



**Programa de las  
Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente**

Distr.: General  
19 de octubre de 2010

Español  
Original: Inglés



**Comité intergubernamental de negociación encargado de  
elaborar un instrumento jurídicamente vinculante  
a nivel mundial sobre el mercurio**

**Segundo período de sesiones**

Chiba (Japón), 24 a 28 de enero de 2011

Tema 3 del programa provisional\*

**Preparación de un instrumento jurídicamente vinculante  
a nivel mundial sobre el mercurio**

## **Metodologías para determinar la exposición al mercurio en personas que trabajan en la extracción de oro artesanal y de pequeña escala**

### **Nota de la secretaría**

1. En su primer período de sesiones, celebrado del 7 al 11 de junio de 2010, el Comité intergubernamental de negociación encargado de elaborar un instrumento jurídicamente vinculante a nivel mundial sobre el mercurio pidió a la secretaría que presentase información sobre metodologías para determinar la exposición al mercurio en personas que trabajaban en la extracción de oro artesanal y de pequeña escala. La información solicitada se reproduce en el anexo de la presente nota y se ha preparado en consulta con la esfera de asociación sobre extracción de oro artesanal y de pequeña escala de la Asociación Mundial sobre el Mercurio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El texto original en inglés remitido por los encargados de la esfera de asociación no pasó por el servicio oficial de edición.
2. El texto incluye una introducción con información general sobre el mercurio; métodos para determinar los niveles de exposición, incluidas muestras de peces y exámenes médicos; una breve presentación de estudios de casos; y conclusiones.
3. El Comité tal vez desee tomar nota de esta información, junto con la que se suministra en el documento titulado “Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure”. El resumen ejecutivo de ese documento está disponible en los seis idiomas de las Naciones Unidas con la signatura UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/19. El texto completo del informe existe en inglés únicamente, con la signatura UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/INF/3.

\* UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/1.

## Anexo

### Metodologías para determinar la exposición en personas que trabajan en la extracción de oro artesanal y de pequeña escala

#### A. Introducción

1. La extracción de oro artesanal y de pequeña escala es una actividad que es producto de la pobreza y representa una importante fuente de sustento para las comunidades rurales. El precio del oro ha ido en aumento y alcanzado niveles históricos y en la actualidad hay entre 10 y 15 millones de mineros de oro artesanales en todo el mundo, que generan entre 500 y 800 toneladas de oro al año y emiten hasta 1.200 toneladas de mercurio al año.
2. Los mineros de oro artesanales y de pequeña escala extraen el oro del mineral mezclando mercurio metálico líquido con el mineral mojado (la mezcla resultante se denomina lodo). El mercurio se une al oro (y también a la plata) creando una amalgama. Con frecuencia el agua se lleva parte del lodo y del mercurio metálico restantes, con lo cual se contamina el medio circundante. Posteriormente se calienta la amalgama de oro o de plata para evaporar el mercurio, que se libera en la atmósfera. Las personas que trabajan en este tipo de extracción minera tienen un contacto cutáneo directo con el mercurio y respiran el vapor de ese metal. También hay casos de ingestión accidental. La inhalación de vapores de mercurio procedentes del calentamiento de la amalgama es la más crítica de las tres vías de exposición (cutánea, inhalación, ingestión) dado que el mercurio metálico (elemental) inhalado se absorbe y se distribuye fácilmente en todo el organismo. El mercurio elemental atraviesa las barreras hematoencefálica y de la placenta y puede causar daños neurofísicos, neuropsicológicos y cognitivos. Los mineros están expuestos en forma directa, pero otras personas, como los parientes, otros trabajadores y los vecinos, también pueden llegar a estar expuestas si la amalgama se quema en el interior de un recinto sin ventilación adecuada, como ocurre en las viviendas y en los “talleres de oro”. La contaminación ambiental por mercurio también genera mayores niveles de mercurio en las poblaciones de peces locales. El consumo de peces contaminados es otra vía de exposición al mercurio en las comunidades que habitan en los alrededores de los lugares donde se realiza la extracción artesanal.
3. Si bien en general se reconoce que las circunstancias particulares de la extracción de oro artesanal y de pequeña escala son distintas en cada país, hay elementos comunes en los problemas asociados a esta extracción independientemente del país de que se trate. Por esa razón, las soluciones para reducir los riesgos que presenta el mercurio para esas comunidades deben concebirse de un modo que sea coherente a nivel mundial y que esté coordinado de manera efectiva para que se puedan abordar estos complejos problemas a nivel local.
4. Como parte del Proyecto Mundial sobre el Mercurio (PMM) de la ONUDI se diseñó una metodología de evaluación de la salud para complementar la evaluación ambiental, en la que se incluyen indicadores del nivel de intoxicación por mercurio y sus efectos en la salud de los mineros que extraen oro a nivel artesanal y en pequeña escala y las comunidades aledañas provocada por la exposición a los vapores de mercurio, la ingesta de alimentos contaminados (en particular pescado), o ambas.
5. En la evaluación de la salud se combina información de muestras biológicas y exámenes médicos con el fin de evaluar el nivel de exposición que el contaminante causó o puede llegar a causar en los individuos. Se trata de un procedimiento básico para evaluar los riesgos potenciales y establecer prioridades para la adopción de medidas de mitigación. La metodología de evaluación de la salud presenta una orientación general para esas evaluaciones, pero los procedimientos específicos para la toma de muestras deben ser los adecuados al lugar particular, teniendo en cuenta las características de la actividad minera; la diversidad biológica de la región, el tipo de acceso y disponibilidad de recursos; los riesgos; la logística; etcétera.
6. Uno de los puntos principales que se han de investigar en la evaluación de la salud es la vía a través de la cual el mercurio se bioacumula en los seres humanos. Las vías principales son la inhalación del vapor de mercurio metálico a partir del calentamiento de la amalgama (y la fundición de oro) y la ingesta de

pescado con concentraciones de metilmercurio (MeHg) entre moderadas y elevadas. El vapor de mercurio que se libera al descomponerse la amalgama plantea un grave peligro para los trabajadores y las comunidades aledañas. El mercurio metálico se vuelve soluble cuando entra en contacto con suelos orgánicos ricos y con el tiempo toma su forma más tóxica, es decir, el metilmercurio, que se bioacumula rápidamente. Las comunidades cuya primera fuente de alimentos es la pesca, especialmente las de especies carnívoras, tal vez sean las que, en particular, corren un gran riesgo de ingerir metilmercurio a niveles peligrosos.

7. El mercurio metálico, la forma principal en la que se libera mercurio en la extracción artesanal y de pequeña escala, plantea muchas dificultades. El estado volátil del mercurio a temperatura ambiente y la presencia de otras fuentes antropógenas de mercurio que crean distorsión, dificultan la interpretación de los datos. Quizás lo más importante es que no se comprenden cabalmente los mecanismos que intervienen en la transformación del mercurio metálico en su forma más tóxica, es decir el metilmercurio. Cuando se realizan evaluaciones de la salud y el medio ambiente para determinar la exposición al mercurio, es preciso escoger con mucho cuidado las muestras geoquímicas y biológicas para que la evaluación cumpla su objetivo. En la mayor parte de los casos, debido a problemas de recursos o de tiempo, con frecuencia se utilizan "atajos" que posteriormente pueden llegar a obstaculizar de manera significativa la interpretación de los datos. Teniendo esto en cuenta, hay que definir claramente el objetivo de cada uno de los pasos de vigilancia antes de dar comienzo a las actividades en el lugar. Es absolutamente crucial diseñar adecuadamente los programas de vigilancia antes de pasar a la fase sobre el terreno para poder establecer la adecuación y las prioridades de los procedimientos de muestreo.

## **B. Metodologías**

### **Toma de muestras de peces para la evaluación del riesgo para la salud**

8. Para poder cuantificar el potencial de la exposición al mercurio de la población local expuesta en condiciones ajenas al trabajo y determinar el potencial de los efectos para la salud, se debe contar con la información que figura a continuación:

- La cantidad promedio diaria de pescado consumido (gramos), en las distintas comidas
- La cantidad de comidas por día o por semana en la que se consume pescado
- La proporción relativa de las distintas especies de pescado consumidas
- El tamaño del pescado consumido
- La concentración de mercurio en los tejidos de las especies consumidas

9. La identificación de las especies de pescado que serán objeto de estudio es el paso más importante para establecer el protocolo de muestreo que se utilizará en la evaluación del riesgo para la salud humana. La mejor manera de obtener la información sobre la cantidad y frecuencia de consumo de pescado para cada una de las especies que se analizarán es entrevistando a la persona responsable de la preparación de la mayoría de las comidas, que por lo general es la mujer del hogar. También se puede entrevistar a los pescadores a las orillas de los ríos o a los encargados de las pescaderías locales, quienes ayudarán a identificar las principales especies consumidas y suministrarán información sobre la abundancia relativa de las especies capturadas. Dado que los peces carnívoros se encuentran en el extremo de la cadena alimentaria, por lo general representan la principal vía de exposición de metilmercurio para los humanos a través de la dieta. Akagi y Naganuma (2000) también han demostrado que la mayor parte del mercurio que se encuentra en los peces herbívoros y saprófagos de la región del Amazonas también es metilmercurio.

10. Existe una correlación positiva muy conocida entre el tamaño del pez y la concentración de mercurio en el tejido muscular (Scot and Armstrong, 1972; Bodaly, et al., 1984; Somers y Jackson, 1993). Los peces de mayor tamaño por lo general tienen mayores concentraciones de mercurio. Para eliminar la distorsión que generan las diferencias de tamaño en los peces, es necesario medir las concentraciones de mercurio en peces de una gran variedad de tamaños. Luego se utilizan procedimientos estadísticos adecuados para determinar la concentración media de mercurio para un tamaño específico de pez, por lo general de un tamaño similar al capturado más frecuentemente por los consumidores. Es necesario seguir este procedimiento para evaluar los datos sobre la base de un tamaño de pez normalizado. De esa manera el

investigador sanitario tendrá una metodología para seguir la evolución de los niveles de mercurio en los peces con el correr del tiempo.

### **Examen médico**

11. Para la evaluación de la salud es necesario realizar una revisión de las condiciones físicas y mentales de los individuos que permitirán caracterizar su estado de salud y, en algunas circunstancias, evaluar las posibles influencias de factores externos que pueden llegar a contribuir, o no, a agravar su salud.

12. Como parte del examen médico primero se hacen preguntas para establecer la historia médica de los individuos, y luego se realiza un examen físico y neurológico. Los exámenes médicos pueden utilizarse para establecer los niveles de exposición al mercurio. Veiga y Baker (2004) ofrecen métodos específicos para hacer una vigilancia biológica del mercurio. Además, se pueden realizar algunos ensayos sobre el terreno para evaluar la función neurológica con el fin de caracterizar el estado neurológico de los miembros de la comunidad. Estos ensayos de campo se describen en Veiga y Baker (2004). En algunas circunstancias en que los estudios se han diseñado con mucho cuidado y el tamaño de la población es suficiente, los datos sobre la exposición y la salud pueden utilizarse para evaluar la relación entre los niveles de mercurio en el organismo (basándose en los análisis del pelo, la orina y la sangre) y los síntomas neurológicos de la intoxicación por mercurio. Se recomienda vivamente que, en caso de que se desee realizar un estudio epidemiológico de esa naturaleza, se lo diseñe consultando de cerca a las autoridades locales encargadas de la salud y, potencialmente, a las universidades locales para que sean científicos e investigadores con experiencia en epidemiología ambiental los que decidan el diseño de los estudios del caso, los protocolos normalizados, la selección del tamaño de las muestras y los métodos analíticos.

13. En cualquier tipo de preselección médica es importante tener conocimiento sobre la distribución social, económica y demográfica y las condiciones de los individuos y de sus familias dado que se trata de factores que indican, tomando como base las vías de exposición al mercurio, los grupos de personas de una comunidad más sensibles y que mayores posibilidades tienen de estar contaminados. Cuando se utiliza un estudio socioeconómico y demográfico basado en las entrevistas es posible establecer las características de una comunidad minera. Deberían estar representados todos los grupos (mineros jóvenes y mineros con muchos años de trabajo, mujeres jóvenes y adultas, niños, etc.) y las muestras deberían tomarse en una proporción que represente una comunidad específica.

14. En los estudios del PMM por lo general se recomendaba tomar muestras de un mínimo de 200 individuos de una comunidad minera y 50 de una zona de control, es decir, una comunidad con una cohorte similar pero que no está afectada por las actividades de extracción artesanal y de pequeña escala. De todos modos, tal como se mencionó anteriormente, el estudio, incluido el tamaño de las muestras, debería diseñarse teniendo en cuenta sus objetivos, los niveles particulares de exposición y los efectos estudiados, los antecedentes del estado de la salud, la presencia de factores de distorsión y otras consideraciones. La mejor manera de determinar estas necesidades es en consulta con epidemiólogos que trabajen con las autoridades sanitarias locales y nacionales. (“Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-Scale Gold Miners” M. Veiga and R. Baker, 2004).

### **C. Estudios de casos**

#### ***“Evaluación de la salud de mineros de oro artesanales en Indonesia”***

15. En dos regiones de Indonesia (Kalimantan central y Sulawesi septentrional) se realizó una evaluación ambiental y de la salud. La evaluación ambiental mostró que había una grave contaminación por mercurio y mayores niveles de mercurio en los peces. Para la investigación de la salud se reclutó a 281 voluntarios que se examinaron utilizando un cuestionario normalizado, un examen neurológico y pruebas neuropsicológicas. Los trabajadores expuestos al mercurio mostraban los síntomas típicos de la intoxicación por mercurio, como, por ejemplo, trastornos del movimiento. Se tomaron y analizaron muestras de sangre, orina y pelo para detectar la presencia de mercurio. Las concentraciones de mercurio en los indicadores de vigilancia biológica eran elevadas, parcialmente muy elevadas en la población de trabajadores, mayores en la población que vivía en el mismo hábitat y bajas en el grupo de control. Se diagnosticó intoxicación crónica por mercurio en trabajadores con una carga alta (fundidores de amalgama) en el 55% de los trabajadores de Sulawesi y en el 65% en Kalimantan, empleando un protocolo normalizado

que incluye una combinación de valores umbrales de mercurio en los indicadores de vigilancia biológica y un puntaje médico total. Los procesadores de minerales menos expuestos y la población en general de las zonas aledañas a la mina también mostraban un alto porcentaje de intoxicación. (Bose-O'Reilly et al., 2009)

### ***"Evaluación de la salud de mineros de oro artesanales en Tanzania"***

16. En 2003, la ONUDI llevó a cabo una evaluación del medio ambiente y de la salud en una zona de extracción de pequeña escala de Tanzania. BGS (el centro de estudios geológicos británicos) estuvo a cargo de la evaluación ambiental y el Instituto de medicina forense de la Universidad de Munich a cargo de la evaluación de la salud. Se analizaron los resultados de los exámenes de 180 participantes para detectar el nivel de la carga de mercurio en el organismo. Las concentraciones de mercurio en los indicadores de vigilancia biológica (orina, sangre y pelo) eran desde un punto de vista estadístico significativamente más elevadas en la población expuesta que en el grupo de control. Sólo las personas que quemaban amalgamas mostraban niveles de mercurio superiores a los límites umbrales toxicológicos. Gracias a una especiación de mercurio en el pelo se pudo determinar que el vapor de mercurio elemental era el que contribuía principalmente a la elevada carga corporal de los mineros artesanales. (Bose-O'Reilly et al., 2009)

## **D. Conclusión**

17. La vigilancia biológica (muestras de pelo y orina) y la evaluación de la salud de los mineros y de sus familias y de la población que vive o trabaja muy cerca de los "talleres de oro" representan métodos útiles para evaluar el estado de la salud de los integrantes de esas comunidades. Se deberían realizar evaluaciones de la salud y una vigilancia biológica (muestras de pelo) de personas de comunidades que consumen pescado río abajo. Para cualquier muestreo biológico es necesario que participen las autoridades sanitarias locales y se deberían hacer arreglos con estas autoridades para hacer un control adecuado de la población.

18. Los factores que influyen en la salud de las comunidades que practican la extracción de oro artesanal y de pequeña escala son muchos y están interrelacionados. Por esa razón, para hacer un estudio médico amplio de la repercusión del mercurio en la salud hace falta un volumen suficiente de muestras y un protocolo claramente definido.

19. Habida cuenta de que el mercurio es una potente neurotoxina, también sería prudente desde el punto de vista de la salud pública identificar a las poblaciones que corren el riesgo de estar expuestas al mercurio y adoptar medidas para reducir las vías de exposición, procurando, al mismo tiempo, reducir las emisiones de mercurio al medio ambiente.

20. El nivel de exposición de las poblaciones expuestas en circunstancias ajenas al trabajo también puede calcularse tomando muestras y haciendo un análisis de las principales vías de exposición, como los productos alimentarios, especialmente el pescado. Para poder realizar esas evaluaciones, es necesario hacer una vigilancia biológica del mercurio en el tejido de los peces capturados río abajo de las zonas mineras.

## E. Referencias

- Akagi, H. and Naganuma, A., 2000. Human exposure to Mercury and the Accumulation of Methylmercury that is Associated with Gold mining in the Amazon Basin, Brazil. *J. Health Science*, v.46, n.5, p.323-328
- Bodaly, R. A.; Strange, N. E.; Fudge, R.J.P. , 1984. Increases in fish Mercury levels in lakes Flooded by the Churchill River Diversion, Northern Manitoba. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, v.41, p. 682-691
- Bose-O'Reilly, S.; Drasch, G.; Beinhoff, C.; Rodrigues-Filho, S.; Roider, G.; Lettmeier, B.; Maydl, A.; Maydl, S.; Siebert, U., 2009. Health assessment of artisanal gold miners in Indonesia. *Science of the total Environment* 408 (2010) 713-725.
- Bose-O'Reilly, S.; Drasch, G.; Beinhoff, C.; Tesha, A.; Drasch, K.; Roider, G.; Taylor, H.; Appleton, D.; Siebert, U., 2009. Health Assessment of artisanal gold miners in Tanzania. *Science of the total Environment* 408 (2010) 796-805.
- Nweke OC, Sanders WH. 2009. Modern environmental health hazards: a public health issue of increasing significance in Africa. *Environ Health Perspect* 117:863-870.
- PNUMA y OMS. 2008. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure.
- Scott, D.P. and Armstrong, F. A. J., 1972. Mercury concentration in relation to size in several species of freshwater fish from Manitoba and northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.*, v.29, p. 1685-1690.
- Somers, K. M. and Jackson, D.A., 1993. Adjusting Mercury Concentration for Fish-Size Covariation: A Multivariate Alternative to Bivariate Regression. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 59, p.2388-2396.
- Veiga, M., Baker, R., 2004. Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-Scale Gold Miners. Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, págs. 137-160.
-