



un futuro sin tóxicos

Síntesis del informe:

El monitoreo del mercurio en mujeres en edad reproductiva en la región de Asia y el Pacífico

Un proyecto conjunto de IPEN/BRI/ONU Medio Ambiente

Abril de 2017

Borrador preparado por Lee Bell,
Asesor de IPEN en políticas sobre el mercurio
para el

Convenio de financiamiento a pequeña escala de ONU Medio Ambiente (SSFA)

Referencia: SSFA/2015/DTIE/Chemicals Branch/IPEN/Hair monitoring

Antecedentes

Este informe resume los resultados del estudio piloto realizado por la Red Internacional de Eliminación de COPS (International POPs Elimination Network/IPEN) en colaboración con el Instituto de Investigación de la Biodiversidad (Biodiversity Research Institute/BRI) y ONU Medio Ambiente, para evaluar la carga corporal de mercurio de una selección de participantes en la región de Asia y el Pacífico.

A lo largo de los años 2015 y 2016, las Organizaciones Participantes (OPs) de IPEN, organizaciones sin fines de lucro, bajo la supervisión del equipo de proyectos de IPEN, realizaron un estudio piloto titulado *El monitoreo del mercurio en mujeres en edad reproductiva en la región de Asia y el Pacífico*. El propósito del proyecto era obtener datos sobre la carga corporal de mercurio en mujeres en edad reproductiva en la región de Asia y el Pacífico, para así contribuir con los esfuerzos nacionales e internacionales por monitorear el mercurio, para preparar la ratificación e implementación del Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

La metodología del estudio requirió que las OPs del IPEN identificaran entre 30 y 35 mujeres en edad reproductiva (es decir, entre 18 y 44 años de edad) en una locación seleccionada que dio su consentimiento para participar en el estudio a través de proporcionar una pequeña muestra de cabello y llenar un cuestionario. Las muestras de cabello se enviaron a los laboratorios del BRI en Maine, Estados Unidos, para su análisis.

Se seleccionaron mujeres de este grupo de edad, ya que constituyen una cohorte clave de los grupos subpoblacionales vulnerables en riesgo debido al mercurio, una neurotoxina potente que puede afectar tanto la salud de la madre como tener un impacto sobre un rango de variables de desarrollo de un feto en desarrollo, con consecuencias de por vida.¹

En consulta con ONU Medio Ambiente, el equipo de proyectos de IPEN/BRI definieron que existía la necesidad de enfocar en la generación de datos de la región de Asia y el Pacífico, con un énfasis particular en los pequeños estados insulares en desarrollo debido a su gran dependencia de una alimentación rica en proteína de pescado. El consumo de pescado es una vía de exposición clave para la ingesta humana de mercurio debido a la metilación del mercurio por bacterias en las aguas marinas, y la subsiguiente bioacumulación y biomagnificación del mercurio a través de la red alimentaria acuática.

Una hipótesis de este estudio de evaluación fue que era probable que la cohorte de participantes de las islas del Pacífico tuvieran una carga corporal de mercurio más elevada que otras locaciones debido a su consumo relativamente alto de pescado de especies depredadoras, las cuales, como quedó demostrado en estudios anteriores, contienen concentraciones elevadas de mercurio en su carne.

¹ Bose-O'Reilly, S., et al. (2010). Mercury Exposure and Children's Health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, septiembre de 2010; 40(8): 186-215.

Grandjean, P., et al. (2010). Adverse Effects of Methylmercury: Environmental Health Research Implications. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 118, No. 8, agosto de 2010, 1137-1145.

En consecuencia, el equipo de proyectos de IPEN se coordinó con sus Puntos de enlace Regionales y con las OPs de IPEN a nivel nacional, los cuales se ligaron con una gama de organizaciones de la sociedad civil a nivel local, para invitar a las participantes a proporcionarles muestras de cabello. Se efectuó la recolección de muestras en los siguientes países:

- Las Islas de Cook (2 locaciones);
- Tuvalu;
- La República de las Islas Marshall;
- La República de Kiribati;
- Tayikistán; y
- Nepal (2 locaciones)

Metodología

En preparación para la implementación de este proyecto, IPEN y BRI, en consulta con ONU Medio Ambiente, desarrollaron una metodología basada en el marco muestral utilizado anteriormente por IPEN/BRI en su estudio mundial sobre el mercurio en el pescado y el cabello de 2014.²

La metodología toma en cuenta los protocolos científicamente racionales y reconocidos para monitorear el cabello humano, incluyendo cuestiones tanto técnicas como prácticas, así como una revisión ética por parte del Consejo Institucional de Revisión (Institutional Review Board) de la Universidad del Sur de Maine (University of Southern Maine/USM) en Portland, Estados Unidos. La metodología abarca el método de muestreo, la recopilación de los datos, y las mediciones del mercurio, así como la valoración y la evaluación de los resultados.

Se valoraron los criterios de selección entre el grupo blanco de las participantes con base en (1) su edad (de 18 a 44 años); (2) su disponibilidad para participar; y (3) que tuvieran suficiente cabello como para proporcionar una muestra para el análisis.

A las OPs de IPEN se les proporcionó un protocolo detallado para el muestreo. Las participantes firmaron un formulario de consentimiento, llenaron un cuestionario, y, portando un par de guantes de examen de nitrilo (para recoger y manejar cada muestra), los tomadores de muestras limpiaron las superficies cortantes de las tijeras de acero inoxidable con alcohol para cortar las muestras del cabello.

Se obtuvieron las muestras del cabello de las participantes a través de cortar un pequeño atado de cabello de aproximadamente entre 8 y 10 cm de largo y el grosor de un lápiz (alrededor de unos 30 cabellos) desde la región occipital del cráneo lo más cerca posible al cuero cabelludo.

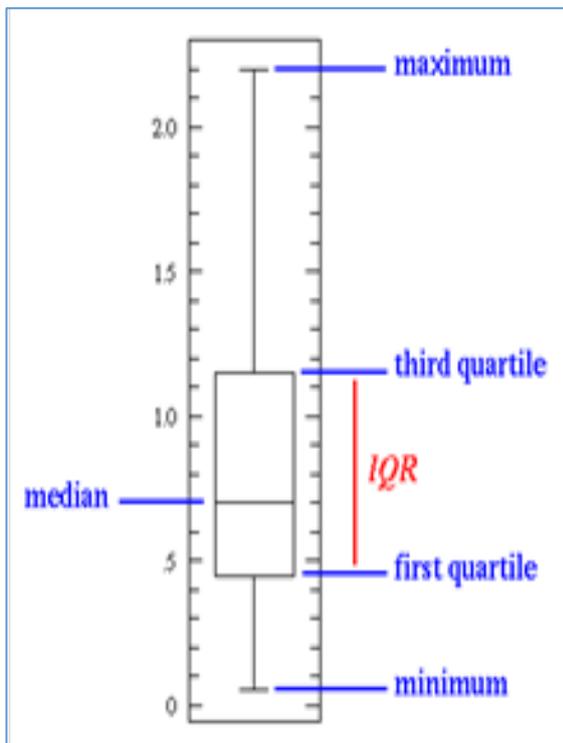
² Evers, D. et al. (2014). *Global Mercury Hotspots: New Evidence Reveals Mercury Contamination Regularly Exceeds Health Advisory Levels in Humans and Fish Worldwide*. Biodiversity Research Institute. Portland, Maine. IPEN. Göteborg, Suecia. BRI-IPEN Science Communications Series 2014-34. 20 páginas.

Las muestras se empaquetaron, etiquetaron y enviaron al BRI, según las instrucciones proporcionadas.

Resultados por país y su valoración

Tabla 1. Resultados del análisis de cabello para determinar el mercurio total en mujeres en edad reproductiva en la región de Asia y el Pacífico.

País	Promedio de mercurio total (ppm) en el cabello	Desviación estándar	Máximo de mercurio total (ppm)	Mínimo de mercurio total (ppm)	Tamaño de la muestra
Islas de Cook loc. 1	3.60	1.67	6.96	0.17	30
Islas de Cook loc. 2	3.67	2.19	8.51	0.96	30
Kiribati	3.42	1.27	7.51	1.77	30
Nepal loc. 1	0.67	0.24	1.18	0.21	33
Nepal loc. 2	3.62	6.11	28.46	0.35	20
Rep. de las Islas Marshall	3.25	2.2	11.31	0.55	30
Rep. Tayikistán	0.06	0.12	0.70	0.01	31
Tuvalu	1.99	0.64	3.40	0.53	30



Presentación de los datos

En el diagrama de caja de la figura 2, se presentan los datos obtenidos para todos los países durante la toma de muestras.

La figura 1 explica las características clave para un diagrama de caja (también conocido como un diagrama de distribución de datos o de 'caja y bigotes'). Un diagrama de caja muestra la distribución de datos desde lo mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil, hasta lo máximo.

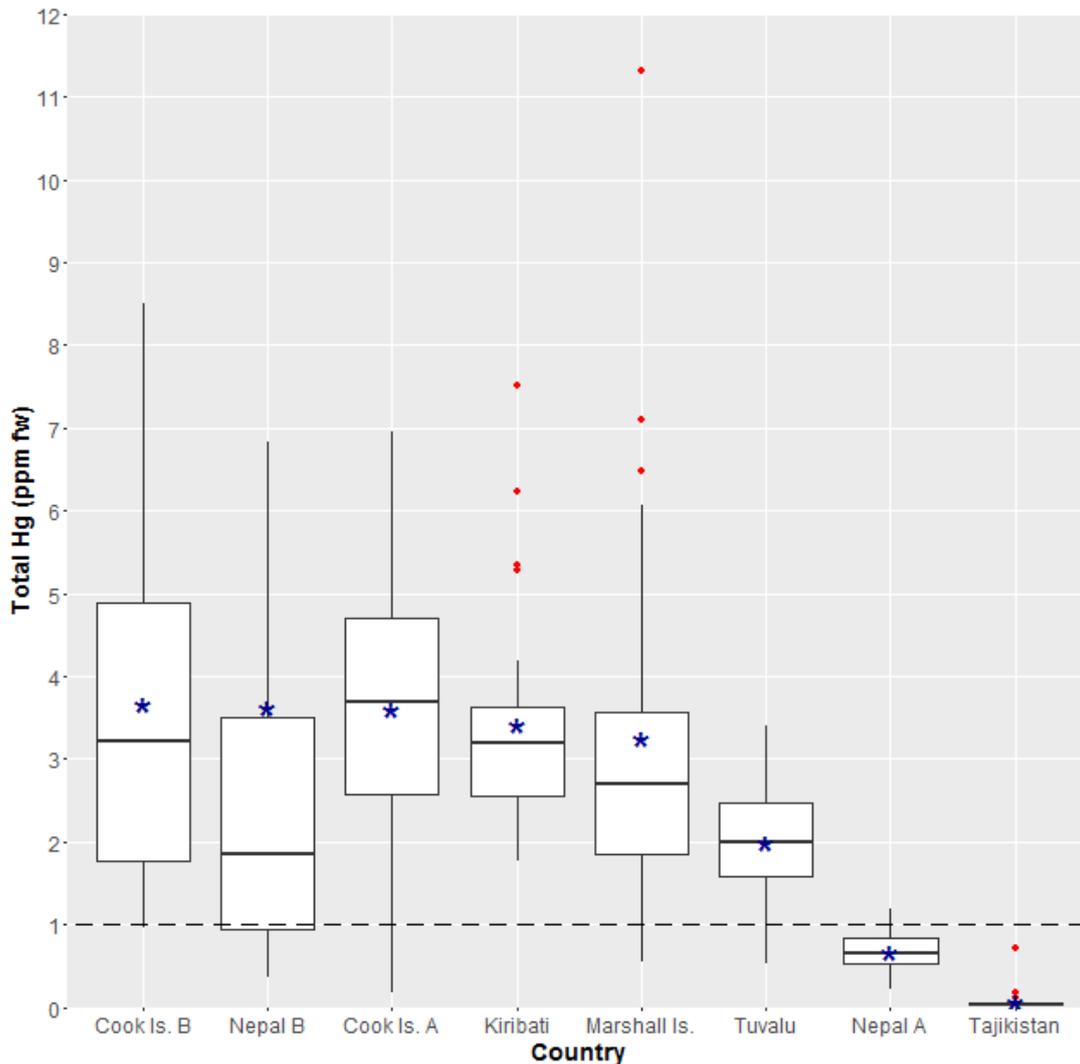
La 'caja' muestra el *rango intercuartil* o RIC. La línea en el interior de la 'caja' muestra la mediana del conjunto de datos, mientras que los 'bigotes' que aparecen encima de la caja muestran los valores máximos; los de abajo muestran los valores mínimos. En la gráfica del diagrama de caja combinado (Fig. 2), abajo, un diagrama de caja individual representa cada locación.

Figura 1: Ejemplo de un diagrama de caja

Fuente: St John's University, Minnesota, U.S.A.

La gráfica combinada, en la Figura 2, incluye información adicional. Las locaciones se ordenan por la media, de izquierda a derecha, donde el asterisco azul representa la media de cada locación. Los puntos rojos representan valores atípicos³ y la línea punteada representa el nivel de referencia de 1ppm, que se discutirá más adelante.

Figura 3 Concentraciones de mercurio en cabello humano (ppm fw) por locación



El examen de los resultados de los datos de las muestras de cabello entre mujeres de edad reproductiva en una selección de países de la región de Asia y el Pacífico, permite un

³ Los valores atípicos se definen como valores tres veces mayores o más que el intervalo intercuartil o por encima del tercer cuartil, o bien tres veces o más el intervalo intercuartil debajo del primer cuartil.

número de observaciones. La representación gráfica que aparece arriba muestra una clara tendencia a niveles muy elevados de mercurio entre las mujeres de las islas del Pacífico,

donde se recogió la muestra. Con base en el nivel de referencia de 1ppm, acordado en la metodología del proyecto (representado con una línea punteada en la figura 3), como el umbral debajo del cual actualmente se considera que son insignificantes los efectos sobre la salud, queda claro que los niveles promedio de mercurio total (THg) para las mujeres de las islas del Pacífico están muy por encima del nivel de referencia.

La base para el uso de este nivel de referencia en este estudio es que corresponde de cerca a la dosis de referencia de la Agencia de Protección Ambiental EPA de Estados Unidos (RfD) de 0.1 µg /kg bw/día y una concentración de mercurio en la sangre de 4-5 µg/L.⁴ La literatura científica actual sugiere que en los individuos muestreados se empiezan a dar efectos adversos en el nivel de referencia de 1 ppm⁵ o bien por encima de 1 ppm.⁶ Existen estudios recientes que concluyen que pueden ocurrir efectos negativos sobre el desarrollo incluso a niveles más bajos.⁷

En Nepal, en la locación 1, los niveles promedio de mercurio en el cabello de las mujeres fue de 0.67ppm ± 0.24 ppm (fw) y solamente un 9 por ciento de las mujeres muestreadas excedió el nivel de referencia de 1ppm. En la locación 2, los niveles promedio de mercurio en el cabello de las mujeres fue de 3.62 ppm ± 6.11 ppm (fw), y un 75 por ciento excedió el nivel de referencia de 1 ppm. Las mujeres de la locación 1 en Nepal, se dedican a la pesca, y, por lo tanto, tienen una alimentación con un contenido relativamente alto de pescado, y consumen los pescados menos vendibles. Sin embargo, en la mayoría de los casos tuvieron niveles de mercurio por debajo de 1ppm. La alimentación alta en pescado y los niveles bajos de mercurio en el cabello de estas mujeres sugieren que es probable que la tilapia (*Oreochromis niloticus*), el pescado que se consume comúnmente, tenga concentraciones bajas de metilmercurio en su carne. Sería necesario sustentar esta presuposición por medio de un monitoreo directo del pescado de esa localidad para detectar sus niveles de mercurio.

Las mujeres de la locación 2 en Nepal, que tienen una alimentación baja en pescado y la mayoría de las cuales están involucradas en la producción de ídolos religiosos chapados en oro en la población donde viven. El método de chapado en oro, conocido como dorado por amalgama de mercurio, involucra crear una pasta de amalgama de mercurio y polvo de oro que se aplica a los ídolos y luego se calienta para liberar el mercurio como vapor. La exposición

⁴ US EPA (1997) Mercury Study Report to Congress, Volume IV, An Assessment of Exposure to Mercury in the United States, EPA-452/R-97-006

⁵ Trasande L, Landrigan PJ, Schechter C (2005) "Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain," *Environmental Health Perspectives*, 113:590-596

⁶ Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jorgensen PJ. (1997). Cognitive Deficit in 7-Year-Old Children with Prenatal Exposure to Methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*. 19:417-428

⁷ Murata K, Weihe P, Budtz-Jorgensen E, Jorgensen PJ, Grandjean P. (2004) Delayed Brainstem Auditory Evoked Potential Latencies in 14-Year-Old Children Exposed to Methylmercury. *Journal of Pediatrics*. 144(2):177-183

ocupacional de estas mujeres es un escenario similar al de los trabajadores de la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE), que utilizan la técnica de la amalgama de mercurio para recuperar oro, y parecería llevar a niveles más elevados de mercurio total. Se requiere profundizar en esta investigación para valorar por qué las mujeres más jóvenes en el grupo 2 de Nepal tiene niveles mucho más altos que las mujeres que habían trabajado en la fábrica de dorado por periodos mucho más prolongados.

Entre las mujeres muestreadas en Tayikistán, el consumo de pescado es bajo y los niveles de mercurio en el cabello fueron muy bajos, con un nivel promedio de mercurio en el cabello humano de $0.068 \text{ ppm} \pm 0.12 \text{ ppm (fw)}$. Ninguna de las participantes tenía un nivel de mercurio total que excediera 1 ppm ; el nivel más elevado registrado fue de 0.70 ppm .

En las Islas de Cook, un 95 por ciento de las mujeres tuvieron niveles por encima del nivel de referencia de 1 ppm , con niveles promedio entre la cohorte que exceden este nivel en más de tres veces y un nivel medio de $3.63 \text{ ppm} \pm 1.91 \text{ ppm (fw)}$. Las mujeres en la locación 2 de la Isla de Cook, tuvieron una media ligeramente superior a la de la locación 1. Del grupo que excedió el nivel de referencia, 20 por ciento de las mujeres excedió el nivel de referencia cinco veces (5 ppm) o más. Cuatro mujeres excedieron los 7 ppm , lo cual indica que es probable que sea común que haya concentraciones elevadas de mercurio entre los residentes de las Islas de Cook.

En Kiribati, el 100 por ciento de las mujeres que proporcionaron muestras excedían el nivel de referencia de 1 ppm , arrojando resultados, por lo menos, tres veces mayores que el nivel de referencia de 1 ppm . El nivel promedio de mercurio en cabello humano en Kiribati fue de $3.42 \text{ ppm} \pm 1.27 \text{ ppm (fw)}$. Adicionalmente, 13 por ciento de todas las participantes registraron niveles superiores a los 5 ppm .

En las Islas Marshall, un 96 por ciento de las mujeres excedieron el nivel umbral de 1 ppm , donde el nivel promedio de mercurio en el cabello fue de $3.25 \text{ ppm} \pm 2.21 \text{ ppm (fw)}$. De esta cohorte, el 16 por ciento excedió la concentración de mercurio total de 5 ppm y una mujer registró un exceso de 11 ppm .

En Tuvalu, un 93 por ciento de las mujeres que proporcionaron muestras, tuvo un nivel de mercurio total superior a 1 ppm . En promedio, el grupo tuvo $1.99 \text{ ppm} \pm 0.64 \text{ ppm (fw)}$. De esta cohorte, ninguna excedió los 4 ppm de mercurio total.

En general, un 96 por ciento de mujeres muestreadas en las islas del Pacífico tuvo una concentración de mercurio total superior a 1 ppm , y en promedio sus resultados se encontraron entre los 2 ppm y los 3.7 ppm . Es claro que muchas participantes tuvieron niveles de mercurio superiores al promedio.

Con base en la ausencia de otras fuentes significativas de contaminación con mercurio, se considera que los niveles elevados de mercurio entre las mujeres en las islas del Pacífico se deben casi por completo a su alimentación, la cual, según los datos analizados de los

cuestionarios, es rica en pescado, sobre todo de especies depredadoras de alto nivel trófico, las cuales es bien conocido que acumulan niveles significativos de mercurio en sus tejidos.

Los datos arrojados por el cuestionario apoyan la hipótesis de que la alimentación con un alto nivel de pescado, que se sabe tiene una alta carga corporal de mercurio, es la vía de exposición

a niveles elevados de mercurio entre las mujeres de la islas del Pacífico que proporcionaron muestras de cabello. En comparación, las participantes de otros lugares que no fueran islas del Pacífico, tuvieron niveles relativamente más bajos de consumo de pescado en su alimentación, sobre todo de especies depredadoras más grandes. El hecho de que el grupo de la locación 1 de Nepal, a pesar de tener un alto consumo de pescado, no haya mostrado niveles elevados de mercurio, se puede atribuir al hecho de que consumen pescado de menor talla que no se ofrecen fácilmente a la venta en el mercado. Por ser de menor edad, puede que este pescado tenga menos mercurio en su organismo. Esto requeriría que en esa locación se realizara un monitoreo confirmatorio del pescado, para poder sustentar esta proposición.

Las islas del Pacífico donde se realizó el muestreo, no cuentan con una infraestructura industrial desarrollada, la cual se sabe es una fuente significativa de emisiones y liberaciones de mercurio, como los incineradores de desechos, las plantas generadoras de electricidad a base de carbón, las plantas metalúrgicas, las plantas de cloro-álcali o los hornos de cemento. En estas islas no se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE), la cual se sabe que implica altos niveles de exposición al mercurio para quienes trabajan en esa actividad. Con la excepción de algunos rellenos sanitarios locales, la quema abierta de algunos desechos y la exposición a algunos productos que contienen mercurio, existe una exposición limitada a la contaminación directa con mercurio que pudiera explicar los elevados niveles generalizados de carga corporal de mercurio entre estas mujeres, algunas de las cuales provienen de remotas islas externas distantes de los centros urbanos de las capitales de las islas del Pacífico.

Considerando la no exposición directa a fuentes locales de contaminación de mercurio y la distribución geográfica extremadamente amplia de las participantes, se puede concluir que los impactos sobre la carga corporal de mercurio experimentados por el sub-grupo de las islas del Pacífico en este proyecto son primordialmente atribuibles a la difusa contaminación con mercurio que tiene el océano. A su vez, la bioacumulación y la biomagnificación del metilmercurio entre las especies de pescado que se consumen comúnmente, es la vía de exposición más probable de las participantes en el estudio, y lleva a una elevada carga corporal de mercurio en estas mujeres.

Aunque parezca haber una tendencia clara de encontrar niveles elevados de mercurio entre las mujeres de las islas del Pacífico, por su consumo de pescado (sustentado por los datos obtenidos del cuestionario), debería de realizarse un muestreo con blancos más precisos a una escala que produciría datos estadísticamente relevantes a nivel poblacional. Esto incluiría tomar muestras de pescado para medir las concentraciones de mercurio y así correlacionar los niveles de mercurio en los humanos con los datos sobre la alimentación provenientes de los cuestionarios. Un estudio más amplio en el que se controlen las variables relevantes

contribuiría a determinar si los resultados de este estudio se reflejan en la población general de los países estudiados.

Además, se debería de realizar un muestreo de un espectro más amplio de áreas regionales asiáticas para así fortalecer el análisis comparativo entre los pequeños estados insulares en desarrollo del Pacífico y sus contrapartes en Asia, para así evaluar el impacto que tiene la exposición directa a la contaminación urbana/industrial sobre la carga corporal de mercurio

relacionada con la contaminación difusa de mercurio que parece tener un impacto pronunciado en el Pacífico.

Conclusión

El problema de los niveles elevados de metilmercurio en el pescado va a persistir mientras no se reduzcan significativamente los niveles globales del comercio, el uso, las emisiones y liberaciones del mercurio. Para aquellas personas que actualmente basan su alimentación en el consumo de pescado como fuente primordial de proteína, quienes, por lo tanto, son vulnerables a una elevada carga corporal de mercurio, existen acciones de mitigación que se pueden tomar desde ya. Aquellas personas que no tengan acceso a otras fuentes de proteína, se pueden proteger a través de escoger pescado que no sea de las especies en los niveles tróficos más altos o especies depredadoras. Además, se deberá preferir el pescado de peces más pequeños en tamaño y más chicos de edad de especies comestibles, por encima de pescado de especies más grandes y de peces más maduros que hayan tenido un tiempo de vida más prolongado a lo largo del cual puedan haber acumulado mercurio en sus organismos. En la medida de lo posible, las mujeres deberían considerar reducir su consumo de pescado y sustituirlo por fuentes de proteína proveniente de otros grupos alimenticios.

A nivel nacional, es recomendable que los gobiernos y otros interesados desarrollen actividades para crear conciencia pública que pongan de relieve los impactos en la salud relacionados con los niveles elevados de mercurio para las mujeres en edad reproductiva. Estas actividades podrían incluir recomendaciones sobre los niveles seguros de consumo de pescado y las especies de pescado (y demás especies marinas) que sean más seguras para consumir.

Las participantes de este estudio recibieron recomendaciones contextuales sobre la relevancia para su salud del análisis de mercurio basado en la muestra de su propio cabello, así como recomendaciones para reducir su exposición al mercurio a través de la alimentación y de otras fuentes.

Referencias

Bose-O'Reilly, S., McCarty, K.M., Steckling, N., Lettmeie, B. "Mercury Exposure and Children's Health." *Current Problems Pediatric and Adolescent Health Care*, septiembre de 2010; 40(8):186-215.

Evers, D. C., DiGangi, J., Petrlik, J., Buck, D. G., Samanek, J., Beeler, B., Turnquist, M. A., Hatch, S. K., y Regan, K. (2014) *Global Mercury Hotspots: New Evidence Reveals Mercury Contamination Regularly Exceeds Health Advisory*

Levels in Humans and Fish Worldwide. Biodiversity Research Institute. Portland, ME. IPEN. Goteborg, Suecia. BRI-IPEN Science Communication Series 2014-34. 20 páginas.

Grandjean, P., Satoh, H., Murata, K., y Eto, K. (2010). "Adverse Effects of Methylmercury: Environmental Health Research Implications." *Environmental Health Perspectives*. Vol. 118, No. 8, agosto de 2010, 1137-1145.

Murata, K., Weihe, P., Budtz-Jorgensen, E., Jorgensen, P. J., Grandjean, P. (2004). "Delayed Brainstem Auditory Evoked Potential Latencies in 14-Year-Old Children Exposed to Methylmercury." *Journal of Pediatrics*. 144(2):177-183

Trasande, L., Landrigan, P. J., Schechter, C. "Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain," *Environmental Health Perspectives*. 2005. 113:590-596.

US EPA (1997) Mercury Study Report to Congress, Volume IV, An Assessment of Exposure to Mercury in the United States, EPA-452/R-97-006.

Agradecimientos

IPEN y el Programa de Naciones Unidas del Medio Ambiente (PNUMA) desean agradecer la participación de 234 mujeres de 8 comunidades en seis países diferentes que contribuyeron muestras para ese estudio. Además, apreciamos las contribuciones de las siguientes Organizaciones Participantes de IPEN que recogieron las muestras para el análisis sobre el mercurio y entregaron informes en los que caracterizan los sitios donde se realizó la recolección de muestras.

De manera específica, nos gustaría resaltar los esfuerzos de las siguientes organizaciones:

- Island Sustainability Alliance Cook Islands Inc. (la Alianza para la Sustentabilidad de las Islas de Cook/ISACI por sus siglas en inglés);
- Centre for Public Health and Environmental Development (el Centro para la Salud Pública y el Desarrollo Medioambiental/CEPHED) en Nepal; y
- FSCI Dastgirie-Center (Centro de Apoyo a Iniciativas de la Sociedad Civil), en Tayikistán.

IPEN y el PNUMA desean agradecer las contribuciones del Instituto de Investigación de la Biodiversidad (Biodiversity Research Institute/BRI), por contribuir a desarrollar la metodología y los protocolos, y, posteriormente, haber organizado los envíos internacionales de los materiales y las muestras, y por haber realizado el análisis de las muestras.

Tanto IPEN como el PNUMA agradecen el apoyo financiero proporcionado por los gobiernos de Francia, a través del PNUMA, y de Suecia y otros donantes, que hicieron que fuera posible producir este documento. Los puntos de vista expresados en el mismo no necesariamente reflejan la opinión oficial de ninguna de las instituciones que proporcionaron apoyo financiero.