



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MÁCHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS.**

TEMA:

**NIVELES DE MERCURIO EN CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE
MÁS SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO
BOLÍVAR, CANTÓN MACHALA.**

AUTORA:

PAOLA GRACIELA GIA GADÑAY

TUTOR:

DR. VÍCTOR HUGO GONZÁLEZ CARRASCO, Mg. Sc

MACHALA - EL ORO - ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN.

El presente trabajo de titulación **“NIVELES DE MERCURIO EN CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE MÁS SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR, CANTÓN MACHALA.”**, realizado por la autora Sta. PAOLA GRACIELA GIA GADÑAY, egresada de la carrera de Ingeniería en Alimentos, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos.

Dr. Víctor Hugo González Carrasco Mg. Sc.

TUTOR

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA.

Yo PAOLA GRACIELA GIA GADÑAY, con cédula de ciudadanía 0705852135, egresada de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del presente trabajo de titulación **“NIVELES DE MERCURIO EN CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE MÁS SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR, CANTÓN MACHALA.”**, Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación. Deslindo a esta institución de Educación Superior de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autora a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

PAOLA GRACIELA GIA GADÑAY

C.I. 0705852135

AUTORA

RESPONSABILIDAD.

El presente trabajo de titulación: Metodología utilizada, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva de la autora.

PAOLA GRACIELA GIA GADÑAY

C.I. 0705852135

DEDICATORIA

Esta tesis forma parte del final de otra etapa de mi vida, constituyéndose así en el portal que me abrirá las puertas a nuevas experiencias es por ello que con mucho amor se la dedico principalmente a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades que se presentaban, enseñándome a encarar los problemas sin perder nunca mis valores ni decaer en el intento y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos y valores por su apoyo, consejos, comprensión, amor, paciencia, ayuda en los momentos más difíciles de mi vida, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis principios, mi carácter, mi empeño por seguir adelante, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis sueños.

A mis hermanos Rosi, Alex, Lenin por estar siempre conmigo, apoyándome para poderme realizar como profesional y ser una mejor persona los quiero mucho. A mi sobrino Mateito quien ha sido y es mi motivación y felicidad. A mi cuñado y a su mami por estar siempre conmigo aconsejándome y cuidándome.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional en especial al Dr. Víctor Hugo González director de mi tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por sus bendiciones y por haber sabido guiarme por el camino del bien a mí y a toda mi familia, permitiéndonos vivir con amor.

De modo especial quiero agradecer a mis padres Rosa y Rómulo, por ser los mejores, por haber estado conmigo apoyándome en los momentos difíciles, por dedicar tiempo y esfuerzo para ser una mujer de bien, y darme excelentes consejos en mi caminar diario y por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos que con su apoyo y cariño fueron parte de mi inspiración que le permite a uno dotarse de fuerzas para alcanzar el objetivo deseado, en especial a mi hermana Rosi por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A la Universidad de Machala, por abrir sus puertas y darme la confianza necesaria para triunfar en la vida y transmitir sabiduría para mi formación profesional.

Agradezco de manera muy especial por su colaboración al Dr. Víctor Hugo González.

Gracias a todas las personas y amigos que ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta Tesis.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA.....	iii
RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMA.....	5
OBJETIVOS.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
VARIABLES.....	7
Variable Independiente.....	7
Variable Dependiente.....	7
HIPÓTESIS.....	7
1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
1.1 EL MERCURIO (Hg).....	8
1.1.1. El Mercurio en la Naturaleza.....	8
1.1.2. Concentración Ambiental.....	10
1.1.3. Propiedades Fisicoquímicas.....	11
1.2. METILMERCURIO.....	13
1.2.1. La Toxicidad del Mercurio y los Seres Humanos.....	14
1.3. EL MERCURIO: SUSTANCIA TÓXICA.....	16

1.4.	TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO	17
1.4.1.	Fuentes más Frecuentes de Liberación de Mercurio al Ambiente	18
1.5.	INVENTARIO GLOBAL DEL USO Y LIBERACIÓN DE MERCURIO	23
1.6.	MARCO DE LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO	26
1.7.	CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL MERCURIO	26
1.7.1.	Mercurio en los Ambientes Acuáticos.	27
1.7.2.	Biotransformación y Biomagnificación	28
1.7.3.	Cadena Alimentaria Acuática	29
1.8.	PESCADO CONTAMINADO CON MERCURIO.....	31
1.9.	VARIEDADES DE PESCADO CONSUMIDO EN PUERTO BOLÍVAR – MACHALA.....	34
1.9.1.	La Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>).....	35
1.9.2.	El Mero (<i>Epinephelus sp</i>).....	35
1.9.3.	La Corvina (<i>Argyrosomus regius</i>).....	36
1.9.4.	El Bagre (<i>Rhamdia sapo</i>)	37
1.9.5.	Albacora (<i>Thunnus alalunga</i>)	37
1.9.6.	La Lisa (<i>Mugil cephalus</i>)	38
1.9.7.	Cachema (<i>Cynoscion analis</i>).....	39
1.9.8.	La Carita (<i>Selene peruvianus</i>).....	39
2.	METODOLOGÍA	40
2.1.	LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
2.2.	UNIVERSO DE TRABAJO	41
2.2.1.	Tipo de Investigación	41
2.2.2.	Selección de la Muestra	41
2.2.3.	Toma de Muestra.....	41
2.2.4.	Tipo de Muestra	41

2.3.	MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN PESCADOS	40
2.3.1.	Espectofotometría de Absorción Atómica	40
2.4.	MATERIALES A UTILIZARSE.....	43
2.4.1.	Equipos.....	43
3.	RESULTADOS.....	44
3.1.	DETERMINACIÓN DE LAS CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE MÁS SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR.	44
3.2.	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MERCURIO EN LAS CINCO VARIEDADES DE PESCADOS DE MAYOR CONSUMO EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR.....	45
3.3.	COMPARACIÓN DE LOS NIVELES PERMISIBLES DE MERCURIO ESTABLECIDOS POR LA OMS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DISTINTAS VARIEDADES DE PESCADO.	47
3.4.	INCIDENCIA DEL CONSUMO DE PESCADO CONTAMINADO CON MERCURIO SOBRE LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES.	48
4.	CONCLUSIONES	52
5.	RECOMENDACIONES	53
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	54
	ANEXOS	59
	GLOSARIO	75

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de mercurio (Hg) en 5 variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar, Cantón Machala, compararlos con los niveles permisibles de Hg establecidos por la OMS e investigar la incidencia del consumo de pescado contaminado con Hg sobre la salud de los consumidores. La metodología que se utilizó fue analítica y experimental, las muestras analizadas fueron establecida mediante una encuesta aplicada a los consumidores y recolectadas en el mercado Municipal de Puerto Bolívar, la técnica empleada para la determinación de mercurio en los pescados fue la espectrofotometría de absorción atómica (EEA). Los resultados encontrados en las 5 variedades de pescado más consumidas en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar son; Cachema (*Cynoscion anali*) < 0.09 mg/kg, Bagre (*Rhamdia sapo*) < 0.09 mg/kg, Carita (*Selene peruvianus*) < 0.09 mg/kg, Lisa (*Mugil cephalus*) < 0.09 mg/kg y a diferencia la Corvina (*Argyrosomus regius*) presento un valor más alto encontrándose al límite con un valor de 0.52 mg/kg \pm 0.022. Se analizaron tres muestras adicionales las cuales fueron Albacora (*Thunnu alalunga*) con un valor de < 0,09 mg/kg, Tilapia (*Oreochromis sp*) y Mero (*Epinephelus sp*) presentaron valores desde, 0,51 mg/kg y 0,49 mg/kg respectivamente con una desviación estándar de \pm 0.022, estando dentro de los valores permisibles de acuerdo a la OMS. Se ha determinado que las especies de menor comercialización como lo son Albacora (*Thunnu alalunga*) es poco comercializada dentro del mercado, pero muy expandida en los muelles para la elaboración de comida típica como lo es el encebollado, Tilapia (*Oreochromis sp*), es poco comercializada internamente debido a su alto valor económico, ya que son criadas en cautiverio y su producción resulta costosa y el Mero (*Epinephelus sp*), es poco comercializado por el sabor de su carne y por su escasa pesca. Recomendamos consumir en menor cantidad los peces predadores por su alto contenido de Hg y limitar el consumo de Corvina, Tilapia y Mero, según datos de la FDA, 2004, en edad reproductiva, gestante, lactantes ya que encaminarán problemas neurológicos en los niños. Se recomienda continuar desarrollando investigaciones sobre contaminación de los metales pesados para mantener un sistema de vigilancia y control en los pescados, actualizando periódicamente estos límites, para poder empezar a tomar acciones de remediación de la contaminación ambiental.

Palabras claves: Corvina, Tilapia, Mero, Mercurio, Espectrofotometría de Absorción Atómica.

SUMMARY

The present study aimed to determine levels of mercury (Hg) in 5 varieties of fish that are sold more in the Municipal Market of Puerto Bolivar, Canton Machala, compared with the permissible levels of Hg established by WHO and investigate the incidence of consumption of fish contaminated with mercury on the health of consumers. The methodology used was analytical and experimental samples analyzed were established by a survey of consumers and collected in the City, the technique used for the determination of mercury in the fish market of Puerto Bolivar was the atomic absorption spectrophotometry (EEA). The findings of the 5 varieties most consumed fish in the Municipal Market of Puerto Bolivar are; Weakfish (*Cynoscion anali*) <0.09 mg / kg, Catfish (*Rhamdia toad*) <0.09 mg / kg, Carita (*Selene peruvianus*) <0.09 mg / kg, Lisa (*Mugil cephalus*) <0.09 mg / kg and unlike the Corvina (*Argyrosomus regius*) presented a higher value meeting the limit with a value of 0.52 mg / kg \pm 0.022. Three additional samples which were Albacora (*Thunnu alalunga*) with a value of <0.09 mg / kg, Tilapia (*Oreochromis sp*) and grouper (*Epinephelus sp*) had values from 0.51 mg / kg and 0.49 were analyzed mg / kg respectively with a standard deviation of \pm 0.022, still within the permissible values according to WHO. Was it determined that the species of lower marketing such as Albacora (*Thunnu alalunga*) is little commercialized in the market, but very expended on the docks for the preparation of traditional food such as the onions, Tilapia (*Oreochromis sp*) is slightly He sold internally due to its high economic value, since they are bred in captivity and their production is costly and Mero (*Epinephelus sp*), little sold by the flavor of the meat and its small fishing. We recommend consume fewer predatory fish for its high content of Hg and limit consumption of Corvina, tilapia and grouper, according to the FDA, 2004, of reproductive age, pregnant women, infants as they routed neurological problems in children. It is recommended to continue to develop research on pollution of heavy metals to maintain a system of surveillance and control fish, periodically updating these limits, to start taking remedial actions in environmental pollution.

Keywords: Corvina, tilapia, grouper, Mercury, atomic absorption spectrophotometry.

INTRODUCCIÓN

El mercurio es un elemento natural cuyo símbolo químico es Hg, el cual no puede ser creado por el hombre ni puede ser destruido. En la actualidad, el mayor uso intencional del mercurio corresponde a la actividad de los mineros de oro artesanales y de pequeña escala. El mercurio y los compuestos de mercurio están presentes en numerosos tipos de productos de consumo y productos industriales (Weinberg, 2007).

En los sistemas acuáticos, los microorganismos presentes allí de manera natural pueden transformar el mercurio en metilmercurio, un compuesto organometálico que es más tóxico a dosis bajas que el mercurio en estado puro. El metilmercurio pasa a formar parte de la cadena alimentaria acuática, se bioacumula y se biomagnifica y de esta manera puede ser transportado posteriormente por las especies migratorias. La elevación del nivel de las aguas asociada al cambio climático mundial también puede tener implicaciones para la metilación del mercurio y su acumulación en los peces. La presencia de mercurio orgánico en los peces no sólo da lugar a efectos perjudiciales para sí mismos, sino también para la producción de mismo y perjuicios en la salud de los consumidores (Marrugo, Benitez, & Olivero, 2008)

La contaminación aguda por mercurio, es solo una parte de un problema mucho mayor. Existe una amplia contaminación por mercurio, a niveles preocupantes, en los océanos, lagos, ríos, estanques y arroyos de todas partes del mundo. En general, los grandes peces depredadores tienen los niveles más altos de metilmercurio en sus tejidos; los peces más grandes y los peces de más edad tienden a estar más contaminados que los peces pequeños y los peces más jóvenes. El metilmercurio en los peces está unido a la proteína del tejido más que al tejido graso. Por lo tanto, recortar la grasa y quitar la piel del pescado contaminado con mercurio no reduce el contenido de mercurio de la porción de filete. La cocción tampoco reduce el nivel de metilmercurio del pescado (AMP, 2005).

En el análisis meta científico del país vecino de Colombia nos indica que las concentraciones de mercurio más altas se encontraron en las especies carnívoras como *Hoplias malabaricus*, *Ageneiosus caucanus* y *Caquetaia kaussi* que se encuentran en la parte alta de la cadena alimenticia.

Sin embargo, también se encontraron niveles altos en especies detritívoras como *Triportheus magdalenae* que presentan una acumulación considerable del metal debido a la manera en que estas especies obtienen su alimento de los sedimentos, los cuales presentan niveles altos de mercurio ya que éste tiende a precipitarse en el fondo donde las concentraciones son a veces superiores a los encontrados en la columna de agua (Mancera, 2006).

El mercurio afecta principalmente los sistemas nervioso, inmunológico y cardiovascular. La sintomatología mayormente no se evidencia tras años de exposición entre tenemos temblores en las manos, problemas de visión, oídos, al hablar, de equilibrio, renales, hepáticos y digestivos. Podemos citar el famoso caso de intoxicación por mercurio en pescados en la bahía de Minamata, Japón resulto en deformidades, problemas con función cerebral y otros efectos (Fernandez, 2009).

Por tal motivo el presente trabajo de investigación se propuso determinar los niveles de Hg en 5 variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar, Cantón Machala, compararlos con los niveles permisibles de Hg establecidos por la OMS e investigar la incidencia del consumo de pescado contaminado con Hg sobre la salud de los consumidores, para la evaluar con el riesgo de las poblaciones que subsisten por el consumo de estos organismos acuáticos para prevenir posibles riesgos de salud de los mismos promoviendo el buen vivir de la ciudadanía Orense.

PROBLEMA

El mercurio es un elemento metálico, presente de manera natural en la corteza terrestre, y puede ser transportado en el ambiente por el aire y el agua, es una de las sustancias más tóxicas conocidas. Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. El mercurio se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en todas partes del mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, los desechos de la minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Una de las principales fuentes de exposición es el metilmercurio en dietas basadas en pescado. El mercurio es una sustancia muy difícil de eliminar por su característica de bioacumulación en el ambiente, e incluso en el medio acuático, una vez depositado, el mercurio puede cambiar de forma (principalmente por metabolismo microbiano) y convertirse en metilmercurio, que tiene la capacidad de acumularse en organismos (bioacumulación) y concentrarse en las cadenas alimentarias, especialmente en la cadena alimentaria acuática (pescados y mamíferos marinos). (PNUMA, 2002).

Casi todos los pescados contienen rastros de mercurio, sin embargo, algunos lo contienen en niveles muy altos. El mercurio se concentra en la sangre y en el cerebro, provocando daños muchas veces irreversibles. También afecta los riñones y los sistemas respiratorio, digestivo y circulatorio.

Consumir una gran cantidad de este alimento provoca concentraciones altas de mercurio en el cuerpo humano y los más vulnerables son los niños, mujeres embarazadas y ancianos. La investigación se fundamenta en determinar los niveles de mercurio en cinco variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de la Parroquia de Puerto Bolívar, ubicado en el Cantón Machala.

Puerto Bolívar es un sector pesquero, una parte de su producción de faenas de pesca es vendida en el Mercado, por lo cual estos pescados son consumidos y vendidos a comunidades cercanas del sector. Es necesario, por lo tanto, conocer si existe un problema en el producto que se está expendiendo y que consecuencias podría ocasionar en la salud de la comunidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar los niveles de mercurio en cinco variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar, Cantón Machala.

Objetivos Específicos

- Determinar cuáles son las cinco variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar.
- Determinar los niveles de mercurio en las cinco variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar.
- Comparar los niveles permisibles de mercurio establecidos por la OMS con los resultados obtenidos en las muestras de pescado.
- Investigar la incidencia del consumo de pescado contaminado con mercurio sobre la salud de los consumidores.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los niveles de mercurio permitidos por la OMS en pescados?
2. ¿Cuáles son las cinco variedades de pescados que más se consumen en la Parroquia de Puerto Bolívar?
3. ¿Cuál es la concentración de mercurio en las distintas variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar?
4. Qué medidas preventivas se deberían tomar para evitar la contaminación de mercurio en pescados para los habitantes de Puerto Bolívar.

VARIABLES

Variable Independiente

- Cinco variedades de pescados.

Variable Dependiente

- Concentraciones de mercurio.

HIPÓTESIS

Los datos que se obtendrán en la investigación sobre los niveles de mercurio en 5 variedades de pescados que se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar exceden los límites permitidos por la OMS, para el consumo humano.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 EL MERCURIO (Hg)

El mercurio es un metal pesado presente en la naturaleza. A temperatura y presión ambiente, se presenta como un líquido blanco plateado que se evapora con facilidad pudiendo permanecer en la atmósfera hasta un año. Cuando se libera en el aire, éste lo transporta y se deposita en todas partes. En último término el mercurio se acumula en los sedimentos de lagos, donde se transforma en su forma orgánica más tóxica, el mercurio de metilo, que se puede acumular en el tejido de los peces.

El mercurio es muy tóxico, en particular cuando se metaboliza para formar mercurio de metilo. Puede ser mortal por inhalación y perjudicial por absorción cutánea. Alrededor del 80% del vapor de mercurio inhalado pasa a la sangre a través de los pulmones (OMS, 2005).

Para Jabir el mercurio era el metal por excelencia: su naturaleza líquida era resultado de poseer el mínimo del elemento tierra. El azufre amarillo como el oro era combustible. Jabir creía que los diversos metales estaban formados por mezclas de azufre y mercurio, todo era hallar la proporción y las condiciones adecuadas para obtener oro (Córdova, 1999).

1.1.1. El Mercurio en la Naturaleza

Análisis del contenido de mercurio en los meteoritos dan valores del orden de unas 100 veces superiores a los de la corteza terrestre. Como los meteoritos tienen una composición parecida a la de las capas más internas de la tierra, esto nos indica que el mercurio debe estar concentrado en su interior. Algunos investigadores sugieren que el mercurio de los yacimientos más importantes, tales como Almadén, proviene del manto superior, a varias decenas e incluso centenas de kilómetros de profundidad.

Por tanto, el mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanando como un producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas, proceso que continua en la actualidad.

De este modo, el mercurio inicia su ciclo geoquímico pasando a la corteza terrestre y de esta al aire, al agua y suelos, para pasar posteriormente a las plantas y a los animales y por último, al hombre.

Posteriormente el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso, en formas: sólidas, disueltas, absorbidas, gaseosa. Esto último se explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos. El mercurio se encuentra principalmente en la Naturaleza como cinabrio rojo (HgS) y también como meta cinabrio negro (sulfuro mixto). Estos dos sulfuros de mercurio pueden encontrarse en cantidades apreciables en yacimientos de otros sulfuros como piritas (sulfuro de hierro), rejalgar (sulfuro de arsénico), estibina (sulfuro de antimonio) y otros sulfuros de zinc, cobre y plomo (Monteagudo, 2002).

El mercurio elemental se utiliza en bacterias y en procesos industriales como: las plantas de cloro-sosa; en la fabricación de papel y celulosa; en la industria eléctrica y de pinturas y en ciertos procesos mineros. Generalmente, el mercurio se libera al ambiente en su forma elemental y posteriormente se metila en sedimentos por acción de los microorganismos. Este proceso se conoce como biometilación. Una vez metilado, el compuesto orgánico mercurio se adhiere fácilmente a partículas suspendidas y en sedimentos. Además puede bio acumularse en músculos y tejidos y está demostrado que su concentración aumenta al aumentar la edad del organismo o su nivel en la cadena trófica. (Newman, 2003)

El mercurio procedente de las descargas industriales presenta principalmente las combinaciones químicas que se muestran en la **tabla 1**.

Es importante señalar que la forma orgánica del mercurio es la más tóxica. A pesar de que no se conocen completamente todos los sitios de metilación del mercurio en el ambiente, se han identificado a los medios acuáticos como los más importantes (WHO., 1989).

Tabla 1. Combinaciones químicas generadas en procesos industriales

Estructura Química	Nombre
Hg ²⁺	Mercurio divalente
Hg	Mercurio metálico
C ₆ H ₅ Hg ⁺	Fenilmercurio
CH ₃ OCH ₂ CH ₂ Hg ⁺	Alcoخالquilo de mercurio
CH ₃ Hg ⁺	Metilmercurio
HgCl ₂	Cloruro mercúrico
Hg(NO ₃) ₂	Nitrato mercúrico
HgSO ₄	Sulfato mercúrico
HgS	Sulfuro mercúrico
HgCrO ₄	Cromato mercurioso

Fuente: (Kirk, 1998)

1.1.2. Concentración Ambiental

Existe una variación importante en los niveles de mercurio encontrados en las diferentes fuentes de exposición al ser humano y como consecuencia en su contribución a su toxicidad.

1.1.2.1. Aire

La concentración total de mercurio en el hemisferio norte se ha estimado recientemente en 2 ng/m³, mientras que en el hemisferio sur se ha estimado a la mitad de este valor. La concentración en áreas urbanas generalmente es mayor (por ejemplo, 10 ng/m³). Schroeder y Jackson (1987) encontraron niveles entre 3-27 ng/m³ (con una media de 9 ng/m³) en áreas rurales de Canadá y de 5 a 15 ng/m³ (con una media de 11ng/m³) en áreas urbanas. En estudios realizados en Suecia se encontraron niveles ligeramente más bajos para áreas urbanas (entre 0,8 -13,2 ng/m³, con una media de 4 ng/m³) (IPCS, 1994).

1.1.2.2. Agua

La concentración de mercurio en agua natural está en el rango de los 5 a 100 ng/l, pero se han encontrado valores de hasta 1 ng/L.

Los valores representativos encontrados para mercurio total son de: 0,5-3 ng/L en mar abierto; 2-15 ng/L en aguas costeras y de 1-3 ng/L en agua dulce de ríos y lagos. La concentración promedio para el agua potable es de 25 ng/L.

La especificación química del mercurio en agua no se ha definido completamente. En agua salada se encuentra principalmente en forma de Hg^{2+} formando complejos con iones cloruro. Por otro lado, la especiación en agua dulce no se ha estudiado lo suficiente. En un estudio realizado en un sistema de lagos en Canadá se encontró que entre 1-6 % del mercurio encontrado en el agua estaba en la forma metilada. (IPCS, 1994).

1.1.2.3. Alimentos

La concentración de metilmercurio en la mayoría de los alimentos se encuentra en niveles por debajo de 20 ug/kg en peso húmedo. El pescado y sus derivados son la principal fuente de contaminación en pescado a medida que aumenta el nivel de la cadena trófica, tanto en agua dulce como en agua salada. Se han encontrado niveles de hasta 1200 ug/kg en tiburón y pez espada y niveles menores a los 85 ug/kg en anchoas. Cabe señalar que en algunos casos se ha encontrado mercurio en vegetales. (IPCS, 1994).

1.1.3. Propiedades Físicoquímicas

El mercurio puede existir en varios estados físicos y químicos. Todas las formas de este elemento poseen una multitud de aplicaciones en la industria y en la agricultura, con propiedades tóxicas intrínsecas. Esto supone que cada especie química del mercurio sea estudiada por separado para valorar su riesgo ambiental o toxicológico.

El mercurio es el único elemento metálico líquido a temperatura ambiente. Posee brillo parecido a la plata y a 25 °C tiene una densidad de 13,456 g/ml. A 20 °C la presión de vapor es 0,00212 mm de Hg, de tal forma que un recipiente abierto con mercurio metálico y expuesto en un ambiente cerrado, puede desprender suficiente vapor para saturar la atmósfera y exceder el límite máximo seguro de exposición ocupacional en un factor de 300.

Las especies mercuriales difieren entre sí en sus solubilidades en agua. Los valores de solubilidad para algunas especies de mercurio aparecen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Solubilidades del mercurio y sus compuestos en g/100 ml a 25°C

Mercurio elemental Hg	Cloruro Mercurioso (Calomel) Hg₂Cl₂	Cloruro de Metilmercurio CH₃HgCl	Cloruro Mercúrico HgCl₂
5,6x10 ⁻⁶	2,0x10 ⁻⁴	< 0,01	7,4

Fuente: Olivero, 2002.

El mercurio elemental y los haluros alquilmériciales son solubles en solventes no polares. El mercurio elemental en forma de vapor es más soluble en plasma, en sangre total y en hemoglobina que en agua destilada, donde es disuelto sólo en forma ligera. Las solubilidades de los compuestos de metilmercurio (CH₃HgX) en agua varían en gran proporción y dependen de la naturaleza del anión. Si el anión es nitrato o sulfato, la tendencia del compuesto es a ser bastante iónico, es decir su comportamiento es similar al de una sal, presentando una alta solubilidad en agua. Sin embargo, los cloruros son compuestos covalentes no polares que son más solubles en solventes orgánicos y en fluidos corporales que en el agua. En general el metilmercurio puede asociarse entre un 90-95% con los glóbulos rojos y entre un 5-10% con el plasma. Esta pequeña fracción es la que accede al cerebro generando la toxicidad en este órgano.

Entre las propiedades químicas más importantes que caracterizan las especies de mercurio (II) y las alquilméricias (RHg⁺) aparece su alta afinidad para formar enlaces covalentes con el azufre. Esta propiedad es la que explica la mayor parte de las propiedades biológicas del metal. Cuando el azufre está en forma de grupos sulfhídrico, el mercurio divalente reemplaza el átomo de hidrógeno para formar mercaptanos, X-Hg-SR' y Hg (SR)₂ donde X es un grupo electronegativo y R un aminoácido como la cisteína. Los mercuriales orgánicos forman mercaptanos del tipo RHg-SR'. Inclusive en bajas concentraciones, los mercuriales pueden inactivar las enzimas, principalmente aquellas con grupos sulfhídricos, interfiriendo en el metabolismo y funciones de la célula.

Un grupo de proteínas de gran importancia en la toxicidad del mercurio son las Metalotioneínas (MTs).

Estas corresponden a proteínas de bajo peso molecular presentes en alguna medida en todos los tejidos de los mamíferos y que pueden unirse a los metales pesados, particularmente mercurio y cadmio, evitando la interacción de estos elementos con otras proteínas de las células y de esta forma previniendo su toxicidad. La concentración de MT en las células es incrementada luego que estos metales inician procesos de transducción de señales bioquímicas que originan la activación de genes, con el consecuente incremento en la síntesis de estas proteínas protectoras, hecho que ha sido reportado en muchos órganos tales como el cerebro, el riñón y los testículos, entre otros (Olivero & Johnson, 2002).

1.2. METILMERCURIO

El metilmercurio es un potente neurotóxico; por lo tanto, la exposición de los seres humanos a este compuesto es claramente indeseable y debería ser motivo de preocupación. Está presente en todo el mundo en los peces y mamíferos marinos que consumen los seres humanos. El metilmercurio se forma naturalmente (a partir del mercurio de liberaciones antropógenas y naturales) por la actividad biológica que tiene lugar en medios acuáticos. Se bio-magnifica en la cadena alimentaria, apareciendo en concentraciones mucho más altas en mamíferos y peces superiores depredadores que en el agua y organismos inferiores. La mayor parte de las concentraciones de mercurio total en los peces se encuentra en forma de metilmercurio (cerca de 100 % en los peces más viejos). El metilmercurio también se ha utilizado deliberadamente como plaguicida/biosida (por ejemplo, en el tratamiento de granos de semilla) y ese uso provocó graves casos de envenenamiento en Iraq antes de 1960 y nuevamente a principios de la década de 1970.

El consumo de pescado y mamíferos marinos contaminados es la causa más importante de exposición de los seres humanos al metilmercurio. Las concentraciones más altas se encuentran en peces depredadores de gran tamaño, como el tiburón, caballa gigante (carite lucio), pez espada y algunas especies de atún grande (que hay que distinguir del atún más pequeño que generalmente se utiliza para conserva), así como algunos peces

de agua dulce como el lucio, lucioperca americana, lobina, perca y anguila, y mamíferos como focas y ballenas.

Debido a las corrientes oceánicas y al transporte de emisiones atmosféricas a larga distancia, el metilmercurio también está presente en el medio ambiente lejos de las fuentes de mercurio local y regional. Esto supone que los grupos de población particularmente dependientes de alimentos marinos o acostumbrados a ellos, tales como los inuits del Ártico, así como las poblaciones que dependen del consumo de pescado de agua salada o dulce en cualquier parte del mundo, se encuentran particularmente en riesgo debido a la exposición al metilmercurio.

El metilmercurio es sumamente tóxico y ataca principalmente el sistema nervioso. En adultos, los efectos más precoces son síntomas no específicos, tales como parestesia, malestar y visión borrosa; con una mayor exposición, aparecen signos tales como una constricción concéntrica del campo visual, sordera, disartria, ataxia y, por último, coma y muerte. El sistema nervioso central en desarrollo es más sensible al metilmercurio que el del adulto. En niños de corta edad expuestos a niveles elevados de metilmercurio durante el embarazo de la madre, el cuadro clínico puede ser imposible de distinguir del de la parálisis cerebral causada por otros factores, presentándose principalmente con microcefalia, hiperreflexia, discapacidad mental y trastornos de la función motora gruesa, a veces asociados con ceguera o sordera. En los casos más leves, los efectos pueden aparecer más tarde en el desarrollo en forma de discapacidad psicomotora y mental, y reflejos patológicos persistentes. Los estudios realizados en una población expuesta al metilmercurio contenido en el pescado sugieren también una relación con el aumento de la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Diversos trabajos de investigación hechos con animales prueban su genotoxicidad y efectos en el sistema inmunitario y el aparato reproductor (PNUMA, 2005).

1.2.1. La Toxicidad del Mercurio y los Seres Humanos

En el caso de los seres humanos y de algunos animales, los posibles efectos y manifestaciones de la intoxicación por mercurio varían. Los efectos dependen de la forma química del mercurio, de la ruta de exposición (inhalación o ingestión), y de la dosis de exposición, incluyendo el tiempo de exposición y la concentración del mercurio en cuestión (Amdur et al. 1991).

En el caso de aquellas personas que viven alrededor del área donde se produjo el derrame, las principales posibles rutas de exposición son las siguientes:

- 1) inhalación e ingestión del mercurio elemental derramado; e
- 2) ingestión del mercurio iónico luego de la oxidación del mercurio elemental.

Adicionalmente, si con el tiempo el mercurio derramado ingresa a los cursos de agua que se encuentran alrededor del lugar del derrame, los seres humanos podrían estar expuestos al metilo mercurio a través del consumo de organismos acuáticos que podrían verse influenciados por las mayores concentraciones de mercurio en las aguas superficiales y en los sedimentos.

La exposición al metilo mercurio como resultado del consumo de plantas y animales terrestres es poco probable ya que el metilo mercurio no es común en los suelos debido a la ausencia de las condiciones reductoras necesarias para metilar el mercurio en los suelos exposición (inhalación o ingestión), y de la dosis de exposición, incluyendo el tiempo de exposición y la concentración del mercurio en cuestión (Amdur, 1991).

La exposición al metilo mercurio como resultado del consumo de plantas y animales terrestres es poco probable ya que el metilo mercurio no es común en los suelos debido a la ausencia de las condiciones reductoras necesarias para metilar el mercurio en los suelos.

Cuando se inhala vapor de mercurio elemental, dicho vapor se distribuye por todo el cuerpo (sistémico), mientras que cuando se ingiere mercurio, éste pasa primero por el hígado, que es un importante órgano de desintoxicación, antes de producirse la distribución sistémica.

Por lo general, no se considera que la ingestión de mercurio elemental represente un riesgo para la salud, ya que el mercurio pasa directamente por el tracto intestinal, produciéndose muy poca absorción, para ser luego excretado a través de las heces, siendo limitada por ello la cantidad de mercurio que ingresa al organismo. Por el contrario, cuando se inhala mercurio elemental, éste atraviesa fácilmente la membrana alveolar de los pulmones ya que es lípido soluble y, por lo tanto, es absorbido en cantidades muchos mayores.

El mercurio absorbido por el organismo, vía ingestión o inhalación, es excretado con una media vida de 35 a 70 días (el tiempo requerido para reducir la concentración en el organismo en un 50%) (Shepherd, 2002).

1.3. EL MERCURIO: SUSTANCIA TÓXICA

El mercurio es una de las sustancias más tóxicas conocidas.

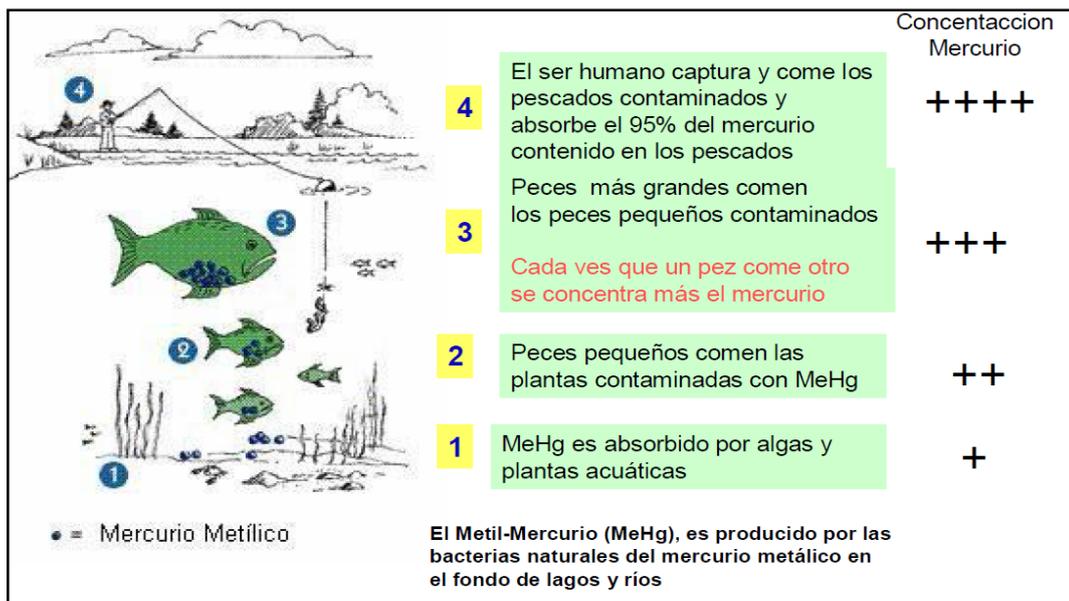
• *Afecta el:* Sistema Nervioso (Cerebro, Nervios, Visión)

- ✓ Sistema Inmunológico
- ✓ Sistema Cardiovascular (Corazón, Circulación)

• *Síntomas incluyen:*

- ✓ Temblores en las manos
- ✓ Problemas con la visión
- ✓ Problemas con el oído
- ✓ Problemas con el habla
- ✓ Problemas con el equilibrio
- ✓ Problemas con los riñones e hígado
- ✓ Problemas Digestivos

Figura 1. Concentración de Mercurio en la Cadena Alimenticia Acuática



Fuente: (Fernández & González, 2009).

La mayoría de los síntomas no se ven inmediatamente, sino después de años de exposición prolongada (Fernández & González, 2009).

En la actualidad muchos de los productos elaborados con mercurio orgánico han dejado de ser producidos, sin embargo la preocupación más importante es la presencia del metilmercurio en pescados y mariscos, como consecuencia de las emisiones antropogénicas y no antropogénicas de este contaminante, los efectos por exposición a mercurio orgánico e inorgánico tienen manifestaciones comunes y específicas, pero en general los efectos por la exposición por inhalación son: dificultad respiratoria (Disnea), hinchazón de labios y paladar, caries en las piezas dentales, enrojecimiento de encías, salivación excesiva, desórdenes gastrointestinales, incapacidad de coordinar los movimientos musculares voluntarios (Ataxia), pérdida de control en los movimientos de las extremidades, dificultades para hablar, fallas en la memoria, temblores.

Efectos por ingesta de metilmercurio se documentan en dos casos ampliamente conocidos; el ocurrido en la bahía de Minamata, Japón donde la población se alimentaba con pescado contaminado con metilmercurio y el ocurrido en Iraq por la ingesta de semillas tratadas con metil y etilmercurio: en los que se observaron muerte para la gente expuesta a niveles cuyas concentraciones se expresaron en el rango de 10 a 60 mg/kg, así como neumonía, enfermedad no isquémica del corazón y seria afectación al sistema nervioso central, además bronconeumonía, alveolitos edematosos, alteraciones del ritmo cardiaco, gastritis, falla renal, dermatitis, gingivitis, delirio, coma, polineuropatías y fallas respiratorias. (ATSDR, 1999)

El metilmercurio afecta sensiblemente el desarrollo fetal e infantil, cuyas manifestaciones ocasionan daño en el cerebro, expresadas en retardo mental y afectación de la motricidad. (ATSDR, 1999)

1.4. TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO

El metilmercurio encontrado en los alimentos se absorbe casi en su totalidad en la corriente sanguínea y se disemina en todos los tejidos en alrededor de cuatro días. Sin embargo, no se alcanzan los máximos niveles en el cerebro hasta los 5-6 días.

Dentro del organismo, el metilmercurio se transforma en mercurio inorgánico. Estudios realizados en seres humanos después de la ingestión oral de dosis elevadas de metilmercurio durante dos meses, encontraron los siguientes datos sobre su distribución

en tejidos como mercurio inorgánico: sangre, 7%; plasma, 22%; leche materna, 39%; orina, 73% e hígado, 14-40%. (IPCS, 1994)

La excreción de mercurio en animales y seres humanos está directamente relacionada con el peso corporal y tienen una duración media biológica de 39-70 días (con un promedio de 50 días) en humanos que consumen pescado como parte de su dieta habitual. Las hembras en estado de lactancia presentan una vida media para la excreción de mercurio significativamente más baja. La duración media del mercurio en cabello es similar a la de la sangre, pero presenta variaciones más amplias (35-100 días, con promedio de 65 días). (IPCS, 1994)

En el caso de una exposición continua se predijo, que le tomaría aproximadamente un año para que el cuerpo se regule y logre excretar la misma cantidad que ingiere y que la máxima cantidad acumulada sería de 100 veces la ingestión diaria promedio. Los valores promedio de referencia por mercurio total en medios utilizados como indicadores son: sangre, 8 ug/L; cabello, 2 ug/g; orina, 4 ug/L y placenta, 10 ug/kg de peso húmedo. Se ha observado que existe una relación directa entre los niveles de mercurio en sangre y la cantidad de pescado ingerido.

En comunidades donde existe un consumo prolongado de 200 ug de mercurio en sangres de 200 ug/L y en cabello de 50 ug/g. (IPCS, 1994).

1.4.1. Fuentes más Frecuentes de Liberación de Mercurio al Ambiente

El mercurio es una neurotóxica muy potente, que interfiere con las funciones cerebrales y del sistema nervioso. Constituye una amenaza para la salud tanto en estado puro (el elemento metálico mercurio), el líquido utilizado en muchos termómetros y como en sus compuestos, siendo especialmente peligrosa la forma orgánica denominada metilmercurio presente en el pescado. Los grupos de población más vulnerables son las mujeres embarazadas (puesto que afecta al feto) y los niños pequeños. El cerebro de un niño se desarrolla durante los primeros años de vida y el mercurio interfiere en el desarrollo de sus conexiones neurológicas, cruciales para un sistema nervioso sano. Niveles altos de exposición prenatal o infantil al mercurio pueden ocasionar retraso mental, parálisis cerebral, sordera o ceguera.

En adultos, el envenenamiento por mercurio puede causar pérdida de memoria, temblores, pérdida de visión e insensibilidad en los dedos de manos y pies, y puede tener efectos adversos sobre la fertilidad y la presión arterial. Cada vez existe evidencia mayor de que la exposición al mercurio puede contribuir también a enfermedades del corazón en personas adultas. (Jyrki & Virtanen, 2005)

La liberación de mercurio a causa de la actividad humana ha hecho que sus niveles aumentasen enormemente durante los últimos dos siglos en el ambiente global, suponiendo un riesgo cada vez mayor para la salud humana vía cadena alimentaria. Como resultado, este contaminante constituye actualmente una amenaza para la gente de todos los continentes, superando en varios peces y mamíferos marinos los niveles considerados seguros y amenazando la viabilidad de algunas poblaciones silvestres. En Suecia por ejemplo, el 50% de los 100.000 lagos del país albergan peces que sobrepasan los límites de mercurio recomendados por la Organización Mundial de la Salud; un 10% de los lagos presentan niveles de más del doble del máximo recomendado.

El 93% de las mujeres del este de Groenlandia y un 68% de la región de Baffin en Nunavut (Canadá) tienen niveles de mercurio en sangre que superan el límite recomendado por el gobierno para proteger al feto de daños neurológicos. (Assadoriam & Bender, 2006)

El Ártico especialmente es un punto caliente de mercurio, actuando como «sumidero» gigante del contaminante que circula por la atmósfera terrestre. En los predadores, como focas, ballenas dentadas y osos polares, las concentraciones de mercurio son muy elevadas y están aumentando. En algunas zonas de Canadá y de Groenlandia, por ejemplo, los niveles detectados en focas se han multiplicado por un factor de hasta cuatro durante los últimos 25 años. (Skov, 2004)

Los investigadores han identificado tres factores de la contaminación elevada en el Ártico: la semivolatilidad del mercurio, que favorece su condensación en regiones frías a medida que circula por el planeta; el «amanecer polar» al final de la prolongada noche ártica, que provoca una reacción fotoquímica única en sustancias químicas emitidas por el mar (bromo y cloro), originando una impresionante liberación de mercurio reactivo en el medio ártico; y las aves marinas, que según parece transportan a la zona cantidades

significativas de mercurio, que se concentra en los depósitos de guano de sus colonias de cría. (Kodaikanal & Nadu, 2005)

La fuente de contaminación por mercurio más reconocida es posiblemente la combustión de carbón para generar electricidad. El mercurio es un contaminante presente de forma natural en el carbón, que se libera al quemarlo, bien sea en las centrales térmicas y en la industria o en las viviendas a menor escala. Una investigación reciente sugiere que la combustión de carbón puede ser responsable de hasta dos terceras partes de las más de 2.000 toneladas declaradas anualmente de emisiones antropogénicas de mercurio a la atmósfera (Cohen, 2005).

1.4.1.1. Naturales

El mercurio puede ser introducido al ambiente a partir de fuentes naturales como consecuencia de su gasificación en depósitos minerales, de las emisiones de fuentes geotérmicas, de su volatilización en el suelo, de las actividades volcánicas, de los sismos, de la foto reducción de mercurio divalente en el agua, y de la transformación biológica de mercurio inorgánico en orgánico.

Las fuentes naturales de contaminación por mercurio liberan anualmente a la atmósfera unas 2.000 toneladas, cerca de la tercera parte del total global estimado. (Meili, 2005)

1.4.1.2. Antropogénicas

Ya que el carbón puede contener cantidades traza de mercurio en forma natural (0.04-0.7 mg/kg), los procesos de combustión en los cuales se le emplea (como las carboeléctricas, los hornos industriales y comerciales o las estufas y calentadores domésticos) se encuentran entre las fuentes importantes de emisión de este metal al aire. También se sabe que el petróleo puede llegar a contener mercurio aunque existe incertidumbre acerca de la contribución que su combustión tiene en las emisiones al aire, en la Unión Europea se estima que al inicio de 1990 las emisiones a partir de esta fuente pudieron ser de alrededor de 2.4 a 24 toneladas. Una fuente adicional de emisiones de mercurio a la atmósfera deriva de los procesos relacionados con los metales no ferrosos, sin embargo, en uno y otro caso la introducción de tecnologías aplicadas a los flujos de gases para eliminar el mercurio han reducido grandemente tales emisiones, pero al mismo tiempo han contribuido a generar desechos sólidos conteniendo este metal.

Las plantas que producen gas cloro y sosa cáustica se encuentran entre las fuentes importantes de emisiones al aire, descargas al agua y generación de residuos sólidos conteniendo mercurio, por ejemplo, en la Comunidad Europea y Escandinavia se estima que en 1992 este tipo de industria desechó 100 toneladas de residuos conteniendo mercurio, emitió 17 toneladas de mercurio al aire y 3.5 al agua, lo cual significó una reducción en comparación con años anteriores debido a la introducción de medidas de control. Otras fuentes de emisiones incluyen la industria del hierro y el acero (en donde el mercurio puede estar presente en la chatarra metálica, por ejemplo en los equipos eléctricos de automóviles), la industria de los fertilizantes (en la que se libera durante la producción de ácido sulfúrico y fosfórico), y en la industria de cemento (en sus desechos sólidos).

No menos importante es la contribución de la minería y la fundición de metales a la contaminación ambiental por mercurio, o la de los procesos de beneficio de oro en los que se utiliza este metal (SEMARNAP, 1996).

Tabla 3. Fuentes Antropogénicas del mercurio

Componente	Descarga en % del total			
	Aire	Agua	Tierra	Total
Producción (soda caustica y cloro)	2,0	1,1	16,8	19,9
Procesamiento de material (abono para ganado, asfalto)	0,7	0,2	2,5	3,4
Minería: extracción y refinación (refinación de oro y de mercurio)	4,0	0,2	0,2	4,4
Quemado de combustibles (carbón, aceite y gas natural)	7,3	0,0	0,6	7,9
Consumo (baterías, pinturas, instrumentos)	14,6	8,8	46,0	64,4
Total	28,6	5,3	66,1	100,0

Fuente: Magos, 1988.

1.4.1.3. Mineras

Las diversas formas de explotación minera constituyen una fuente de contaminación que, en ocasiones, puede llegar a niveles significativos. Dependiendo de los métodos, equipos, minerales, volúmenes y disposición de los materiales estériles o relaves, afectan el suelo, el aire y el agua, por separado o en forma combinada.

El agua es el receptor último de todos los agentes físico-químicos que se distribuyen por el aire o sobre el suelo. En muchas ocasiones es también objeto de descargas directas de los desechos producidos durante la explotación o de los producidos por ésta, más los que se generan durante los procesos de beneficio: transporte, trituración, molienda, fundición o refinación. De esta manera cuerpos de aguas corrientes y por supuesto las zonas de encuentro entre las aguas terrestres y el mar, son afectados por la industria extractiva.

Al agua concurren sedimentos inertes y muy estables en términos químicos transportados en tamaños de grano muy variables: desde tamaño limo, hasta arenisca fina, por el viento y depositados por gravedad, también productos tales como metales pesados, mercurio, cianuro, aguas ácidas, sulfatos, carbonatos.

Elementos como el mercurio son característicos de zonas de minería artesanal y de sobrevivencia, tales como en la costa pacífica colombiana, en el sector de Zaruma y Portovelo en el Ecuador y en la sierra Peruana. Datos empíricos hablaban desde hace diez años de un considerable tonelaje de cianuro que se vierte en Bolivia y Perú sobre los ríos de la cuenca Amazónica, por productores de oro. Este mineral, cuando es explotado mediante el uso de dragas o de monitores, aporta considerables cantidades de sólidos en suspensión, que de manera irremediable van a terminar en las zonas costeras.

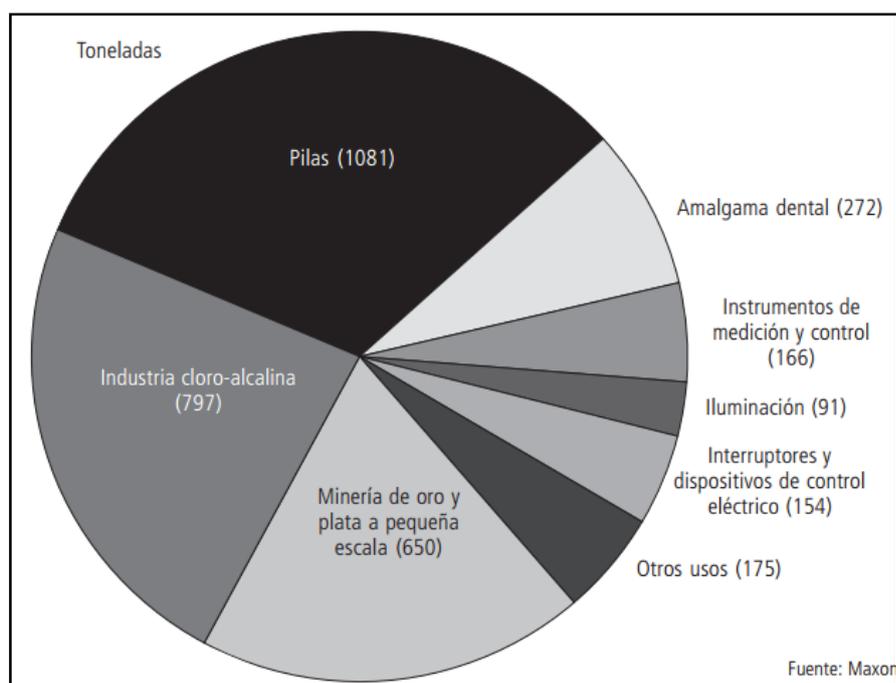
Una vez depositados los contaminantes en el mar, estos afectan de diversas formas: cambian la luminosidad de las aguas, alteran la temperatura, acidifican las aguas, con lo cual alteran el ciclo biológico y por ende el ecosistema.

No se puede olvidar que los aportes contaminantes son vertidos tanto en forma de solución como en suspensión, esta última permite una separación y manejo (Escobar, 2002).

1.5. INVENTARIO GLOBAL DEL USO Y LIBERACIÓN DE MERCURIO

En todo el mundo se utilizan unas 3.000 o 4.000 toneladas de mercurio en diversos productos comerciales y procesos industriales. Los usos más importantes son la fabricación de pilas, la industria cloro alcalina (que fabrica cloro y sosa cáustica a partir de salmuera) y la minería artesanal de oro a pequeña escala; estos tres usos representan hasta las dos terceras partes del total mundial como se muestra en la figura 2. El mercurio tiene también otras aplicaciones importantes, encontrándose en interruptores y relés, en instrumentos de medición y control y en amalgamas dentales. Aunque se conoce con bastante precisión la cantidad de mercurio utilizada en estos productos, no se dispone de una estimación exacta de las emisiones que se derivan de la mayoría de estos usos. (Assadoriam & Bender, 2006).

Figura 2. Consumo mundial de mercurio en el año 2000



Fuente: (Assadoriam & Bender, 2006).

Las pilas representaban casi la tercera parte del uso mundial de mercurio en el año 2000.

Las pilas de óxido de mercurio (utilizadas todavía mayoritariamente en aplicaciones militares, médicas y otras) contienen entre un 33 y un 50% de mercurio en peso, empleando el óxido de mercurio como electrodo.

Para todas las aplicaciones prácticamente existen en la actualidad pilas de bajo contenido en mercurio que utilizan este metal sólo para evitar la formación de gas hidrógeno, así como pilas sin mercurio. Sin embargo, todavía podemos encontrar cantidades importantes de mercurio en las pilas botón y en otras, dependiendo del tipo y diseño. Incluso las pilas alcalinas corrientes pueden contener todavía cantidades sorprendentes de mercurio, especialmente las producidas en fábricas antiguas, aunque se tiende a sustituirlas por modelos sin mercurio. (Assadoriam & Bender, 2006)

La Unión Europea (UE) y Estados Unidos, entre otros países, limitaron estrictamente hace algunos años el contenido de mercurio permitido en las pilas alcalinas y prohibieron las pilas botón de óxido de mercurio debido a su alto contenido de este metal tóxico. Estados Unidos permite en la actualidad un contenido de mercurio de hasta 25 miligramos por pila botón, y Europa de hasta el 2% de su peso. Sin embargo, las estadísticas de comercio indican que China produce y exporta todavía decenas de millones de pilas de óxido de mercurio de todos los tamaños. La fabricación China de pilas de mercurio para uso interno y para exportación sigue teniendo un gran potencial para esparcir mercurio por todo el mundo. (Galligan, 2003)

La descarga eléctrica provoca una reacción química, favorecida por la presencia del mercurio, que hace que se separe el sodio de los iones de cloro en las moléculas de sal, produciendo cloro gaseoso y sosa cáustica (hidróxido de sodio). (Galligan, 2003)

El mercurio se escapa de la industria cloro-alcalina fundamentalmente a través de sus emisiones a la atmósfera y de unas prácticas de gestión de residuos muy permisivas. En el proceso de fabricación se alcanzan temperaturas relativamente altas, lo que favorece la liberación de mercurio en válvulas y collarines, especialmente en caso de avería o durante las operaciones de mantenimiento de instalaciones antiguas o con un mantenimiento deficiente. Este tipo de emisiones son invisibles y no huelen, detectándose únicamente con equipos de vigilancia especiales.

Sin embargo, las grandes cantidades de mercurio (cientos de toneladas) que la industria requiere todos los años para reponer el mercurio perdido en las células electrolíticas constituyen una clara evidencia de estos vertidos, pues son cantidades considerablemente superiores a las eliminadas como residuos del proceso. (Galligan, 2003).

Diversos artículos de uso habitual, como termostatos, cocinas de gas y equipos de bombeo llevan un sinnúmero de dispositivos que contienen mercurio, entre otros interruptores de flotación, de inclinación y de presión o sensores de llamas. Hasta su eliminación progresiva, en Europa y en Estados Unidos se utilizaban millones de interruptores de mercurio para activar las luces de la capota y del maletero de los automóviles. También contiene mercurio una gran variedad de instrumental médico y de medición, como termómetros (para la fiebre y de laboratorio), esfigmomanómetros (para medir la presión arterial), barómetros y medidores de corriente. Se calcula que en el año 2000 se utilizaban en total unas 320 toneladas de mercurio para este tipo de aplicaciones en todo el mundo. (Galligan, 2003).

Durante la fabricación de estos artículos también puede liberarse mercurio, como en el caso de las pilas, y en los procesos de eliminación o recuperación una vez desechados. Este metal tóxico se libera de interruptores y relés sobre todo cuando los productos que los contienen se funden para recuperar el acero.

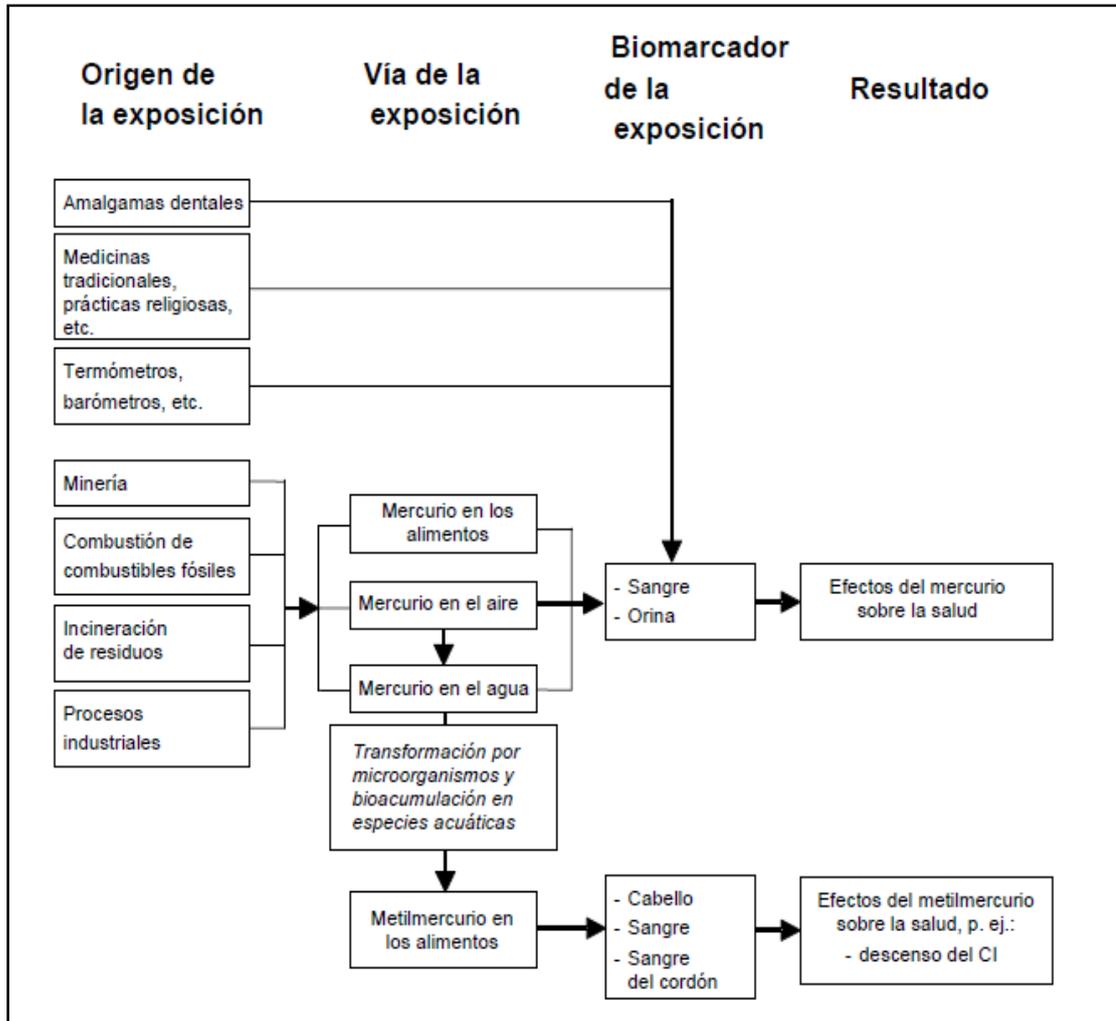
A su vez, el mercurio utilizado en odontología es liberado al eliminar las basuras o desechos y a través de las aguas residuales de las consultas, que pueden arrastrar o llevar mercurio en disolución no capturado por los dispositivos de recuperación. También en la incineración de los lodos de aguas residuales y eventualmente en el proceso de cremación de fallecidos con empastes de plata. (Kodaikanal & Nadu, 2005).

Existen finalmente otras aplicaciones dignas de mención, por constituir una fuente importante de exposición humana, aunque sea pequeño el volumen de mercurio utilizado. Una de ellas son los jabones y cremas para aclarar el color de la piel, muy populares en muchos países africanos, sudamericanos y asiáticos. Se ha detectado una importante contaminación por mercurio en las mujeres que utilizan estos productos, pudiendo sufrir reacciones cutáneas agudas así como enfermedades de riñón y neurológicas. (No todos los productos para aclarar la piel contienen mercurio como ingrediente activo; muchos productos en el mercado utilizan en su lugar hidroquinona). Otra fuente importante de exposición en algunas comunidades es la utilización ritual del mercurio, esparciendo este metal tóxico por la vivienda, práctica difundida en algunas culturas hispanas. (Harada, 2001)

1.6. MARCO DE LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO

Es importante identificar todas las fuentes de mercurio, ya que pueden ser significativas entre los individuos expuestos. En la figura 3 se resumen las vías frecuentes de exposición al mercurio (Poulin & Gibb, 2008).

Figura 3. Marco de la exposición al mercurio



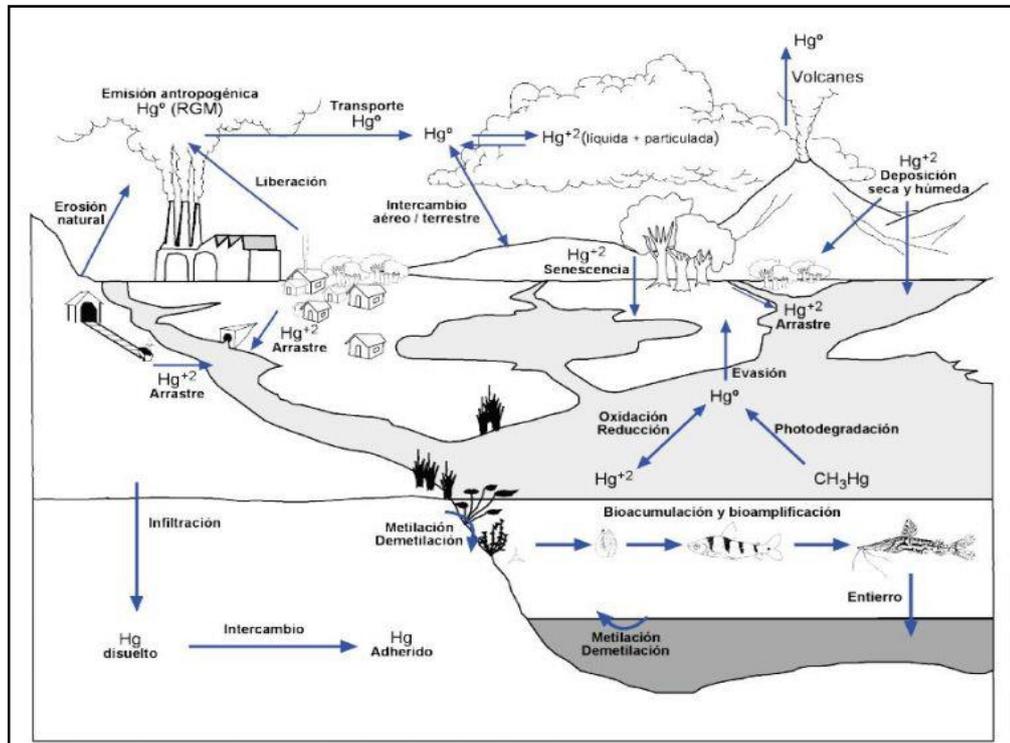
Fuente: (Poulin & Gibb, 2008).

1.7. CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL MERCURIO

El ciclo del mercurio (Hg) se refiere a los múltiples y complejos intercambios entre la hidrósfera, atmósfera, biosfera, pedósfera y litosfera, entre diversos estados físicos (sólido, líquido o gas), y diferentes especies químicas (inorgánica, orgánica, reducida u oxidada), que controlan su origen y destino. La concentración del Hg en la atmósfera es muy baja (1-2 ng.m³), y la disponibilidad de la masa de Hg en la atmósfera es amplia.

La estimación de emisión de Hg en la atmósfera es de aproximadamente 3 000 toneladas/año con un tiempo de residencia de aproximadamente un año (Molina, Sánchez, Achá, Benefice, & Remy, 2010).

Figura 4. Ciclo Biogeoquímico del Mercurio



Fuente: (Molina, Sánchez, Achá, Benefice, & Remy, 2010).

Para comprender el ciclo del mercurio, es necesario entender su comportamiento en la atmósfera, la hidrosfera y el suelo, así como los mecanismos de liberación del mismo ya sea por aportes naturales asociados a yacimientos metálicos, emanaciones corticales o por fuentes de origen antrópico. (Morell & Hernandez, 2000)

1.7.1. Mercurio en los Ambientes Acuáticos.

El mercurio metálico y otros compuestos inorgánicos de mercurio pueden producir serios problemas en la salud, pero la forma más peligrosa es el metilmercurio orgánica.

Este tipo de mercurio puede ser producido biológicamente en medio ambientes acuáticos, incluidas las represas hidroeléctricas. El mercurio metálico se acumula en el fondo de las represas, desprovisto de oxígeno, de donde las bacterias lo transforman en metilmercurio biodisponible, que pasa a través de la cadena de alimentación, bioacumulándose finalmente en los peces. (PNUMA, 2009)

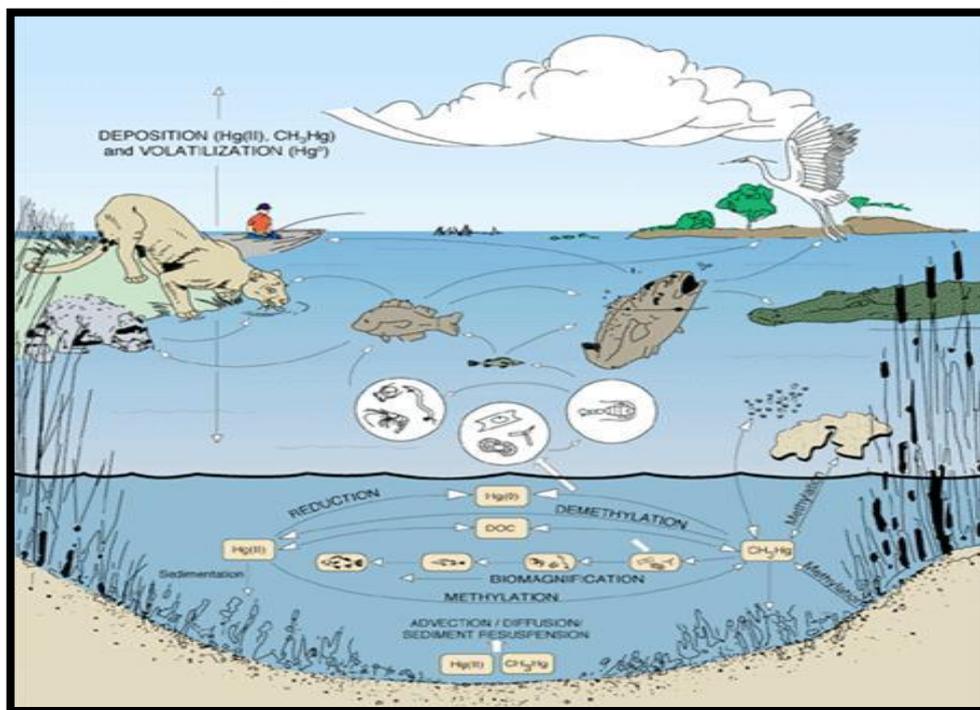
1.7.2. Biotransformación y Biomagnificación

En el medio ambiente acuático, el mercurio inorgánico es depositado en los sedimentos y es convertido principalmente en metilmercurio (MeHg) por acción bacteriana por un proceso de biometilación, aumentando de esta manera su biodisponibilidad para la biota acuática.

Las bacterias que contienen MeHg son consumidas por el nivel inmediatamente superior en la cadena alimentaria, el plancton, que son también consumidos por el siguiente nivel en la cadena trófica. De esta manera, los animales consumen una mayor concentración de mercurio en cada uno de los niveles sucesivos de la cadena alimentaria. Por lo tanto, pequeñas concentraciones ambientales de MeHg pueden acumularse fácilmente a concentraciones potencialmente nocivas en peces, la fauna piscívora y seres humanos.

Los niveles más altos se presentan en los peces carnívoros de gran tamaño tanto de agua dulce como de agua salada. El MeHg constituye aproximadamente un 75% del mercurio total de los pescados de agua marina y cerca del 90% de los de agua dulce (Castro, 2011).

Figura 5. Bioacumulación del mercurio



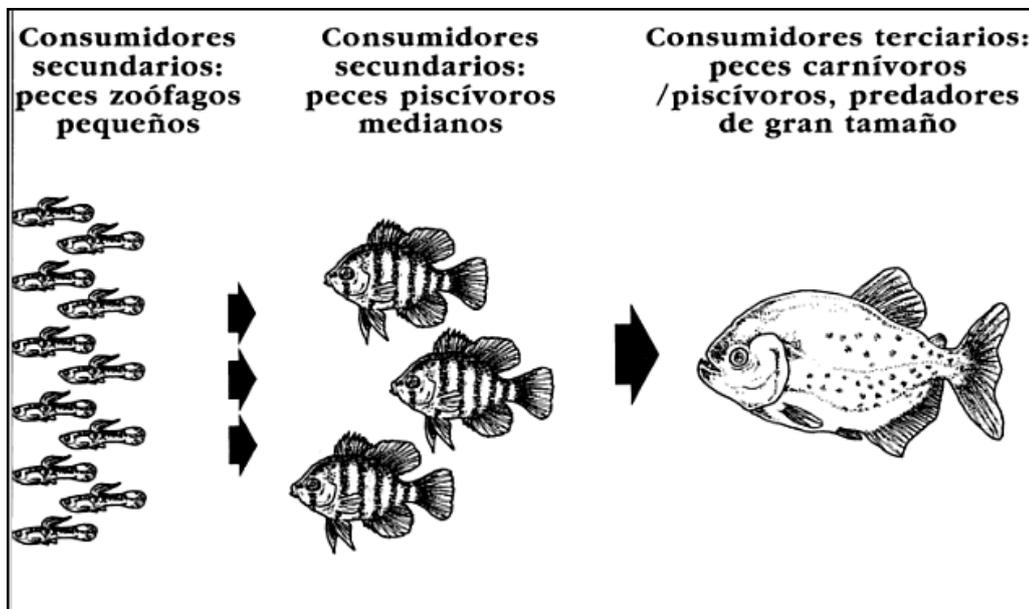
Fuente: Gutiérrez Myriam. Departamento de Toxicología-Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia.

1.7.3. Cadena Alimentaria Acuática

El ecosistema del mundo acuático está formado por un mosaico de biocenosis, cada una de las cuales pertenecen a un bioma determinado que se reconoce por la fisonomía particular de su formación vegetal, primer eslabón de la cadena alimentaria (o niveles tróficos). (Teton, 2003)

Los innumerables organismos acuáticos o marinos integrados en una biocenosis están vinculados entre sí por esta cadena alimentaria, según el esquema simplificado a continuación:

Figura 6. La cadena alimentaria acuática simplificada



Fuente: Teton, 2003.

Los componentes de la cadena alimentaria se clasifican en varios grupos de organismos que se comen unos a otros antes de ser a su vez comidos. Esta jerarquía piramidal está compuesta por dos niveles:

Los productores.- Agrupados en el fitoplancton (organismos vegetales microscópicos). A partir de la luz solar, el gas carbónico y los minerales, elaboran glúcidos, los prótidos y los lípidos indispensables en la vida de los consumidores.

Los consumidores.- Que se nutren de los productores. El grupo de los consumidores se divide en:

- **Consumidores primarios.-** Organismos vegetarianos que componen el zooplancton;
- **Consumidores secundarios.-** Representados por los peces planctónicos fagos y zoófagos de pequeño tamaño.
- **Consumidores terciarios.-** Que son los grandes predadores piscívoros y carnívoros.

El ordenamiento que reina en el seno de un ecosistema parece elemental; pero, en realidad los diversos y cambiantes seres que le componen viven cada uno su vida. Colocados uno a lado del otro, luchan o se asisten entre ellos, se enfrentan o se ayudan entre sí, manteniendo, en definitiva, el conjunto más allá de sus conflictos y de sus alianzas. Un acuerdo mutuo ordena su diversidad, y una armonía suprema dirige todo este sistema en su dinamismo, perennidad y utilidad. De este modo, en un ecosistema, la verdadera condición de animales y plantas se expresa a través de las relaciones que contraen entre ellos y con los distintos medios que los rodean (luz, temperatura, alimento, factores físicos-químicos y edáficos que son los factores abióticos ligados al suelo y que representan un importante papel en el reparto de los seres vivos.).

Sin embargo, debemos saber que los ciclos piogénicos instaurados en un ecosistema no están Fijados de manera inmutable. En el curso de las estaciones o los años, y de una a otra localidad, se producen a veces cambios notables en la población habitual. Algunas especies, hasta entonces escasas, se hacen más numerosas, duran así un cierto tiempo, y después disminuyen hasta volver a su antiguo estado mientras que otras van ocupando su lugar. La causa de estos cambios está ligada a la transformación de la cadena alimentaria, que ha modificado la variedad y la cantidad de masa alimentaria. En resumen, la proporción de especies bien determinadas que contiene una localidad está en función directa de la masa aprovechable y suficiente de los alimentos que este ecosistema puede proveer, y sólo se mantiene bajo esta condición. Cuando se introduce una especie nueva una zona ya poblada, bien sucumbe a la larga en el conflicto o se convierte en supernumerario (según sus medios y su poder de actividad vital), bien vence eliminando progresivamente las especies autóctonas peor dotadas. (Teton, 2003)

Los peces lo bioconcentran fácilmente (a través del agua o de los componentes de la cadena alimentaria) a niveles muy altos debido a que la acumulación es rápida y la eliminación es lenta.

Cuando la concentración en el tejido de los organismos se aproxima al estado estable la velocidad neta de acumulación disminuye ya sea por reducción en la velocidad de absorción (debido a la inhibición del transporte a través de la membrana) o por un incremento en la velocidad de depuración quizás debido a la saturación de los sitios de almacenamiento o por ambas causas (Smocovich, 2000).

1.8. PESCADO CONTAMINADO CON MERCURIO

El mercurio, es extremadamente tóxico. En cantidades elevadas es altamente teratogénico. En el desastre de la Bahía de Minimata en Japón (1953-1960), ciento once personas murieron y muchos más niños nacieron con deformidades después de que sus padres comieran pescado contaminado con mercurio vertido por una fábrica de plásticos local. Lamentablemente, debido a la polución, el pescado es una de las principales fuentes de mercurio. Cuando más grandes y pesados, mayor es la acumulación (hasta nueve millones de veces la cantidad que se encuentra en el agua) siendo probablemente, el atún el más contaminado. Una de cada doce mujeres americanas en edad fértil tiene niveles peligrosos de mercurio en la sangre como consecuencia de consumir pescado (Holford & Lawson, 2005).

La ingesta media de mercurio a través de los alimentos se estima por el Comité Mixto FAO/OMS, inferior a los 20 microgramos/día principalmente en forma de metilmercurio. El propio Comité estima que no hay riesgo para la salud humana por esta ingesta. El contenido de mercurio en los alimentos, con exclusión del pescado, oscila entre 3 y 20 microgramos /kg, y en muy raras ocasiones supera los 60 microgramos/kg. En los peces de agua dulce se citan valores entre 200-1000 microgramos/kg con la mayor parte de valores entre 200-400 $\mu\text{m}/\text{kg}$.

En los peces oceánicos los valores se sitúan entre 0-500 microgramos/kg, con la mayoría de los valores en torno a los 150 microgramos/kg. La excepción a esta norma son las especies predadoras (pez espada, atún, hipogloso), que presentan valores entre 500 y 1500 $\mu\text{m}/\text{kg}$ (Academia Nacional de Medicina Colombia, 2006).

El mercurio en los peces predomina en la forma de metilmercurio y las variaciones que se observan en cuanto a los contenido, están condicionadas por la especie ictícola, la ubicación geográfica, la edad, peso, contenido graso y sexo.

En las intoxicaciones masivas que acaecieron en Japón (ingesta de pescado contaminado), los valores que se reportaron fueron del orden:

Valor medio de mercurio en peces..... 11.000 µg/Kg

Valor máximo de mercurio en peces..... 25.000 µg/kg.

El pescado azul como el atún es una valiosa fuente de ácidos grasos, omega-3. La tabla siguiente enumera pescados de agua fría y su relación entre omega-3 y mercurio. Evidentemente, los mejores pescados son aquellos que tienen la mayor cantidad de omega-3 y la menor cantidad de mercurio. Puede haber cantidades significativamente inferiores de omega-3 en los salmones de criadero comparados con los salmones salvajes debido a que la cantidad de ácido graso esencial depende, en gran medida, de la calidad de su dieta. (Holford & Colson, Nutrición Óptima para la mente del Niño, 2006).

Tabla 4. Pescados de agua fría y su relación entre omega-3 y mercurio

Especies de pescados	Omega-3 g g/100	Mercurio Mg/kg	Omega-3/ mercurio
Salmón fresco salvaje	2,7	0,05	54,0
Sardinias en lata	1,57	0,04	39,3
Salmón en lata y ahumado	1,54	0,04	38,5
Caballa fresca	1,93	0,54	35,7
Arenque ahumado	1,31	0,04	32,8
Trucha	1,15	0,06	19,2
Bacalao	0,25	0,11	2,3
Lenguado fresco	0,1	0,05	2,0
Atún en lata	0,37	1,1	1,8
Marlín	2	1,1	1,8
Pez espada	2	1,4	1,4

Fuente: (Holford & Colson, Nutrición Óptima para la mente del Niño, 2006).

Como se indicó anteriormente, el mercurio entra por lo general en las masas de agua al caer en forma directa desde el aire y a través del drenaje de los suelos contaminados con mercurio.

El metilmercurio parte desde el fondo de la cadena alimentaria y luego se acumula y biomagnifica a medida que los organismos más grandes se comen a los más pequeños.

Como resultado de esta biomagnificación, la concentración de metilmercurio en algunas especies de peces puede alcanzar niveles cercanos a un millón de veces 106 más grande que la concentración de base del mercurio en el agua en que viven los peces.

La contaminación de las masas de agua con mercurio es muy amplia. Las masas de agua ubicadas a sotavento o más abajo de fuentes altamente contaminantes con mercurio, como las grandes carboeléctricas, los hornos de cemento, las minas, los vertederos, las plantas de cloro-álcali, las fábricas de celulosa y papel y otras grandes fuentes industriales, a menudo tienen niveles especialmente altos de contaminación por mercurio. Sin embargo, incluso en el Ártico, en lugares muy alejados de cualquier fuente importante de contaminación, los investigadores encontraron numerosas comunidades en donde la ingestión diaria de mercurio excede las directrices establecidas a nivel nacional, y hallaron evidencias del daño resultante en el sistema nervioso de los niños y efectos conductuales relacionados. Un estudio de la Encuesta Geológica de Estados Unidos (USGS) tomó muestras de peces depredadores en los arroyos de 291 localidades a lo largo de todo el país.

Los investigadores encontraron presencia de mercurio en cada uno de los peces de la muestra, y el 27 por ciento de la muestra excedía el criterio de la EPA para la salud humana de 0,3 microgramos de metilmercurio por gramo de peso húmedo muchos gobiernos difunden recomendaciones, directrices, o límites legales para la cantidad máxima de mercurio y/o metilmercurio que debe permitirse en los pescados que se venden en el mercado. Sin embargo, no todas las directrices establecidas son de cumplimiento obligatorio y muchas ONG señalan que son demasiado permisivas como para proteger adecuadamente la salud pública.

La Comisión del Codex Alimentaria de un organismo establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud para establecer normas de inocuidad de los alimentos reconocidas

internacionalmente fijó niveles guía de 0,5 microgramos de metilmercurio por gramo en peces no depredadores y de 1 microgramo de metilmercurio por gramo en peces depredadores.

La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) fijó un nivel de acción de 1 microgramo de metilmercurio por gramo en peces y mariscos sustancialmente más alto que el criterio de la EPA para la salud humana. La Comunidad Europea permite 0,5 microgramos de metilmercurio por gramo en los productos pesqueros, con algunas excepciones).

Japón permite hasta 0,4 microgramos de mercurio total por gramo, o 0,3 microgramos de metilmercurio por gramo en los peces. En general, los grandes peces depredadores tienen los niveles más altos de metilmercurio en sus tejidos; los peces más grandes y los peces de más edad tienden a estar más contaminados que los peces pequeños y los peces más jóvenes. El metilmercurio en los peces está unido a la proteína del tejido más que al tejido graso. Por lo tanto, recortar la grasa y quitar la piel del pescado contaminado con mercurio no reduce el contenido de mercurio de la porción de filete. La cocción tampoco reduce el nivel de metilmercurio del pescado (Weinberg, 2007).

1.9. VARIEDADES DE PESCADO CONSUMIDO EN PUERTO BOLÍVAR – MACHALA

En la provincia de El oro y en especial el cantón Machala el pescado es un alimento muy apreciado. La excelente calidad de este alimento básico y sus variedades comerciales presentes en el mercado local hacen que sea muy bien aceptado por consumidores de todas las edades y circunstancias. Esta aceptación es, en buena parte, responsabilidad de la tecnología que ha permitido el desarrollo de nuevos productos (ciertos platos preparados o precocinados, surimi, etc.) y el acceso amplio y asequible a aquellos productos más tradicionales (congelados, refrigerados).

Las consideraciones relativas a la salud tampoco son ajenas a este éxito del pescado: una buena parte de los consumidores lo valoran como un alimento digestivo, nutritivo y saludable tanto para personas sanas como para aquellas aquejadas de algún tipo de patología (Instituto de Salud Publica, 2005).

1.9.1. La Tilapia (*Oreochromis sp*)

Es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia *Cichlidae* originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente.

Actualmente se cultivan con éxito unas diez especies. Como grupo las tilapias representan uno de los peces más ampliamente producidos en el mundo. Las especies más cultivadas son y así como varios híbridos de estas especies. La menos deseable es a pesar de que fue la primera especie en distribuirse fuera de Africa; tanto como crecen más rápido y alcanzan mayor tamaño que aunque requieren mayor tamaño para su reproducción. La tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas partiendo de las cuatro especies más importantes del género.

Las especies parentales del híbrido son: *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*. Por estar emparentadas entre sí, sus comportamientos reproductivos y alimenticios son similares (Nicobita, 2012).

1.9.2. El Mero (*Epinephelus sp*)

El mero es un pez que es especial por sus características de las partes óseas y cartilagosas que cuando se hierve forma gelatina y da sabor a su caldo en especial para fondo de salsas de pescados o como caldo para agregar a las paellas o arroz con mariscos o para sopas. El rendimiento en carne es muy poco aproximadamente el 35 % para sacar filetes, pero sepamos que es una carne de excelente calidad que se adapta a distintas formas de cocción, a la plancha, al vapor, cazuelas, a la crema. Es una carne blanca de excelente sabor y calidad.

Cuerpo fusiforme y robusto, pedúnculo caudal grueso y alto. Escamas relativamente pequeñas cubren todo el cuerpo y las bases carnosas de la dorsal blanda y de la anal. Línea lateral desde el ángulo superior del opérculo a lo largo de todo el cuerpo, siguiendo el perfil superior del mismo. Cabeza grande, comprendida unas tres veces en

la longitud total. Boca con leve prognatismo inferior cuyo extremo posterior no alcanza el nivel del borde posterior de los ojos.

Narinas pequeñas, próximas a los ojos, que están contenidos unas cinco veces en la longitud de la cabeza. Preopérculos con el borde aserrado. El borde de los opérculos presenta tres espinas, sin crestas. Una sola aleta dorsal, que nace ligeramente por delante del borde posterior del opérculo, tiene dos porciones bien diferenciadas: la anterior, con 12-13 radios espinosos conspicuos y la posterior, con radios blandos solamente. Caudal truncada. Aleta anal de base pequeña, se inicia con tres espinas. Las ventrales nacen por detrás de la base de las pectorales.

Están constituidas por una espina y cinco radios blandos. Las pectorales se insertan debajo del borde posteroinferior de los opérculos, poseen radios blandos solamente y forma redondeada, como la porción blanda de la dorsal y la anal (DRNA, 2011).

1.9.3. La Corvina (*Argyrosomus regius*)

Pez errático, muy voraz, persigue a los bancos de mugílidos, sobre todo cerca de las costas arenosas. Puede entrar en los estuarios en busca de sus presas e incluso los jóvenes en agua dulce. Tiene la particularidad de emitir unos fuertes sonidos que se oyen a gran distancia. Se extiende por todo el mar mediterráneo. El crecimiento se lleva a cabo principalmente durante el verano y la alimentación se reduce con temperaturas del agua de 13-15 °C. Migración reproductiva: la corvina adulta se aproxima a la línea de costa a mediados de abril, para penetrar en los estuarios y realizar la puesta durante el mes de mayo (migración anádroma). Durante la época de puesta, los machos producen un típico sonido, presionando los músculos abdominales contra la vejiga, existiendo indicios de que las hembras también se comportan así. De mediados de junio a finales de Julio, abandonan las zonas esteáricas para alimentarse a lo largo de la costa. Permanecen en aguas poco profundas hasta el otoño para en invierno migrar a aguas más profundas. Los juveniles dejan las zonas de puesta al final del verano y migran a aguas costeras, donde pasarán el invierno. La temperatura es el factor más importante, ya que regula los hábitos migratorios y de reproducción de la corvina. La temperatura óptima de crecimiento se encuentra a los 17-22 °C, siendo aceptable en el rango 14-24 °C. Cada hembra pone entre 150.000 y 300.000 huevos/Kg, a 17- 22 °C, aunque en cultivo se han obtenido puestas de hasta 530.000 huevos/kg. que una vez fertilizados miden 990 µm de diámetro. Los juveniles son bentónicos y se alimentan de pequeños

peces y crustáceos. Cuando alcanzan los 30-40 cm. Comienzan a alimentarse de peces pelágicos y cefalópodos (Jacumar, 2009).

1.9.4. El Bagre (*Rhamdia sapo*)

El bagre, presenta, un cuerpo desnudo y sin escamas, tosco y macizo, vientre delgado y cuerpo comprimido lateralmente, por atrás de las aletas pélvicas es más alto y estrecho que las otras especies. Tiene una cabeza grande que representa de un 19% a un 24% de la longitud total del cuerpo, sus ojos son pequeños y una boca larga (42% en relación al tamaño de la cabeza). El labio inferior algunas veces es papiloso, presenta 4 pares de barbillas en la región de la boca (Secretaría de Pesca, 1994).

En la parte dorsal del cuerpo presenta una coloración que va de azul a negrozco al oliva con los costados plateados, posee branquiespinas largas y muy espaciadas en número de 14 a 18 normalmente; la aleta dorsal se encuentra por delante de la mitad del cuerpo, tiene radios blandos con una espina modificada y fuerte; además de una aleta adiposa, aletas pélvicas y pectorales provistas con espinas fuertes y una aleta anal con 20 o 30 radios suaves. Posee células sensoriales en todo el cuerpo con una mayor concentración de estas en los bigotes (Secretaría de Pesca, 1994). Es una especie de agua dulce que habita principalmente en ríos caudalosos, presas y lagos con aguas claras y sombreadas, fondo preferentemente de grava o arenoso.

Una característica distintiva de la especie son sus hábitos nocturnos, por lo que en el día se le encuentra en las áreas profundas de los cuerpos de agua (Secretaría de Pesca, 1994).

1.9.5. Albacora (*Thunnus alalunga*)

La albacora se caracteriza por la excepcional longitud de sus pectorales que llegan hasta más allá del extremo de la segunda dorsal, el dorso es azul oscuro, vientre plateado, con ambos colores generalmente separados por una banda de azul iridiscente. Cuerpo fusiforme que se adelgaza por detrás más bruscamente que en el atún rojo. Al contrario de los otros atunes, su carne es blanca y no roja. Se le diferencia del atún rojo porque posee una aleta pectoral más grande que la del atún común y unas rayas oblicuas de color oscuro en ambos lados de la zona dorsal.

Los atunes son pescados que admiten una gran diversidad de preparaciones culinarias, ya sea en fresco o en conserva (atún en conserva). Las tajadas o puestas que se extraen

de los mismos son variadas: rodajas, ventresca (vientre), ijada, etc. Para su consumo en fresco se preparan asados o cocinados como parte de platos populares (INEC, 2012).

Las albacoras pueden llegar a una longitud de 1 m y entre 20 y 30 kg de peso. Las aletas enormes pectorales, que se extienden hasta la línea de las pequeñas aletas que tienen detrás de las aletas dorsal y anal, distinguen el atún blanco de las demás especies. Aparecen en las aguas más cálidas y no suelen sumergirse a más de 50 m de profundidad, situándose en zonas ubicadas entre líneas isotermas que unen puntos en los que las temperaturas superan 15-16°C.

Un rasgo característico de los integrantes del género *Thunna* es que desafían el carácter heterotérmico de los peces, ya que son capaces de elevar la temperatura de sus cuerpos hasta 10-15°C por encima de la del agua en la que se encuentran. La carne de bonito es muy apreciada y valorada para la preparación de platos típicos como el encebollado.

1.9.6. La Lisa (*Mugil cephalus*)

Pez marino de cuerpo alargado, de hasta 60 cm de longitud, con las aletas provistas de radios espinosos. El dorso es de color gris oscuro, que se va aclarando hacia los flancos. Es una especie gregaria que vive en el Atlántico nororiental y en el Mediterráneo. Esp. *Chelon labrosus*. Fam. Mugílidos.

Las lisas poseen eficaces reguladores de la concentración salina interna, lo que les permite adentrarse y colonizar aguas con muy diverso contenido en sales; desde las hipersaladas (mayor concentración que el medio marino) hasta las dulces; aunque la lisa rara vez se adentra en estas últimas y manifiesta una marcada preferencia por las salobres.

Características

Nombre científico: *Mugil cephalus* (Linneo, 1758)

Color: Gris Plomo, aclarado en los flancos.

Longitud media: 30-60 centímetros.

Peso medio: 1,5-2 kilos.

Aletas: Pequeñas.

Escamas: Grandes.

Boca: Pequeña sin dientes

1.9.7. Cachema (*Cynoscion analis*)

Es una especie pelágica nerítica de aguas cálidas y templadas que habita los fondos arenosos y fangosos. Es muy apreciada para el consumo humano directo, se comercializa en fresco, congelado y salado. Esta especie presenta una aleta anal con 14 a 15 radios blandos; margen posterior de la aleta caudal casi recto en los jóvenes y cóncavo en los adultos.

La composición química de su carne, está constituida de 78,7% de humedad, 2,7% de grasa, 17,4% de proteína, y 1,1% de sales minerales. En sus componentes minerales (mg/100 g): sodio 32,6%, potasio 345,5 %, calcio 11,7% y magnesio 16,6 %. Esta especie desova en todos los meses del año, pero con mayor intensidad en verano y primavera.

Alimentación

Esta especie se alimenta principalmente de peces, crustáceos y zooplancton. Además de estos grupos se han reportado algunos cefalópodos, larvas y huevos de peces (IMARPE, 2012).

1.9.8. La Carita (*Selene peruvianus*)

Los "Carita" pertenecen a los Monodactylidae (monodactílidos) que es una familia de peces incluida en el orden Perciformes. Se distribuyen por la costa africana del océano Atlántico, por el Índico y por el Pacífico, fundamentalmente marinos y de aguas salobres aunque ocasionalmente penetran en aguas dulces.

Tienen el cuerpo muy comprimido lateralmente, con aletas pélvicas presentes en los individuos juveniles, pero que se pierden o son vestigiales en los adultos del género *Monodactylus*. Aleta dorsal con la base larga y escamosa y 5 a 8 espinas cortas graudales, mientras que la aleta anal tiene la base larga y tres espinas.

Se alimenta de pequeños peces y de crustáceos, agrupándose los juveniles en grandes cardúmenes en las desembocaduras de los ríos.

Es común su uso en acuarios de agua dulce.

Aparecen por primera vez en el registro fósil en el Eoceno inferior, durante el Terciario (Ocena Fish, 2014).

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar situado en la parroquia urbana de Puerto Bolívar, está ubicado a sólo diez minutos del centro de la ciudad de Machala entre las calles General Córdova y Apolinario Gálvez.

Sus coordenadas geográficas son:

3°15'55" Latitud Sur y

80°00'01" Longitud Oeste,

La corriente de marea es de 1,5 nudos al eje del canal y los vientos máximos de 10 nudos.

Figura 7. Mercado municipal de la parroquia Puerto Bolívar



Fuente: Gia, 2015.

2.2. UNIVERSO DE TRABAJO

La investigación para la determinación de los niveles de mercurio en cinco variedades de pescados se realizó el Mercado Municipal de Puerto Bolívar.

2.2.1. Tipo de Investigación

La investigación realizada fue de tipo:

- Analítica
- Experimental

2.2.2. Selección de la Muestra

Las muestras investigadas fueron recolectadas en el mercado Municipal de Puerto Bolívar.

2.2.3. Toma de Muestra

Las cinco variedades de pescados estuvieron en perfectas condiciones, se tomó el músculo dorsal del pescado para realizar los análisis.

2.2.4. Tipo de Muestra

En el Mercado Municipal de Puerto Bolívar, se recolectaron las cinco variedades de pescados que más expende en la población.

- Bagre (*Rhamdia sapo*)
- Cachema (*Cynoscion analis*)
- Carita (*Selene peruvianus*)
- Lisa (*Mugil cephalus*)
- Corvina (*Argyrosomus regius*)

Además se recolectaron 3 muestras adicionales de tres variedades de pescado menos comercializadas dentro del mercado para conocer la concentración de mercurio (Hg) como es la Tilapia (*Oreochromis sp*), Albacora (*Thunnus alalunga*), Mero (*Epinephelus sp*).

2.3. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN PESCADOS

2.3.1. Espectrofotometría de Absorción Atómica

El mercurio presente en la muestra es oxidado a ion mercurio, con permanganato de potasio en un medio ácido (ácido sulfúrico y ácido nítrico).

El exceso de permanganato es removido con una solución de hidrócloruro de hidroxilamina y, para reducir el mercurio a forma metálica, se lo trata con cloruro estannoso. La medición de la cantidad de mercurio se la hace en un espectrofotómetro de absorción atómica sin llama.

2.3.1.1. Procedimiento de Digestión de la Muestra

Se pesó aproximadamente entre 12-50 mg de muestra, que se colocó en un tubo de ensayo de 30 mL tapa rosca. El proceso de digestión ácida y la oxidación fueron los siguientes: Los tubos se colocaron en un Erlenmeyer con hielo. Se adicionaron lentamente 1.25 mL de H_2SO_4 y 0.5 mL de HNO_3 . Después de adición de los ácidos, los tubos se agitaron en intervalos de 15 minutos durante una hora. Se tapó la boca del tubo con una película adherente para cubrimiento de alimentos y se ajustó la tapa herméticamente, se dejó en reposo por 24 horas. Los tubos se calentaron en un baño María a 58°C por 30 minutos, durante los primeros 5 minutos se observaron para que en caso de presentarse una reacción violenta, los tubos se sacaran del baño serológico y se golpearan suavemente para romper las burbujas. Posteriormente, se enfriaron en un baño de hielo. Se adicionaron a los tubos 10 mL de agua desionizada, excepto al blanco, pues éste se preparó solo al momento de llevar las muestras al baño María. El blanco contenía 10 mL de agua desionizada y las mismas cantidades de ácidos adicionadas a las muestras. A continuación, se le adicionaron 2,5 mL de KMnO_4 al 5% a todos los tubos, se dejaron en reposo 15 minutos. Si transcurrido este tiempo no persistía el color violeta, se adicionaban 250 μL de KMnO_4 al 5%, hasta que el color púrpura persistiera por 15 minutos.

2.3.1.2. Procedimiento de Manejo del Equipo de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

Se enciende el espectrofotómetro, el computador y el generador de hidruros, se inicia el programa de comando “Solar” y se carga el método para mercurio. Se enciende la lámpara de mercurio y la lámpara de deuterio, se ensambla la celda en el cabezote del mechero y se retira del camino óptico. Se realiza una configuración óptica y se alinea el haz de luz sobre mechero, se acomoda la celda sobre el mechero y se ajusta para obtener el mínimo valor de absorbancia.

Se realiza una configuración óptica del equipo y se realiza un auto cero de absorbancia. Posteriormente se enciende la bomba peristáltica y pasados 3 minutos se empieza la lectura de los patrones y las muestras (Sánchez, 2009).

2.4. MATERIALES UTILIZADOS

- Tijeras
- Pinzas
- Cuchillo de Acero.
- Cinta Métrica.
- Espátula.
- Fundas Estériles
- Frascos Estériles
- Fundas con Hielo.
- Bisturí.
- Vasos de Precipitación
- Erlenmeyer
- Balones Aforados

2.4.1. Equipos

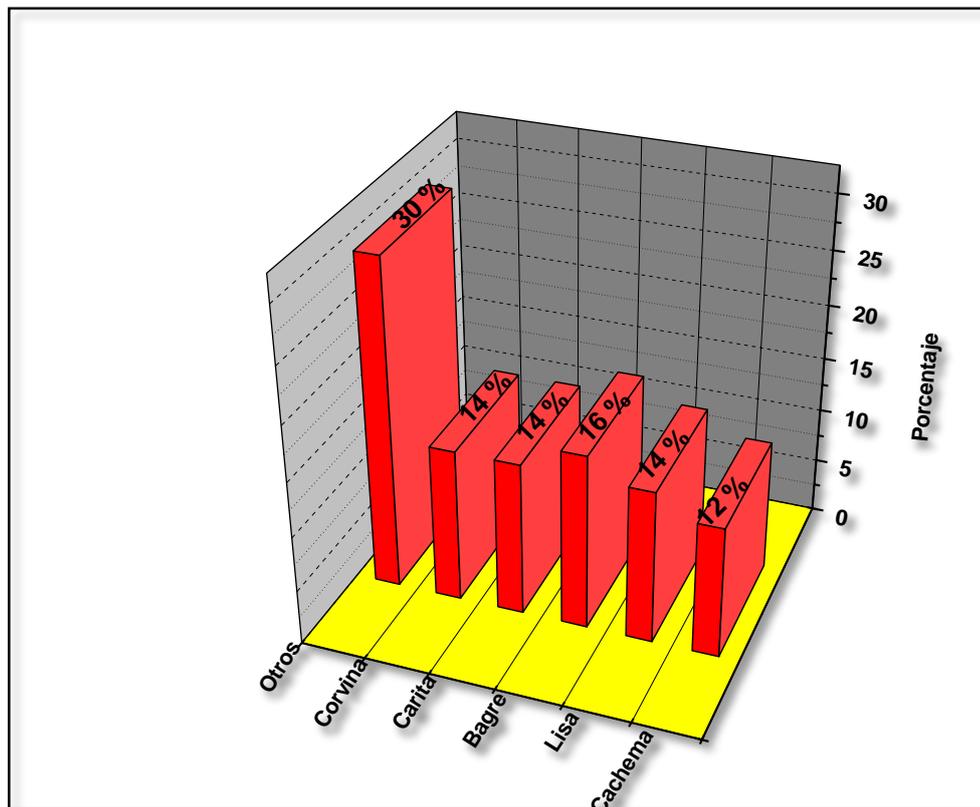
- Balanza.
- Desecador.
- Espectrofotómetro de absorción atómica.

3. RESULTADOS

3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE MÁS SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR.

Mediante la encuesta a los consumidores de pescados del Mercado Municipal Puerto Bolívar se determinó cuáles son las 5 variedades de pescados más expendidos. A continuación en la figura 8 se muestra las 5 variedades de pescados más expendidos en el Mercado de Puerto Bolívar.

Figura 8. Variedades de pescados más expendidos en el Mercado de en Puerto Bolívar



Fuente: Gia, 2015.

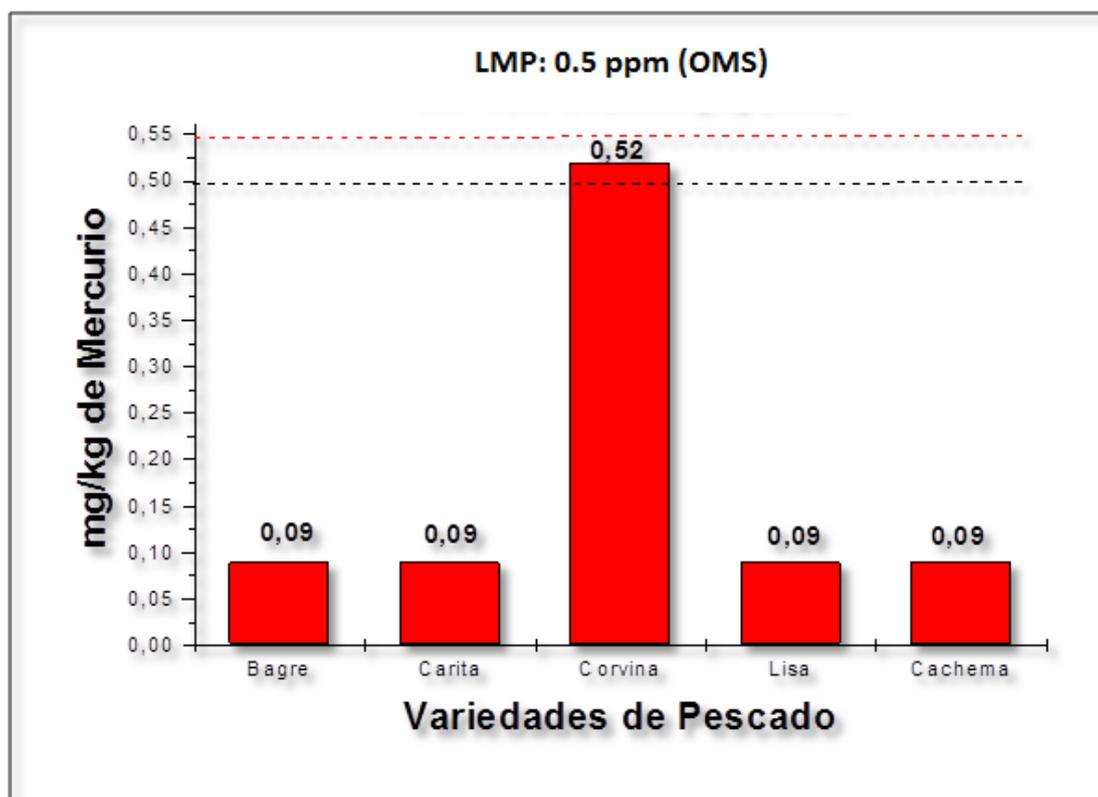
Como podemos ver en la figura 8 las variedades de pescados más expendidos en el Mercado de Puerto Bolívar es el Bagre con un 16 %, lo cual le atribuyen a su excelente sabor en la elaboración caldo y a su relativo valor económico debido a su abundante

captura, la Carita en un 14 %, Corvina 14%, Lisa 14 % y Cachema 12 %, el 30 % restante está distribuido en pescados como Albacora, Mero, Tilapia, Bonito y Raya.

3.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MERCURIO EN LAS CINCO VARIEDADES DE PESCADOS QUE MAS SE EXPENDE EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR.

A continuación en la figura 9 se muestran los resultados encontrados en 5 variedades de pescados que se expenden en el mercado municipal de Puerto Bolívar.

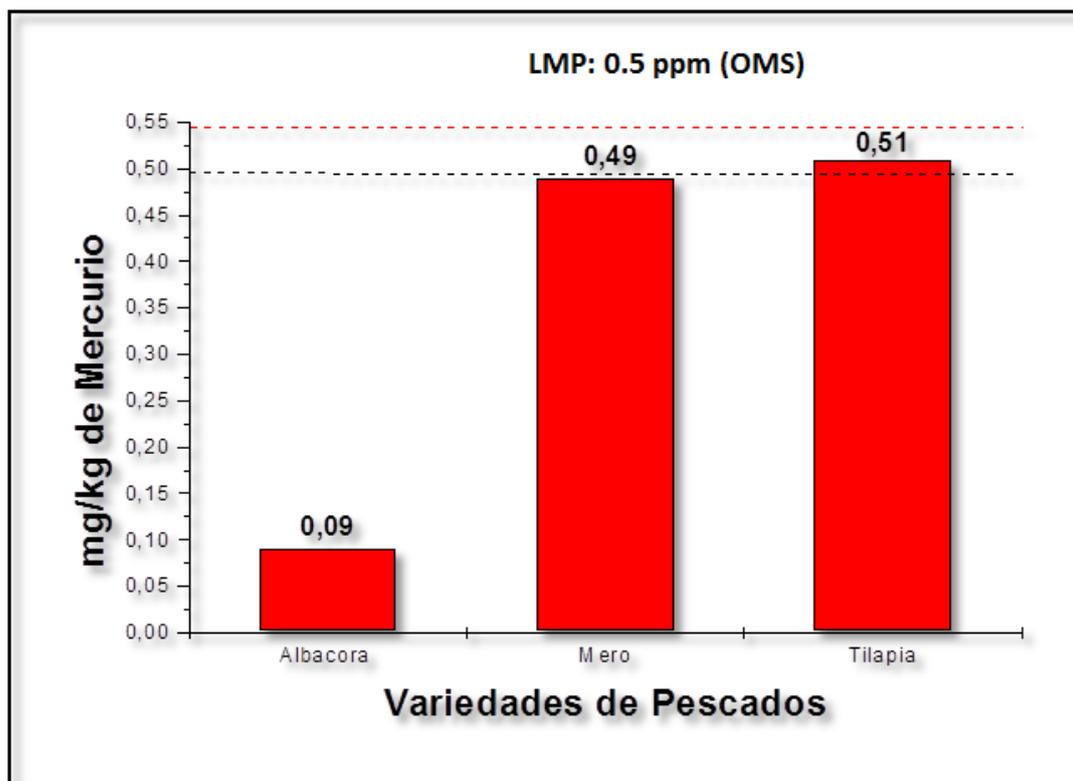
Figura 9. Concentraciones de mercurio (Hg) encontradas en 5 variedades de pescados que se expenden en el Mercado de Puerto Bolívar



Fuente: INP, 2014.

Como podemos apreciar en la figura 9 la concentración de mercurio en las 5 variedades de pescados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (0,5 ppm o 0,5 mg/kg) según la OMS, excepto la corvina que se encuentra bordeando el límite máximo permisible ($0,52 \pm 0,022$ mg/kg). A continuación en la figura 10 se muestran las concentraciones de mercurio en tres variedades de pescados comercializados en menor porcentaje en el mercado municipal de la Parroquia Puerto Bolívar.

Figura 10. Concentración de mercurio en tres variedades de pescados comercializados en menor porcentaje en el Mercado de Puerto Bolívar



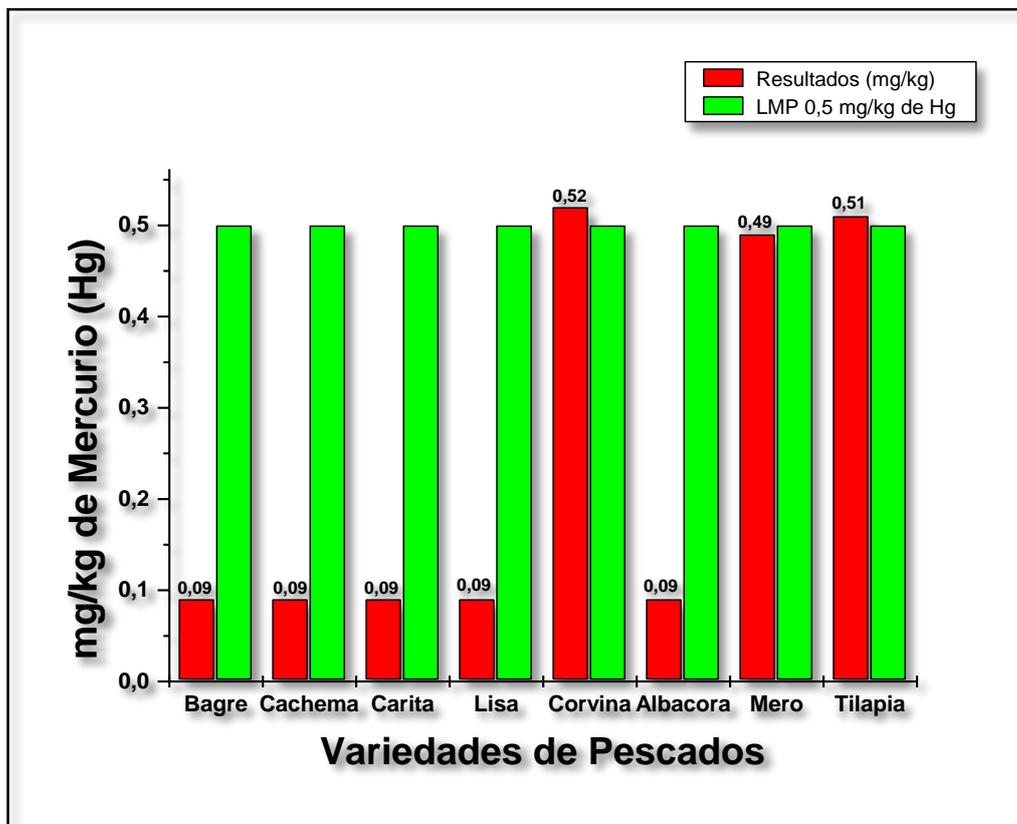
Fuente: INP, 2014.

Como podemos observar en la figura 10 el análisis de mercurio (Hg) realizado a tres variedades de pescados comercializados en menor porcentaje, como lo son la Albacora (0,09 mg/kg) que es un pescado poco comercializado dentro del mercado por ser muy grande ya que pesa de 10 libras en adelante pero muy vendido en los muelles, el cual es utilizado en la elaboración de encebollado en los restaurantes de la ciudad, el Mero (0,49 mg/kg), es un pescado poco expendido y consumido en el mercado ya que la población dice que su carne tiene un sabor poco agradable y por su escasa captura y la Tilapia (0,51mg/kg), debido a su alto valor económico es poco comercializado, lo cual con lleva a su escasa demanda local, estas dos últimas variedades de pescado se encuentran con valores cercanos al límite máximo permisible según la OMS.

3.3. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES PERMISIBLES DE MERCURIO ESTABLECIDOS POR LA OMS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DISTINTAS VARIEDADES DE PESCADO.

Los niveles de mercurio total y de metilmercurio encontrados en el pescado que se expenden en el Mercado Municipal de la Parroquia de Puerto Bolívar, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la OMS (OMS, 2006).

Figura 11. Comparación de los valores encontrados de mercurio en pescado con los establecidos por la OMS



Fuente: INP, 2014.

Como podemos observar en la figura 11, tres de las variedades de pescado estudiadas (Corvina $0,52 \pm 0,022$ mg/kg, Tilapia $0,51 \pm 0,022$ mg/kg y Mero $0,49 \pm 0,022$ mg/kg) se encuentran bordeando el límite máximo permisible establecido por la OMS para este tipo de alimento el consumo excesivo de esta variedad de pescados podría contribuir a incrementar los niveles de mercurio a quien los consume. Investigadores de la Unión Europea en el 2014, detectaron hasta 5,1 microgramos por kilogramo en algunas partidas de pescado de gran tamaño como tiburón comercializado en España.

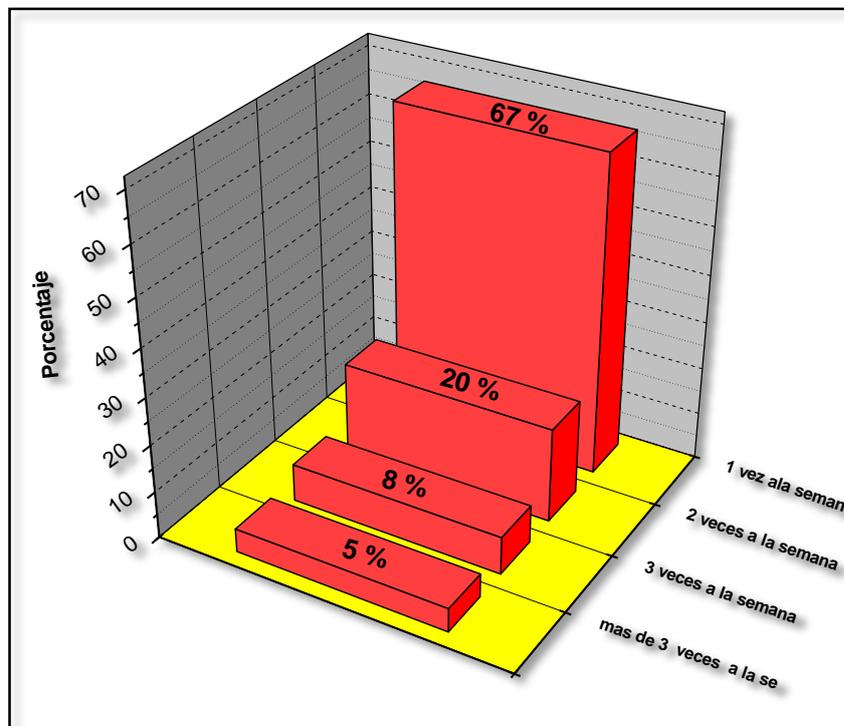
3.4. INCIDENCIA DEL CONSUMO DE PESCADO CONTAMINADO CON MERCURIO SOBRE LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES.

El mercurio (Hg) ingresa al cuerpo humano por la vía gastrointestinal en forma de $\text{CH}_3\text{-Hg}$. Tras una ingesta elevada de pescado contaminado con mercurio se presenta una acción cáustica e irritante la cual produce la permeabilidad del tracto gastrointestinal que favorece la absorción de este metal y por tanto la bioacumulación. La principal vía de exposición del ser humano es el consumo de pescado y marisco contaminados con metilmercurio, compuesto orgánico presente en esos alimentos (OMS, 2013).

3.4.1. Frecuencia del consumo de pescado

El consumo excesivo de pescado contaminado con mercurio aumenta la concentración dentro de quienes se alimente con este tipo de alimento (OMS, 2013).

Figura 11. Frecuencia del consumo de pescado en los habitantes de la parroquia Puerto Bolívar



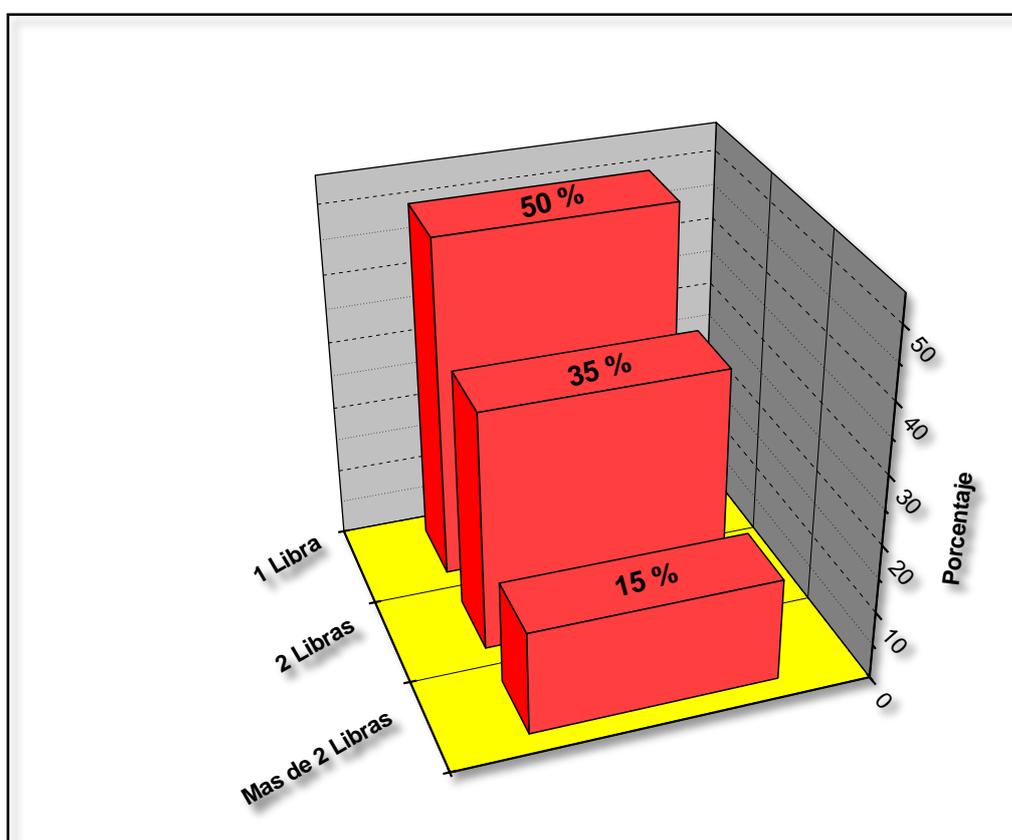
Fuente: Gia, 2015.

Como podemos apreciar en la figura 11 el consumo de pescado en el mercado de la parroquia Puerto Bolívar es frecuente todas las personas encuestadas consumen aunque sea una vez por semana este tipo de alimento.

3.4.2. Cantidad de pescado consumido semanalmente

La cantidad y la frecuencia de consumo de pescado que contenga mercurio dentro de los límites máximos permisibles por la OMS (0,5 mg/kg de Hg), es una posible causa del incremento de la concentración de mercurio dentro del cuerpo de quien consuma estos alimentos.

Figura 12. Consumo de libras de pescado consumido semanalmente



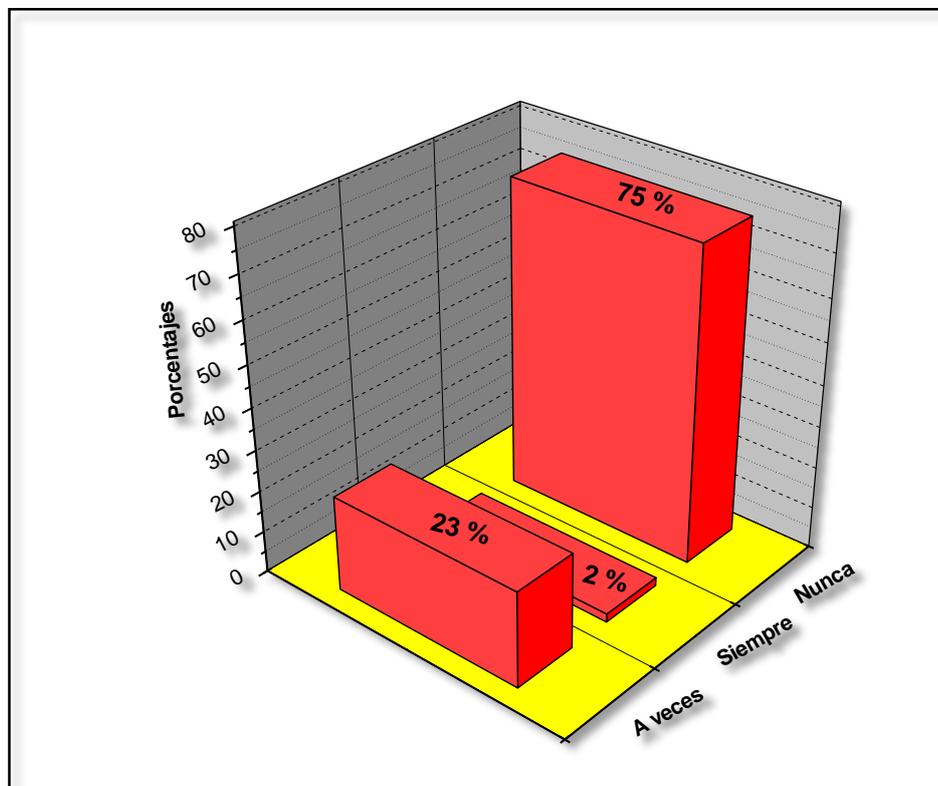
Fuente: Gia, 2015.

La figura 12 nos indica que la mitad de las personas encuestadas dijeron consumir un promedio de una libra de pescado semanal por persona.

3.4.3. Problemas de salud por consumo de pescado

Los problemas de salud más frecuentes por el consumo de pescado, son las enfermedades gastrointestinales debido a la ineficiente cocción y la elevada carga microbiana debido a los prolongados tiempos de exposición del pescado durante su comercialización. Según la OMS, la exposición intrauterina a metilmercurio por consumo materno de pescado o marisco puede dañar el cerebro y el sistema nervioso en pleno crecimiento del bebé.

Figura 13. Problemas de salud que se presentan en las personas que han consumido pescados o mariscos



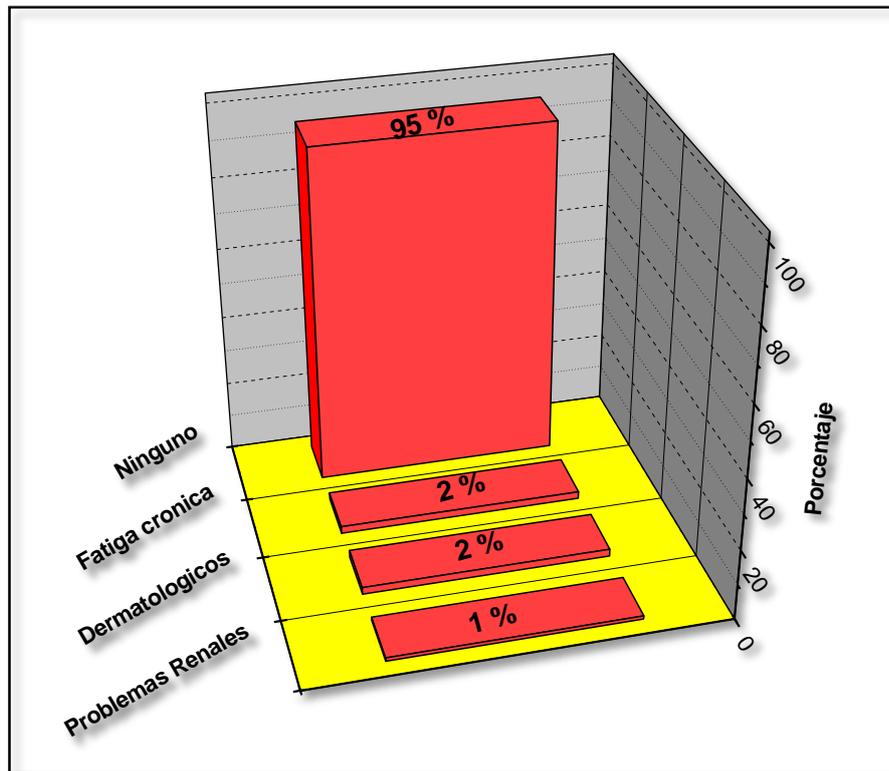
Fuente: Gia, 2015.

Como podemos ver en la figura 13 un reducido porcentaje (2 %) de personas que han consumido pescado proveniente del mercado municipal de la parroquia Puerto Bolívar, dicen a ver sido afectados por enfermedades gastrointestinales relacionadas con el consumo de pescado y un 23 % dicen a ver padecido de enfermedades gastrointestinales esporádicas, debido al consumo de este tipo de alimento.

3.4.4. Padecimiento de enfermedades relacionadas con la contaminación por mercurio

Según la FAO/OMS la intoxicación por mercurio se presenta a largo plazo y las más comunes son: Problemas renales, problemas en la piel y fatigas crónicas.

Figura 14. Enfermedades relacionadas con la intoxicación por mercurio



Fuente: Gia, 2015.

Mediante la encuesta aplicada a los consumidores habituales de pescado de la parroquia de Puerto Bolívar, un reducido 1 % dice padecer de enfermedades renales como cálculos al riñón o insuficiencia renal. La OMS/2013, atribuye que las sales de mercurio inorgánicas son corrosivas para la piel, los ojos y el tracto intestinal y, al ser ingeridas, pueden resultar tóxicas para los riñones y el 2 % dicen padecer de resequedad en la piel e infecciones cutáneas frecuentes, lo cual se le atribuye al clima del lugar y otro 2 % dicen padecer de fatiga crónica, debido al exceso de humedad del ambiente.

4. CONCLUSIONES

En relación a los resultados presentados se puede concluir lo siguiente:

Mediante la aplicación de investigación de campo (encuesta) a los consumidores del Mercado Municipal de Puerto Bolívar en la cual se manifestó que el sexo predominante es el femenino con un total del (56 %), la edad oscila entre 18-35 años con un (42 %), el grupo familiar de 1-5 personas con (50 %), la frecuencia del consumo de pescado es de un (78 %), en cuanto a la cantidad que consumen de pescado se encontró enmarcada en el rango de 3-4 libras dándonos así un (44 %) y finalmente las cinco variedades mayormente consumidas en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar son el Bagre, la Corvina, Lisa, Carita y Cachema.

Mediante espectrofotometría de absorción atómica se determinó la concentración de mercurio en cinco variedades de pescados los cuales 4 que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según la OMS (0,5 ppm) y 1 variedad de pescado que se encuentran al límite máximo, (0,52 mg/kg \pm 0,022). El análisis de metales pesados realizado a tres variedades de pescado consumidas en menor porcentaje, como es la Tilapia (0,51mg/kg) y el Mero (0,49 mg/kg) se encuentran bordeando el límite máximo permisible según la OMS y la Albacora (0,09 mg/kg).

De las distintas variedades de pescado estudiadas tres de ellas como es la (Corvina 0,52 ppm, Tilapia 0,51 ppm y Mero 0,49 ppm) se encuentran bordeando el límite máximo permisible establecido por la OMS (0,5 ppm \pm 0.022) para este tipo de alimento, el consumo excesivo de esta variedad de pescados podría contribuir a incrementar los niveles de mercurio a quien los consuma.

Se ha determinado que los habitantes de la Parroquia Puerto Bolívar son consumidores habituales y frecuentes de pescado de las variedades antes mencionadas, el 2 % dice verse afectado en su salud luego del consumo de este tipo de alimento y en un reducido 1 % dice padecer de enfermedades renales como cálculos al riñón o insuficiencia renal y el 2% dicen padecen de resequedad en la piel e infecciones cutáneas frecuentes y otro dos por ciento dicen padecer de fatiga crónica debido a que han presentado alergia al consumo de pescado.

5. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden dar en relación a las conclusiones son:

- Mantener un sistema de vigilancia y control del contenido de mercurio en los pescados, actualizando periódicamente estos límites.
- Comunicar a la Dirección Provincial de salud y a la sociedad de manera inmediata para reducir el consumo de Corvina, Mero y Tilapia ya que se encuentran bordeando entre el límite permisible según la OMS.
- Divulgación de los resultados del estudio mediante publicación y ponencia.
- Promover posteriores estudios de monitoreo a lo referente de concentración de mercurio de los pescados y en los diferentes especies de mariscos comestibles.
- Diseño de una campaña de prevención de riesgos del mercurio en el consumo de pescados.
- Impresión y distribución a la comunidad las recomendaciones plasmadas.
- Validar los resultados obtenidos en la investigación de campo, mediante otras fuentes como el ministerio de salud pública, para mayor precisión en los resultados sobre la incidencia del consumo de pescado contaminado con mercurio sobre la salud de los consumidores.
- Incentivar a la investigación científica sobre la contaminación de los metales pesados como es el caso del mercurio entre otros, en sitios con potencial factor de impactado, para poder empezar a tomar acciones de remediación de la contaminación ambiental que afecta a la flora y fauna marina la cual a su vez es consumida por la población costera de nuestra provincia orense y puede repercutir en la conservación de la Salud, afectando el buen vivir de la misma.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Academia Nacional de Medicina. (2006). Seminario Internacional sobre Clínica del Mercurio. Memorias. Bogota, Colombia: Kimpres Ltda.
2. Academia Nacional de Medicina Colombia. (2006). Seminario Internacional sobre Clínica del Mercurio. Memorias. Bogota, Colombia: Kimpres Ltda.
3. Amazings. (Jueves, 7 de marzo de 2013). Extractos vegetales ayudan a descontaminar aguas con metales pesados. Noticiasdelaciencia.com / Amazings.com, págs. <http://noticiasdelaciencia.com/not/6564/extractos-vegetales-ayudan-a-descontaminar-aguas-con-metales-pesados/>.
4. Amazings. (Martes, 3 de marzo de 2015). Molibdeno, metal promisorio para descontaminar el agua. Noticiasdelaciencia.com / Amazings.com, págs. <http://noticiasdelaciencia.com/not/12960/molibdeno-metal-promisorio-para-descontaminar-el-agua>.
5. AMP. (Febrero de 2005). "Fact Sheet: Mercury A priority Pollutant" Arctic Monitoring and Assessment Programme. Obtenido de Amap.no: <http://www.amap.no/documents/>.
6. Assadoriam E., B. M. (2006). La Situación del Mundo 2006. Madrid, España: Icaria.
7. ATSDR. (1999). Public Health Assessment Guidance Manual. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA: Department of Health and Human Services.
8. Buckles, J., Duttlinger, D., Webster, J., & Caicedo, E. (1999). Analysis of contaminated surface water and rising groundwater conducted in Ecuador. Conferencia Anual y Exposición, 72a, Nueva Orleans, 9 a 13 octubre, 1999 (págs. 684-694). Alexandria, Va: Water Environment Federation.
9. Cohen M, .. (2005). Global Atmospheric Mercury Emission Inventories for 2000 and 1995. New York: Noaa.

10. Córdova, J. (1999). Evolución de los conceptos químicos hasta el siglo XIX. México: Rogelio López Torres.
11. Dórea, J. (2011). Integrating experimental (in vitro and in vivo) neurotoxicity studies of low-dose thimerosal relevant to vaccines. *Neurochem Res*, 36(6), 927-38.
12. Dorea, J. G. (Oct. de 2012). "Los efectos del mercurio sobre la salud humana y el medio ambiente" y una considerable especial a la vulnerabilidad en la fase temprana de la vida. *Arch Argent pediatr*, 110(5).
13. Dórea, J., Marques, R., & Isejima, C. (2012). Neurodevelopment of Amazonian infants: antenatal and postnatal exposure to methyl and ethylmercury. *Biomed Biotechnol*, 13, 28-76.
14. FAO/WHO. (2011). Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption. Geneva, World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
15. Fernandez, L. (2009). Niveles del Mercurio en Peces de Madre de Dios. Facultad de Ecología Global Carnegie Institución for Science USA, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
16. Gaioli, M., Amoedo, D., & Gonzales, D. (3 de Junio de 2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Arch argent pediatr*, 110.
17. Gaioli, M., Amoedo, D., & Gonzáles, D. (2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Arch Argent Pediatr*, 110(3), 259-64.
18. Galligan, M. y. (2003). *Alternatives to Mercury Containing Products*. Massachusetts: s.n.
19. Gonzalez Sanchez, O. M., Arana, J., Gonzalez Diaz, O., Herrera Melian, J. A., Dona Rodriguez, J. M., & Perez Pena, J. (2014). Detoxification of the herbicide propanil by means of Fenton process and TiO₂-photocatalysis. Elsevier B.V., 34-43.

20. Harada, e. a. (2001). Wide Use of Skin Lightening Soap May Cause Mercury Poisoning in Kenya. Madrid: Icaria.
21. Hibbeln, J., Davis, J., Steer , C., Emmett, I., Rogers, C., & Williams, C. (2007). Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study):an observational cohort study. *Lancet*, 369 (9561), 578-85.
22. Holford P, .. C. (2006). *Nutrición Óptima para la mente del Niño*. Barcelona, España: Robinbook.
23. Holford, P. y. (2005). *Nutrición Óptima antes durante y después del Embarazo*. Barcelona, España: Amat.
24. Hora. (2015). *Mar y ríos, depósitos de aguas servidas*. Quito: Diario La Hora.
25. IPCS, I. P. (1994). *INTOX Dtaabank Lead, organic*. International Programme on Chemical Sfety. Mexico: sn.
26. Jyrki K. Virtanen et al. (2005). Mercury, Fish Oils and Risk of Acute Coronary Events and Cardiovascular Disease, Coronary Heart Disease and All-Cause Mortality in Men in Eastern Finland. Kuopio, Finlandia: Keski-suomalainen.
27. Kiefer, A. M. (2014). *Elemental mercury emissions from an ASGM gold shop in Zaruma, Ecuador*. Washington, D. C: American Chemical Society.
28. Kirk-Othmer. (1998). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cuarta edición. Tohn Wiley and Sons: New York. EE.UU.
29. Kodaikanal, T. y. (2005). *Mercury Rising in Kodaikanal*. Karnataka, La India: Icaria.
30. Llop, S., Ibarlucea, J., Sunyer, J., & Baillester , F. (2013). Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia y recomendaciones en Salud pública. *Gaceta Sanitaria*, 27(3), 273-278.
31. MAE. (2006). *Revisión científica de cadmio y plomo*. Quito: Ministerio del Ambiente.

32. Mancera Rodriguez, N. J. (2006). Estado del Conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellin, Bogotá, Colombia.
33. Marques , R., Dórea, J., Bernardi, J., Bastos, W., & Malm, O. (2009). Prenatal and postnatal mercury exposure, breastfeeding and neuridevelopment during the first 5 years. *Cogn Behav Neurol*, 22(2), 134-41.
34. Marrugo, N., Benitez, L., & Olivero-Verbel, J. (2008). Distribution of Mercury in Several Enviromental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia *Arch Envirom Contam Toxicol* (Vol. 55).
35. Meili, L. D. (2005). *The Rise and Fall of Mercury: Converting a Resource to Refuse After 500 Years of Mining and Pollution*. Bruselas: s.n.
36. Morell I y Hernandez F, .. (2000). *El Agua en Castellón, Un reto para el siglo xxi*. Castello, España: Athenea.
37. Mrozek-Budzyn, D., Majewskal, R., Kieltyka, A., & Augustyniak, M. (2011). The influence of neanotal exposure to Thimerosal containing vaccines on infants development in the first years of life. *Ped Res*, a(70), 338-40.
38. Newman, M. (2003). *Fundamentals of ecotoxicology*. Segunda Edición. New York, EE.UU.: Lewis publisher.
39. P. R. Mason et al. (1994). *The Biogeochemical Cycling*. USA: Pergamon.
40. PNUMA, .. P. (2009). *Avances y Progresos Científicos en Nuestro Cambiante Medio Ambiente*. Dinamarca: Phoenix.
41. Raimann, X., Rodriguez, O., Chávez, L., & Torrejon, P. (2014). Mercurio en pescados y su importancia en la salud. *Revista Médica de Chile*, 1174-1180.
42. Seigneur C, .. (2004). *Global Source Attribution for Mercury Deposition in the United States*. New York: Icaria.

43. SENPLADES. (2009). Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013. Quito: Consejo Nacional de Planificación.
44. Skov et al. (2004). Fate of Mercury. Dinamarca: Cavaleira pa.
45. Teton, J. (2003). Guía Técnica de la Acuariofilia. Madrid, España: H. Blume.
46. USEPA, USFDA. (2004). What you need to know about mercury in fish and shellfish. Advice for women who might become pregnant, nursing mothers, young children. Unites States Environmental Protection Agency and Unid States Food and Drug Administration.
47. Weinberg, J. (2007). Introducción a la contaminación por Mercurio para las ONG.
48. WHO., W. H. (1989). Environmental Health Criteria No.86, Mercury Environmental Aspects. Ginebra: International Programme on Chemical Safety.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta a consumidores para la muestra de estudio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MÁCHALA

“Calidad, Pertinencia y Calidez”

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ENCUESTA



El objeto de esta encuesta es recoger información acerca del consumo de pescado. De los datos obtenidos se extraerá información que servirá para la investigación. Dada la relevancia de la encuesta, es de primordial importancia que responda con sinceridad y responsabilidad.

1.-Cuál es su género.

Masculino _____

Femenino _____

2.- Edad del encuestado.

18-35 años -----

36-50 años -----

51-65 años -----

3.- Cuantas personas conforman tu hogar.

De 1 a 5 personas	
De 5 a 8 personas	
De 9 o más personas	

4.- Con qué frecuencia usted consume pescado

Diariamente _____

Semanalmente _____

5.- Que cantidad de pescado consume

1-2 libras	3-4 libras	5-6 libras	7 o mas

6.- De dónde obtiene el pescado que consume

Del mercado	
Muelle	
Otros	

7.- Cuales son las 5 variedades más comunes de pescado que usted consume.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PUERTO BOLÍVAR

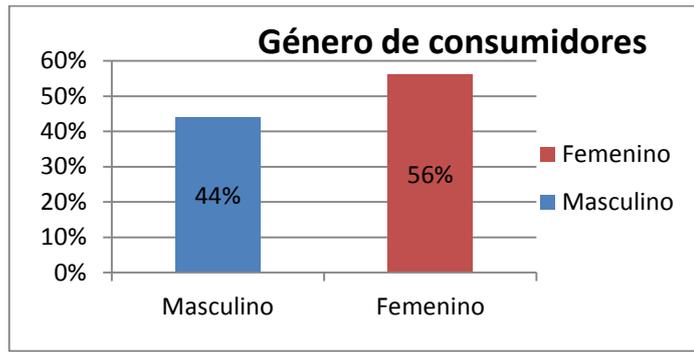
Para la determinación del primer objetivo se realizó una encuesta general con la cual se podrá determinar cuáles son las cinco variedades de pescados que más consumen y se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar.

Cuadro N° 1 Género de consumidores

Género	N° de encuestados	Porcentaje
Masculino	22	44%
Femenino	28	56%
Total	50	100%

Elaborado: Gia, 2014

Gráfico N° 1



Elaborado: Gia, 2014

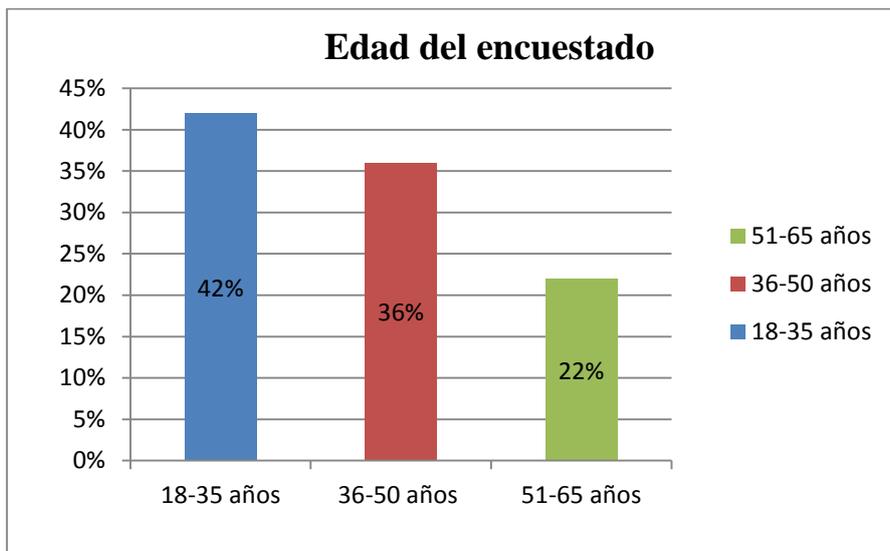
El cuadro N° 1, indica cual es el género de los encuestados, 22 encuestados fueron Masculino lo cual corresponde a un 44% y 28 encuestados fueron Femenino correspondiente a 56%. Estos datos nos demuestran que las mujeres son las que más acuden al Mercado a realizar las compras.

Cuadro N° 2 Edad del encuestado.

Edad	N° de encuestados	Porcentaje
18-35 años	21	42%
36-50 años	18	36%
51-65 años	11	22%
Total	50	100%

Elaborado: Gia, 2014

Gráfico N° 2



Elaborado: Gia, 2014

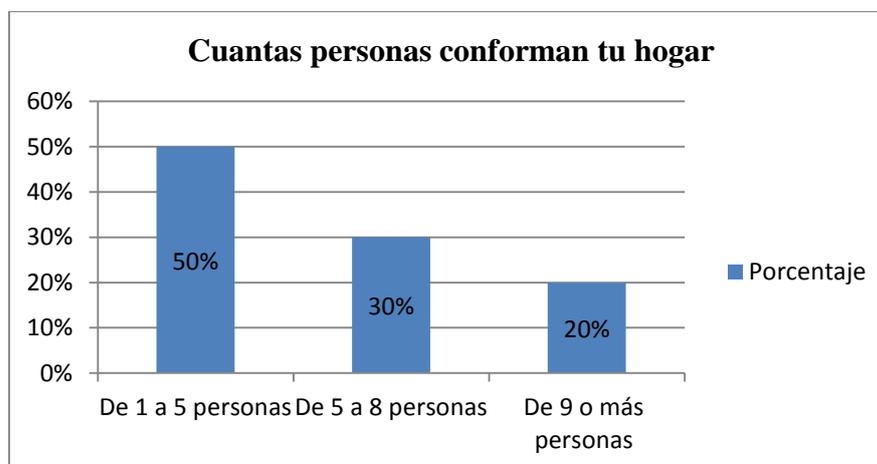
La grafica N°2 da a conocer la edad de los encuestados, en el rango de 18-35 años se presentó mayoritariamente con un 42%, seguido están las personas entre 36-50 años, que corresponden al 36% y finalmente los encuestados comprendidos entre 51-65 años con un 22%. Estableciéndose de esta manera que los encuestados en su mayoría son jóvenes.

Cuadro N° 3 Cuantas personas conforman tu hogar.

Personas	N° de encuestados	Porcentaje
De 1 a 5 personas	25	50%
De 5 a 8 personas	15	30%
De 9 o más personas	10	20%
Total	50	100%

Elaborado: Gia 2014

Gráfico N° 3



Elaborado: Gia, 2014

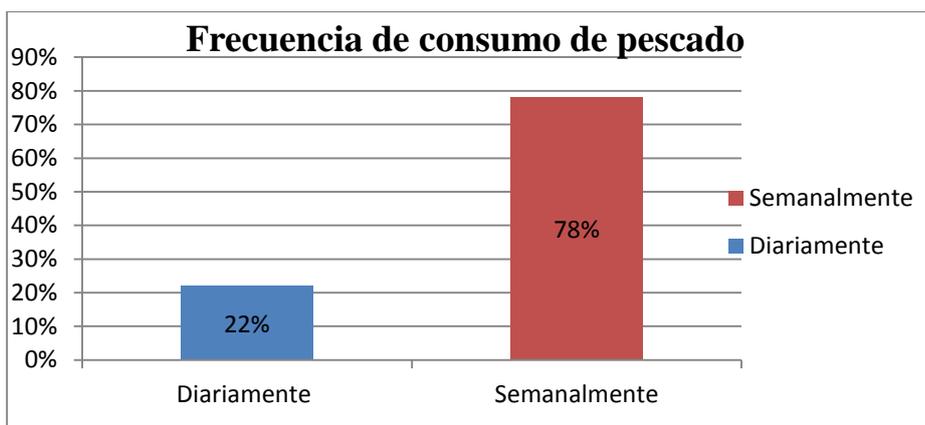
La grafica N°3 demuestra cuantas personas conforman el hogar de los encuestados, la mayoría respondió en el rango de 1 a 5 personas correspondiente al 50%, mientras que en el rango de 5 a 8 personas corresponde a un 30% y por último en el rango de 9 o más personas a un 20%. Por lo tanto el número de personas que conforman el hogar de los encuestados es de 1 a 4 miembros.

Cuadro N° 4 Frecuencia de consumo de pescado

Frecuencia	N° de encuestados	Porcentaje
Diariamente	11	22%
Semanalmente	39	78%
Total	50	100%

Elaborado: Gia, 2014

Gráfico N° 4



Elaborado: Gia, 2014

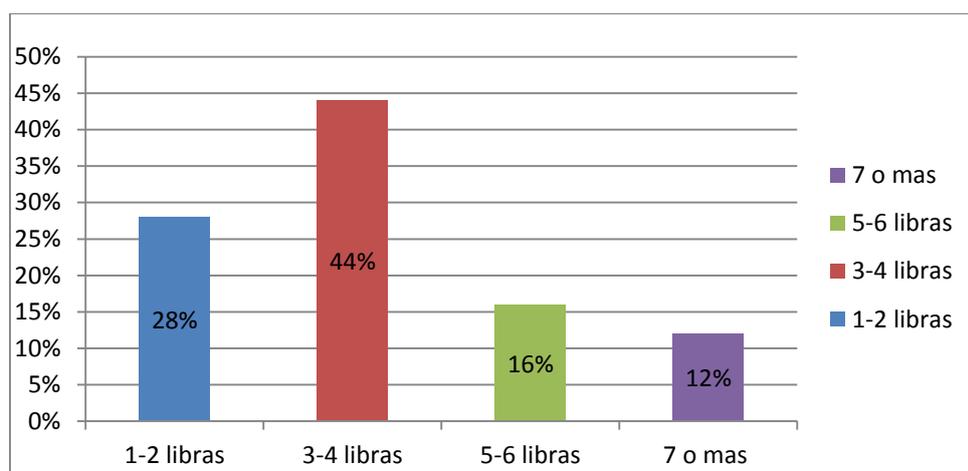
La grafica N°4 señala con qué frecuencia los encuestados consumen pescado, la gran mayoría respondió semanalmente siendo este un 78%, mientras que un 22% consume pescado diariamente. Por lo tanto el consumo semanal predomina a los encuestados.

Cuadro N° 5 Cantidad de pescado que consume

Cantidad	N° de encuestados	Porcentaje
1-2 libras	14	28%
3-4 libras	22	44%
5-6 libras	8	16%
7 o mas	6	12%
Total	50	100%

Elaborado: Paola Graciela Gia, 2014

Gráfico N° 5 Cantidad de Pescado que consume



Elaborado: Gia, 2014

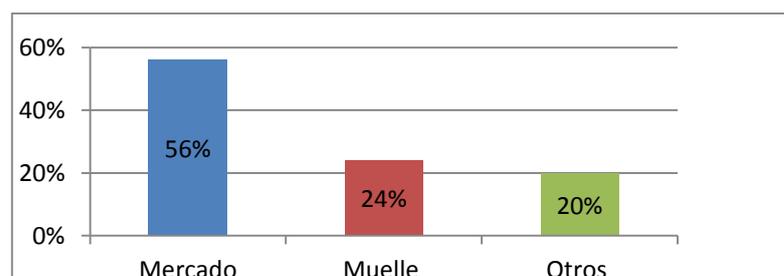
El gráfico N°5 indica que cantidad de pescado consume la familia del encuestado, como podemos observar una gran parte de los encuestados respondió entre 3-4 libras lo cual corresponde al 44%, seguido del rango de 1-2 libras con un 28%, mientras que en el rango de 5-6 libras hay un 16% y por último en el rango de 7 o más existe un 12%. Por lo cual estos datos obtenidos nos demuestran que los encuestados compran mayoritariamente de 3-4 libras de pescado semanalmente.

Cuadro N° 6 Procedencia del pescado que consume

Obtención	N° de encuestados	Porcentaje
Mercado	28	56%
Muelle	12	24%
Otros	10	20%
Total	50	100%

Elaborado: Gia, 2014

Gráfico N° 6 Procedencia del Pescado que consume



Elaborado: Gia, 2014

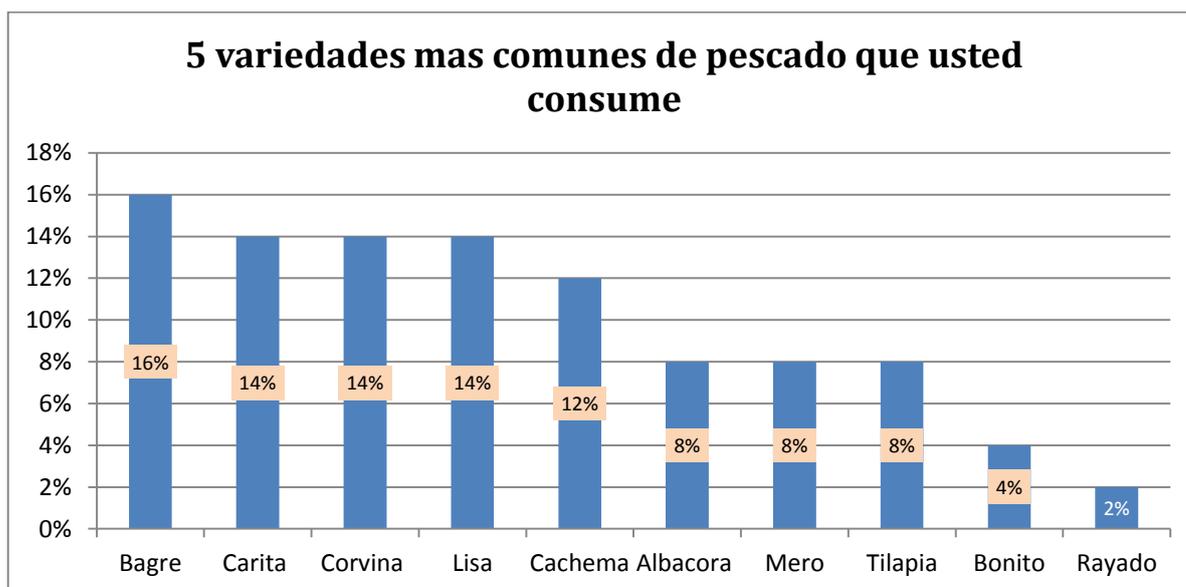
El gráfico N°6 indica la procedencia del pescado que consumen el 56 % de los encuestados respondieron que provienen del mercado ya que su ubicación es muy cercana para su compra, un 24% respondió que compran en los muelles porque allí los precios son más económicos.

Cuadro N° 7 Cinco variedades más comunes de pescado que usted consume

Variedades	N° de encuestados	Porcentaje
Bagre	8	16%
Carita	7	14%
Corvina	7	14%
Lisa	7	14%
Cachema	6	12%
Albacora	4	8%
Mero	4	8%
Tilapia	4	8%
Bonito	2	4%
Rayado	1	2%
Total	50	100%

Elaborado: Paola Graciela Gia, 2014

Gráfico N° 7



Elaborado: Paola Graciela Gia, 2014

Anexo 2: Encuesta destinada a medir la incidencia del consumo de pescado contaminado con mercurio sobre la salud de los consumidores.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MÁCHALA
UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS QUIMICAS Y DE LA SALUD
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ENCUESTA

El objeto de esta encuesta es recoger información acerca de la incidencia del consumo de pescado contaminado con mercurio sobre la salud de los consumidores. De los datos obtenidos se extraerá información que servirá para la investigación. Dada la relevancia de la encuesta, es de primordial importancia que responda con sinceridad y responsabilidad.

1. Frecuencia del consumo de pescado

1 vez a la semana	2 veces a la semana	3 veces a la semana	Más de 3 veces a la semana
65 %	20 %	8 %	5 %

2. Cantidad de pescado consumido

1 Libra	2 Libras	Más de 2 Libras
50 %	35 %	15 %

3. Problemas de salud por consumo de pescado

Nunca	A veces	Siempre
75 %	23 %	2 %

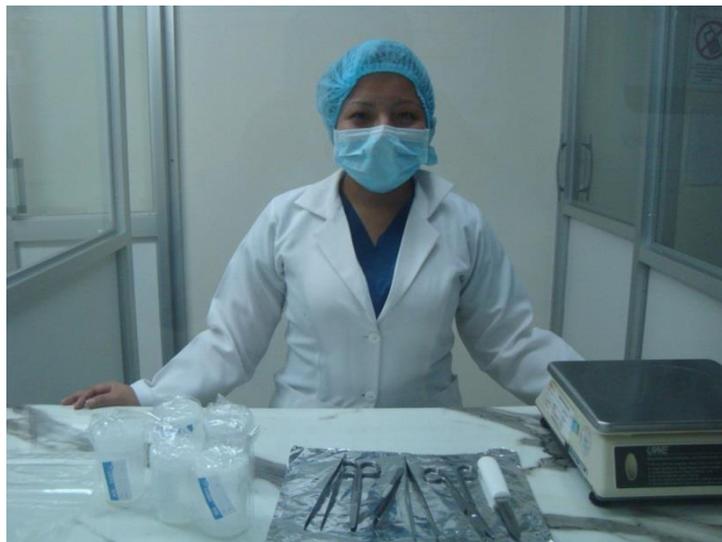
4. Padecimiento de enfermedades relacionadas con la contaminación por mercurio

Problemas renales	Dermatológicos	Fatiga crónica	Ninguno
1 %	2 %	2,5 %	94,5 %

Anexo 3. Encuesta a consumidora de la muestra en estudio.



Anexo 4. Materiales para toma de la muestra.



Anexo 5. Muestra en estudio: 5 variedades de pescados analizados.



Bagre



Corvina



Carita



Cachema



Lisa

Anexo 6. Pesada de la muestra a analizar



Anexo 7. Rotulación de muestras a analizar.



Anexo 8. Análisis de la muestra por espectrofotometría de absorción atómica.



Anexo. 9 Resultado de muestra de Bagre

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-531-M44		Reporte N°. 009532	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADÑAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:		MUESTRA DE BAGRE	
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE:	MUESTRA # 1
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA:	N/A
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION:	N/A
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26	FECHA DE RECEPCION:	12-sep-14
		FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS:	18-sep-14
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	18-sep-14
		Humedad relativa (%)	49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARÁMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	< 0,09	mg/kg
Observaciones: Muestreo realizado por la Empresa.-			
Limite de cuantificación de Mercurio 0,09 mg/kg.-			
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
EABZ		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTOR(A)	

Anexo. 10 Resultado de muestra de Corvina

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-532-M44		Reporte N°. 009533	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADÑAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:		MUESTRA DE CORVINA	
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE:	MUESTRA # 2
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA:	N/A
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION:	N/A
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26	FECHA DE RECEPCION:	12-sep-14
		FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS:	18-sep-14
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	18-sep-14
		Humedad relativa (%)	49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARÁMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	0,52 ± 0,022	mg/kg
Observaciones: Muestreo realizado por la Empresa.-			
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
EABZ		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTOR(A)	

Anexo. 11 Resultado de muestra de Lisa



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-533-M44		Reporte N° 009534	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADNAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE LISA		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 3	FECHA DE RECEPCION: 12-sep-14
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 18-sep-14
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 18-sep-14
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	< 0,09	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
Limite de cuantificación de Mercurio 0,09 mg/kg.-			
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO EABZ		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTOR(A)	

Anexo. 12 Resultado de muestra de Carita



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-534-M44		Reporte N° 009535	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADNAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE CARITA		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 4	FECHA DE RECEPCION: 12-sep-14
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 18-sep-14
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 18-sep-14
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	< 0,09	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
Limite de cuantificación de Mercurio 0,09 mg/kg.-			
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO EABZ		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTOR(A)	

Anexo. 13 Resultado de muestra de Cachema



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-535-M44		Reporte N° 009536	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADÑAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE CACHEMA		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 6	FECHA DE RECEPCION: 12-sep-14
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 18-sep-14
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 18-sep-14
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	< 0,09	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
Limite de cuantificación de Mercurio 0,09 mg/kg.-			
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
EABZ		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTORA	

Anexo. 14 Resultado de muestra de Mero



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-532-M44		Reporte N° 010332	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADÑAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE MERO		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 1	FECHA DE RECEPCION: 31-mar-15
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 08-abr-15
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 08-abr-15
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 - 26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA - 60 1986	0,49 ± 0,022	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
<p><i>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</i></p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO		CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN	
EABZ		 Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTORA	

Anexo. 14 Resultado de muestra de Tilapia



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-532-M44		Reporte N° 010333	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADNAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE TILAPIA		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 2	FECHA DE RECEPCION: 31-mar-15
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 08-abr-15
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 08-abr-15
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 -26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANALISIS QUIMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA – 60 1986	0,51 ± 0,022	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
<p>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO EABZ		<p style="text-align: center;">CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN</p> Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTORA	

Anexo. 15 Resultado de muestra de Albacora



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No. 6445-535-M44		Reporte N° 010334	
EMPRESA	NOMBRE: PAOLA G. GIA GADNAY	ORIGINAL	
	DIRECCIÓN: GUAYAQUIL-		
TIPO DE PRODUCTO:	MUESTRA DE ALBACORA		
FACTURA:	N/A	CODIGO / LOTE: MUESTRA # 3	FECHA DE RECEPCION: 31-mar-15
PESO DECLARADO:	N/A	MARCA: N/A	FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS: 08-abr-15
ORDEN DE TRABAJO:	11585	CLASIFICACION: N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 08-abr-15
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura (°C) 19 -26		Humedad relativa (%) 49 - 70
ANALISIS QUIMICO			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA – 60 1986	< 0,09	mg/kg
Observaciones:	Muestreo realizado por la Empresa.-		
Limite de cuantificación de Mercurio 0,09 mg/kg.-			
<p>NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del INP. Esta totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.</p>			
 Dra. Sully Stacio RESPONSABLE AUTORIZADO EABZ		<p style="text-align: center;">CONTROL INTERNO MULTIDISCIPLINARIO DOCUMENTO NO VALIDO PARA LA EXPORTACIÓN</p> Ing. Fernanda Hurtado A. DIRECTORA	

GLOSARIO

Biocenosis: asociación de especies animales o vegetales que conforman un sistema dinámico que funciona bajo la impulsión de factores medioambientales.

Bioma: punto de equilibrio de la materia viva compuesta por los organismos (animales y vegetales) que viven en un ecosistema.

Biosfera: es el mosaico de ecosistema de nuestro planeta.

Biotopo: micro ecosistema reducido y definido donde vive una especie animal o vegetal.

Ciclos biogénicos: movimientos circulares de fenómenos o fases de la vida de los seres vivos que se cierran mediante una vuelta a su fase inicial (muerte, descomposición y producción).

Ecología: ciencia dedicada al estudio de los seres vivos (fauna y flora) en su medio natural y de las relaciones medioambientales que condicionan su existencia.

Ecosistema: sistema dinámico formado por la biocenosis y su entorno.

Hidrosfera: extensión de toda la masa de aguas que cubren el globo.

Niveles tróficos: etapas de la cadena alimentaria.