

VALORACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD POR CONSUMIR BOCACHICO Y DAMA CON METALES PESADOS

HEALTH RISK ASSESSMENT FOR CONSUMING BOCACHICO AND DAMA WITH HEAVY METALS

Gina Guapi Alava^{1*}

¹ Agroindustria, Facultad Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8917-217X> . Correo: gguapi@uteq.edu.ec

Vicente Guerron Troya²

² Alimentos, Facultad Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9674-7923>. Correo: vguerron@uteq.edu.ec

Rafael Moreno Rojas³

³ Dpto. de Bromatología y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3134-7392>. Correo: rafael.moreno@uco.es

*** Autor para correspondencia:** gguapi@uteq.edu.ec

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo determinar el riesgo a la salud por ingesta de metales pesados a partir de pescados de agua dulce. Para llevar a cabo el estudio se utilizó una encuesta de frecuencia de consumo a un total de más de cuatrocientas personas de la ciudad de Quevedo. Para el análisis de riesgo por consumo de pescado, se tomaron datos de referencia bibliográfica de los tres tóxicos inorgánicos (Pb, Hg y As) en muestras de bocachico y dama de la tesis de Alcívar Choez del 2015, que analizó dicho contenido en pescados de la propia localidad. Para el cálculo de las distribuciones de frecuencias se utilizó un programa específico de cálculo de distribución y evaluación de riesgo, denominado Decision Tools Suite v.7. Según el análisis de riesgo existe un porcentaje de menos del 0.2% de la población que puede estar en riesgo por ingesta excesiva del plomo y mercurio metálico debido al consumo de estas dos especies de pescado y un 5% de riesgo por ingesta de metilmercurio en ambas especies. En lo que se refiere al arsénico un 99,9% de la población estaría exenta de riesgo por ingesta de arsénico si las únicas fuentes fueran exclusivamente estas dos especies.

Palabras clave: riesgo; metales; pesados; salud; mercurio.

Abstract

The present research has by objective determine the risk to her health by ingestion of metals heavy starting from fish of water sweet. To carry out the study the method was in use frequency of consumption, which was consisting of realizing surveys to a group of persons of the city of Quevedo. For the analysis of risk for consumption of fish, there took information of bibliographical reference of three inorganic toxins (Pb, Hg and Ace) in samples of bocachico and lady of the thesis of Alcívar Choez of 2015. For the calculation of the distributions of frequencies there was in use a specific program of distribution calculation and assessment of risk, called DecisionTools Suite v.7. According to the analysis of risk there is a percentage of less than the 0.2% of the population that can be at risk by intake excessive of the lead and mercury metallic due to the consumption of these two species of fish and a 5% of risk by intake of methylmercury in both species. In what is refers to the arsenic a 99.9% of the population would be exempt of risk by intake of arsenic if the only sources were exclusively these two species.

Keywords: risk; metals; heavy; health ; mercury

Fecha de recibido: 24/06/2022

Fecha de aceptado: 10/08/2022

Fecha de publicado: 15/08/2022

Introducción

El término “metales pesados” se aplica a cualquier elemento metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso, aún en bajas concentraciones (Lenntech 2004; Duruibe, J. O. 2007).

La contaminación por metales pesados en el medio ambiente se ha convertido en un tópico de interés mundial debido a su toxicidad, persistencia durante varias décadas, así como a su bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimentaria (Rajeshkumar & Munuswamy, 2011). (Castro, 2011)

La incorporación de metales pesados al medio ambiente puede ocurrir tanto por causas naturales como antropogénicas. La mayor fuente de emisión son las de caracter antropogénico, especialmente las operaciones de la minería (Hutton y Simon, 1986; Battarbee y al., 1988; Niriagu, 1989; Duruibe, J. O. 2007).

Mercurio, plomo y arsénico constituyen los tres elementos causantes de mayores efectos adversos en salud pública en base a su toxicidad y actuales niveles de exposición (UE, 1997). (Castro, 2011)

Las contaminaciones por metales pesados tienen efectos devastadores sobre el equilibrio ecológico del entorno y una diversidad de organismos acuáticos. (Basa and Rani, 2003) Los estudios realizados sobre varios pescados han mostrado que estos metales cambian las actividades fisiológicas y parámetros bioquímicos tanto en tejidos como sangre (Basa y Rani, 2003). (Javed y Usmani, 2011)

Mercurio, [Hg]

Es uno de los metales pesados más tóxico en nuestro entorno incluyendo la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. (Castro-González, M, Méndez-Armenta, M. 2008). Es considerado uno de los más

peligrosos debido a su alta toxicidad, carácter bioacumulativo y otros efectos nocivos sobre la biota incluyendo la alteración genética o mutagenesis. (Porto, et al. 2005). El mercurio tiene diversos efectos adversos sobre la salud y el medio ambiente. Su nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, cantidad, vía de exposición y vulnerabilidad de la persona expuesta. (Raimann et al. 2014).

El daño causado puede ser reversible o irreversible: a elevadas dosis y periodos largos de exposición, el daño puede ser irreversible. La acumulación de mercurio se produce de forma gradual en el sistema nervioso central, causa procesos degenerativos y daños entre los que se citan dificultades en el sistema motor, disminución y afectaciones auditivas y del paladar, del campo visual, disturbios sensoriales, ataxia, temblor, entre otros. En los casos severos los síntomas pueden ser incapacidad física y mental, además de ceguera, sordera, pérdida del lenguaje, postura descerebrada, parálisis espasmódica severa y algunas veces, coma y muerte. (Caballero, 2008).

Se presenta en 3 formas: mercurio elemental, sal inorgánica de mercurio y mercurio orgánico. El mercurio orgánico es el de mayor importancia para la salud; sus compuestos incluyen metilmercurio, etilmercurio y fenilmercurio. (Raimann et al. 2014).

En pescados, el mercurio se encuentra mayoritariamente en forma de metil mercurio, siendo esta la más tóxica de sus formas de presentación. Se encuentra en mayor cantidad en peces depredadores y mariscos, donde puede representar más del 90% del mercurio total (Bloom, 1992). (Farré et al. 2010). El metil-mercurio constituye aproximadamente un 75% del mercurio total de los pescados de agua marina y cerca de un 90% de los de agua dulce. Debido a que el metil-mercurio no es lipofílico, no se acumula en la grasa de los peces. (FVSA, 2005).

Los compuestos mercuriales pueden ser absorbidos por inhalación, a través de la piel y por ingestión. (Caballero, 2008).

A principios de 2013, la EFSA establecía para el mercurio inorgánico una exposición de 4 microgramos/kg de peso corporal; para el metilmercurio (forma predominante del mercurio en pescado), bajaba los niveles en 1,3 microgramos/kg de peso corporal. (Chavarrías, 2014). La unión europea ha establecido para la carne de pescado un contenido máximo de 0,50 mg/ Kg de mercurio en peso fresco. (CEE 1881/2006).

Arsénico, [As]

Es un elemento considerado entre los veinte más abundantes sobre la tierra. Está presente en cantidades trazas en rocas, suelo, agua y aire. (Galetovic y Fernicola, 2003)

Ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal. El arsénico elemental es un material sólido de color gris acero. Sin embargo, en el ambiente el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como por ejemplo oxígeno, cloro y azufre. El arsénico combinado con estos elementos se conoce como arsénico inorgánico, el arsénico combinado con carbono e hidrógeno se conoce como arsénico orgánico. (ATSDR, 2007)

Las concentraciones en el medio natural son muy bajas, por lo que la mayor parte del arsénico procede de las actividades industriales, ya que se genera como subproducto de la metalurgia y de la producción de energía con combustibles como el carbón. Este metal se ha utilizado principalmente en la elaboración de plaguicidas

y herbicidas, aunque hoy en día su utilización está prohibida en dichos productos por su toxicidad y persistencia en el medio ambiente. (FVSA, 2013)

La población puede estar expuesta al arsénico por el consumo de alimento y agua potable, pero para la mayoría, la fuente de exposición principal es la dieta, especialmente pescado y fruto de mar. Es conocido que el fruto de mar contiene las cantidades más grandes de arsénico que otros productos (Uneyama et al., 2007). (Castro-González, M, Méndez-Armenta, M. 2008)

Como en todos los metales pesados, las formas inorgánicas son mucho más tóxicas que las orgánicas. El arsénico inorgánico es altamente tóxico y carcinogénico para la piel, los pulmones y la vejiga. El arsénico orgánico, de menor toxicidad, se absorbe y se excreta rápidamente por la orina. (FVSA, 2013)

Puede producir tanto intoxicaciones agudas como crónicas. Los síntomas más comunes de intoxicación aguda por ingestión de arsénico en el ser humano son vómitos, dolor esofágico y abdominal, y diarrea sanguinolenta. Por otra parte, la ingestión crónica de bajas cantidades de arsénico a medio-largo plazo provoca lesiones cutáneas, depresión de la médula ósea, alteraciones digestivas, renales, hepáticas, y trastornos neurológicos y cardíacos. (FVSA, 2013)

En 2009, la EFSA evaluó la exposición de la población europea al Arsénico inorgánico resultando en 0,13-0,56 µg/kg p.c/día para la población general, por lo que estableció como referencia un intervalo de dosis de referencia entre 0,3 y 8 µg/kg de peso corporal/día. (FVSA, 2013)

Plomo, [Pb]

Es un metal pesado, de baja temperatura de fusión, de color gris-azulado que se encuentra en la corteza terrestre. Sin embargo, raramente está en la naturaleza en la forma de metal. Generalmente se encuentra combinado con otros dos o más elementos formando compuestos de plomo. (ATSDR, 2007)

La mayoría de los niveles altos de plomo que se encuentran en el ambiente se originan de actividades humanas. Los niveles ambientales de plomo han aumentado más de mil veces durante los tres últimos siglos como consecuencia de la actividad humana. El mayor incremento ocurrió entre los años 1950 y 2000. (ATSDR, 2007)

Puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad. (Valdivia, 2005)

Sus principales efectos tóxicos fueron caracterizados desde hace unos 2000 años en la cultura grecorromana, llamándosele saturnismo o plumbismo a la enfermedad causada por la ingestión de este metal.

Los efectos del plomo son los mismos si entra al cuerpo a través de la inhalación o de la ingestión. El plomo puede afectar casi todos los órganos y sistemas del cuerpo. La toxicidad del plomo afecta principalmente al sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición prolongada en los adultos puede producir un menor desempeño en algunas pruebas que miden el funcionamiento del sistema nervioso. La exposición a altos niveles de plomo puede dañar seriamente el cerebro y los riñones de niños y adultos, y finalmente causar la muerte. En las mujeres embarazadas, altos niveles de exposición al plomo pueden producir un aborto espontáneo. En los hombres, altos niveles de exposición pueden causar daños en los órganos responsables de la producción de espermatozoides. (ATSDR, 2007)

La unión europea ha establecido para la carne de pescado un contenido máximo de 0,30 mg/ Kg de plomo en peso fresco. (CEE 1881/2006)

Especies estudiadas



Figura 1. Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*).

Nombre común: Bocachico (Eigenmann, 1917; Gilbert y Roberts, 1972; Barnhill et al., 1974). Eigenmann (1917:113). Esta especie también es conocida como lampón o chaguingo en la cuenca del río Daule y del Babahoyo. (Jiménez, et al. 2015)

Descripción: Se distingue de otras especies que se encuentran en el Oeste del Ecuador por una combinación de los siguientes caracteres: boca subterminal, mandíbulas protractiles, hocico grande (Glodek, 1978). (Jiménez, et al. 2015). El color de su cuerpo va entre un verde aceituna en el dorso y flancos levemente plateados. sus aletas tienen una coloración rojiza en el borde. Con una sola aleta dorsal que esta erguida todo el tiempo. (MAGAP). Un punto negro detrás de la parte superior. Sin mancha en la base de la cola (Günther, 1860). (Jiménez, et al. 2015). Pesa entre 0.2 a 2.5 Kg. No existe diferencia de sexos. La reproducción se efectúa en zonas inundadas. (MAGAP). Su tamaño máximo es de 38,5 cm (Cadena, 1981). (Laaz E, 2012) Se alimenta mediante el raspado de las algas que crecen sobre madera y rocas sumergidas (Barnhill et al., 1974). (Laaz E, 2012). Tiene un órgano olfativo muy desarrollado, el cual le permite detectar alimento y detectar el sexo opuesto. Poseen un tejido especializado reflectivo en los ojos, que les ayuda a detectar cualquier cambio en la intensidad de la luz. Su reproducción es en grandes cantidades, aumentando así la supervivencia ya que los adultos no cuidan a sus crías. (MAGAP)

Un aspecto importante es que se trata de un pez de consumo frecuente en las zonas rurales de la provincia de Los Ríos y Guayas. (Revelo 2010) De confirmarse la presencia de esta especie en la cuenca del Santiago o del Esmeraldas, quiere decir que se trata de un pez muy poco común, lo cual podría explicarse por diferencias adaptativas (en comparación con las poblaciones del Guayas) o simplemente por sobrepesca, considerando que los testimonios coinciden al asegurar que se trata de un animal muy apreciado. (Jiménez, et al. 2015)

Tiene una gran demanda debido a su gran sabor, alta cotización y escasez del mismo, pueden llegar a costar hasta \$2.50 la libra. (MAGAP)



Figura 2. Dama (*Brycon Alburnus*).

Nombre común: Sábalo, sabaleta (cuenca del Santiago), dama, dama blanca (cuenca del Guayas).

Descripción: Cuerpo con un perfil dorsal casi recto en juveniles y algo convexo en adultos; hocico pronunciado y puntiagudo, a veces; boca grande, el extremo posterior del maxilar alcanza el borde anterior de la pupila en juveniles y puede llegar a sobrepasar el borde posterior del ojo en adultos (Howes, 1982) (Jiménez, et al. 2015)

Es posible distinguir una mancha oscura humeral en juveniles, aunque tiende a desaparecer en adultos. A primera vista se diferencia de otras especies del mismo género, por su característico hocico pronunciado y algunas veces puntiagudo; su mandíbula superior no está muy pronunciada y no muestra, si acaso, la fila externa de dientes (como sucede con *B. dentex*, que deja expuestos casi todos los dientes de la mandíbula superior); presenta dos dientes caninos en la mandíbula inferior característica única de esta especie en la cuenca del Guayas; tiene escamas pequeñas y numerosas (Jiménez, et al. 2015). Su tamaño máximo es de 32,6 cm SL (Fishbase, 2011) (Lazz E, 2013)

Es una especie omnívora; se alimenta de algas (*Fragilaria*), invertebrados zooplanctónicos, materia vegetal (hojas, semillas, frutos), adultos y larvas de insectos acuáticos (Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera: *Chironomus*). No existe información específica sobre su estado de conservación, pero su pesca permanente e indiscriminada, podría provocar afectación a corto o mediano plazo. (Jiménez, et al. 2015)

Materiales y métodos

Frecuencia de consumo de pescado

Tras evaluar diferentes modelos de encuestas para establecer la frecuencia de consumo de pescado se diseñó un cuestionario que se aplicó a la población quevedeña en diferentes ubicaciones de la ciudad. Dada la

ubicación geográfica de Quevedo entre la costa y la sierra, puede considerarse un modo de alimentación representativo de Ecuador.

Los encuestados que participaron en este estudio eran personas de distintos lugares de la ciudad de Quevedo. Se contó con un total de 410 personas, 231 mujeres y 179 hombres, (número que sobrepasa el tamaño muestral mínimo de 400 individuos que era requerido para que la encuesta resultara estadísticamente válida). Cada participante recibió una breve explicación del estudio que se estaba realizando y se les suministraba el cuestionario en el que los datos que debían registrar, eran los siguientes:

- Ciudad / Provincia
- Nombres
- Sexo
- Grupo de Edad.
- Número telefónico
- Correo electrónico
- Nivel de estudio
- Profesión
- Tamaño unidad familiar
- Dependencia económica

También contenía un listado de los peces más comercializados en los mercados de la ciudad de Quevedo, entre los cuales se mencionaba al bocachico, dama, vieja azul, vieja colorada, tilapia negra, tilapia roja, ratón y guanchiche. Cada persona tuvo que indicar el número de veces que consumía el pescado, para esto se clasificaron las siguientes categorías:

- Veces / día
- Veces / semana
- Veces / mes
- Veces / año

Además, debían de indicar las raciones consumidas

- cuarto: 0,25
- media: 0,50
- completa: 1
- doble: 2

Finalmente, la frecuencia de consumo indicada se extrapoló a un consumo semanal que es la forma en que se realizan las recomendaciones de Ingestas Semanales Tolerables de los diferentes metales investigados.

Los datos de consumo de bocachico, revelaron que hay personas que no consumen este pescado, mientras que otros exceden su consumo, de 407 personas encuestadas 231 fueron mujeres y 176 hombres, del total de mujeres solo 100 reportaron su consumo y de los hombres solo 78. Con respecto a la Dama, 410 personas fueron encuestadas 231 mujeres y 179 hombres, del total de mujeres 53 mencionaron que si consumían y en cuanto a los hombres solo 59.

Contenido de metales en pescado

Para el análisis probabilístico de riesgo por consumo de pescado, se tomaron datos de referencia de los tres tóxicos inorgánicos (Pb, Hg y As) en muestras de bocachico y dama de la tesis de Alcívar Choez (2015).

Distribución de Frecuencia de Consumo y Contenido

Para el cálculo de las distribuciones de frecuencias se utilizó un programa específico de cálculo de distribución y evaluación de riesgo, denominado DecisionTools Suite v.7, en su componente específico de análisis de riesgo, @Risk. Básicamente, lo que se suministra es un conjunto de datos individuales sobre los cuales se evalúa la distribución probabilística que mejor se ajusta a esos datos. Para ello, @Risk lo que hace es generar datos aleatorios basados en los iniciales, mediante diversos algoritmos, siendo el más empleado en la literatura científica el de Monte Carlo, que fue el empleado en nuestro estudio.

La configuración de la simulación en @Risk, para el cálculo de distribución de frecuencias se hizo con 100.000 interacciones y aplicando la distribución de números aleatorios de Monte Carlo. El tipo de muestreo fue latino hipercúbico, con una semilla inicial aleatoria.

Resultados y discusión

A partir de los datos aportados por la tesis de Alcívar Choez se evalúan las distribuciones de datos para las dos especies (Bocachico y Dama) para los tres tóxicos inorgánicos estudiados. Dado que de cada especie tan sólo se analizaron 9 muestras, la potencia predictiva no es elevada, por lo que sería deseable disponer de mayor número de datos para hacer una estimación más precisa y por supuesto un número de especies mayor. No obstante, consideramos que las conclusiones obtenidas pueden ser válidas y constituyen una aproximación preliminar a la evaluación de la ingesta de estos metales en la población ecuatoriana.

Para los tres tóxicos inorgánicos estudiados en ambas especies se consigue un ajuste a la normalidad que mediante el test de Kolmogorov-Smirnov de $p > 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis de ajuste (Tabla 1). En la mayoría de los ajustes calculados la distribución normal se encontraba entre los 4 o 5 mejores ajustes, habitualmente con equiparable significación.

Tabla 1. Nivel de significación del test de Kolmogorov-Smirnov para los diferentes tóxicos evaluados en las dos especies estudiadas.

	Pb	Hg	As
Bocachico	0.2772	0.3348	0.2243
Dama	0.3031	0.4268	0.4003

Las figuras 3 a 9 muestran las distribuciones calculadas respecto a las frecuencias absolutas de los datos muestrales.

Para un correcto abordaje del estudio, se comprobaron los datos de consumo y se excluyeron aquellos casos en los que el consumo era superior a 1000g /semana que correspondió a tres individuos, exclusivamente respecto al consumo de bocachico. Esto supuso 407 datos para bocachico y 410 para Dama.

El mejor ajuste se consiguió mediante una distribución exponencial que es habitual en este tipo de consumos en la que un gran número de personas no consumen en absoluto el pescado y un número decreciente lo hace

en cantidades elevadas. El test de Kolmogorov-Smirnov dio para Bocachico 0.5602 y para Dama de 0.7244 por tanto un buen ajuste en ambos casos (figuras 9 y 10).

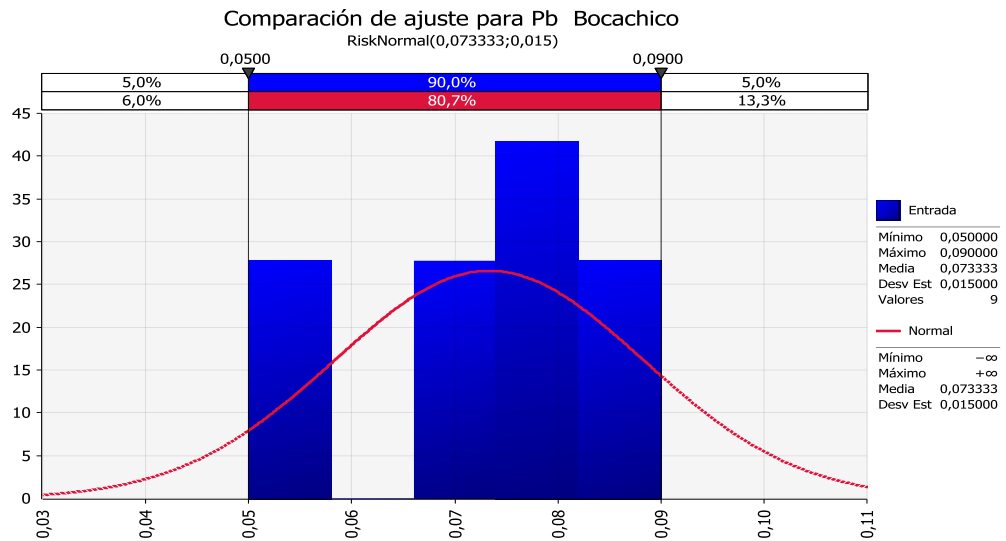


Figura 3. Ajuste de la distribución normal al contenido de plomo en bocachico.

Fuente: autores.

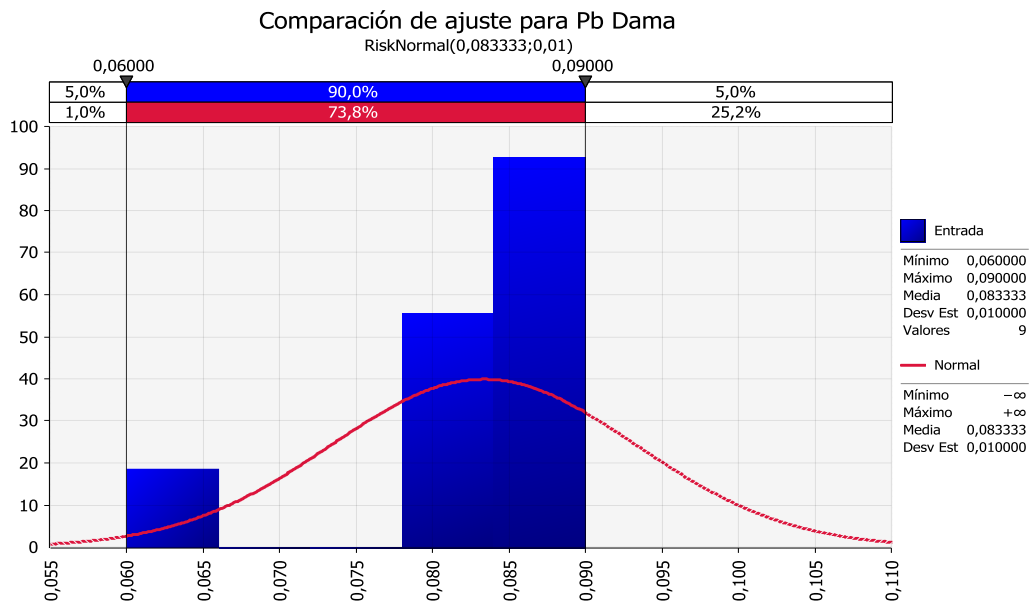


Figura 4. Ajuste de la distribución normal al contenido de plomo en dama.

Fuente: autores.

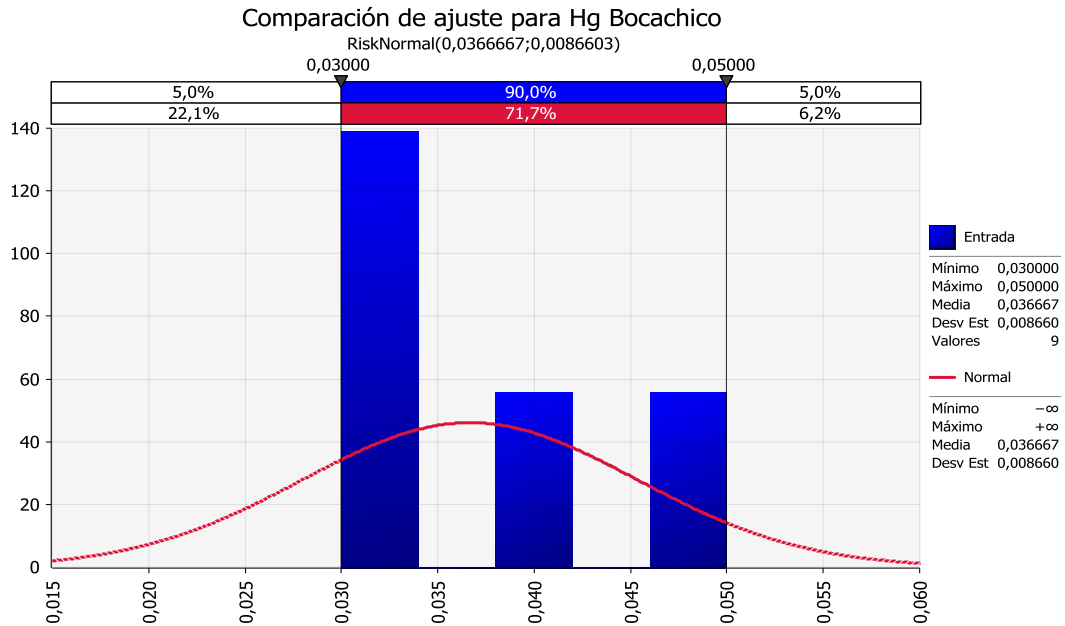


Figura 5. Ajuste de la distribución normal al contenido de mercurio en bocachico.

Fuente: autores.

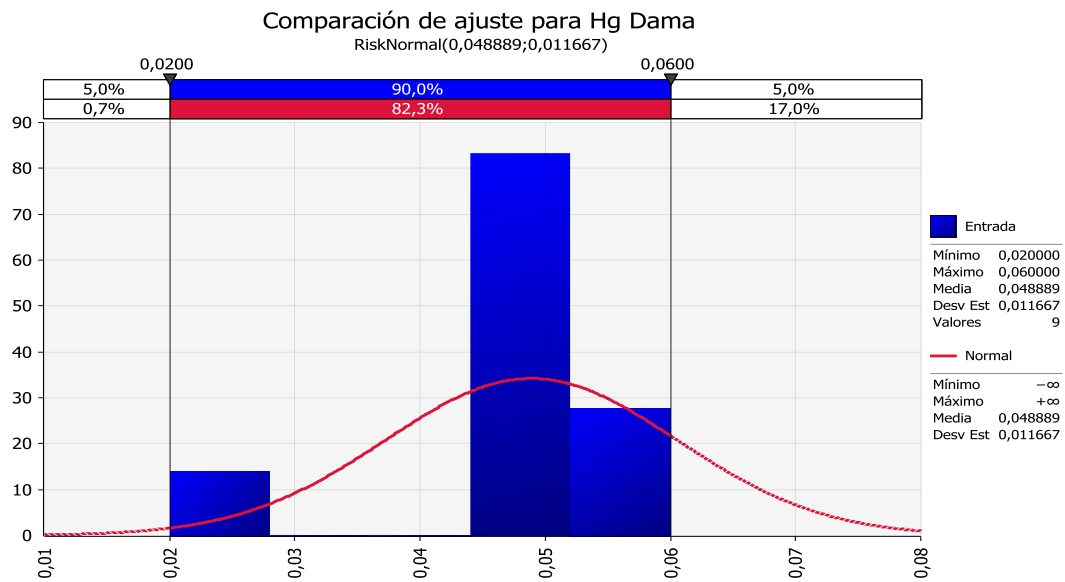


Figura 6. Ajuste de la distribución normal al contenido de mercurio en dama.

Fuente: autores.

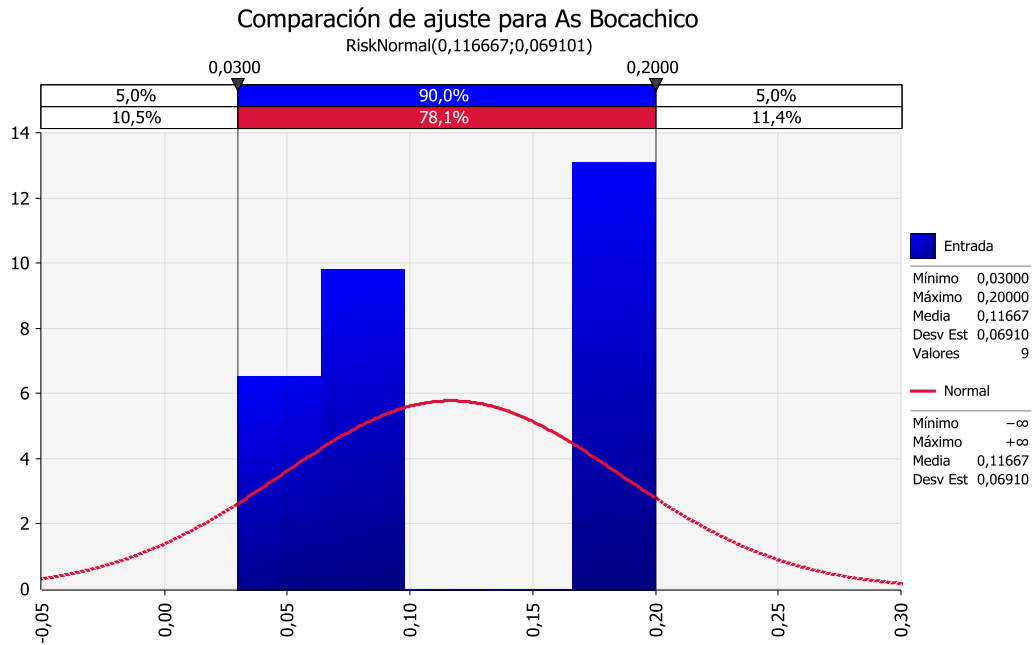


Figura 7. Ajuste de la distribución normal al contenido de arsénico en bocachico.

Fuente: autores.

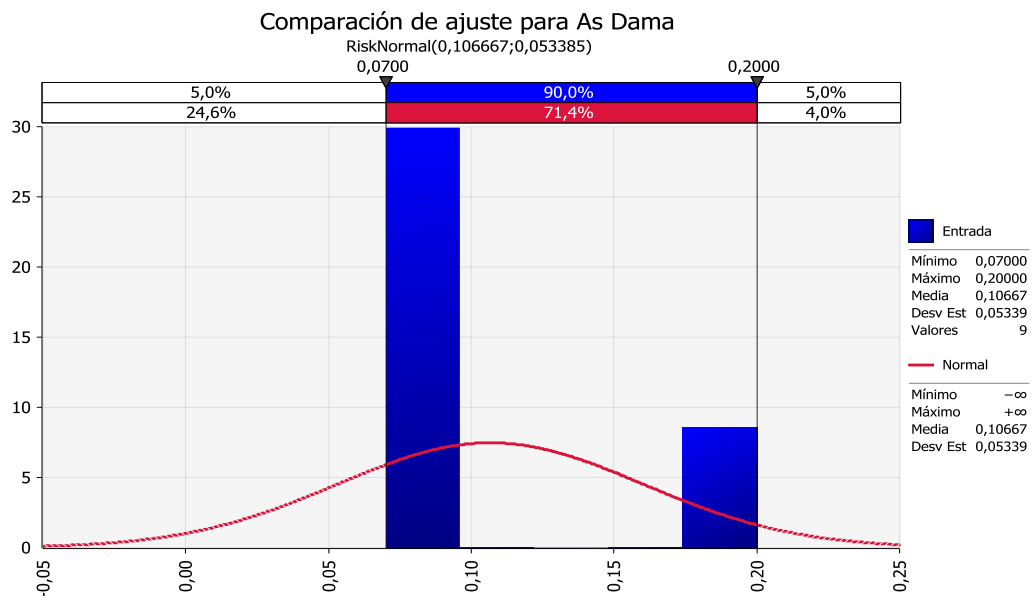


Figura 8. Ajuste de la distribución normal al contenido de arsénico en dama.

Fuente: autores.

Estudio estadístico de los consumos de Bocachico y Dama.

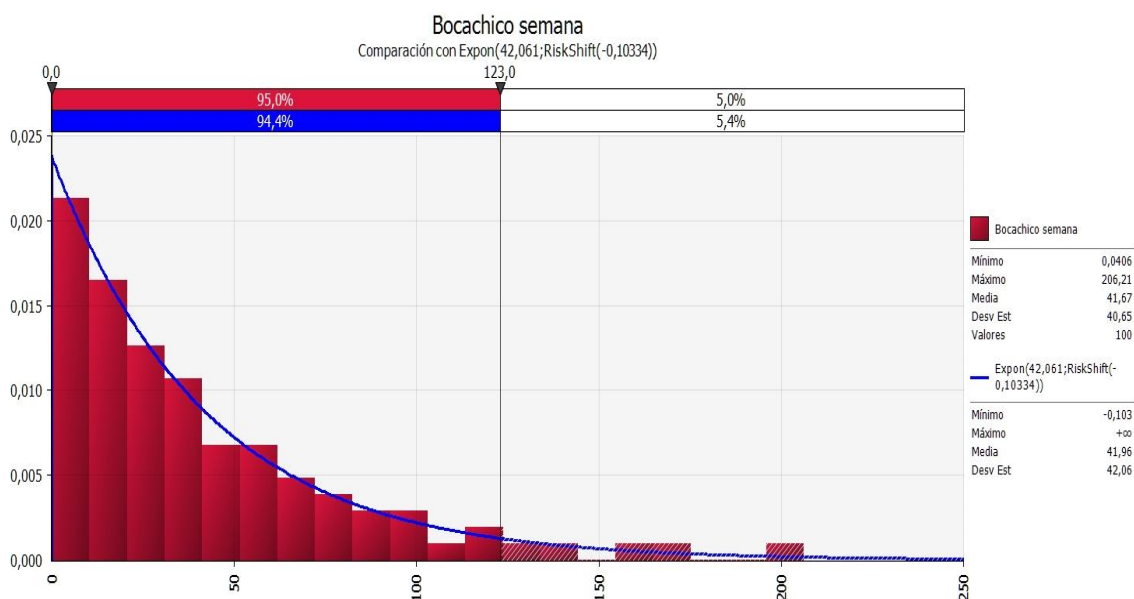


Figura 9. Ajuste de distribución exponencial del consumo de bocachico en población de Quevedo.

Fuente: autores.

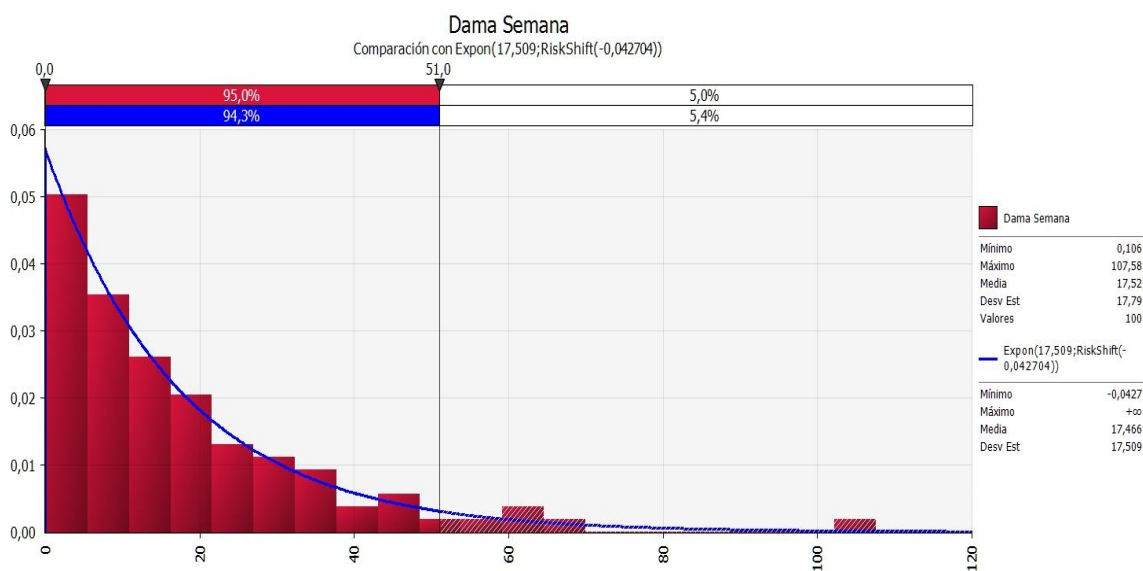


Figura 10. Ajuste de distribución exponencial del consumo de dama en población de Quevedo.

Fuente: autores.

Análisis probabilístico de riesgo por consumo de pescado

El promedio de peso para población ecuatoriana (Freire, W. 2014) para el grupo de edad entre 19-39 años es de 69,6 Kg para hombres y 60.4 para mujeres, por lo que se tomó un peso medio de 67 Kg como promedio entre hombres y mujeres entre los 19 y los 39 años que son las edades sobre las que mayoritariamente se ha evaluado el consumo.

Análisis probabilístico de riesgo por plomo debido al consumo de pescado

Dado que la JECFA establece una ingesta semanal provisional tolerable de plomo en 25µg/Kg, por los 67 Kg de peso corporal supondría una ingesta máxima semanal de 1675 µg de Plomo. Según el análisis de riesgo probabilístico realizado existe un porcentaje de menos del 0.2% de la población que pueda estar en riesgo por ingesta excesiva del plomo debido al consumo de estas dos especies de pescado (figura 9).

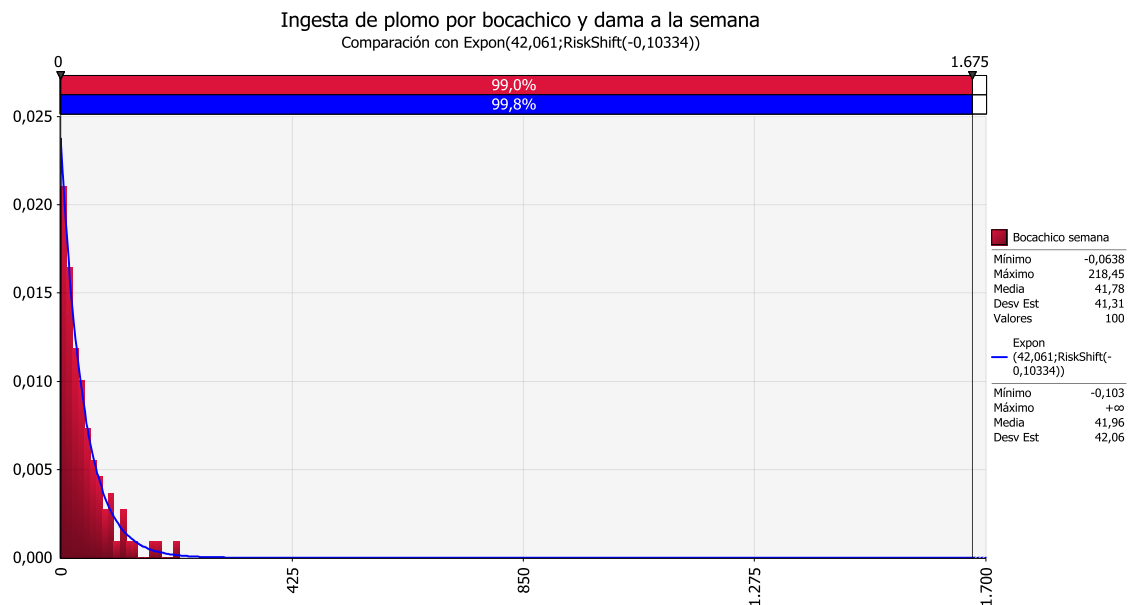


Figura 11. Distribución de la ingesta de plomo y análisis de riesgo a partir del consumo de bocachico y dama en población de Quevedo.

Fuente: autores.

Análisis probabilístico de riesgo por mercurio debido al consumo de pescado

En el caso del mercurio la cantidad máxima semanal sería de 4 µg/Kg de mercurio metálico, esto para los 67 Kg de media supone 268 µg/semana, lo que supone que sólo un 0.2% de la población se encuentra en riesgo por mercurio metálico con la ingesta simultánea de Bocachico y Dama (figura 10).

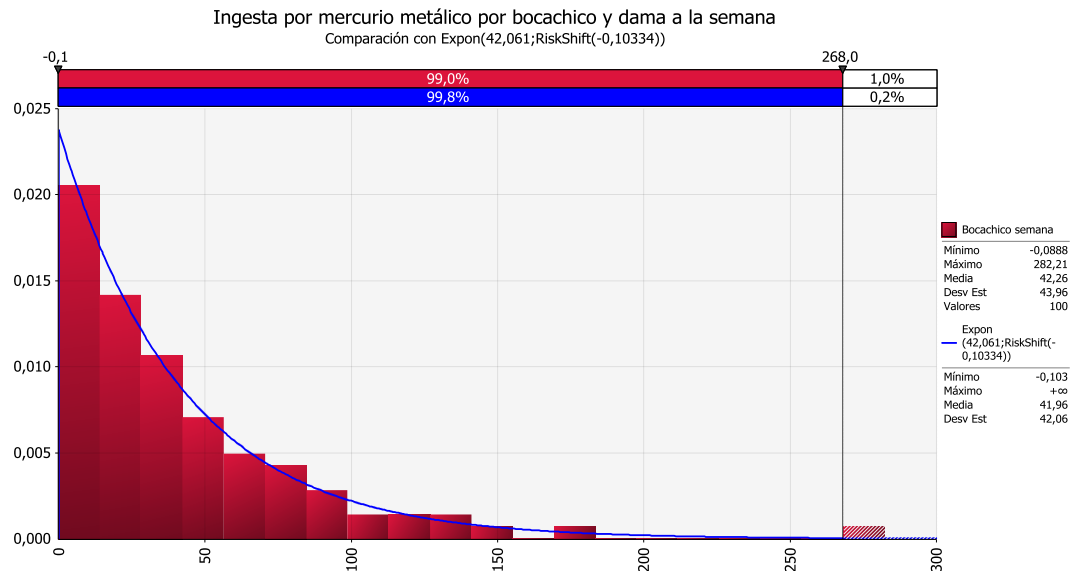


Figura 12. Distribución de la ingesta de mercurio y análisis de riesgo a partir del consumo de bocachico y dama en población de Quevedo.

Fuente: autores.

Según Kuballa et al. (2011), el 70% del mercurio ingerido a través del pescado corresponde a metil mercurio y siendo la recomendación de ingesta máxima de metilmercurio 1.3 µg/Kg semana. Por tanto, traducido a los 67 kg de peso corporal supone 87.1 µg/persona/semana, lo que supondría un límite de 124 µg/semana, lo que equivale a que el 5 % de la población esté en riesgo por metil mercurio al ingerir estas dos especies.

Análisis probabilístico de riesgo por arsénico debido al consumo de pescado

Para arsénico la Ingesta Semanal Provisional tolerable se cifra en 15µg/kg p.c. semana, por lo que para un individuo de 67 Kg supondría una ingesta de 1005 µg/persona/ semana. Con este límite, más del 99.99% de la población estaría exenta de riesgo por ingesta de arsénico si la única fuente fueran exclusivamente estas dos especies (figura 13).

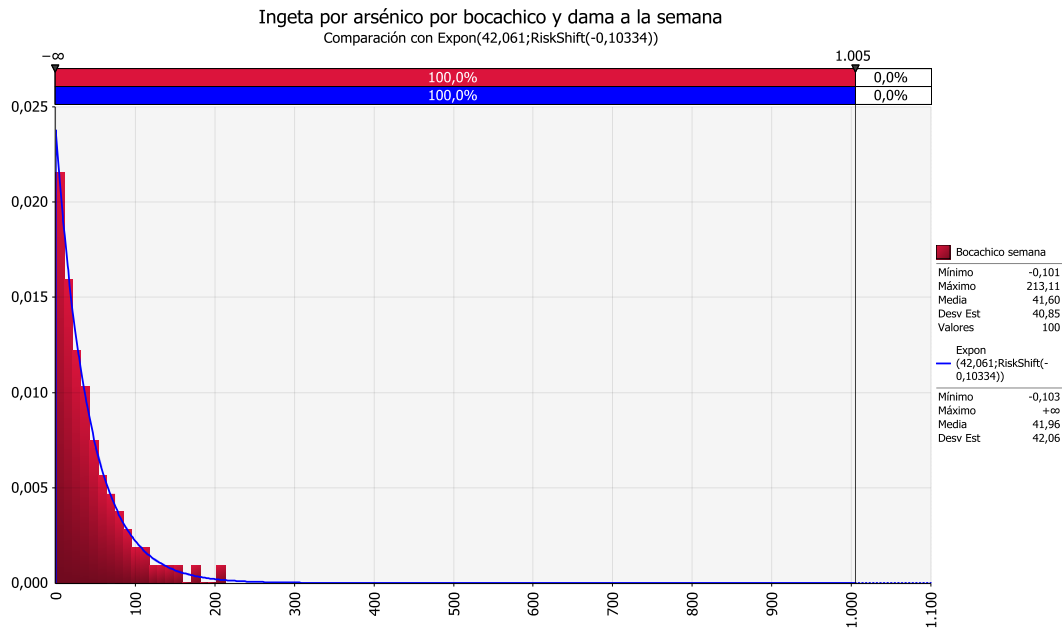


Figura 13. Distribución de la ingesta de arsénico y análisis de riesgo a partir del consumo de bocachico y dama en población de Quevedo.

Fuente: autores.

Conclusiones

Se comprueba que los contenidos de plomo, mercurio y arsénico en bocachico y dama se pueden ajustar a una distribución normal.

La ingesta de bocachico y dama en población de Quevedo se ajusta correctamente a distribuciones exponenciales.

Hay un porcentaje de 0,2% de la población que puede estar en riesgo por la ingesta excesiva de plomo y mercurio metálico y un 5% por la ingesta de metilmercurio debido al consumo conjunto de bocachico y dama; en lo que respecta al arsénico el 0,01% de la población estaría en riesgo si consumiera las dos especies antes mencionadas.

Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profile for Lead (Update). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Alcívar, G., (2015), “Evaluación del Contenido de Metales Pesados en Peces de Agua Dulce (Bocachico, Campeche y Dama) en la zona de influencia de la U.T.E.Q.”. Quevedo- Ecuador.
- Caballero A. (2008), Temas de higiene de los alimentos. Editorial Ciencias Médicas. La Habana – Cuba.

- Castro, G. (2011). Efecto del mercurio en los peces y la salud pública en el Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria.
- Castro-González, M, Méndez-Armenta, M. (2008) Heavy metals: Implications Associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 26 (2008) 263–271.
- Chavarrias, M. (2014) Nuevo estudio sobre tóxicos en pescado. 29 de enero de 2014. Recuperado de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2014/01/29/219174.php>
- Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007) Resumen de Salud Pública Arsénico CAS#: 7440-38-2.
- Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C. y Egwurugwu, J. N. (2007), Contaminación de Metales Pesados y Efectos Biotóxicos Humanos, *International Journal of Physical Sciences*, Vol. 2 (5), pp. 112-118, mayo de 2007
- Farré Rosaura, Cameán Ana María, Vidal M^a Carmen, López Ana, Teruel Victorio, Teso Elia. (2010) Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los niveles de mercurio establecidos para los productos de la pesca. http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/MERCURIO_P.PESCA.pdf
- Fernanda do N. Costa, Maria Graças A. Korn, Geysa B. Brito, Stacy Ferlin, Anne H. Fostier. (2016) Preliminary results of mercury levels in raw and cooked seafood and their public health impact. *Food Chemistry* 192 (2016) 837–841.
- Freire W, Ramírez M., Belmont P., Mendieta K., Jaramillo S. et al. (2014) Encuesta nacional de salud y nutrición. ENSANUT-ECU 2012. Tomo I. Primera edición. Quito-Ecuador. Recuperado de: www.ecuadorencifras.gob.ec/.../ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf
- Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria (2005) Mercurio en pescado. Recuperado de: http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo_EN6/Mercurio%20en%20pescado%202005.pdf
- Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria (2013) Arsénico en pescado. Recuperado de: http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento142/27.Ars%C3%A9nico.pdf
- Galetovic Carabantes Alexandra, Nilda A.G.G. de Fernicola. (2003) Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 39, n. 4, out./dez., 2003.
- Javed.M, Usmani.N (2011) Accumulation of heavy metals in fishes: A human health concern. *International Journal of Environmental Sciences* Volume 2, No 2, 2011.
- Jiménez P, Aguirre W, Laaz E, Navarrete R, Nugra Fredy, et al. (2015) Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. pág. 95. Quito-Ecuador. Recuperado de: http://symbiont.ansp.org/ixingu/library/Jimenez-Pardo_2015_Guia_Peces_Ecuador_Occidental.pdf
- Kuballa, T., M. Moellers, K. Schoeberl, and D. W. Lachenmeier, 2011, Survey of methylmercury in fish and seafood from the southwestern German market: *European Food. Research and Technology*, v. 232, p. 737-742.
- Laaz E, Aguirre W. (2012) *Prochilodontidae Ichthyoelephas humeralis* (Gunther, 1860). Recuperado de: <https://translate.google.es/translate?hl=es&sl=en&u=http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/&prev=search>

- Laaz E, Aguirre W. (2013) CHARACIDAE alburnus Brycon (Gunther 1860). Recuperado de: <https://translate.google.es/translate?hl=es&sl=en&u=http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/&p=rev=search>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca (MAGAP) (.....) Cultivo de Bocachico para Acuacultura Rural-Artesanal en el Litoral Ecuatoriano. Recuperado de: <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Cultivo%20de%20Bocachico%20-%20Subsecretar%C3%ADa%20de%20Acuacultura.pdf>
- Morán I. (2011), Toxicología clínica. Madrid España. Recuperado de: http://www.fetoc.es/asistencia/Toxicologia_clinica_libro.pdf
- Peter A. Cott, Barry A. Zajdlik, Michael J. Palmer, Morag D. McPherson. (2016) Arsenic and mercury in lake whitefish and burbot near the abandoned Giant Mine on Great Slave Lake. Journal of Great Lakes Research. 42, 223–232.
- REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Valdivia Infantas M. (2005) Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. 18(1) 2005.
- Ximena Raimann, Lorena Rodríguez O., Paulina Chávez, Claudia Torrejón. (2014) Mercurio en pescados y su importancia en la salud. Rev Med Chile 2014; 142: 1174-1180.