

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

Determination of Mercury in Canned Tuna by Atomic Absorption Spectrophotometry

Determinação de mercúrio em atum enlatado por espectrofotometria de absorção

Karla I. Lalangui-López^I
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
karla1993@outlook.com

Estefany A. Lema-Chóez^{II}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
stefy.19.1992@hotmail.com

Frella S. García-Larreta^{III}
Universidad de Guayaquil

Guayaquil, Ecuador
soraya.garcial@ug.edu.ec

Walter E. Mariscal-Santi^{IV}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
walter.mariscals@ug.edu.ec

Raisa S. Mariscal-García^V
Guayaquil, Ecuador
raisamariscal@hotmail.com

Resumen

El metilmercurio es la forma del elemento presente en los peces, en los depredadores presenta mayor concentración por acumulación, pudiendo ser hasta un millón de veces mayor que el agua de mar en la que habitan, debido a la contaminación causada por la actividad minera principalmente artesanal. Esta situación puede afectar la calidad de atún enlatado en agua por lo cual es imperioso determinar la concentración de mercurio en las tres marcas de mayor preferencia por el consumidor en la parroquia Chongón del cantón Guayaquil.

El análisis por Espectrofotométrico de Absorción Atómica arrojó como resultados la presencia positiva de mercurio en las latas de atún en agua objeto de este estudio; así la muestra uno presenta un promedio 0.022 mg/kg de presencia de mercurio; mientras que la segunda muestra presenta un promedio de 0.093 mg/kg y la tercera muestra 0.033 mg/kg; lo que permite establecer que la muestra uno es la que presenta niveles muy por debajo de la norma INEN 184 y la FDA cuyo valor máximo permitido es 1 mg/Kg. Entre tanto al realizar la comparación de los resultados obtenidos con los valores máximos permitidos por la OMS y la EPA que son 0.5 mg/kg para atún enlatado en agua se puede establecer que dichas normas son más rígidas ya que establecen el 50% de las normativas anteriores y que los resultados obtenidos se ajustan también a dichas normas. El valor de la Desviación Estándar equivalente a 0.0039 corrobora lo anteriormente expresado por su mínima expresión que refleja ningún tipo de contaminación que afecte al ser humano.

Es compromiso del estado a través de sus organismos de control minero y del ambiente, así como del quehacer profesional del Químico y Farmacéutico garantizar la calidad de los peces y mariscos enlatados comercializados en nuestro país.

Palabras Clave: Metilmercurio; atún enlatado en agua; espectrofotometría de absorción atómica.

Abstract

Methylmercury is the form of the element present in the fish, in the predators presents higher concentration by accumulation, being able to be up to a million times greater than the sea water in which they inhabit, due to the pollution caused by the mainly artisanal mining activity . This situation can affect the quality of canned tuna in water so it is imperative to determine the concentration of mercury in the three brands of greater preference for the consumer in the parish Chongón of the canton Guayaquil.

The analysis by Spectrophotometric of Atomic Absorption showed as results the positive presence of mercury in the cans of tuna in water object of this study; Thus the sample one presents an average 0.022 mg / kg of presence of mercury; While the second sample has an average of 0.093 mg / kg and the third sample 0.033 mg / kg; Which makes it possible to establish that sample one is the one that has levels well below the norm INEN 184 and the FDA whose maximum allowed value is 1 mg / kg. Meanwhile, when comparing the results obtained with the maximum values allowed by WHO and EPA that are 0.5 mg / kg for canned tuna in water, it can be established that these standards are more rigid since they establish 50% of the regulations And that the results obtained are also in line with those standards. The value of the Standard Deviation equivalent to 0.0039 corroborates the above expressed by its minimal expression that reflects any type of contamination that affects the human being.

It is the state's commitment through its mining and environmental control agencies, as well as the professional work of the Chemist and Pharmaceutical, to guarantee the quality of the canned fish and seafood marketed in our country.

Keywords: Methylmercury, canned tuna in water, Atomic Absorption spectrophotometry.

Resumo

Metilmercúrio é a forma deste elemento em peixes, em predadores maior acumulação de concentração, e pode ser de até um milhão de vezes mais elevadas do que a água do mar no alojamento, devido à contaminação causada por actividade mineira principalmente escala . Esta situação pode afetar a qualidade de conservas de atum em água por isso é imperativo para determinar a concentração de mercúrio nos três marcas mais preferidas pelo consumidor na freguesia Chongón Canton Guayaquil.

A análise espectrofotométrica por Absorção Atómica como resultados mostraram a presença positiva de mercúrio em atum enlatado em água objecto do presente estudo; e uma amostra possuindo uma média 0022 mg / kg de presença de mercúrio; enquanto que a segunda amostra tem uma média de 0,093 mg / kg e a terceira amostra 0,033 mg / kg; estabelecendo assim que a amostra é uma que tem níveis bem abaixo do padrão e cujo valor máximo é de 1 mg / kg 184 inen FDA. Enquanto isso na comparação dos resultados obtidos com os valores máximos permitidos pela OMS e EPA são de 0,5 mg / kg para o atum embalado em água pode ser definido tais regras são mais rígidas e estabelece 50% de normativo acima e os resultados obtidos estão também em conformidade com essas normas. O valor do desvio padrão equivalente 0,0039 corrobora anteriormente expressa por um mínimo refletindo qualquer poluição que afeta os seres humanos. É o Estado através de suas agências mineração e monitoramento ambiental, bem como o trabalho profissional de química e farmacêutica garantir a qualidade do peixe e marisco enlatados vendidos no nosso país.

Palavras chave: metilmercúrio atum enlatado em água, espectrofotometria de absorção atômica.

Introducción

El atún constituye una importante fuente proteínica para la población mundial debido a que este pez se encuentra en los principales océanos del mundo y se caracteriza por su carácter permanentemente migratorio a grandes velocidades de 3 y 7 km/hora. En los últimos años, los 5 países mayores exportadores de atún enlatado comercializan 74% de las exportaciones, liderados por Tailandia con el 44%, España, Ecuador, Filipinas, Samoa, México y Colombia que también es jugador importante en esta lista. Los principales importadores han sido Estados Unidos (17%), Italia (12%), Francia, Reino Unido y España. (Dórea, 2012) (Lloret, Ferrer, Font, Botet Montoya, & Nadal, 2015)

El mercurio (Hg) es un metal noble que se caracteriza por encontrarse en estado líquido a temperatura ambiente y se encuentra de manera natural en todos los compartimientos del planeta: atmósfera, suelo, rocas y agua. Sus concentraciones se han incrementado en los ecosistemas, debido a las modificaciones de su ciclo geoquímico resultado de las actividades antropogénicas, haciéndolo más abundante en los sistemas, donde posee una gran movilidad que lo hace tener una amplia distribución por el planeta. (Cordoba, 2014)

El mercurio es un metal extremadamente volátil que puede ser transportado a grandes distancias una vez se ha emitido a la atmósfera. Este metal se transforma en metilmercurio, una potente neurotóxica, que se acumula en los peces y en los animales y los humanos que los consume. (Alcala Orozco & Morillo García, 2015)

En el agua, el mercurio se transforma en una molécula orgánica altamente tóxica, el metilmercurio, que es rápidamente absorbido por algas y plancton.

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

La mayor fuente dietaria de metilmercurio en los humanos es el pescado debido a que las concentraciones de metilmercurio en estos es superior a la encontrada en otros alimentos como cereales, vegetales, frutas, carnes, huevos y leche.

El mercurio existe en varias formas: elemental (o metálico) e inorgánico (al que la gente se puede ver expuesta en ciertos trabajos); u orgánico (como el metilmercurio, que penetra en el cuerpo humano por vía alimentaria), estas formas de mercurio difieren por su grado de toxicidad y sus efectos sobre los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones riñones y ojos. El mercurio, presente de forma natural en la corteza terrestre, puede provenir de la actividad volcánica, la erosión de las rocas o la actividad humana. Una vez liberado el mercurio al medio, ciertas bacterias pueden transformarlo en metilmercurio.

El 90% a 100% del contenido de mercurio en los peces se encuentra en forma de metilmercurio, este contaminante se halla unido a proteínas (no en la grasa) por lo que no se elimina mediante la

La materia prima que se utiliza para envasar atún en lata, muy difícilmente es atún. Los pescados más utilizados son atún de aleta amarilla (*ThunnusAlbacares*), El atún blanco o albacora (*Thunnusalalunga*), Atún ojo grande (*ThunnusObesus*), Listado (*Katsuwonuspelamis*), bonito (*Sarna Sarna*) aunque también se llega a envasar caballa (*Scomberscombrus*) y jurel (*Scomberoides*). (Almodóvar, 2011)

El atún se ha vendido mayoritariamente a nivel mundial pero es una de las especies marinas que más mercurio acumula, acompañado de especies como barrilete (*Katsuwonuspelamis*), atún aleta amarilla (*Thunnusalbacares*) y patudo (*Thunnusobesus*) los mismos que tienen ciertas

restricciones de consumo en poblaciones especiales por el riesgo de toxicidad debido a sus concentraciones de mercurio elevadas debido a su alto índice de masa muscular (tamaño) y a su posicionamiento en la cadena alimenticia como una de las principales especies depredadores. .

Para que los productos sean absolutamente seguros, los fabricantes de pescado en conserva deben cerciorarse de que tal tratamiento térmico al que se someten es suficiente para eliminar todos los microorganismos patógenos responsables de la descomposición, de éstos, el *Clostridium botulinum* es indudablemente el más conocido porque consigue reproducirse dentro del envase sellado y puede llevar a la formación de una toxina potencialmente mortífera. La seguridad de los productos envasados sólo está garantizada si se conocen a fondo y se controlan adecuadamente todos los aspectos del tratamiento térmico.

El mercurio absorbido por los peces es un compuesto llamado metilmercurio, una forma fácilmente absorbida por las células vegetales y animales, pero que no se elimina fácilmente debido a esto, el mercurio se concentra a cada paso de la cadena alimentaria, como resultado, los niveles de metilmercurio en peces depredadores son aproximadamente un millón de veces mayores que en el agua en la que nadan

El mercurio orgánico se encuentra en forma metilmercurio CH_3Hg y dimetilmercurio $\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$ estas formas de mercurio son sintetizadas por la actividad microbiana que van desde aerobios y anaerobios. El dimetil mercurio es insoluble en agua y tiene alta volatilidad mientras que el metilmercurio es soluble en agua.

El cianuro y el mercurio son elementos utilizados en la minería para la extracción y limpieza del metal; al ser utilizados sin precaución, generan graves afectaciones a la salud, como la

intoxicación y envenenamiento. El arsénico, por otra parte, es un elemento que está presente de manera natural en la tierra, pero debido a la actividad minera, se vuelve volátil, contaminando el agua, el aire y las plantas. En el caso del mercurio, muchas personas que trabajan en minería ilegal están expuestas a envenenamiento por este metal líquido que, en el proceso de vaporización para separar el oro de la roca, supera la cantidad de tres a cuatro microgramos por decilitro de sangre que el cuerpo humano tolera.

La contaminación de alimentos por mercurio aumentó durante el año 2014, con un total de 114 notificaciones a nivel europeo por contenido de este metal pesado en pescado y otros productos pesqueros. De estas notificaciones, 57 casos tuvieron origen en España, de acuerdo al Sistema de Alerta Rápida para Piensos y Alimentos (RASFF, por sus siglas en inglés). La situación se agrava año a año, mientras que España y otros países europeos continúan sin ratificar el Convenio de Minamata que debería controlar la presencia de este metal a nivel global. Ecologistas en Acción advierte de que el retraso en la entrada en vigor del convenio aumenta las consecuencias en la salud y el medio ambiente.

En el 2007, El Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUMA) debatió la necesidad de encarar una acción internacional sobre el control del mercurio para disminuir las emisiones antropogénicas a la atmósfera, adecuar el manejo de los desechos, reducir la demanda y oferta mundiales, atender la restauración de los sitios contaminados, prohibir el tránsito del mercurio a países en desarrollo y ofrecer soluciones para la disposición final. Educar a la población de modo de profundizar los conocimientos sobre las fuentes de exposición y el impacto sobre la salud y en el ambiente es fundamental.

El Convenio de Minamata sobre el Mercurio es un tratado mundial y jurídicamente vinculante que se abrió a la firma el día 10 de Octubre de 2013 dando como resultado un acuerdo alcanzado por los gobiernos en enero, luego de que se aprobara el primer debate del Congreso.

Los países comenzaron las celebraciones de este nuevo tratado en una ceremonia especial de apertura de la Conferencia Diplomática de Minamata, ciudad en la que a mediados del siglo XX muchos de sus habitantes se envenenaron tras la ingestión de pescado y mariscos de la Bahía de Minamata contaminados con mercurio. Ese fenómeno es el que dio en la actualidad el nombre de enfermedad de Minamata al síndrome neurológico causado por la intoxicación grave con mercurio.

El Convenio de Minamata prevé controles y reducciones en una amplia gama de productos, procesos e industrias en los que se utiliza mercurio o que lo liberan o emiten. El tratado también se ocupa de la extracción directa de mercurio, la exportación e importación del metal y el almacenamiento del mercurio de desecho en condiciones de seguridad.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) acoge con agrado hoy la aprobación de un nuevo convenio internacional que reducirá los efectos nocivos del mercurio sobre la salud (OMS, 2013).

El tratado establece una serie de medidas de protección, como el control de las emisiones de mercurio de las plantas eléctricas alimentadas con carbón y de la industria, así como del uso del mercurio en las minas de oro artesanales o a pequeña escala. En concreto, el tratado establece la eliminación progresiva de aquí a 2020 de la utilización de mercurio en los termómetros e instrumentos de medición de la tensión arterial empleados en la atención sanitaria, esto brinda un

apoyo adicional al programa de la OMS destinado a ayudar a los países a sustituir estos aparatos por otros que no contengan mercurio (OMS, 2013).

Constitución del Ecuador: Ambiente Sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumakkawsay... (Constitucion de Ecuador, 2008)

Numeral 7. Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable (Constitucion del Ecuador, 2008).

Ley de Minería

Art. 78.- Estudios de impacto ambiental y Auditorías Ambientales : Los titulares de concesiones mineras y plantas de beneficio, fundición y refinación, previamente a la iniciación de las actividades mineras en todas sus fases, ..., deberán efectuar y presentar estudios de impacto ambiental en la fase de exploración inicial, estudios de impacto ambiental definitivos y planes de manejo ambiental en la fase de exploración avanzada y subsiguientes, para prevenir, mitigar, controlar y reparar los impactos ambientales y sociales derivados de sus actividades, ..., no podrán ejecutarse actividades mineras de exploración inicial, avanzada, explotación, beneficio, fundición, refinación y cierre de minas que no cuenten con la respectiva Licencia Ambiental otorgada por el Ministerio del ramo, ..., los titulares de derechos mineros están obligados a presentar una auditoría ambiental anual que permita a la

entidad de control monitorear, vigilar y verificar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental (Ley de Minería , 2009).

Art. 79.- Tratamiento de aguas.- Los titulares de derechos mineros y mineros artesanales que,..., utilicen aguas para sus trabajos y procesos, deben devolverlas al cauce original del río o a la cuenca del lago o laguna de donde fueron tomadas, libres de contaminación o cumpliendo los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental y del agua vigentes, con el fin que no se afecte a los derechos de las personas y de la naturaleza reconocidos constitucionalmente... La reutilización del agua, a través de sistemas de recirculación es una obligación permanente de los concesionarios El incumplimiento de esta disposición ocasionará sanciones que pueden llegar a la caducidad de la concesión o permiso (Ley de Minería , 2009)

Metodología

Se analizaron tres marcas de atún en agua comercializadas en la parroquia Chongón las mismas se analizaron por duplicado. El Procedimiento utilizado para la determinación de mercurio es el MMQ AAS-01, en base al método AOAC 974.14 la cual cumple con todos los aseguramientos que exige la norma ISO/IEC 17025.

Para la determinación se realizó en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Marca THERMO FISHER SCIENTIFIC, Modelo: ICE 3500 serie AA SYSTEM.

Análisis de mercurio por absorción atómica con generación de hidruros.

La determinación del mercurio en las muestras se basa en los métodos normalizados de la AOAC 977.15 y para la digestión en el método AOAC 974.14.

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

El método para la digestión se modificó de acuerdo a las condiciones del laboratorio y a la capacidad del rotor del microondas.

El método para determinar mercurio se basa en realizar la digestión de la muestra destruyendo en su totalidad la materia orgánica y de esta manera extraer el metal para ser cuantificado por el equipo de absorción atómica por generador de hidruros.

Resultados.

Las muestras de atún enlatado en agua que fueron sometidas a análisis durante los meses de Diciembre del año 2016, Enero y Febrero del 2017, por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica presentaron los siguientes resultados:

Indicadores de metal pesado mercurio en atún enlatado en agua muestra # 1. Noviembre, diciembre 2016 y enero 2017

Muestra Atún	1º Réplica	2º Réplica	Promedio	Normas			
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	INEN 184	FDA	OMS	EPA
CVD-2016	0.020	0.020	0.020	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
CVN-2016	0.020	0.021	0.021	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
CVE-2017	0.024	0.025	0.025	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
Promedio General			0.022				
Varianza			6.08333E-06				
Desviación Estándar			0.002466441				

Los resultados del análisis de Hg de la primera muestra CV que se realizaron por duplicado en los meses de noviembre y diciembre del 2016 y enero del 2017, presentaron un valor promedio de 0.022 mg/kg Hg, el cual al ser relacionado con la Norma INEN 184 de 1mg/kg refleja estar por

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

debajo del valor máximo permitido en la misma; de igual manera con lo establecido por la FDA los resultados obtenidos están por debajo del parámetro.

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos con los valores máximos permitidos por la OMS y la EPA que son 0.5 mg/kg para atún enlatado en agua se puede establecer que dichas normas son más rígidas ya que establecen el 50% de las normativas anteriores y que los resultados obtenidos se ajustan también a dichas normas. El valor de la Variación Estándar equivalente a 0.003 para este primer muestreo lo cual corrobora lo anteriormente expresado por su mínima expresión que refleja ningún tipo de contaminación que afecte al ser humano.

Muestra Atún	1º Réplica mg/kg	2º Réplica mg/kg	Promedio mensual mg/kg	Normas			
				INEN 184	FDA	OMS	EPA
RLN-2016	0.100	0.110	0.105	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
RLD-2016	0.090	0.090	0.090	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
RLE-2017	0.080	0.090	0.085	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
Promedio General			0.093				
Varianza			0.000108333				
Desviación Estándar			0.01040833				

Indicadores de metal pesado mercurio en atún enlatado en agua muestra # 2. Noviembre, diciembre 2016 y enero 2017. (Lema, 2017)

En el análisis de la segunda muestra de atún enlatado en agua que se realizó en los meses de Noviembre y Diciembre del 2016 y Enero del 2017 se estableció un valor promedio de 0.09 mg/kg de Hg, siendo el valor más elevado de 0.105mg/kg.

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

Los valores disminuyeron en comparación con las muestras analizadas en el mes de Noviembre, sin embargo se encuentra dentro de los límites permisibles de la norma nacional. Así mismo al comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos por la FDA, OMS, EPA, se determinó que los valores no sobrepasan los límites permitidos.

El valor de la Desviación Estándar es igual a 0.01 lo que indica que dichos valores no están tan dispersos, indicando que es apto para el consumo humano ya que los valores no sobrepasan los valores permitidos.

Muestra Atún	1° Réplica mg/kg	2° Réplica mg/kg	Promedio mensual mg/kg	Normas			
				INEN 184	FDA	OMS	EPA
YLN-2016	0.030	0.030	0.030	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
YLD-2016	0.033	0.034	0.034	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
YLE-2017	0.035	0.036	0.036	Max 1	Max 1	Max 0.5	Max 0.5
Promedio General			0.033				
Varianza			7.75E-06				
Desviación Estándar			0.002783882				

Indicadores de metal pesado mercurio en atún enlatado en agua muestra # 3. Enero 2017

(Lema, 2017)

En la tercera muestra sometida a análisis durante los meses de noviembre y diciembre del 2016, así como enero de este año se obtuvo un valor promedio de 0.033 mg/kg, presentando el valor más elevado en el mes de enero, de 0.036mg/kg.

Al comparar los resultados de las muestras de Atún en agua (CV, RL, YL) que se analizaron durante este período Noviembre 2016 –Enero 2017 con los límites establecidos por las Organizaciones nacionales e internacionales, efectivamente las muestras cumplen con los valores mínimos establecidos de calidad e inocuidad.

El valor de la Desviación Estándar es igual a 0.003 lo que indica que dichos valores no están tan dispersos, indicando que es apto para el consumo humano ya que los valores no sobrepasan los valores permitidos.

Una vez concluida la tabulación de los resultados obtenidos en los análisis de concentración de mercurio en muestras de Atún enlatado en agua, se procede a realizar la relación de los promedios obtenidos, en primer lugar de acuerdo a la Norma INEN 184 y los parámetros establecidos por las Food and Droug Administration, pudiéndose establecer que la muestra 1 presenta la concentración más baja de mercurio.

Conclusiones.

Las muestras de atún en agua enlatada objeto de este estudio sometido a análisis indican presencia positiva de mercurio.

Se concluye que están muy por debajo de las normas sanitarias vigentes nacionales e internacionales.

La Marca RL presenta el valor más alto 0.093 mg/Kg de todos los atunes en lata que se analizaron, así mismo la Marca CV presenta 0.022mg/kg el valor más bajo, esto bajo las normativas INEN 184, FDA, OMS y la EPA, estas dos últimas con valores permitidos más rigurosos (0.5 mg/kg)

Los efectos tóxicos dados por la mínima cantidad de mercurio detectado no representa ningún riesgo para la salud humana; ya que el mercurio absorbido por cualquier consumidor de atún es excretado por orina, saliva, sudor, pelo y uñas.

Recomendaciones.

Analizar una mayor cantidad de muestras en investigaciones posteriores sobre las marcas de conserva de atún de mayor consumo entre la población para obtener así resultados que permitan dar a conocer la inocuidad del alimento que las personas consumen con mayor frecuencia.

Investigar a nivel nacional los niveles de mercurio que contiene los productos marinos frescos y las presentaciones enlatadas.

Que los Organismos sanitarios correspondientes sean más exigentes en cuanto a la conservación del medio ambiente con aquellas empresas que explotan los recursos de la naturaleza de una manera inconsciente provocando graves daños a la misma y viéndose afectado al ser humano debido al consumo de alimentos contaminados que estuvieron expuestos a dichos contaminantes.

Los Nuevos Gobernantes continúen con las leyes y reglamentos que permitan cumplir con las condiciones mínimas para trabajar y explotar los recursos naturales de una manera que no se afecten negativamente al ecosistema.

Bibliografía.

- Alcala Orozco, M., & Morillo García, J. (2015). *Niveles de Mercurio Total en atún enlatado distribuido en Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Almodóvar, B. (2011). Atunes, Marlines y Pez espada Necesitan Protección. *Ciencia y Conservación*, 93-96.
- Constitucion de Ecuador. (2008). Quito.
- Cordoba, E. (2014). Un análisis descriptivo de la presencia de mercurio en agua, sedimento y peces de interés socio-económico en la Amazonia colombiana. *Colombia Amazónica*, 149 - 159.
- Dórea, J. (2012). Los efectos del mercurio sobre la salud humana y el medio ambiente" y una consideración especial a la vulnerabilidad en la fase temprana de la vida. *Archivos argentinos de pediatría*, 110(5), 372-374.
- Ley de Minería. (2009). Quito.

Determinación de Mercurio en atún enlatado por Espectrofotometría de Absorción Atómica

Lloret, J., Ferrer, D., Font, T., Botet Montoya, J., & Nadal, M. (2015). *Salud y Pescado: Condition and Health Indicators of Exploited Marine Fishes*. Nueva Jersey: Wiley.

OMS. (2013). *La OMS acoge con satisfacción el tratado internacional sobre el mercurio*.