

**JGH**

The Journal of Global Health [La Revista de Salud Global] | Universidad de Columbia

## Exposición dietética al metilmercurio por consumo de pescado en las comunidades indígenas ubicadas a lo largo del río Napo, Perú

Erick M. Carreras, Mg. de Ciencias en Salud Global<sup>1</sup>; Erika Neilson, Mg. en Salud Pública, Dr. en Medicina y Cirugía.<sup>2</sup>; John Neilson, Dr. en Filosofía<sup>3</sup>; Videsh Kapoor, Dr. en Medicina.<sup>1</sup>; Randy Baker<sup>†</sup>, Mg. en Ciencias.

<sup>1</sup>División de Salud Global, Departamento de Medicina Familiar, Facultad de Medicina, Universidad de British Columbia, Canadá

<sup>2</sup>Facultad de Medicina, Universidad de Auckland, Nueva Zelanda

<sup>3</sup> 1500 Balmoral Avenue, Comox, BC, Canadá

<sup>†</sup> Fallecido el 20 de noviembre de 2018

### Resumen

Recientemente en la Amazonía peruana, ha habido una gran preocupación con respecto a la exposición de la neurotoxina metilmercurio (MeHg) a través del consumo de pescado.

**Objetivo:** Medir la exposición de metilmercurio en las comunidades indígenas locales a través del consumo de las especies de peces consumidas más frecuentemente, y evaluar si la exposición semanal al metilmercurio en mujeres en edad reproductiva (de 15 a 49 años) superó los valores de ingesta semanal tolerable establecidos para esta población vulnerable.

**Métodos:** El equipo encuestó hogares mediante una muestra de conveniencia, para así establecer los cinco peces más comúnmente consumidos, la capacidad promedio de alimentación doméstica de los peces, y la longitud total promedio de los peces. Se tomó muestra de los peces en la región compartida por los pescadores locales, y se analizaron esas muestras de tejido para determinar los niveles de metilmercurio con la finalidad de calcular la exposición al riesgo. Una limitación fue el uso de una muestra de conveniencia para la encuesta dietética, la cual pudo dar a conocer el riesgo de baja generalizabilidad para la población. Sin embargo, tal riesgo es bajo en esta situación, ya que las características de los hogares son homogéneas.

**Resultados:** Se tomaron muestra de 205 peces representando 19 especies diferentes. La concentración media de mercurio en las 9 especies de peces más comúnmente consumidas fue < 0.073 mg/kg ph. La altamente carnívora chambira (*H. scomberoides*) fue la única excepción, con una concentración media de mercurio de 0.30 mg/kg ph. La exposición semanal total al metilmercurio ponderada por la frecuencia al consumir especies específicas en las mujeres locales en edad reproductiva (de 15 a 49 años) fue de 0.635 µg/kg pc/semana. Esto es menor que el valor de ingesta semanal tolerable más conservativa de 0.70 µg/kg pc/semana, según lo establecido por agencias de salud internacionales.

**Conclusiones:** Dada la baja exposición de MeHg y de la dependencia de pescado como fuente de proteína primaria, se llegó a la conclusión de que es razonablemente plausible que los beneficios del consumo de pescado superan los riesgos de intoxicación por metilmercurio en esta población. Sin embargo, se les advierte a los niños y mujeres en edad fértil que se benefician al elegir peces distintos a la chambira siempre que sea posible.

**Palabras clave** metilmercurio, Amazonía peruana, nutrición, salud materno-infantil.

© Carreras EM et al. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution (CC-BY 4.0), la cual permite al usuario, copiar, distribuir y transmitir el trabajo siempre que la obra original sea debidamente citada. Publicado por The Journal of Global Health. Enviar correspondencia a: erickcarreras@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Recientemente, ha habido una gran preocupación con respecto a la exposición humana al metilmercurio mediante el consumo de pescado, especialmente entre los habitantes Indígenas de la cuenca del río Amazonas, donde el pescado es su principal fuente de proteínas.<sup>1-7</sup> En las últimas décadas, grandes cantidades de mercurio orgánico han sido liberadas al medio ambiente debido a diversas causas naturales y antrópicas, que incluyen, entre otros: la quema de combustibles fósiles;<sup>8</sup> incendios forestales;<sup>9</sup> deforestación;<sup>10-13</sup> grandes derrames de petróleo;<sup>14, 15</sup> inundaciones estacionales de suelos orgánicos, incluso durante la creación de reservorios;<sup>16 - 18</sup> y mercurio liberado como resultado de minería aurífera artesanal.<sup>19- 22</sup>

Se sabe que una porción de mercurio inorgánico (Hg<sup>2+</sup>) liberado al medio ambiente se convierte en metilmercurio (MeHg), principalmente por bacterias reductoras de sulfato ubicadas en sedimentos acuáticos.<sup>23,24</sup> Una vez incorporado en tejido bacteriano y de fitoplancton, esta nueva fuente de metilmercurio se acumula fácilmente en los tejidos de animales a concentraciones progresivamente más altas hasta la red alimentaria a niveles tróficos más altos.<sup>25,26</sup> Altas concentraciones de mercurio son observadas en los peces, particularmente en especies carnívoras grandes y de larga vida,<sup>27,28</sup> donde la mayoría (> 90%) del mercurio en los tejidos se encuentra en la forma de metilmercurio.<sup>29</sup>

El consumo de pescado es la principal forma de exposición al metilmercurio en humanos.<sup>27</sup> Dado que comunidades remotas de la cuenca amazónica dependen del pescado como fuente principal de proteína, existe preocupación con respecto a la exposición al metilmercurio. Boischio y Hanshel,<sup>30</sup> al igual que Fabre y Alonso,<sup>31</sup> han estimado un consumo promedio diario de entre 234 g y 500 g de pescado para algunas poblaciones ribereñas del Amazonas. Dependiendo de la concentración de metilmercurio en los peces, esta dosis puede tener el potencial de superar las directrices destinadas a proteger la salud.

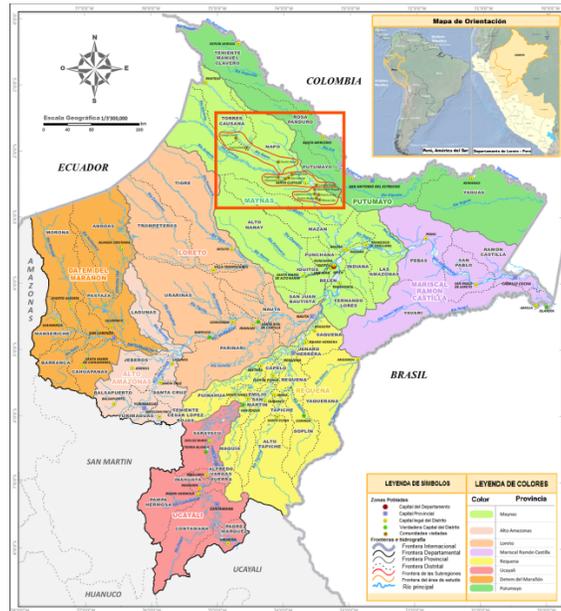
Si bien existe una correlación positiva entre la concentración de metilmercurio en el cabello y exposición,<sup>1,2,7</sup> se ha informado que factores dietéticos tales como el selenio de frutas y nueces tropicales actúan como moderadores de los efectos tóxicos causados por la exposición al metilmercurio en los humanos.<sup>32 - 34</sup> Los efectos de la exposición excesiva al metilmercurio varían en presentación y gravedad, pero pueden incluir déficits de neurodesarrollo, neuroconductuales, visuales y neuromotores, así como daño citogenético, alteraciones inmunológicas y toxicidad cardiovascular.<sup>19, 35 - 40</sup> Los fetos y niños pequeños son más susceptibles que los adultos al riesgo de deterioro neurológico debido a una mayor sensibilidad durante las primeras etapas del desarrollo cerebral. Por estas razones, la Organización Mundial de la Salud considera que el mercurio es una de las diez principales sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública.<sup>41</sup> Sin embargo, aunque el pescado pueda contener metilmercurio, pescado también es una excelente fuente de proteínas de alta calidad, y es una de las mejores fuentes de ácidos grasos omega-3, vitamina D y elementos esenciales tales como el selenio, yodo, magnesio, hierro y cobre.<sup>42</sup> También existen evidencias de que el consumo regular de pescado beneficia la salud cardiovascular y el desarrollo infantil. Por lo tanto, los riesgos de exposición al metilmercurio deben equilibrarse cuidadosamente con los beneficios directos para la salud, además de los beneficios culturales y comunitarios que se derivan de la práctica de la pesca.<sup>42-44</sup>

## Objetivos

El ímptu para este estudio surgió como resultado de la investigación participativa realizada en el año 2012 por nuestro grupo, la Iniciativa de Salud Global de la Universidad de British Columbia (UBC), una parte de la División de Salud Global (Dpto. de Medicina Familiar), y llevada a cabo en colaboración con el Centro de Salud Santa Clotilde (CSSC). El CSSC es un centro de atención médica responsable del área de captación de salud de la Micro Red Napo, la cual se encuentra a lo largo del río Napo en los distritos de Napo y Torres Causana, provincia de Maynas, departamento de Loreto, Perú (Imágenes 1 y 2). El CSSC ofrece un área de captación de al menos 28 comunidades a lo largo del río Napo.

Una investigación participativa llevada a cabo en el área identificó que comunidades locales a lo largo del río Napo expresaron su preocupación por el metilmercurio en el agua y los peces tras los resultados de un estudio llevado a cabo por el gobierno nacional; en consecuencia, el mercurio en los peces se convirtió en un riesgo para la salud percibido por los miembros de la comunidad.<sup>45</sup> Estos resultados hicieron que nuestro grupo y el personal médico del CSSC investigaran si los peces locales tenían niveles elevados de mercurio y además estimaran la exposición al metilmercurio en la dieta a través del consumo de pescado.<sup>27</sup>

Para abordar las preocupaciones de la comunidad, el equipo de investigación completó un enfoque triple. En primer lugar, se completó una encuesta de diversidad dietética en los hogares. En segundo lugar, utilizando los resultados de la encuesta para informar el método de muestreo, se realizaron muestras de los tejidos de los peces más comúnmente consumidos para medir las concentraciones de MeHg en los tejidos de los peces referidos. En tercer lugar, combinando los resultados de los componentes del primer y segundo estudio, se calculó la exposición semanal de MeHg y se comparó con la concentración máxima permisible ponderada recomendada por organizaciones internacionales de salud, para evaluar el potencial riesgo de continuar con el consumo de pescado por las poblaciones más vulnerables en la región: mujeres en edad reproductiva, niños y jóvenes de 17 años y menores.



**IMAGEN 1.** Mapa del departamento de Loreto, con el área de estudio indicado, y un encarte señalando tanto la ubicación de la República del Perú en relación con Sudamérica como la ubicación del departamento de Loreto en relación con la República del Perú. Mapa original del Gobierno Regional de Loreto.<sup>63</sup>



**IMAGEN 2.** Mapa ampliado del área de estudio con las subáreas de estudio estratificadas delineadas y etiquetadas, indicando al igual las áreas visitadas. Mapa original del Gobierno Regional de Loreto.<sup>63</sup>

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ética

La aprobación ética para el componente de la encuesta del estudio se obtuvo del Comité de Ética de Investigación Conductual de la Universidad de British Columbia (H13 - 00303). El equipo de investigación también recibió apoyo local para la propuesta de investigación por parte del Director de Dirección de Atención Integral de Salud y el Director del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición a través del Director del Centro de salud Santa Clotilde (CSSC). Fue

confirmado por el mismo Comité de Ética de la Universidad que no se requería de aprobaciones de ética para el componente de muestreo de peces en el estudio.

### **Geografía**

El río Napo es uno de los principales afluentes directos del Amazonas, un largo río que nace en el este de Ecuador, y fluye hacia el este a través del noroeste de Perú.<sup>46</sup> El área de estudio se extiende 178 km aguas arriba y 72 km aguas abajo del CSSC (Imágenes 1 y 2). Todos los habitantes de la región del río Napo son nativos de la zona, con la excepción de algunos profesionales de salud.

### **Encuesta Dietética en los Hogares**

La encuesta utilizó un método de muestreo por conveniencia, tomando muestra del 10% de los hogares en cada comunidad visitada.<sup>48</sup> La encuesta les pidió a los participantes que se informaran de los cinco peces más comúnmente consumidos en los hogares y proporcionar un estimado tanto de la capacidad de alimentación como de la longitud total de los peces. La validez del instrumento de la encuesta fue evaluada y verificada usando una muestra de la población de la comunidad de Santa Clotilde antes de realizar este estudio. El criterio de inclusión para participar en las encuestas fue que los participantes fueran los principales preparadores de comidas y/o cocineros en sus hogares. Solo se completó una encuesta por hogar.

### **Muestreo de Tejido de Pescado**

El protocolo de muestreo de peces para este estudio se basó en un análisis de frecuencia de los peces identificados como los cinco más comúnmente consumidos por al menos 32 (17%) de las 190 familias que completaron las encuestas (Tabla 1).

El CSSC sirvió como ubicación central para el almacenamiento y documentación de todos los tejidos recolectados. Se hicieron esfuerzos razonables para adquirir un tamaño de muestra lo suficientemente grande de cada taxón de peces perteneciente a cada una de las tres subregiones para determinar si existían patrones espaciales; de haber sido así, esto podría haber ofrecido información de comunicación sanitaria potencialmente alterada para las comunidades de esas zonas (Tabla 2).

Los peces fueron recolectados en las aguas pesqueras de 13 comunidades ubicadas a lo largo del río Napo, lo cual consta una longitud de 250 km del río Napo, en Perú. Estas comunidades se encontraban entre las encuestadas durante el componente de encuesta doméstica del estudio. Dado el gran tamaño del área de estudio y comunidades geográficamente distantes incluidas en el estudio, otro objetivo fue determinar si había diferencias espaciales en la concentración de mercurio en los tejidos de los peces y, por lo tanto, su exposición. Para determinar esto, dividimos el estudio en tres subáreas: las subáreas de estudio norte, centro y sur (Figuras 1 y 2). Se recolectaron peces de tres comunidades en la subárea norte, cinco comunidades en la subárea centro y cinco en la subárea sur. Doce comunidades fueron visitadas directamente. Peces de una decimotercera comunidad, llamada Lancha Poza, de la subárea central, fueron extraídos directamente por los residentes de la comunidad y llevados al mercado Santa Clotilde en la mañana, donde un miembro del equipo de investigación los compró para luego tomar muestras de los pescados.

### **Métodos de Pesca**

Toda la pesca y el muestreo se realizaron a principios de agosto de 2014. Se realizaron expediciones de pesca desde Santa Clotilde con el apoyo de pescadores de las comunidades locales, accediendo todos los lugares de pesca con la ayuda de buques pesqueros de piragua. Los peces fueron capturados por los lugareños usando redes de enmalle, pesca con caña y redes de tiro. Las redes de enmalle se colocaron en los afluentes que desembocan en el río Napo y se situaron lejos de las áreas donde las comunidades habitan. Las redes se colocaron por la noche, o por un periodo prolongado de tiempo durante el día. Redes de pesca lastradas fueron utilizadas en el propio río Napo y ocasionalmente en un afluente; y en ambos casos, siendo arrojadas fuera de los botes pesqueros de piragua.

Los lugares de pesca estaban situados donde los lugareños de cada comunidad pescaban diariamente, y se usaron los mismos métodos empleados típicamente para capturar sus peces. Se pasó uno o dos días en cada comunidad para recolectar una muestra representativa. Miembros de la comunidad proporcionaron peces adicionales al equipo de muestreo, los lugareños estuvieron de acuerdo en entregar al equipo su pesca del día para los muestreos.

### **Técnica de Muestreo de Tejidos**

Se recolectaron muestras de tejido de pescado a partir de su musculatura caudal usando un cuchillo de acero inoxidable. Las escamas y la piel se extirparon, y se conservó un mínimo de 10 g de músculo. Para peces de tamaño pequeño, tejidos de ambos flancos fueron compuestos. Muestras tomadas de *Loricaria sp.* (Una especie de bagre) fueron una excepción, puesto que sus muestras fueron tomadas bilateralmente del tejido muscular epixial en el aspecto dorsolateral de su cuerpo. Las muestras de tejido se colocaron en bolsas Whirl-Pac® o Ziploc® y se codificaron con un marcador indeleble para indicar el nombre local del pez, el número de muestra y el lugar de muestreo. Inmediatamente después del proceso de etiquetado, las muestras se colocaron en un refrigerador aislado con grandes tabloncillos de hielo. Los pescados se mantuvieron sobre hielo durante un máximo de 3 días hasta que las muestras se podían congelar. Las muestras fueron mantenidas en un estado de congelación hasta su transporte al laboratorio ALS Global en Lima, Perú. Ahí, las muestras de tejido fueron analizadas para conocer la concentración total de mercurio (mg/kg peso húmedo) usando la Espectroscopía de Fluorescencia Atómica con Vapor Frío (CVAFS) con un límite de detección de 0.002 mg/kg de peso húmedo (ph). No se requirieron permisos para someter ninguna de las metodologías de muestreo de peces descritos anteriormente.

### Identificación de Taxones de Peces

Se tomaron fotografías digitales de especímenes representativos de cada especie en el campo. Para determinar el nombre científico de las especies de peces muestreados, inicialmente consultamos con fuentes de identificación tales como FishBase y Ortega *et al.*, que contenían fotografías y descripciones que pudieron ser comparadas con nuestras fotografías.<sup>49,50</sup> Tras el uso de estas fuentes iniciales, se realizó una búsqueda literaria para encontrar detalles taxonómicos adicionales.<sup>51-53</sup> Por último, varios expertos en la fauna de peces de Sudamérica proporcionaron asistencia para la identificación de los seis taxones más complicados (véase Agradecimientos).

### Evaluación de la Exposición al Metilmercurio

Se asumió que todo el mercurio calculado en las muestras de pescado era mercurio metilado como una medida de salud conservadora al evaluar la exposición subsiguiente al metilmercurio.<sup>29</sup> Las ecuaciones 1 - 4 fueron usadas por el equipo de estudio para calcular la exposición semanal al mercurio ponderada a través del consumo de pescado por mujeres en edad reproductiva (15 - 49 años de edad), calculado como microgramos de metilmercurio por kilogramo por peso del consumidor por semana ( $\mu\text{g MeHg/kg pc/semana}$ ) (Apéndice I).<sup>54</sup> Los resultados de la encuesta dietética proporcionaron insumos para las variables de las ecuaciones 1- 3 que se relacionan con los patrones de consumo de pescado (Apéndice I). El peso promedio de las mujeres en edad fértil (61.1 kg) se obtuvo de un informe demográfico nacional.<sup>54</sup> La longitud de los peces se convirtió a peso de la siguiente manera:

$$P = a \times L^b$$

Los términos por especies «a» y «b» fueron tomados de FishBase.<sup>55</sup> Por último, los resultados de laboratorio de este estudio informaron la mediana de las concentraciones de mercurio del tejido de los peces por especie (Tabla 3).

La ecuación 1 resuelve la cantidad de metilmercurio a las que las mujeres locales en edad reproductiva están expuestas mediante el consumo de un pescado entero, excluyendo los huesos o cabeza (Apéndice I). La ecuación 2 calcula la exposición al metilmercurio en la mujer local promedio en edad fértil por comida, basándose en la concentración de mercurio en los pescados y cantidad de comida ( $\mu\text{g MeHg/comida}$ ) (Apéndice I). La ecuación 3 calcula la exposición semanal al metilmercurio en la mujer local en edad fértil promedio, ponderada por la frecuencia de consumo del taxón dominante (Apéndice I). La última ecuación, la ecuación 4, calcula la exposición semanal ponderada total al metilmercurio ( $\mu\text{g MeHg/kg ph/semana}$ ) en mujeres locales en edad fértil, ponderada por la frecuencia de comida por semana que incluye cada taxón de pez analizado de acuerdo con los patrones de consumo de pescado (Apéndice I).<sup>45</sup>

El pez local llamado «zungaro» representó un complejo de especies de varios peces del orden taxonómico *Siluriformes* (bagres), en lugar de solo una especie. Para evaluar mejor la exposición al metilmercurio en los lugareños a través de su consumo, se eligió una especie representativa del orden taxonómico *Siluriformes* como representante de los factores de relación peso-longitud «a» y «b». Basándose en las observaciones de campo, *Pseudoplatystoma punctifer* fue elegido para representar al «zungaro».

### Métodos Estadísticos

La normalidad de todos los datos se evaluó mediante un test de Shapiro-Wilk, donde un resultado significativo constituyó una distribución no normal. Las estadísticas descriptivas que fueron estadísticamente significativas, de distribución no normal, son presentadas con sus medias y rangos intercuartílicos respectivos. Entre los datos de los peces que fueron capturados en las tres subáreas, se utilizó un ANOVA unidireccional en datos de distribución normal, y se realizó un Test Kruskal-Wallis en datos estadísticamente significativos con distribución no normales. Todos los peces

que fueron capturados en solo dos subáreas, lo cual resultó en distribuciones no normales estadísticamente significativas, tuvieron una prueba de suma de rangos de Wilcoxon realizada en los datos. Las pruebas antes mencionadas fueron usadas para determinar si había diferencias significativas en las concentraciones medias de mercurio dentro de las especies en las diferentes regiones del área de estudio, lo que podría provocar diferentes decisiones de gestión. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando JMP® Versión 9.0.1 para Mac.

## RESULTADOS

### Encuesta Dietética

Los hogares incluidos en la encuesta albergaron un promedio (rango intercuartílico) de 6 (4-7) individuos. Un total de 190 mujeres adultas fueron entrevistadas, representando así los 1, 129 habitantes de la región de estudio (Imágenes 1 y 2). La variedad de taxones de peces consumidos fue diversa, con 100 de estos identificados en total. De todos ellos, los taxones de peces fueron seleccionados para un posterior estudio basándose en el reporte de los cinco peces más consumidos por al menos el diez por ciento de los hogares muestreados. Los resultados se muestran en la Tabla 1, inclusive con la mediana de longitud total de los peces notificada y la capacidad de alimentación de cada taxón. El taxón de pez citado como uno de los cinco más consumidos por más de la mitad de los encuestados fue boquichico (n = 151, 76%) y palometa (n = 133,67%).

**TABLA 1.** Características descriptivas de los peces registrados como entre los cinco más comúnmente consumidos por al menos el 10% de los hogares participantes (n = 190).

Nombre vulgar de los peces	Incidencia <sup>1</sup>	Capacidad de Alimentación <sup>1,2</sup>	Longitud Total de los Peces (cm) <sup>1</sup>
Boquichico	151 (75.5)	2 (1.5 – 3.0)	23 (17.8 – 27.9)
Palometa	133 (66.5)	2 (1.0 – 2.0)	18 (15.2 – 22.9)
Lisa	71 (35.5)	2 (2 – 3)	25 (22.9 – 30.5)
Fasaco	71 (35.5)	3 (2.0 – 3.3)	28 (25.4 – 33.0)
Sardina	58 (29.0)	1 (1.0 – 2.0)	15.2 (12.7 – 20.3)
Bujurqui	52 (26.0)	1 (1.0 – 1.0)	12.7 (10.8 – 15.2)
Zungaro	42 (21.0)	6.5 (5 – 10)	61 (47 – 89.5)
Carachama	39 (19.5)	1 (1.0 – 2.0)	23 (20.3 – 25.4)
Chambira	32 (16.0)	4 (2.2 – 4)	36 (24.1 – 45.7)
Shuyo	32 (16.0)	2 (1.8 – 3.0)	25 (22.9 – 31.1)
Tucunare	31 (15.5)	4 (3.0 – 7.5)	35.6 (28.6 – 44.4)
Sabalo	31 (15.0)	3 (2.0 – 5.5)	37 (29.2 – 50.8)
Cunchi	28 (14.0)	1 (1.0 – 1.0)	18 (15.2 – 20.8)
Acarahuasu	20 (10.0)	2 (2.0 – 2.0)	23 (20.3 – 25.4)

<sup>1</sup>mediana (rango intercuartílico) o n (%)

<sup>2</sup> número habitual de miembros de hogar alimentados por un pez de esta especie

### Muestreo de Tejido de Pescado

Se analizaron un total de 205 muestras de tejido de peces, que representan 19 taxones diferentes, para determinar la concentración total de mercurio (mg/kg ph) (Tabla 2). El consenso sobre la identificación hasta el nivel taxonómico más bajo posible se es proporcionado en la Tabla 2.

**TABLA 2.** Resultados de la encuesta que informó a la metodología del muestreo de tejido de pescados.

Nombre vulgar	Nombre Científico <sup>a</sup>	Frecuencia de la Especie Más Comumente Consumida <sup>b</sup>	Dieta del Pez	Tamaño de Muestra de Estudio
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>	151 (79)	Plantívoro	20
Palometa	<i>Mylossoma aureum</i>	133 (70)	Dieta variada	20
Fasaco	<i>Hoplias malabaricus</i>	71 (37)	Piscívoro	20
Lisa	<i>Schizodon fasciatus</i>	71 (37)	Herbívoro	15
Sardina	<i>Triporthesus rotundatus</i>	58 (30)	Plantívoro	15

Bujurqui	<i>Chaetobranchus flavescens</i>	52 (27)	Detrito, Insectos, Plancton	15
Zungaro	<i>Siluriformes<sup>a</sup></i>	42 (22)	Bentívoro	15
Carachama	<i>Loricaria sp.</i>	39 (20)	Larvas de Insectos, Detrito	15
Chambira	<i>Hydrolycus scomberoides</i>	32 (17)	Piscívoro	15

<sup>a</sup>Orden, nivel taxonómico

<sup>b</sup> n (%)

Los cinco peces que más veces fueron sometidos a muestras por nombre local, taxón correspondiente y respectiva proporción, fueron todos representantes del orden taxonómico *Characiformes* (characins), incluyendo boquichico (*Prochilodus nigricans*, 19.5%), sardina (*Triportheus rotundatus*, 15.6%), palometa (*Mylossoma sp.*, 11.2%), fasaco (*Hoplias malabaricus*, 10.7%) y chambira (*Hydrolycus scomberoides*, 9.8%)

Más peces fueron capturados en la subárea sur, mientras que la gran diversidad de peces que se pescaron provino de la subárea central (Tabla 3). A pesar de las diferencias entre los tamaños de las muestras en las áreas de pesca, una comparación estadística de concentración de mercurio entre las áreas no reveló una diferencia geográfica significativa para ninguna especie.

**TABLA 3.** Resumen de datos de mercurio en peces por taxón y tamaño de muestra del área de estudio total (T), y las subregiones (SR) del norte (N), centro (C), y sur (S) de la zona de estudio, tomados en agosto de 2014. Un valor P de < 0.05 indica una diferencia estadísticamente significativa geográfica en las concentraciones medias de mercurio dentro de las especies.

Nombre vulgar de los peces	Nombre Científico	SR	Tamaño de la Muestra <sup>a,b</sup>	Mediana de tejido de pescado [Hg] (mg/kg ph) <sup>b</sup>	Valor P
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>	T	40 (19.5)	0.046 (0.031–0.055)	0.06
		N	20 (9.8)	0.038 (0.026–0.050)	
		C	13 (6.3)	0.052 (0.036–0.071)	
		S	7 (3.4)	0.048 (0.040–0.065)	
Sardina	<i>Triportheus rotundatus</i>	T	32 (15.6)	0.060 (0.046–0.082)	0.26
		N	17 (8.3)	0.052 (0.034–0.079)	
		C	4 (1.9)	0.073 (0.052–0.128)	
		S	11 (5.4)	0.067 (0.052–0.078)	
Fasaco	<i>Hoplias malabaricus</i>	T	22 (10.7)	0.069 (0.056–0.140)	0.09
		N	4 (1.9)	0.051 (0.045–0.060)	
		C	3 (1.5)	0.093 (0.070–0.129)	
		S	17 (8.3)	0.075 (0.063–0.123)	
Palometa	<i>Mylossoma aureum</i>	T	21 (10.2)	0.016 (0.014–0.029)	0.79
		N	12 (5.6)	0.017 (0.013–0.027)	
		C	2 (1.0)	0.018 (0.015–0.022)	
		S	7 (3.4)	0.016 (0.015–0.090)	
Chambira	<i>Hydrolycus scomberoides</i>	T	20 (9.8)	0.299 (0.10–0.478)	0.63
		N	3 (1.5)	0.498 (0.277–0.568)	
		C	6 (2.9)	0.342 (0.286–0.416)	
		S	7 (3.4)	0.243 (0.094–0.554)	
Lisa	<i>Schizodon fasciatus</i>	T	14 (6.8)	0.028 (0.02–0.051)	0.16
		N	9 (4.4)	0.027 (0.017–0.036)	
		C	4 (1.9)	0.035 (0.029–0.065)	
Bujurqui	<i>Chaetobranchus flavescens</i>	T	15 (7.3)	0.044 (0.034–0.06)	0.15
		N	3 (1.5)	0.038 (0.031–0.292)	
		C	5 (2.4)	0.034 (0.031–0.049)	
		S	7 (3.4)	0.051 (0.044–0.173)	
Carachama	<i>Loricaria sp.</i>	T	7 (3.4)	0.035 (0.011–0.049)	0.06

		C	2 (1.0)	0.014 (0.002–0.029)	
		S	9 (4.4)	0.049 (0.037–0.061)	
Sabalo	<i>Brycon stolzmanni</i>	C	5 (2.4)	0.078 (0.039–0.092)	
Ractacara	<i>Psectrogaster sp.</i>	C	5 (2.4)	0.092 (0.064–0.11)	
Bacalow	<i>Pellona castinaeana</i>	C	1 (0.4)	0.548 (—)	
Zungaro	[Complejo de especies]	T	21 (10.2)	0.072 (0.047–0.158)	0.83
		N	4 (1.9)	0.033 (0.030–0.290)	
		C	6 (2.9)	0.095 (0.058–0.161)	
		S	11 (5.4)	0.073 (0.056–0.196)	
Doncella	<i>Pseudoplatystoma sp.</i>	T	7 (3.4)	0.118 (0.35–0.257)	NA <sup>c</sup>
		N	2 (1.0)	0.202 (0.029–0.376)	
		C	1 (0.4)	0.118 (—)	
		S	4 (1.9)	0.135 (0.044–0.242)	
Tigre	<i>Pseudoplatystoma sp.</i>	T	6 (2.9)	0.058 (0.053–0.065)	NA <sup>c</sup>
		N	1 (0.4)	0.061 (—)	
		S	5 (2.4)	0.057 (0.049–0.067)	
Achara	<i>Siluriformes</i> <sup>d</sup>	T	3 (1.5)	0.033 (0.033–0.73)	NA <sup>c</sup>
		N	2 (1.0)	0.033 (0.033–0.33)	
		S	1 (0.4)	0.073 (—)	
Bocon	<i>Siluriformes</i> <sup>d</sup>	T	2 (1.0)	0.086 (0.051–0.121)	
Camotillo	<i>Siluriformes</i> <sup>d</sup>	C	1 (0.4)	0.071 (—)	
Chiripira	<i>Loricariidae sp.</i>	S	1 (0.4)	0.416 (—)	
Mota	<i>Siluriformes</i> <sup>d</sup>	C	1 (0.4)	0.283 (—)	

<sup>a</sup> números y proporciones no se excluyen entre sí

<sup>b</sup> n (%) o mediana (rango intercuartílico)

<sup>c</sup> NA = No aplicable

<sup>d</sup> Orden, nivel taxonómico

### Evaluación de la Exposición al Metilmercurio

La concentración mediana de mercurio en los músculos de los peces fue < 0.07 mg/kg ph por casi todos los taxones de peces comúnmente consumidos (Tabla 2 y 3). La única excepción a este patrón fue para *Hydrolycus scomberoides*, una especie carnívora grande (36 cm) (Tabla 4), conocida en la región como chambira (Figura 3). La concentración mediana de mercurio en esta especie fue de 0.30 mg/kg ph (n = 20), varias veces mayor que la concentración más alta encontrada en las otras especies. Además de la chambira, solo un pequeño número de peces capturados con poca frecuencia también tenían elevadas concentraciones de mercurio en los tejidos comparado con las otras especies incluidas en esta encuesta. Entre ellos figuraban individuos únicos de solo tres especies: mota (Orden *Pimelodidae*) con 0.28 mg/kg ph, chiripira (*Loricariidae sp.*) con 0.42 mg/kg ph y bacalao (*Pellona castinaeana*) con 0.55 mg/kg ph (Tabla 3).

**TABLA 4.** Exposición semanal al metilmercurio (mg/kg pc/semana) por mujeres de peso promedio (61.1 kg), que tienen entre 15 y 49 años de edad, y que provienen de la región de estudio, basándose en los datos de consumo de pescado resultantes de las encuestas dietéticas realizadas anteriormente en este estudio.

Nombre vulgar de los peces	Longitud Total (cm) <sup>a</sup>	Peso Total (g)	Gramos/Comida	Mediana de Tejido de Pescado [Hg] (mg/kg ph) <sup>a</sup>	Frecuencia de Alimentación Semanal (%/semana)	Exposición Ponderada (µg/kg pc/semana)
Boquichico	23 (17.8 – 27.9)	196	65	0.046 (0.031–0.055)	23	0.082
Palometa	18 (15.2 – 22.8)	75	25	0.016 (0.014–0.029)	20	0.009
Fasaco	33 (25.4 – 33.0)	228	51	0.069 (0.056–0.140)	11	0.044
Lisa	25 (22.9 – 30.5)	338	113	0.028 (0.02–0.051)	11	0.040
Sardina	15 (12.7 – 20.3)	73	48	0.060 (0.046–0.082)	9	0.030
Bujurqui	13 (10.8 – 15.2)	23	15	0.044 (0.034–0.06)	8	0.006

Zungaro	61 (47.0 – 89.5)	2537	260	0.072 (0.047–0.158)	6	0.140
Carachama	23 (20.3 – 25.4)	135	90	0.035 (0.011–0.049)	6	0.022
Chambira	36 (24.1 – 45.7)	932	155	0.299 (0.100–0.478)	5	0.262
Total de Exposición Semanal Promedio						0.635
ªmedia (rango intercuartílico)						



**IMAGEN 2.** Fotografía de perfil de un representante de *Hydrolycus scomberoides*, el cual se le conoce localmente como chambira, y en el extranjero como pez vampiro, que fue muestreado en este estudio.

Basándose en la combinación de resultados de la encuesta dietética (Tabla 1) y hallazgos de concentración de mercurio en las especies de peces más comúnmente consumidas (Tabla 3), la exposición por semana total ponderada al metilmercurio en mujeres en edad reproductiva de la región fue de 0.635  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$  (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

### Encuesta Dietética

La cuenca amazónica alberga la mayor diversidad de peces de agua dulce en el mundo y esto se ve reflejado en la dieta de los locales de la región.<sup>56</sup> La diversidad de la dieta local se evidencia en los resultados de la encuesta dietética, la cual indicó que 100 taxones de peces fueron consumidos. Sin embargo, los resultados de la encuesta dietética también indicaron que alrededor de 14 especies comprendían la mayoría de la dieta, junto con otras especies que se consumían raras veces (Tabla 1). Existe la posibilidad de que una de las especies de peces menos frecuentemente consumidas pueda proporcionar una exposición al metilmercurio inmensa en la población regional. En tales circunstancias, sin embargo, los efectos en la salud se ven mitigados por el bajo riesgo asociado a una exposición de dosis única o infrecuente, y relativamente alta al metilmercurio por consumo de pescado. Tales consideraciones están fuera de alcance en el presente estudio, pero también son pertinentes e importantes para la posible búsqueda de futuros estudios.

La masa comestible de pescado osciló entre los 15 g - 260 g en los taxones de peces (Tabla 3), alimentando de entre 1 - 7 personas, dependiendo del tamaño del pescado (Tabla 3). Las porciones de pescado más ligeras (15 g) provinieron del bujurquí (*Chaetobranchius flavescens*), que tuvo la menor capacidad de alimentación (1 persona/pescado) debido a la combinación de su pequeña longitud total media (23 cm), y a la forma plana de su cuerpo, la cual reduce la cantidad de carne disponible para ser consumida por unidad de longitud de pescado (Tabla 3). Las porciones de pescado más pesadas (260 g) provinieron del complejo de especies de bagre llamado zungaro (Orden *Siluriformes*), el cual tuvo la mayor capacidad de alimentación (6.5 personas/pescado), debido a su gran tamaño (64 cm) y a la forma cilíndrica de su cuerpo, esto contribuyó al incremento de carne disponible para ser consumida por unidad de longitud de pescado (Tabla 3).

Una limitación principal de la encuesta dietética fue nuestra técnica de muestreo. Se seleccionó un método de muestreo por conveniencia ya que había un servicio insuficiente de telefonía, internet o correo formal en el área de estudio (Imágenes 1 y 2), lo que limitó las opciones de metodología de muestreo.<sup>47</sup> El muestreo por conveniencia presenta la posibilidad de una falta de generalizabilidad para toda la población, sin embargo esto es menos probable en una

población como esta, con una disparidad mínima en las características de los hogares tales como la ocupación, recursos, o los ingresos.

### **Geografía**

El ancho del río Napo tiene un aproximado de 1.5 km, con una tasa de descarga promedio de 5,700 m<sup>3</sup>/s, y grandes variaciones entre temporadas húmedas (7,294 m<sup>3</sup>/s) y secas (1,234 m<sup>3</sup>/s).<sup>47</sup> La gran variación en el caudal volumétrico del río Napo presenta el potencial de variación estacional en la concentración de mercurio en los músculos de los peces durante los diversos ciclos hidrológicos en esta región del Amazonas. Los ciclos hidrológicos incluyen las siguientes temporadas: inundación, demostrado por un incremento de nivel de agua; húmeda, cuando el río muestra un incremento máximo en su nivel de agua; reflujó, demostrado por una disminución de nivel de agua; seca, cuando el nivel de agua del río no sobrepasa los valles. Una investigación publicada después de que se realizara este estudio mostró que hubo una diferencia medible, pero estadísticamente insignificante en las concentraciones de mercurio en los tejidos musculares de los peces del río Solimões, Brasil, entre las temporadas de flujo y reflujó dadas en ese lugar.<sup>57</sup> El río Napo es un afluente indirecto de aguas arriba del río Solimões. Estas diferencias geográficas limitan la generalizabilidad de los resultados del estudio de Ferreira da Silca *et al.* con los resultados de este estudio. Sin embargo, hubo una especie que era común entre este estudio y el estudio realizado por Ferreira de Silva *et al.*, *Hoplias malabaricus* (Tablas 1 y 2). Al comparar exclusivamente las temporadas de reflujó e inundación, Ferreira de Silva *et al.*, demostraron que la especie *H. malabaricus* contenía altas concentraciones de mercurio en su tejido muscular durante la temporada de inundación, y contenía una menor concentración de mercurio en su tejido muscular durante la temporada de reflujó. Las diferentes medidas de concentración de mercurio en los músculos de los peces entre los ciclos hidrológicos en la cuenca occidental del Amazonas, aunque no son estadísticamente significativas, muestran que existe la posibilidad de que la exposición al metilmercurio por parte de la población regional en el presente estudio pueda ser diferente entre las estaciones hidrológicas, y sea limitación de nuestro diseño de estudio. La evaluación a la exposición al metilmercurio a través del consumo de pescado en diferentes puntos del ciclo hidrológico podría ser examinada en futuras investigaciones.

### **Muestreo de Tejido de Pescado**

La frecuencia en la que un taxón de pez fue reportado como uno de los comúnmente consumidos por un hogar en la encuesta dietética tuvo un límite al ser reportado por un mínimo de 17% (n=32) de un total de 190 encuestados. Este límite se eligió para garantizar que se recogiera un número suficiente de muestras entre las especies de peces que se informaron como consumidas con mayor frecuencia.

### **Concentraciones de Mercurio en los Tejidos de Pescados**

Aunque el bajo tamaño de la muestra para algunas subáreas puede haber reducido nuestra habilidad para detectar posibles diferencias geoespaciales (Tabla 2), la diferencia relativa de concentración de mercurio entre las áreas donde se encontraban las especies fue pequeña. Por lo tanto, estamos seguros que las concentraciones medias de mercurio integradas en toda el área de estudio (Imágenes 1 y 2), y dentro de las especies, representan con precisión la concentración a la que un individuo está expuesto cuando consume una especie en particular. Afortunadamente, para la gran mayoría de las especies de peces consumidas, las concentraciones medias de mercurio promediaron menos de 0.07 mg/kg (Tablas 3 y 4), lo que sugiere que la exposición debería ser correspondientemente baja, teniendo especialmente en cuenta el tamaño promedio de peces por comida (< 92 g de pescado/comida/persona) consumida por la mayoría de las personas (Tabla 4)

Como se señaló anteriormente, la chambira fue la única especie con un nivel de mercurio elevado, consumida por alrededor del 16% de los encuestados como una de las cinco especies de peces más comúnmente consumidas (Tabla 1). Sin embargo, solo 4 (2%) de los encuestados en la encuesta dietética informaron que sus hogares habían comido chambira como parte de su última comida. Por lo tanto, aunque la chambira tiene un nivel de mercurio relativamente elevado, no parece consumirse con regularidad; y por lo tanto, no sería una fuente significativa de exposición al metilmercurio para la mayoría de las personas. Es importante destacar que si el metilmercurio volviera a ser una preocupación en una fecha ulterior, sería posible utilizar la chambira como taxón centinela. Si los niveles continúan manteniéndose bajos en la chambira, es probable que otros peces también estén dentro de los niveles seguros de exposición al metilmercurio.

De los nueve peces más comúnmente consumidos, la mediana de la concentración de mercurio fue < 0.072 mg/kg ph, con excepción de *H. scomberoides* (Tabla 3).

### **Exposición al Metilmercurio**

La población más vulnerable al metilmercurio son los fetos, bebés en etapa de lactancia y niños menores de 13

años.<sup>58</sup>Adolescentes de hasta 18 años de edad también pueden ser potencialmente más sensibles a la toxicidad del metilmercurio en comparación con los adultos debido a la mielinización y maduración del cerebro durante esta edad.

Existe un debate considerable sobre el valor de ingesta tolerable o dosis de referencia (DdR en  $\mu\text{g}/\text{kg ph}/\text{día}$  o semana) para el metilmercurio según lo recomendado por varios organismos de salud. Por ejemplo, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (conocida por sus siglas en inglés como EPA) es la más conservadora, usando una DdR de  $0.1 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$ ,<sup>59</sup> lo cual equivale a una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de  $0.70 \mu\text{g}/\text{kg Hg pc}/\text{semana}$ . La EPA emplea un análisis comparativo utilizando estudios de Seychelles, Nueva Zelanda y las Islas Faroe para calcular su DdR, con un factor de incertidumbre (FI) de 10. A partir de 2001, la Agencia de Medicamentos y Administración de los Estados Unidos (conocida por sus siglas en inglés como FDA) también adoptó la misma DdR de  $0.1 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  que la EPA.<sup>60</sup> En los Estados Unidos, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (conocida por sus siglas en inglés como ATSDR) ha establecido un nivel de riesgo mínimo (NRM) de  $0.3 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  de metilmercurio <sup>61</sup> equivalente a una ISTP de  $2.1 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$ , que es tres veces más alto que la ISTP de la EPA y la FDA. El NRM derivado por la ATSDR se basa en el estudio realizado por Davidson, *et al.*,<sup>62</sup> e incluye un FI de 4.5.

La ingesta diaria admisible provisional (IDAp) de Health Canada para adultos es  $0.47 \mu\text{g}/\text{kg}$ , y  $0.20 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  para madres embarazadas y lactantes, al igual que para los niños de 12 años y menores.<sup>42</sup> Una IDAp de  $0.20 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  es equivalente a una ISTP de  $1.4 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$ , lo cual es el doble de lo que la EPA y FDA permiten para la misma población.

Un punto de referencia global proviene del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), el cual recientemente recomendó una ISTP de  $1.6 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$  para mujeres embarazadas y lactantes, al igual que para niños de 17 años y menores.<sup>58</sup> Nótese que ninguno de estos valores orientativos representa beneficios para la salud holística de consumo de pescado, por lo que la comunicación de riesgo es extremadamente importante, al igual que es fundamental de que los pueblos Indígenas no sean disuadidos de consumir pescado. Afortunadamente, a pesar de la variabilidad en las DdR para el metilmercurio, la exposición por semana total ponderada al metilmercurio en el presente estudio de  $0.64 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$  estuvo por debajo incluso a los valores orientativos de DdR de  $0.70 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$  (Tabla 4).

## Recomendación

La tasa de exposición total ponderada al metilmercurio generada por el presente estudio es de  $0.64 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$ , que es menor que los valores de ingesta semanales tolerables más conservadores propuestos por la EPA y la FDA,<sup>59,60</sup> y mucho menos que lo propuesto por Health Canada y JECFA.<sup>42, 58</sup> Basándose en este hallazgo, es razonablemente plausible que las prácticas actuales de consumo de pescado no representen ningún riesgo para los miembros de la comunidad local. Sin embargo, a pesar de la tasa de consumo semanal infrecuente de chambira por parte de los locales, el equipo de investigación reconoce su concentración elevada de mercurio ( $0.30 \text{mg}/\text{kg ph}$ ) en relación a otras especies en el presente estudio (Tabla 2). Por esta razón, para proteger al feto y a los niños pequeños, optaríamos por permitir que las mujeres en edad fértil lo consuman en pequeñas cantidades, y diferir otras especies de peces cuando sea posible. Afortunadamente, la chambira es una especie de pez de aspecto muy singular (Imagen 3), por lo que es sencillo establecer un programa de divulgación para ayudar a los consumidores a identificar y evitar esta especie potencialmente problemática.

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio revelan que las concentraciones de mercurio en la mayoría de las especies de peces comúnmente consumidas del río Napo en Perú son bajas. No hay diferencias, en cada especie regional, de concentración de mercurio en los peces ubicados en las subáreas del estudio. Dadas las bajas concentraciones generales y la baja exposición a los locales ribereños debido a las infrecuentes y pequeñas porciones de comida, es muy improbable que exista algún riesgo adverso de salud debido a la exposición de mercurio, incluso para la población más susceptible. De hecho, dado que el pescado parece ser la fuente principal de proteína, nos preocuparía saber si muy pocos de estos son consumidos. Sin embargo, ya que sigue existiendo un mayor riesgo no cuantificado para las mujeres en edad fértil que consumen chambira, incluso en pequeñas cantidades, se recomienda que este grupo demográfico aplase el consumo de chambira cuando sea posible. De lo contrario, es razonable asumir que los residentes puedan continuar con sus prácticas de consumo de pescado dado el beneficio nutricional que proporcionan y su baja concentración de mercurio en relación con las directrices sanitarias en esta región de la Amazonía peruana.

## APÉNDICE I

$$\frac{\left( a (M.L.Total\ del\ pescado(cm)^b) \times \frac{2}{3} \times Dosis\ de\ Hg\ Potencial \left( \frac{\mu g\ de\ Hg}{g\ de\ peso\ húmedo} \right) \right)}{Peso\ Promedio\ Nacional\ de\ Mujer\ en\ Edad\ Fértil\ (kg)} = \frac{\mu g\ de\ M.Hg}{Pescado\ limpio_{M.F.Promedio.}}$$

**Ecuación 1.** Calcula la cantidad de metilmercurio a la que las mujeres locales de entre los 15 y 49 años de edad (mujeres en edad fértil) están expuestas por el consumo de pescado limpio, no incluyendo los huesos. M. = mediana; L. = longitud; a = factor de relación longitud-peso a; b = factor de relación longitud-peso b; Hg = mercurio; M.F.Promedio. = mujer en edad fértil promedio.

$$\frac{\mu g\ de\ M.Hg}{Pescado\ limpio_{M.F.Promedio.}} \times \frac{Proporción\ de\ pescado\ consumido\ (\%)}{1\ comida} = \frac{Ingesta\ de\ M.Hg\ (\mu g)}{Comida\ de\ pescado_{M.F.Promedio.}}$$

**Ecuación 2.** Calcula la exposición al metilmercurio por comida ( $\mu g/kg$  pc/comida) en la mujer local en edad fértil a partir del consumo de una comida únicamente preparada con pescado.; M = mediana; No. = número; M.F.Promedio. = mujer en edad fértil promedio; M.Hg = metilmercurio.

$$\frac{Ingesta\ de\ M.Hg\ (\mu g)}{Comida\ de\ pescado_{M.F.Promedio.}} \times \frac{M.de\ No.de\ comidas\ consumidas\ por\ semana}{Taxón\ de\ pez} = \frac{Ingesta\ de\ M.Hg\ por\ semana}{Taxón\ de\ pez_{M.F.Promedio}}$$

**Ecuación 3.** Calcula la exposición semanal al metilmercurio ( $\mu g/kg$  de pc/semana) en la mujer local en edad fértil promedio a partir del número ponderado de comidas consumidas por semana con respecto a un taxón de pez específico. M = mediana; No = número, M.F.Promedio. = mujer en edad fértil promedio; M.Hg = metilmercurio.

$$\sum_{Todos\ los\ taxones\ de\ peces} \frac{Ingesta\ de\ M.Hg\ por\ semana}{Taxón\ de\ pez_{M.F.Promedio.}} = Ingesta\ semanal\ ponderada\ total\ de\ M.Hg_{M.F.Promedio.}$$

**Ecuación 4.** Calcula la exposición semanal ponderada total al metilmercurio en la mujer local en edad fértil promedio a partir de los hábitos actuales de consumo de pescado. M. F. Promedio = mujer en edad fértil promedio; M.Hg = metilmercurio.

## RECONOCIMIENTOS

En primer lugar, los autores desean agradecer sinceramente a los miembros de las 14 comunidades por abrir sus puertas y alojar en sus casas a las personas pertenecientes al equipo de investigación y también se les agradece por su apoyo en este proyecto de investigación en general. Se le extiende el respectivo agradecimiento también al equipo de navegación local del río Napo. Los autores están muy agradecidos por la ayuda con la identificación de nuestras muestras de peces por los Dres. Windsor Aguirre (Universidad DePaul, Chicago), Cesar Fernandes (Universidad Federal de Piauí, Brasil), Rodney Rountree y Victor Vera (Perú). El equipo de investigación también desea agradecerles al personal clínico del Centro de Salud de Santa Clotilde por su ayuda, a los estudiantes de medicina de la Universidad de British Columbia, a la Caring Eye Foundation, a PANGO Canadá y a la Mclean Foundation por haber proporcionado los recursos y la fuerza de trabajo complementaria para llevar a cabo este estudio. El equipo de investigación también recibió apoyo local para la propuesta de investigación por parte del Director de DAIS (Dirección de Atención Integral de Salud) y el Director e CENAN (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición) a través del Director del Centro de Salud Santa Clotilde.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, E. N., E. M. C., J. N., V. K., R. B.; Curación de Datos, E. M. C., E. N.; Análisis Formal, E. M. C., E. N., V. K., R. B.; Investigación, E. M. C., E. N., J. N., V. K., R. B.; Metodología, E. M. C., E. N., J. N., V. K., R. B.; Administración De Proyectos, E. M. C., E. N., V. K.; Escritura – Borrador Original, E. M. C., E. N., J.N., V.K., R.B.; Escritura – Revisión y Edición, E.M.C., E.N., J.N., V.K., R.B.; Recursos, E.M.C., E.N., V.K., R.B.; Validación, E.M.C.,

Carreras EM, et al.

E.N., J.N., V.K., R.B.; Visualización, E.M.C.; Adquisición de Fondos, E.N., V.K.; Supervisión, V.K., R.B.

### **TRADUCCIÓN DE ESCRITURA ORIGINAL EN INGLÉS, AL ESPAÑOL**

Traductor Principal: Otto Juan Arturo Tiravanti Vega, Licenciatura de Traducción e Interpretación de Idiomas

Revisión y finalización de la traducción: Erick M. Carreras, Mg. De Ciencias en Salud Global

### **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Eventos de recaudación de Fondos, Financiamiento de la Compassionate Eye Foundation, Programa de Co-Op para las Ciencias de la Universidad de British Columbia.

### **CONFLICTOS DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

### **ID de ORCID**

Erick M. Carreras: <https://orcid.org/0000-0001-7399-0779>

Erika Neilson: <https://orcid.org/0000-0001-8993-3365>

John Neilson: <https://orcid.org/0000-0002-1295-5192>

Videsh Kapoor: <https://orcid.org/0000-0002-1040-3394>

## REFERENCIAS

1. Dolbec J, Mergler D, Larribe F, Roulet M, Lebel J, Lucotte M. M. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. [Análisis secuencial de los niveles de mercurio en el cabello en relación con la dieta de pescado de una población amazónica, Brasil.] *Sci Total Environ.* Abril de 2001; 271(1):87–97.
2. Lebel J, Roulet M, Mergler D, Lucotte M, Larribe F. Fish diet and mercury exposure in a riparian Amazonian population. [Dieta de pescado y exposición al mercurio en una población amazónica ribereña.] *Water Air Soil Pollut.* Junio de 1997; 97(1):31–44.
3. Maurice-Bourgoin L, Quiroga I, Chincheros J y Courau P. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. [Distribución de mercurio en aguas y peces de los ríos altos de Madeira y exposición al mercurio en poblaciones amazónicas ribereñas.] *Sci Total Environ.* Octubre de 2000; 260(1):73–86.
4. Webb J, Mainville N, Mergler D, Lucotte M, Betancourt O, Davidson R, et al. Mercury in fish-eating communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. [Mercurio en comunidades que se alimentan de pescado pertenecientes a la Amazonía Andina, Valle del Río Napo, Ecuador.] *EcoHealth.* Noviembre de 2004; 1(S2):SU59–SU71.
5. Johnsson C, Schütz A, Sällsten G. Impact of Consumption of Freshwater Fish on Mercury Levels in Hair, Blood, Urine, and Alveolar Air. [Impacto del consumo de peces de agua dulce por los niveles de mercurio en el cabello, la sangre, la orina y el aire alveolar.] *J Toxicol Environ Health A.* Diciembre de 2005; 68(2):129–40.
6. Hacon S, Yokoo E, Valente J, Campos RC, da Silva VA, de Menezes AC, et al. Exposure to Mercury in Pregnant Women from Alta Floresta—Amazon Basin, Brazil. [Exposición al Mercurio en Mujeres Embarazadas de Alta Floresta-Cuenca del Amazonas, Brasil.] *Environmental Research.* Noviembre de 2000; 84(3):204–10.
7. Hacon SS, Dórea JG, Fonseca M de F, Oliveira BA, Mourao DS, Ruiz CM, et al. The Influence of changes in lifestyle and mercury exposure in riverine populations of the Madeira River (Amazon Basin) near a Hydroelectric Project. [La influencia de los cambios en el estilo de vida y la exposición al mercurio en las poblaciones ribereñas del río Madeira (Cuenca del Amazonas) cerca de un proyecto hidroeléctrico.] *Int J Environ Res Public Health.* Marzo de 2014; 11(3):2437–7.
8. Schroeder WH, Munthe J. Atmospheric mercury— An overview. [Mercurio atmosférico - Una vista general.] *Atmos Environ.* Marzo de 1998; 32(5):809–22.
9. Veiga MM. A heuristic system for environmental risk assessment of mercury from gold mining operations [dissertation]. [Un sistema heurístico para la evaluación de riesgos ambientales de mercurio procedente de operaciones mineras de oro [disertación].] Vancouver, BC; Universidad de British Columbia; 1994. 206 p.
10. Oñate N, Meech JA, Veiga MM. Mercury pollution from deforestation. [Contaminación de mercurio por deforestación.] *Nature.* Abril de 1994; 368(6474):816–7.
11. Roulet M, Lucotte M, Farella N, Serique G, Coelho H, Sousa Passos CJ, et al. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. [Efectos de la reciente colonización humana sobre la presencia de mercurio en los ecosistemas amazónicos.] *Water Air Soil Pollut.* Junio de 1999; 112(3):297–313.
12. Farella N, Lucotte M, Louchouart P, Roulet M. Deforestation modifying terrestrial organic transport in the Rio Tapajós, Brazilian Amazon. [Deforestación modificando el transporte orgánico terrestre en el Río Tapajós, Amazonía brasileña.] *Org. Geochem.* Diciembre de 2001; 32(12):1443–58.
13. Roulet M, Lucotte M, Canuel R, Farella N, Courcelles M, Guimarães JR, et al. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the Central Amazon. [Aumento de la contaminación de mercurio registrada en sedimentos lacustres tras la deforestación en la Amazonía Central.] *Chem Geol.* Abril de 2000; 165(3-4):243–66.
14. Sebastián MS, Hurtig A-K. Oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador: a public health emergency. [Explotación petrolera en la cuenca amazónica del Ecuador: una emergencia de salud pública.] *Rev Panam Salud Pública.* Marzo 2004; 15(3):205–11.
15. Wilhelm SM, Kirchgessner DA, Liang L, Kariher PH. Sampling and Analysis of Mercury in Crude Oil. [Muestreo y Análisis de Mercurio en Petróleo Crudo] *J ASTM Int.* Octubre de 2005; 2(9):1–15.
16. Roulet M, Lucotte M, Guimarães JR, Rheault I. Methylmercury in water, seston, and epiphyton of an Amazonian river and its floodplain, Tapajós River, Brazil. [Metilmercurio en agua, seston y epifitón de un río amazónico y su llanura de inundación, río Tapajós, Brasil.] *Sci Total Environ.* Octubre de 2000; 261(1):43–59.
17. Roulet M, Guimarães JR, Lucotte M. Methylmercury production and accumulation in sediments and soils of an Amazonian Floodplain – effect of seasonal inundation. [Producción y acumulación de metilmercurio en sedimentos y suelos de una llanura aluvial amazónica – efecto de temporada de inundación.] *Water Air Soil Pollut.* Mayo de 2001; 128(1):41–60.
18. Guimarães JR, Roulet M, Lucotte M, Mergler D. Mercury methylation along a lake–forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon: seasonal and vertical variations. [Metilación de mercurio a lo largo de un transecto lago-bosque en la llanura aluvial del río Tapajós, Amazonía brasileña: variaciones estacionales y verticales.] *Sci Total Environ.* Octubre de 2000; 261(1):43–59.
19. Grandjean P, RF blanco, Nielsen A, Cleary D, de Oliveira Santos CE. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. [Neurotoxicidad de metilmercurio en niños amazónicos aguas abajo de la extracción de oro.] *Environ Health Perspect.* Julio de 1999 1; 107(7):587–91.
20. Malm O, Wolfgang CP, Cristina MM, Rudolf R. Mercury pollution due to gold Mining in the Madeira River basin, Brazil. [Contaminación por mercurio debido a la minería de oro en la cuenca del río Madeira, Brasil.] *Ambio.* Febrero 1990; 19(1):11–5.
21. Malm O, Ramas FJ, Akagi H, Castro MB, Pfeiffer WC, Harada M, et al. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. [Mercurio y metilmercurio en peces y cabello humano en la cuenca del río Tapajós, Brasil.] *Sci Total Environ.* Diciembre de 1995; 175(2):141–50.
22. Malm O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon. [La minería de oro como fuente de exposición al mercurio en la Amazonía brasileña.] *Environmental Research.* Mayo de 1998; 77(2):73–8.
23. Morel FM, Kraepiel AM, Amyot M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. [El ciclo químico y la bioacumulación del mercurio.] *Annu Rev Ecol Evol Syst.* Noviembre de 1998; 29(1):543–66.
24. Pak KR, Bartha R. Mercury methylation and demethylation in anoxic lake sediments and by strictly anaerobic bacteria. [Metilación y desmetilación de mercurio en sedimentos de lagos anóxicos por bacterias estrictamente anaeróbicas.] *Appl Environ Microbiol.* Marzo 1998; 64(3):1013–7.
25. Orihel DM, Paterson MJ, Blanchfield PJ, Bodaly RA, Hintelmann H. Experimental evidence of a linear relationship between inorganic mercury loading and methylmercury accumulation by aquatic biota. [Evidencia experimental de una relación lineal entre la carga de mercurio inorgánico y la acumulación de metilmercurio por biota acuática.] *Environ Sci Technol.* Julio de 2007; 41(14):4952–8.

26. Munthe J, Bodaly RA, Branfireun BA, Driscoll CT, Gilmour CC, Harris R, et al. Recovery of Mercury-Contaminated Fisheries. [Recuperación de Pesquerías Contaminadas por Mercurio.] *Ambio*. Febrero de 2007; 36(1):33–44.
27. Sala BD, Bodaly RA, Fudge RJ, Rudd JW, Rosenberg DM. Food as the dominant pathway of methylmercury uptake by fish. [Los alimentos como la vía dominante de la absorción de metilmercurio por los peces.] *Water Air Soil Pollut*. Noviembre de 1997; 100(1):13–24.
28. Mason RP, Reinfelder JR, Morel F. Uptake, toxicity, and trophic transfer of mercury in a coastal diatom. [Toma, toxicidad y transferencia trófica de mercurio en una diatomea costera.] *Environ Sci Technol*. Junio de 1996; 30(6):1835–45.
29. Bloom NS. On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrate tissue. [Sobre la forma química del mercurio en peces comestibles y tejido invertebrado marino.] *Can J Fish Aquat Sci*. Mayo de 1992; 49(5):1010–7.
30. Boischio AA, Henshel D. Fish consumption, fish lore, and mercury pollution—Risk communication for the Madeira River people. [Consumo de pescado, tradición de los peces, y la contaminación por mercurio - Comunicación de riesgo para la gente del río Madeira.] *Environmental Research*. Octubre de 2000; 84(2):108–26.
31. Fabrè NN, Alonso JC. Recursos ícticos no alto Amazonas: Sua importância para as populações ribeirinhas. [Recursos ícticos en el alto Amazonas: Su importancia para las poblaciones ribereñas.] *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*. Febrero de 1998; 17; 14: 19–55.
32. Barbieri FL, Gardon J. Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends. [Niveles de mercurio capilar en poblaciones amazónicas: distribución espacial y tendencias.] *Int J Health Geogr*. Diciembre de 2000; 8(1):71–1.
33. Watanabe C. Modification of mercury toxicity by selenium: Practical importance? [Modificación de la toxicidad por mercurio mediante selenio: ¿Importancia práctica?] *Tohoku J Exp Med*. Febrero de 2000; 196(2):71–7.
34. Passos CJ, Mergler D, Gaspar E, Morais S, Lucotte M, Laribe F, et al. Eating tropical fruit reduces mercury exposure from fish consumption in the Brazilian Amazon. [Comer frutas tropicales reduce la exposición al mercurio a través del consumo de pescado en la Amazonía brasileña.] *Environmental Research*. Octubre de 2003; 93(2):123–30.
35. Dolbec J, Mergler D, Sousa Passos CJ, Sousa de Morais S, Lebel J. Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajós river, Brazilian Amazon. [La exposición al metilmercurio afecta el rendimiento motor de una población fluvial del río Tapajós, Amazonia brasileña.] *Int Arch Occup Environ Health*. Marzo de 2000; 73(3):195–203.
36. Boischio A, Henshel DS. Risk assessment of mercury exposure through fish consumption by the Riverside people in the Madeira Basin, Amazon, 1991. [Evaluación del riesgo de la exposición al mercurio a través del consumo de pescado por parte del pueblo Riverside en la cuenca de Madeira, Amazonas, 1991.] *Neurotoxicology*. 1996; 17(1):169–75.
37. Amorim MI, Mergler D, Bahía MO, Dubeau H, Miranda D, Lebel J, et al. Cytogenetic damage related to low levels of methyl mercury contamination in the Brazilian Amazon. [Daño citogenético relacionado con bajos niveles de contaminación de metilmercurio en la Amazonía brasileña.] *An Acad Bras de Cienc*. Diciembre de 2000; 72(4):497–507.
38. Fillion M, Philibert A, Mertens F, Lemire M, Passos CJS, Frenette B, et al. Neurotoxic Sequelae of Mercury Exposure: An Intervention and Follow-up Study in the Brazilian Amazon. [Secuelas Neurotóxicas de Exposición al Mercurio: Estudio de Intervención y Seguimiento en la Amazonía Brasileña.] *EcoHealth*. Junio de 2011; 8(2):210–22.
39. Marques RC, Dórea JG, Leão RS, Santos dos VG, Bueno L, Marques RC, et al. Role of methylmercury exposure (from fish consumption) on growth and neurodevelopment of children under 5 years of age living in a transitioning (tin- mining) area of the western Amazon, Brazil. [Papel de la exposición al metilmercurio (a través del consumo de pescado) en el crecimiento y el neurodesarrollo de niños menores de 5 años que viven en una zona en transición (minería de estaño) del oeste de la Amazonía, Brasil.] *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. Nueva York: Springer-Verlag; 2012; 62(2):341–50.
40. National Research Council (US) Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, Bookshelf N. Toxicological Effects of Methylmercury. [Comité del Consejo Nacional de Investigación (US) sobre los efectos toxicológicos del metilmercurio, Bookshelf N. Toxicological Effects of Methylmercury.] National Academies Press (US); 2000.
41. Organización Mundial de la Salud. Preventing disease through healthy environments: Action is needed on chemicals of major public health concern. [Prevención de las enfermedades a través de entornos saludables: Es necesario actuar debido a los productos químicos de gran preocupación para la salud pública.] Ginebra, Suiza: Salud Pública y Medio Ambiente, Organización Mundial de la Salud; actualizado 2010; citado el 19 de agosto de 2015]. Disponible en inglés: [http://www.who.int/ipcs/features/10chemicals\\_en.pdf](http://www.who.int/ipcs/features/10chemicals_en.pdf) fua=1
42. Bureau of Chemical Safety. Human Health Risk Assessment of Mercury in Fish and Health Benefits of Fish Consumption. [Evaluación de riesgos para la salud humana considerando el mercurio en los peces y beneficios de salud por el consumo de pescado.] Ottawa (CA): Health Canada; el 1 de Marzo de 2007 [citado el 16 de Marzo de 2015], 76 p. Disponible en inglés: [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt\\_formats/hpfb-dgpsa/pdf/nutrition/merc\\_fish\\_poisson-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/nutrition/merc_fish_poisson-eng.pdf)
43. Marques, R. C., Dórea, J. G., Bernardi, J. V. E., Bastos, W. R., & Malm, O. (2008). Maternal fish consumption in the nutrition transition of the amazon basin: Growth of exclusively breastfed infants during the first 5 years. [Consumo de pescado en las madres durante la transición nutricional, pertenecientes a la cuenca amazónica: Crecimiento de lactantes exclusivamente amamantados durante los primeros 5 años.] *Annals of Human Biology*, 35(4), 363-377. doi:10.1080/03014460802102495
44. Cunha, M., Marques, R., & Dorea, J. (2018). Influence of maternal fish intake on the anthropometric indices of children in the western amazon. [Influencia de la ingesta materna de peces en los índices antropométricos de los niños en la Amazonía occidental.] *Nutrients*, 10(9), 1146. doi:10.3390/nu10091146
45. Neilson E., presented in part at Canadian Public Health Association 2013 Annual Conference, Ottawa Convention Centre, June, 2013. [Neilson E., exponiendo en una parte de la Conferencia Anual 2013 de la Asociación Canadiense de Salud Pública, Centro de Convenciones de Ottawa, junio de 2013.]
46. Laraque A, Bernal C, Bourrel L, Darrozes J, Christophoul F, Armijos E, et al. Sediment budget of the Napo River, Amazon basin, Ecuador and Peru. [Presupuesto de sedimentos del río Napo, cuenca amazónica, Ecuador y Perú.] *Hydroll Processes*. Diciembre de 2009; 23(25):3509–24.
47. Bernard, HR. Research Methods in Anthropology: qualitative and quantitative approaches. 5th Ed. [Métodos de Investigación en Antropología: enfoques cualitativos y cuantitativos. 5ª Ed.] Nueva York: Altamira Press; 2011.
48. Neilson E, Rodriguez, JC, Kapoor V. Priority Assessment for the Santa Clotilde Health Center. 2013 Canadian Public Health Agency Annual Conference. [Una evaluación prioritaria para el Centro de Salud Santa Clotilde. Conferencia Anual de la Agencia Canadiense de Salud Pública 2013.] <http://resources.cpha.ca/CPHA/Conf/Data/2013/A13-381ae.pdf>
49. Froese RG. FishBase 2000; conceptos, diseño y fuentes de datos. Makati City (PH): International Center for Living Aquatic Resources Management; 2000. [Ciudad de Makati (Filipinas): Centro Internacional para la Gestión de Recursos Acuáticos Vivos; 2000]
50. Ortega H, Hidalgo M, Trevejo G, Correa E, Cortijo AM, Meza V, et al. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú [Internet]. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente; Marzo de 2012 [citado el 19 de agosto de 2015]. 58 p. N.º: 2012-02293. Disponible en:

[http://museohn.unmsm.edu.pe/body/content/departamentos/ictiologia/Ortega\\_et\\_al.2012Lista\\_Peces\\_Aguas\\_Cont.Peru.pdf](http://museohn.unmsm.edu.pe/body/content/departamentos/ictiologia/Ortega_et_al.2012Lista_Peces_Aguas_Cont.Peru.pdf)

51. Thomas MR, Py-Daniel LH. Three new species of the armored catfish genus *Loricaria* (Siluriformes: Loricariidae) from river channels of the Amazon basin. [Tres nuevas especies del género de bagre blindado *Loricaria* (Siluriformes: Loricariidae) de canales fluviales de la cuenca amazónica.] *Múltiples valores seleccionados*. 28 de septiembre de 2008; 6(3):379–94.
52. Mattox GM, Toledo-Piza M, Oyakawa OT. Taxonomic Study of *Hoplias Aimara* (Valenciennes, 1846) and *Hoplias macrophthalmus* (Pellegrin, 1907) (Ostariophysi, Characiformes, Erythrinidae). [Estudio taxonómico de *Hoplias Aimara* (Valenciennes, 1846) y *Hoplias macrophthalmus* (Pellegrin, 1907) (Ostariophysi, Characiformes, Erythrinidae)]. *Septiembre de 2006; 2006(3):516–28*.
53. Ribeiro AC, Lima FC, Pereira EH. A New Genus and Species of Minute Suckermouth Armored Catfish (Siluriformes: Loricariidae) from the Rio Tocantins Drainage, Central Brazil: The Smallest Known Loricariid Catfish. [Un nuevo género y especie de bagre blindado de Suckermouth (Siluriformes: Loricariidae) del drenaje de Río Tocantins, Brasil central: el más pequeño bagre Loricariid conocido por el hombre]. *Diciembre de 2012; 2012(4): 637–47*.
54. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú, Encuesta Demográfica y de Salud Familiar – ENDES. Lima (PE): Instituto Nacional de Estadística e Informática. Mayo de 2014. Sistema abierto. Informe No.: 2014-06315.
55. Froese R, Thorson JT, Reyes RB. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. [Un enfoque bayesiano para estimar las relaciones longitud - peso en peces.] *J Appl Ichthyol*. Febrero de 2014; 30(1):78–85.
56. Junk WJ, Soares MG, Bayley PB. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. [Peces de agua dulce de la cuenca del río Amazonas: su biodiversidad, pesquerías y hábitats.] *Aquat Ecosyst Health Manag*. Junio de 2007; 10(2):153–73.
57. Silva, S. F. d., Oliveira, D. C., Pereira, J. P. G., Castro, S. P., Costa, B. N. S., & Lima, M. d. O. (2019). Seasonal variation of mercury in commercial fishes of the amazon triple frontier, western amazon basin. [Variación estacional del mercurio en peces comerciales de la triple frontera amazónica, cuenca amazónica occidental.] *Indicadores ecológicos*, 106, 105549. doi:10.1016/j.ecolind.2019.105549
58. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Evaluation of certain food additives and contaminants. [Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes.] Geneva (CH): WHO Press.; 2007. 104 p. Report No.: 940.
59. Integrated Risk Information System. [Sistema Integrado de Información de Riesgos.] Methylmercury [Metilmercurio] (MeHg); CASRN 22967-92-6 [Internet]. Washington (US): Integrated Risk Information System; Julio de 2001. 43 [actualizado el 27 de agosto de 2001; citado el 16 de marzo de 2015]. Disponible en inglés: [http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0073\\_summary.pdf#nameddest=rfd](http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0073_summary.pdf#nameddest=rfd)
60. Food and Drug Administration. [Agencia de Medicamentos y Administración.] Asesoramiento al consumidor [Internet]. Silver Spring (Estados Unidos): Agencia de Medicamentos y Administración. Marzo de 2001 [citado el 16 de marzo de 2016]. 2 p. Disponible en inglés: [http://www.fda.gov/OHRMS/DOCKETS/ac/02/briefing/3872\\_Advisory%201.pdf](http://www.fda.gov/OHRMS/DOCKETS/ac/02/briefing/3872_Advisory%201.pdf)
61. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Perfil toxicológico para el mercurio [Internet]. Atlanta (Estados Unidos): Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos; Marzo de 1999 [citado el 16 de marzo de 2015]. 676 p. Disponible en inglés: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>
62. Davidson PW, Myers GJ, Cox C., Axtell C, Shamlaye C, Sloane-Reeves J. et al. Effects of Prenatal and Postnatal Methylmercury Exposure From Fish Consumption on Neurodevelopment: Outcomes at 66 Months of Age in the Seychelles Child Development Study. [Efectos de la exposición prenatal y postnatal al metilmercurio a través del consumo de pescado en el neurodesarrollo: resultados a los 66 meses de edad en el estudio de desarrollo infantil de Seychelles.] *JAMA*. Agosto de 1998;280(8):701-7
63. Gobierno Regional Loreto. Mapa Político Del Departamento Loreto. Iquitos: Oficina de Acondicionamiento Territorial; febrero de 2015. 1 p.