

Presencia de mercurio en los usuarios de acueductos de Ciudad Bolívar. Bogotá, D. C., 2010-2011

Presence of Mercury in the Users of Aqueducts of Bolívar City. Bogotá, D. C. 2010-2011

Presença de mercúrio nos usuários de aquedutos de Cidade Bolívar. Bogotá, D. C., 2010-2011

Nidia Villamil¹

Diana Pérez²

María Zaideé Barbosa³

Yady González⁴

Resumen

El mercurio es un metal presente en forma natural y por las diferentes actividades económicas, que puede afectar la salud ante la exposición crónica. **Objetivo:** Determinar la prevalencia de mercurio entre los usuarios de los acueductos comunitarios Recuerdo Sur, y Asoporquera I y II, residentes del barrio Recuerdo Sur y de la vereda Mochuelo Alto, de la Localidad de Ciudad Bolívar. **Métodos:** Estudio de prevalencia de concentraciones de mercurio en 224 usuarios de los mencionados acueductos, a través de muestras tomadas del cabello, la sangre y la orina, con los respectivos análisis descriptivos por lugar de residencia, realizado entre julio de 2010 y agosto de 2011. **Resultados:** La prevalencia general en promedio de la concentración de mercurio con los tres marcadores biológicos fue del 72 %. Ninguno de los participantes superó los valores máximos permitidos por el Instituto Nacional de Salud (INS) en ningún biomarcador, pero en los términos establecidos al respecto por la Organización Mundial de Salud (OMS), 16 de los participantes superaron los valores para las muestras de cabello, con una proporción del 7,1 %. **Conclusión:** Las concentraciones de mercurio halladas en los diferentes marcadores biológicos sugieren que hay una exposición de tipo ambiental al mercurio en la población estudiada; por tanto, es necesario identificar las fuentes de mercurio, así como implementar medidas de control de estas, con el fin de evitar daños a la salud ocasionados por dicho contaminante.

Palabras clave: mercurio, exposición ambiental, Colombia.

1 Especialización en Epidemiología, Hospital Vista Hermosa. Bogotá, Colombia.

2 Especialización en Salud Ocupacional y Gestión Ambiental, Hospital Vista Hermosa. Bogotá, Colombia.

3 Especialización en Epidemiología, Hospital Vista Hermosa. Bogotá, Colombia.

4 Especialización en Epidemiología, sds. Bogotá, Colombia.

Abstract

Mercury is a metal that is naturally found on the environment or occurs as a result of different economic activities. It can potentially affect human health after chronic exposure. **Objective:** Determine the mercury prevalence in the users of the community water systems of Recuerdo sur, Asoporquera I and II, residents of the Recuerdo Sur quarter and Vereda Mochuelo Alto. **Methods:** Prevalence survey of mercury concentration in 224 users of the community water systems, through the study hair, blood and urine samples. Also, a descriptive analysis of residence done between 2010 and 2011 is provided. **Results:** the overall prevalence in average mercury concentration with the three biomarkers was 72%. None of the participants exceeded the maximum values permitted by the Colombian National Institute of Health in any of the biological samples, but for the World Health Organization, 16 participants (7.1%) exceeded the values permitted on hair. **Conclusion:** The mercury concentration found on the three biological markers suggests that the studied population has an environmental exposure to mercury. Therefore, it is necessary to identify the sources of mercury, as well as to establish control measures of them in order to prevent health damages caused by this contaminant.

Key words: mercury, environmental exposure, Colombia.

Resumo

O Mercúrio é um metal presente em forma natural e por diferentes atividades econômicas pode chegar a afetar a saúde frente à exposição crônica. **Objetivo:** Determinar a prevalência de mercúrio em usuários dos aquedutos comunitários Recuerdo Sur, Asoporquera I e II, moradores do bairro Recuerdo Sur e Vereda Mochuelo Alto. **Métodos:** Estudo de prevalência de concentrações de mercúrio em 224 usuários dos aquedutos através de amostras de cabelo, sangue e urina; com as respectivas análises descritivas por lugar de residência feito entre 2010 e 2011. **Resultados:** A prevalência geral na média de concentração de mercúrio com os três marcadores biológico foi de 72%. Nenhum dos participantes excedeu os valores máximos permitidos pelo Instituto Nacional de Saúde em qualquer biomarcador; mas para a Organização Mundial da Saúde 16 participantes excederam os valores para o cabelo, com uma proporção de 7,1%. **Conclusão:** As concentrações de mercúrio encontradas nos diferentes marcadores biológicos sugerem que existe uma exposição do tipo ambiental por mercúrio na população estudada, portanto, é necessário identificar as fontes de mercúrio, bem como realizar medidas de controle para evitar danos à saúde causados por esse contaminante.

Palavras-chave: mercúrio, exposição ambiental, Colômbia.

Introducción

El mercurio (Hg) es un elemento tóxico en cualquiera de sus estados de oxidación. Esta toxicidad, unida al hecho de que se trata de un elemento volátil, hace que los vertidos y los residuos y sus compuestos constituyan un problema mundial (1). El mercurio se puede originar de forma natural durante las erupciones volcánicas o por la erosión de las rocas y de la corteza terrestre; además, es generado por diversas fuentes antropogénicas, tales como la extracción minera, la metalurgia, la industria química, la incineración de residuos, las actividades de reciclaje y la utilización de combustibles fósiles (principalmente, el carbón) (2). Este metal se da en tres formas: elemental (en forma de metal líquido o vapor), orgánica (combinado con carbono; esta es la forma como penetra en el cuerpo por vía alimentaria, luego de ser transformado por microorganismos) e inorgánica (combinado con otros elementos formando sales o compuestos que se utilizan en las industrias); inicia su ciclo natural a partir de las emisiones producidas por las erupciones volcánicas, cuando se encuentra en forma de vapor de mercurio $\text{Hg}(+0)$. Este, eventualmente, se oxida a su forma inorgánica $\text{Hg}(+2)$, soluble en el agua; en dicho estado, se puede convertir nuevamente en vapor de mercurio o ser metilado por los microorganismos acuáticos, como el plancton, transformarse en metilmercurio, y de esta forma ingresar a la cadena alimenticia acuática (3). Las emisiones de mercurio van directamente al agua y al suelo; una vez liberado, este metal permanece en el ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos del suelo y la biota, en diversas formas (4), y ocasiona efectos en la salud a partir de bajas dosis de exposición en los seres humanos (5,6). El principal daño por esta sustancia es al sistema nervioso; primordialmente, en el de los niños, pues causa disminución del coeficiente intelectual, así como dificultades de aprendizaje y de concentración (7).

El vapor de mercurio es absorbido en los pulmones, se difunde a través de los alvéolos a la sangre y se distribuye a todos los tejidos corporales, debido a su alta liposolubilidad; es oxidado a mercurio inorgánico divalente por la catalasa eritrocitaria y tisular. Cruza las barreras hematoencefálica y placentaria antes de ser oxidado por la catalasa, y así causa una mayor neurotoxicidad y toxicidad del desarrollo, comparado con la administración de sales inorgánicas de mercurio, las cuales cruzan las barreras a menor velocidad. El 10 %

del vapor de mercurio es exhalado dentro de la semana de exposición, cuando es convertido en mercurio inorgánico. Es excretado, principalmente, en la orina y las heces, con una vida media de uno a dos meses (8).

El mercurio inorgánico es pobremente absorbido por el tracto gastrointestinal; su concentración varía del 7 %-15 %, según la dosis ingerida, dependiendo del compuesto inorgánico. Una pequeña porción del mercurio absorbido en los tejidos es reducido y exhalado como vapor de mercurio. La mayor concentración del mercurio inorgánico se encuentra en el riñón. No atraviesa la barrera hematoencefálica y hemato-placentaria; es excretado, principalmente, en la orina y las heces, con una vida media de, aproximadamente, dos meses (8).

El metilmercurio es bien absorbido por el tracto gastrointestinal. Es distribuido en todos los tejidos; cerca del 10 % se queda en el cerebro y el 5 % permanece en la sangre. Se liga a moléculas que contienen grupos tiol, tales como la cisteína, y se mimetiza en la metionina para cruzar la barrera hematoencefálica y la placenta, a través de un transportador de aminoácidos neutral. Se acumula en el cabello, donde su concentración es 250 veces superior a las concentraciones en la sangre, por lo cual se utiliza como marcador de exposición. Presenta circulación enterohepática y su excreción es fecal. Es lentamente metabolizado a mercurio inorgánico por la microflora en el intestino (cerca del 1 % de la carga corporal por día). El 90 % es eliminado en las heces, y menos del 10 %, en la orina, con una vida media de 45-70 días (8).

Se han presentado diferentes eventos de intoxicación por mercurio, como el ocurrido en la Bahía de Minamata, en Japón (1940-1950), donde la empresa Chisso Company Ltda. utilizaba mercurio metálico para el procesamiento de cloruro de polivinilo (PVC) y vertía los desechos tóxicos a las aguas del mar. El primer caso fatal se presentó en 1953, y en 1956 se detectó un brote en el que murieron 46 personas y ocurrieron muertes de mascotas y pájaros. Entre 1953 y 1965 se presentaron 181 víctimas mortales, 2939 casos confirmados de intoxicación por mercurio y 12 710 enfermos no confirmados. Otro caso importante de envenenamiento por metilmercurio ocurrió en Iraq, en 1971, cuando aproximadamente 95 000 toneladas de semillas de cereales destinados a la plantación y tratados con metilmercurio como fungicida fueron horneados en forma de pan para el consumo directo,

lo que resultó en la aparición de síntomas neurológicos generalizados, 6530 admisiones hospitalarias y más de 400 muertes (9).

En Colombia se han hecho estudios relacionados con el mercurio de tipo ocupacional, como el estudio titulado *Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia*, y el cual halló concentraciones medias de mercurio en el cabello de $5,23 \pm 5,78$ mg/g para pescadores, $2,83 \pm 3,27$ en mineros, $2,40 \pm 2,02$ personas dedicadas a otras actividades y $1,33 \pm 0,74$ mg/g para el grupo control (10). Los valores de referencia recomendados por el INS y el Ministerio de Salud y Protección Social en las poblaciones no expuestas ocupacionalmente son: en la sangre, ≤ 20 µg/L; en la orina, ≤ 50 µg/L, y en el cabello, ≤ 5 µg/g (11). Para la OMS, los valores sugeridos como máximos permitidos son: en la sangre, ≤ 10 µg /L; en la orina, ≤ 20 µg/L, y en el cabello, ≤ 2 µg/g (12).

En Bogotá, D. C., existen centros poblados en las áreas rurales y en transición que se abastecen de agua a través de acueductos administrados por la comunidad. Para 2009, la Corporación Autónoma Regional (CAR) reportó niveles que superan la norma de referencia para la presencia de mercurio en el agua (Resolución 2115 de 2007) en los acueductos comunitarios de Recuerdo Sur, y de Asoporquera I y II, localizados en el barrio Recuerdo Sur y en la vereda Mochuelo Alto, respectivamente; ante estos hallazgos, el Hospital Vista Hermosa y la Secretaría Distrital de Salud (SDS) hicieron un estudio de prevalencia, cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de mercurio en los usuarios de los acueductos Recuerdo Sur y Asoporquera I y II, para generar información que contribuya a la toma de decisiones frente al uso del agua (13).

Métodos

Diseño de estudio

Se llevó a cabo un estudio de prevalencia de concentraciones de mercurio en marcadores biológicos (sangre, orina y cabellos) entre los usuarios de los acueductos Recuerdo Sur y Asoporquera I y II entre julio de 2010 y agosto de 2011, en la Localidad de Ciudad Bolívar, de Bogotá, D. C., Colombia.

Población y muestra

La población objeto de estudio son los usuarios de los acueductos comunitarios Recuerdo Sur y Asoporquera I y II. Se calcularon dos muestras a partir de la lista de usuarios de los acueductos mencionados: una muestra para los usuarios del acueducto Recuerdo Sur, y otra, para los usuarios de los acueductos Asoporquera I y II (nivel de confianza del 95 % y un error estimado del 5 %); se hizo un ajuste por pérdida del 10 %, a raíz de lo cual se obtuvo una muestra de 125 personas en Recuerdo Sur, y de 176 personas en Asoporquera I y II, para un total de 301 personas.

Distribución de la muestra

Se hizo un muestreo aleatorio simple, tomando como base la lista de usuarios de los acueductos mencionados, hasta completar el número de personas determinadas para cada muestra. Posteriormente, se buscó a la persona seleccionada para que participara en el estudio.

Recolección de información

A los participantes del estudio, con previo consentimiento o asentimiento informados, se les tomaron muestras de sangre, de cabello y de orina; se les aplicó un instrumento de caracterización sociodemográfico, donde se indagaba también por sus hábitos de consumo y de almacenamiento de agua. Como criterios de exclusión se consideraron: ser residente de las zonas objeto de observación por un periodo inferior a dos años, ser menor de 14 años, presentar hemofilia o algún trastorno de la coagulación, o alteraciones de tipo neurológico o discapacidad mental, mujeres en estado de gestación, no completar la toma de las tres muestras biológicas requeridas y la negativa a participar en el estudio.

Método de laboratorio

Las muestras se analizaron en el Laboratorio Vargas Melo, el cual está adscrito a la red de laboratorios de toxicología de la SDS; el contenido de Hg total se analizó a partir del método de absorción atómica.

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos, se utilizó el *software* de análisis estadístico SPSS versión 17.0, con licencia de la SDS. Se hizo un análisis descriptivo de variables sociodemográficas del grupo estudiado, a partir de la distribución de frecuencias absolutas y

relativas, para las concentraciones de mercurio en marcadores biológicos (sangre, cabellos y orina) se llevaron a cabo interpretaciones estadísticas de tendencia central y de dispersión, tales como promedio, mediana y desviación estándar; se efectuó un análisis bivariado, con el fin de explorar si hay diferencias entre los usuarios de los acueductos comunitarios en las variables sexo, grupo de edad, y concentraciones de mercurio en marcadores biológicos.

Consideraciones éticas

Esta investigación se clasificó como de riesgo mínimo, y contó con la aprobación del comité de ética del Hospital Vista Hermosa, en reconocimiento de los principios contenidos en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, la cual establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Resultados

En la presente investigación, participaron 101 usuarios del acueducto de Recuerdo Sur y 123 usuarios de los de Asoporquera I y II, para un total de 224 personas, que corresponden al 74,4 % de la muestra calculada.

La edad mínima fue de 14 años, y la máxima, de 83 años; el 66 % ($n = 148$) de los participantes fueron mujeres y la ocupación que predominó fue la de ama de casa. No hay diferencias estadísticamente significativas relacionadas con el sexo ($p = 0,623$), ni con el grupo de edad ($p = 0,216$), respecto al sitio de residencia de los usuarios de los acueductos.

Las características sociodemográficas tenidas en cuenta se consolidan en la tabla 1; en cuanto al grado de escolaridad, predominó la primaria completa, y el tipo mayoritario de afiliación en salud es el subsidiado.

Los resultados por cada marcador biológico (sangre, orina y cabello) son similares en cuanto a las medianas, y ninguno supera los valores de referencia del INS y del Ministerio de Salud y Protección Social (tabla 2).

La prevalencia con alguna concentración de mercurio en la sangre fue del 30 % ($n = 67$); en la orina, del 25,8 % ($n = 58$), y en el cabello, del 35,2 % ($n = 79$). Hay una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la concentración de mercurio en la orina en-

tre los usuarios de los acueductos de Recuerdo Sur y los de Asoporquera I y II (tabla 3).

Discusión

La presencia de mercurio en los marcadores biológicos en los seres humanos sugiere distintos tipos y fuentes de exposición, al hallarse una prevalencia del 72 % de alguna concentración de mercurio en el cabello, la sangre y la orina.

Ninguna de las 224 personas que participaron en la investigación presentó niveles de mercurio por encima de los límites permisibles establecidos para Colombia en la población no expuesta vigentes para 2011, pero comparando las concentraciones con los niveles de referencia de la OMS, 16 personas superaron los valores de concentraciones de mercurio en el cabello (en Recuerdo Sur, 10 personas, y en Asoporquera I-II, 6); ello genera el interrogante de cuál valor de referencia acatar, lleva a preguntarse si los valores nacionales no serán muy laxos al compararlos con las recomendaciones internacionales.

La media encontrada en el presente estudio de concentraciones de mercurio en el cabello es de 1,2 mg/g, que es similar a la de la población control del estudio realizado por Jesús Oliveros (10); hasta el momento, se considera que ningún valor de referencia es seguro para una población expuesta (14,15).

Según los resultados obtenidos, existe una población expuesta, a la que pueden afectar distintas fuentes de mercurio, como podrían ser el carbón utilizado para la producción de energía en las operaciones de la industria minera y la inadecuada disposición de residuos sólidos. Para confirmar tal hipótesis, se requieren nuevos estudios, así como el seguimiento a la población expuesta (4).

Por lo anterior, se plantea la necesidad de monitoreo de mercurio, en el aire, el agua, el suelo y los productos de la pesca, con el fin de caracterizar la exposición ambiental del mencionado contaminante, e implementar acciones orientadas a minimizar la exposición ambiental; sobre todo, a fuentes de origen humano. A su vez, se hace un llamado de atención frente a la necesidad de fortalecer el desarrollo de un sistema de distribución de agua apta para el consumo humano en áreas veredales.

Agradecimientos

La SDS de Bogotá, así como la Dirección y el Área de Vigilancia en Salud Pública, brindaron financiación y asistencia técnica durante el desarrollo del presente estudio. El Hospital Vista Hermosa ESE I Nivel ejecutó el trabajo de investigación aplicada a través de un proyecto especial.

El Hospital Vista Hermosa ESE I Nivel facilitó, a través del apoyo administrativo y el talento humano, el desarrollo de esta investigación.

Se reconoce, igualmente, la asesoría recibida por la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, con la Facultad de Medicina, el Departamento de Toxicología y la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental.

Agradecimientos, así mismo, a la comunidad participante en el estudio y usuaria de los acueductos comunitarios.

Tabla 1. Descripción sociodemográfica de los usuarios de los acueductos de Recuerdo Sur y de Asoporquera I y II

Variable	Recuerdo Sur N (%) 101	Asoporquera I y II N (%) 123	VALOR P*
Sexo			
Hombre	36 (35,6)	40 (32,5)	0,623
Mujer	65 (64,4)	83 (67,5)	
Grupo de edad: años			
10-20	22 (21,8)	17 (13,8)	0,216
21-30	11 (10,9)	19 (15,4)	
31-40	21 (20,8)	22 (17,9)	
41-50	27 (26,7)	28 (22,8)	
> 50	20 (19,8)	37 (30,1)	
Escolaridad			
Ninguno	10 (9,9)	7 (5,7)	
Primaria completa	30 (29,7)	42 (34,1)	
Primaria incompleta	23 (22,8)	27 (22)	
Secundaria completa	11 (10,9)	23 (18,7)	
Secundaria incompleta	25 (24,8)	22 (17,9)	
Técnico o tecnológica	2 (2)	2 (1,6)	
Tipo de afiliación en salud			
Contributivo	16 (15,8)	22 (17,9)	
Subsidiado	57 (56,4)	93 (75,6)	
Vinculado	26 (25,4)	7 (5,7)	
Medicina prepagada		1 (1,8)	
No afiliado	2 (2,2)		

Fuente: Hospital Vista Hermosa I Nivel ESE

Tabla 2. Descripción de las concentraciones de los usuarios de los acueductos comunitarios

	Recuerdo Sur			Asoporquera I y II		
	Sangre (µg/L)	Orina (µg/L)	Cabello (µg/g)	Sangre (µg/L)	Orina (µg/L)	Cabello (µg/g)
Mediana	1,05	1,1	1,2	1,21	1,3	1
Mínimo	0,37	0,37	0,37	0,18	0,37	0,14
Máximo	3,4	6	3,6	10	3,6	3,6
Desviación estándar	0,73	1	0,8	1,45	0,78	0,72

Fuente: Hospital Vista Hermosa I Nivel ESE

Tabla 3. Concentraciones de mercurio en cada marcador biológico, y lugar de residencia

Variable	Recuerdo Sur N (%) 101	Asoporquera I y II N (%) 123	Valor de p
Sangre			
Presencia	35 (34,7)	32 (26,0)	0,29
Ausencia	66 (65,3)	91 (74,0)	
Orina			
Presencia	33 (32,7)	25 (20,3)	0,016
Ausencia	68 (67,3)	98 (79,7)	
Cabello			
Presencia	30 (29,7)	49 (39,8)	0,083
Ausencia	71 (70,3)	74 (60,2)	

Fuente: Hospital Vista Hermosa I Nivel, ESE

Referencias

- Valenzuela C. Introducción a la química inorgánica. Universidad de Granada: McGrawHill; 1999.
- Artic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), United Nations Environment Programme (UNEP). Technical background report for the global mercury assessment 2013. Oslo, Ginebra: AMAP/UNEP; 2013.
- Klaassen CD (editor). Casarett and Doull's toxicology. Nueva York: McGraw-Hill; 2008.
- Programa de las Naciones Unidas para El Medio Ambiente (PNUMA). Productos químicos. Evaluación mundial sobre el mercurio. Ginebra: PNUMA; 2005.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en America Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio. Panamá: PNUMA; 2010.

6. Pacyna EG, Pacyna JM, Pirrone N. European emissions of atmospheric mercury from anthropogenic sources in 1995. *Atmos Environ* [internet]. 2001;35:2987-96.
7. Agreda O, Pieters M, Seijas D. Niveles basales de mercurio en orina en escolares del Municipio San Diego, Estado de Carabobo. *Gac Méd Caracas*. 2008;116:212-8.
8. Liu J, Goyer R. Toxic effects of metals. En: Klaassen CD (editor). *Casarett and Doull's Toxicology. The basic science of poisons*. New York: McGraw-Hill; 2008. p. 931-72.
9. Goldfrank's F. *Toxicologic emergencies: Mercury*. 8th ed. Nueva York: Editorial McGraw-Hill; 2006.
10. Olivero J, Mendoza C, Mestre J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el norte de Colombia. *Rev Saúde Pública*. 1995; 29:376-9.
11. Colombia, Ministerio de la Protección Social (MPS). *Guías para el Manejo de urgencias toxicológicas*. Bogotá: MPS; 2008.
12. WorldHealthOrganization (WHO/UNEP). *Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure*. Ginebra: WHO/UNEP; 2008.
13. Alcaldía Mayor de Bogotá, Hospital Vista Hermosa ESE I Nivel. *Diagnóstico Acueductos Comunitarios*. Ciudad Bolívar. Bogotá; 2009.
14. Bose-O'Reilly S, McCarty KM, Steckling N, et al. Mercury exposure and children's health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2010;40:186-215.
15. Karagas MR, Choi AL, Oken E, et al. Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Env Health Perspect*. 2012;120:799-806.

Recibido para evaluación: 4 de octubre de 2013

Aceptado para publicación: 24 de diciembre de 2014

Correspondencia

*María Zaideé Barbosa Devia
Hospital Vista Hermosa I Nivel ese
bzaidee@gmail.com*

