de las muestras, esto fue determinado por una hoja electrónica llamada Excel de Microsoft office de Windows 7.

AÑO 2012	Muestras	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. lewini</i>	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. zigaena</i>	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
SEPTIEMBRE	1	0.020	0.010	0.9956
	2	0.020	0.009	0.9956
	3	0.012	0.005	0.9956
	4	0.015	0.007	0.9956
	5	0.005	0.011	0.9951
	6	0.014	0.012	0.9952
	7	0.012	0.016	0.9955
	8	0.012	0.011	0.9957
	9	0.013	0.011	0.9955
	10	0.021	0.012	0.9944

Tabla # 4.2.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de septiembre de 2012. Fuente: autores de tesis.

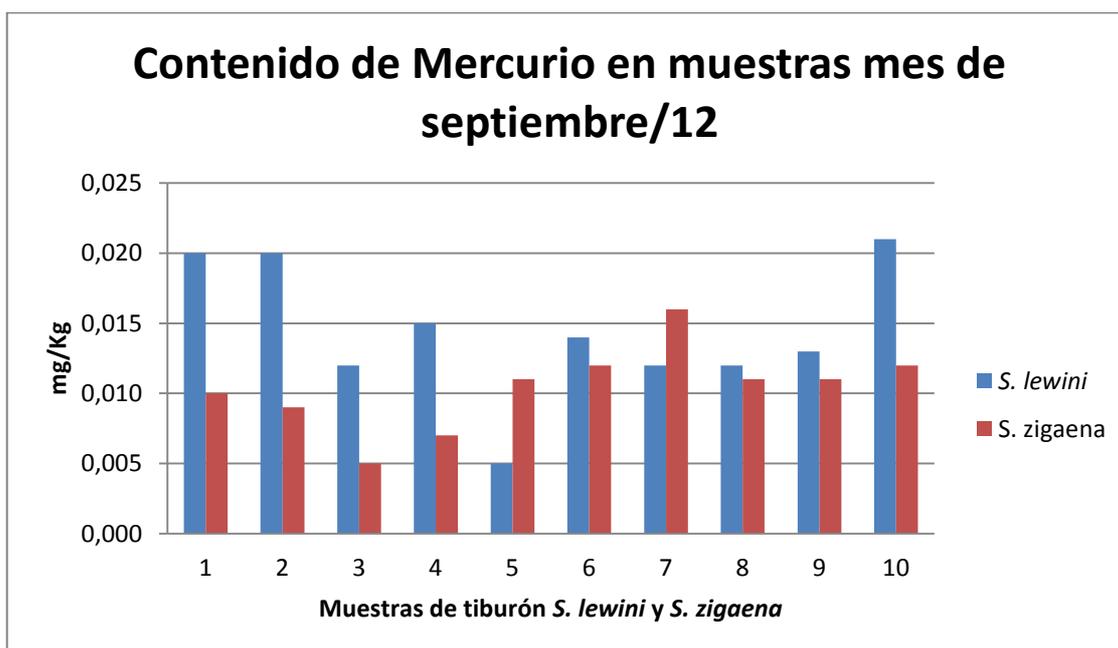


Gráfico # 4.1.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de septiembre de 2012. Fuente: autores de tesis.

AÑO 2012	Muestras	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. lewini</i>	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. zigaena</i>	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INDICE FDA mg/Kg
OCTUBRE	1	0.018	0.032	0.9920	0.20
	2	0.019	0.029	0.9918	0.20
	3	0.015	0.020	0.9920	0.20
	4	0.014	0.021	0.9917	0.20
	5	0.014	0.011	0.9965	0.20
	6	0.012	0.010	0.9920	0.20
	7	0.021	0.012	0.9914	0.20
	8	0.025	0.012	0.9913	0.20
	9	0.008	0.010	0.9930	0.20
	10	0.050	0.010	0.9908	0.20

Tabla # 4.3.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de octubre de 2012. Fuente: autores de tesis

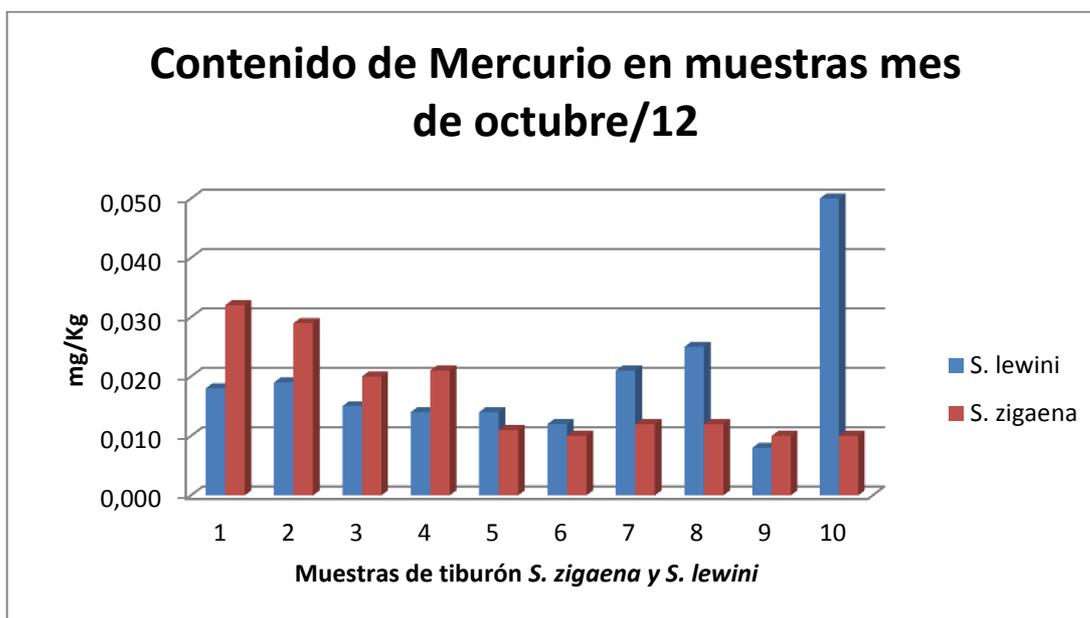


Gráfico # 4.2.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de octubre de 2012. Fuente: autores de tesis.

AÑO 2012	Muestras	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. lewini</i>	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. zigaena</i>	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INDICE FDA mg/Kg
NOVIEMBRE	1	0.012	0.009	0.9934	0.20
	2	0.013	0.012	0.9991	0.20
	3	0.022	0.014	0.9923	0.20
	4	0.017	0.012	0.9932	0.20
	5	0.021	0.021	0.9999	0.20
	6	0.020	0.025	0.9946	0.20
	7	0.020	0.008	0.9905	0.20
	8	0.015	0.020	0.9952	0.20
	9	0.019	0.012	0.9947	0.20
	10	0.015	0.012	0.9967	0.20

Tabla # 4.4.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de octubre de 2012. Fuente: autores de tesis.

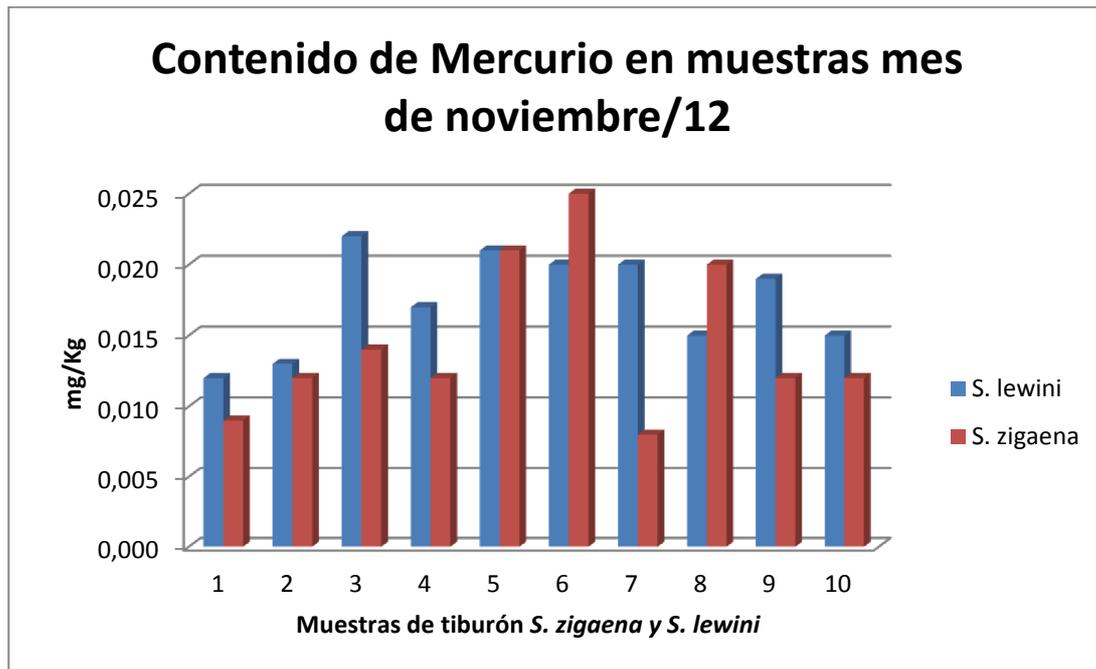


Gráfico # 4.3.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de noviembre de 2012. Fuente: autores de tesis.

AÑO 2012	Muestras	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. lewini</i>	Contenido de Hg mg/Kg <i>S. zigaena</i>	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INDICE FDA mg/Kg
DICIEMBRE	1	0.014	0.012	0.9952	0.20
	2	0.014	0.012	0.9952	0.20
	3	0.013	0.013	0.9999	0.20
	4	0.009	0.022	0.9931	0.20
	5	0.018	0.017	0.9978	0.20
	6	0.010	0.013	0.9955	0.20
	7	0.012	0.011	0.9962	0.20
	8	0.014	0.014	0.9999	0.20
	9	0.012	0.014	0.9952	0.20
	10	0.013	0.022	0.9915	0.20

Tabla # 4.5.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de Diciembre de 2012. Fuente: autores de tesis.

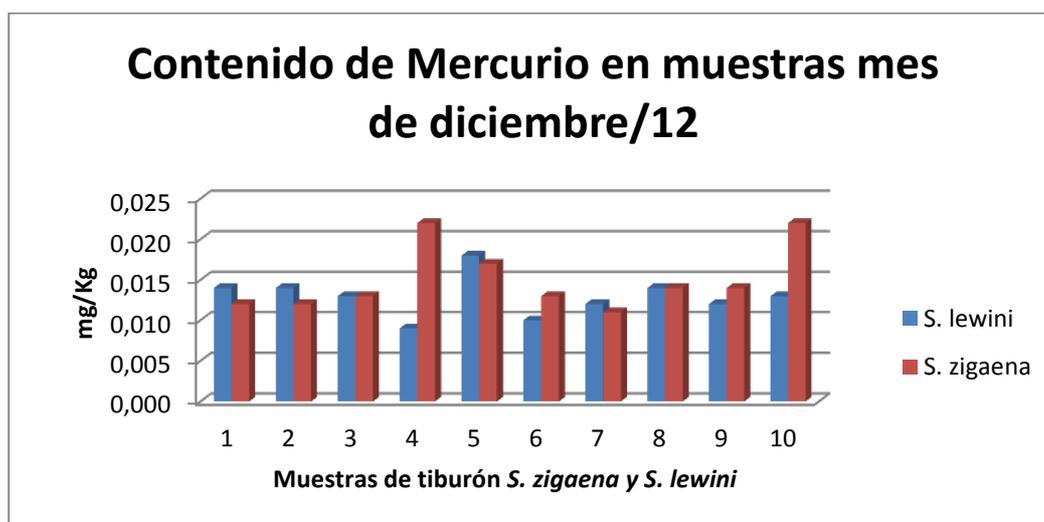


Gráfico # 4.4.- Contenido de Mercurio en carne de tiburón *S. lewini* y *S. zigaena*, en el mes de Diciembre de 2012. Fuente: autores de tesis.

v. CONCLUSIONES.-

- Los resultados obtenidos de las muestras no presentan una gran diferencia entre ellos, evidenciando que es la misma especie y la misma zona de captura. Zona 87 FAO.
- Los resultados obtenidos están por debajo de los límites establecidos por las organizaciones internacionales, pues para la FDA el límite de Mercurio en alimentos marinos es de 0,20 mg/kg, para la comunidad europea el límite de Mercurio en carne de tiburón es de 0,20 mg/kg.
- Los resultados representados en el gráfico de dispersión, demuestran que los análisis obtenidos en laboratorio para determinación de Mercurio en los tiburones *Sphyrna zigaena* y *lewini*, no se alejan del límite establecido por la FDA de 0.20 mg/Kg de carne de estas especies. Por lo tanto, el consumo de estas especies capturadas en la zona de pesca mencionada, no representan contaminación de Mercurio ni tampoco peligrosidad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.-

1. http://www.caranx.net/especies_listado.htm, dic. 07
2. www.greenfacts.org
3. www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm
4. http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html,15/dic/07
5. www.reefquest.com/shark_perfiles
6. Fisher, *et al.*, 1995
7. Reglamento CEE 78/2005. Contenido máximo de determinados contaminantes en productos alimenticios.
8. Khansari, E. Ghazi-Khansari, M. y Abdollahi, M. (2004). Heavy metals content of canned tuna fish. University of medical sciences, Tehran, Iran. September, 2004

9. Matiseek, R., Schnepel, F.N. y Steiner, G. (1998). Análisis de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España . pp 1 y 229 – 232

10. Reglamento (CE) # 466/2001 de la Comisión por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, modificado por el reglamento (CE) # 221/2002, Diario oficial de la Unión Europea L 37 de 2002, pp. 4-6.

11. Reglamento (CE) # 1886/2006 de la Comisión por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, modificado por el reglamento (CE) # 221/2002, Diario oficial de la Unión Europea L 364 de 2006, pp. 20.

ANEXOS.-



Anexo # 1.- Colocación de muestras en espectrofotómetro de absorción atómica, para determinación de Mercurio. Fuente: Autores de tesis.



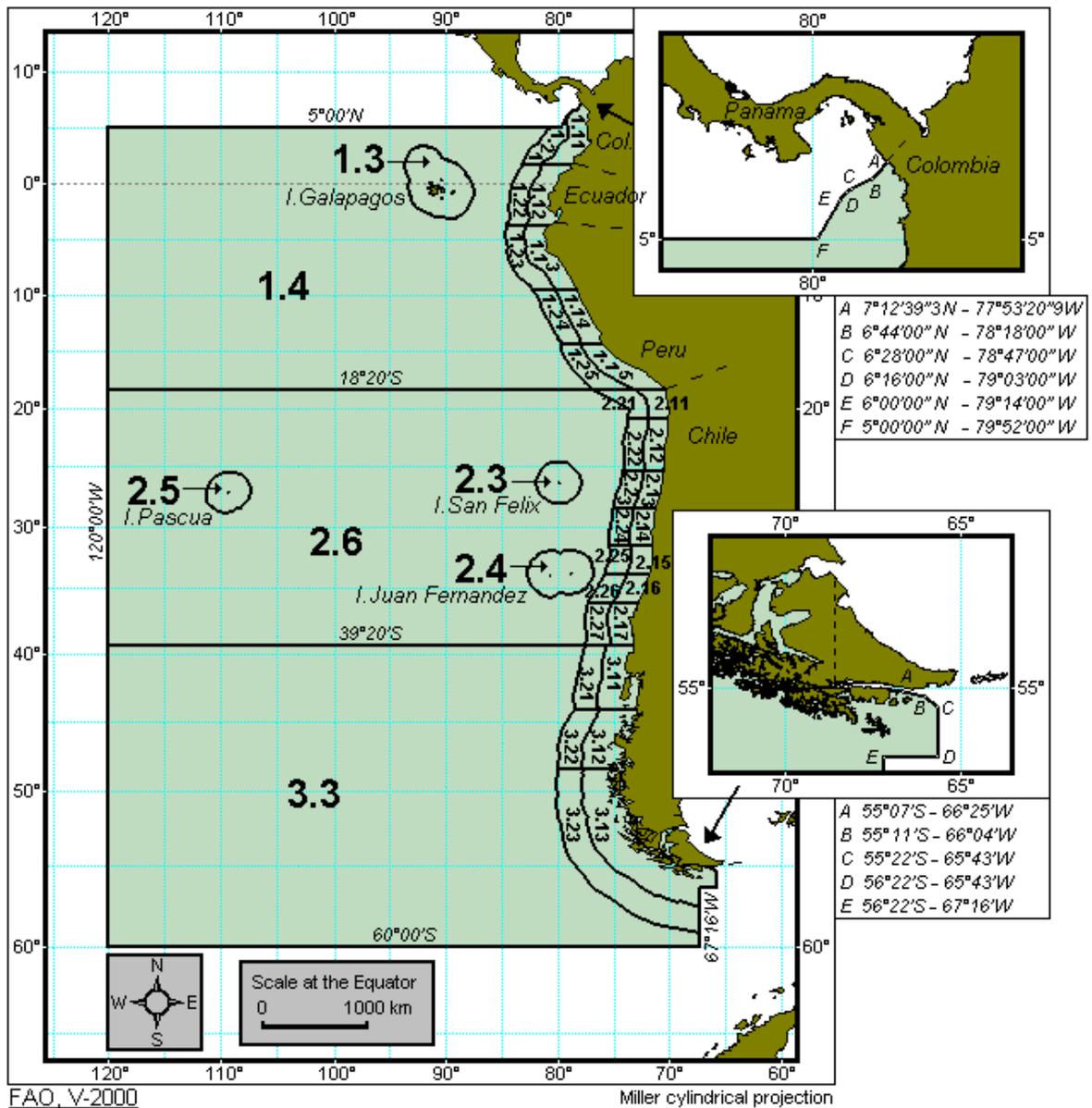
Anexo # 2.- Análisis e interpretación de resultados obtenidos de las muestras de carne de tiburón en espectrofotómetro de absorción atómica, para determinación de Mercurio. Fuente: Autores de tesis.



Anexo # 3.- Análisis e interpretación de resultados obtenidos de las muestras de carne de tiburón en espectrofotómetro de absorción atómica, para determinación de Mercurio.
Fuente: Autores de tesis.



Anexo # 4.- Autores de investigación sobre análisis de Mercurio en carne de tiburón en espectrofotómetro de absorción atómica. Fuente: Autores de tesis.



Anexo # 5.- Zona 87 donde se capturan las especies de tiburones empleadas en el presente estudio. Fuente: FAO, 2013.