

# Evaluación de la exposición a selenio en Los Altos de Jalisco, México

Roberto Hurtado-Jiménez, PhD,<sup>(1)</sup> Jorge Gardea-Torresdey, PhD.<sup>(2)</sup>

Hurtado-Jiménez R, Gardea-Torresdey J. Evaluación de la exposición a selenio en Los Altos de Jalisco, México. *Salud Publica Mex* 2007;49:312-315.

Hurtado-Jiménez R, Gardea-Torresdey J. Evaluation of the exposure to selenium in Los Altos de Jalisco, Mexico. *Salud Publica Mex* 2007;49:312-315.

## Resumen

**Objetivo.** Evaluar la exposición a selenio (Se) vía agua potable en los habitantes de Los Altos de Jalisco. **Material y métodos.** Se determinó la concentración de Se en 125 pozos y se estimaron los niveles de exposición a Se en bebés, niños y adultos. **Resultados.** La dosis de exposición y la ingestión de Se vía agua potable variaron en los siguientes rangos: a) bebés: 1.3-6.7  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 12.6-67.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ ; b) niños: 0.8-4.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 16.8-89.6  $\mu\text{g}/\text{d}$ ; c) adultos: 0.6-3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 33.6-179.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ . **Conclusiones.** En este caso, la exposición a Se representa un riesgo potencial para la salud de la población, ya que en la mayoría de los casos es mayor que la recomendada por organismos internacionales de salud. Sin embargo, no es tan alta como para esperar la ocurrencia de selenosis.

Palabras clave: selenio; enfermedades de origen hídrico; agua potable; Los Altos de Jalisco; México

## Abstract

**Objective.** To evaluate the exposure to selenium in drinking water in Los Altos de Jalisco (Jalisco State Heights). **Materials and Methods.** The concentration of selenium was determined in 125 water wells, and the exposure doses to selenium were estimated for babies, children and adults. **Results.** The estimated values of the exposure doses to selenium and total intake of selenium were in the following ranges, respectively: (a) babies: 1.3-6.7  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  and 12.6-67.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ ; (b) children: 0.8-4.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  and 16.8-89.6  $\mu\text{g}/\text{d}$ , (c) adults: 0.6-3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  and 33.6-179.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ . **Conclusions.** The estimated exposure levels to selenium were higher than those recommended as optimum by international health organizations, representing a potential health risk. Nevertheless, estimated values are not high enough to produce selenosis.

Key words: selenium; waterborne diseases; drinking water; Los Altos de Jalisco; Mexico

El Selenio (Se) es un micronutriente esencial de gran importancia para los seres humanos, sobresaliendo su potente acción antioxidante y su capacidad para regular el mecanismo de la glándula tiroides.<sup>1,2</sup>

Las fuentes principales de Se son los alimentos y en algunos casos el agua.<sup>3</sup> Los alimentos que contienen cantidades significativas de Se son: mariscos, carne roja (hígado y riñones), cereales (trigo), vegetales (ajo, cebol-

las, brócoli, hongos), huevos y lácteos. El alimento con mayor contenido de Se es la nuez de Brasil.<sup>4</sup> La ingesta diaria recomendada (RDA, por sus siglas en inglés) es de 20, 30 y 55  $\mu\text{g}/\text{d}$ , (2.0, 1.5 y 0.8  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ ) para bebés, niños y adultos, respectivamente.<sup>5</sup>

Las deficiencias en la ingestión de Se pueden ocasionar diversos problemas, principalmente cardiacos y musculares.<sup>6</sup> La exposición prolongada a dosis altas de

(1) Profesor-investigador. El Colegio de la Frontera Norte AC.

(2) Director del Departamento de Química. Universidad de Texas en El Paso, EUA.

Fecha de recibido: 16 de febrero de 2007 • Fecha de aceptado: 26 de junio de 2007  
Solicitud de sobretiros: PhD Roberto Hurtado-Jiménez. El Colegio de la Frontera Norte. Av. Insurgentes 3708, Fracc. Los Nogales. 32350 Ciudad Juárez, Chihuahua, México  
Correo electrónico: rhurtado@colef.mx

Se (mayor de 900  $\mu\text{g}/\text{d}$ ), puede producir selenosis, cuyos síntomas principales son caída del cabello, fragilidad de las uñas, olor gálico del aliento, elevada prevalencia de caries y problemas neurológicos.<sup>6</sup>

Existe evidencia de que la ingestión complementaria de 100-200  $\mu\text{g}/\text{d}$  de Se ayuda a prevenir diversas enfermedades, como algunos tipos de cáncer,<sup>7-9</sup> trastornos cardiacos,<sup>2</sup> infecciones virales<sup>10,11</sup> y deficiencias de la tiroides.<sup>12,13</sup>

Los altos niveles de selenio, flúor, arsénico y otros elementos potencialmente tóxicos en los acuíferos de Los Altos de Jalisco (LAJ) provienen de la infiltración de aguas geotérmicas profundas.<sup>14,15</sup>

El objetivo del presente estudio es evaluar, en forma preliminar, los riesgos potenciales a la salud de los habitantes de LAJ debido a la ingesta de agua potable con altos niveles de Se.

## Material y métodos

Se muestrearon en dos ocasiones (noviembre de 2002 y octubre de 2003) todos los pozos que alimentaban las redes municipales de agua potable de 17 cabeceras municipales de LAJ. En cada uno de los 125 pozos se tomaron muestras por triplicado siguiendo los procedimientos convencionales (estabilización del flujo, filtrado, acidulado y refrigeración).<sup>16</sup>

La concentración de Se en el agua se determinó mediante espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES, por sus siglas en inglés). El límite de detección es del orden de 1  $\mu\text{g}/\text{l}$ .<sup>17</sup>

Las dosis de exposición a Se *vía* agua potable se estimaron utilizando la siguiente ecuación:<sup>18</sup>

$$D = (C \cdot IR \cdot EF) / BW$$

donde,

D = dosis de exposición ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ )

C = concentración de Se en el agua ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )

IR = consumo diario de agua (l/d)

EF = factor de exposición (adimensional)

BW = peso corporal (kg)

Las dosis de exposición se estimaron para: a) bebés de 12 meses (10 kg); b) niños de seis años (20 kg); y c) adultos mayores de 25 años (60 kg). Los cálculos se basaron en un consumo de agua diario de 0.75, 1 y 2 litros para bebé, niño y adulto, respectivamente.<sup>14</sup> El factor de exposición se consideró como 1 (exposición cotidiana de largo plazo).

Los riesgos a la salud por la ingestión de Se, *vía* agua potable, se determinaron al comparar las dosis de exposición estimadas para los habitantes de LAJ con la RDA<sup>5</sup> y los límites máximos tolerables (UL, por sus

siglas en inglés) establecidos por el mismo instituto,<sup>5</sup> que son de 60, 150 y 400  $\mu\text{g}/\text{d}$  (6.0, 7.5 y 6.7  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ ) para bebés, niños y adultos, respectivamente.

## Resultados

En el cuadro I se presentan los datos estadísticos correspondientes a los análisis químicos de Se practicados en el agua de los pozos muestreados. Las concentraciones promedio de Se en las cabeceras municipales de LAJ variaron entre 16.8 y 89.3  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Las cabeceras municipales con las más altas concentraciones promedio de Se en los pozos muestreados fueron Teocaltiche (89.6  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), Jalostotitlán (67.0  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) y Unión de San Antonio (63.9  $\mu\text{g}/\text{l}$ ). Los pozos con los niveles más altos de Se en LAJ fueron el número 6 de Teocaltiche (121.9  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), el número 2 de San Miguel El Alto (121.6  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) y el número 3 de Teocaltiche (119.2  $\mu\text{g}/\text{l}$ ).

La dosis de exposición y la ingestión de Se *vía* agua potable, en las cabeceras municipales de LAJ, variaron en los siguientes rangos: a) bebés: 1.3-6.7  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 12.6-67.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ ; b) niños: 0.8-4.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 16.8-89.6  $\mu\text{g}/\text{d}$ ; y c) adultos: 0.6-3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$  y 33.6-179.2  $\mu\text{g}/\text{d}$ . Los valores promedio de ambas variables (para cada una de las cabeceras municipales) se muestran en la figura 1.

## Discusión

La normatividad mexicana establece que la concentración máxima de Se en el agua embotellada es de 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ .<sup>20</sup> Aunque el Se no está regulado para el agua de la llave en México, se recomienda usar el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS),<sup>21</sup> que es 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Éste es un valor muy seguro ya que estaría muy lejos de causar toxicidad.

Los niveles de Se en el agua potable en 85% de las cabeceras municipales de LAJ (cuadro I) exceden el límite máximo de Se recomendado por la OMS, lo cual podría representar un importante problema de salud ambiental. Altas concentraciones de Se en el agua potable han sido también reportadas en la ciudad mexicana de Irapuato, donde se encontraron dos pozos con 218 y 223  $\mu\text{g}/\text{l}$ .<sup>22</sup>

La ingesta diaria de Se y las dosis de exposición estimadas para los habitantes de LAJ *vía* agua potable son muy altas (figura 1), ya que en la mayoría de las ciudades estudiadas rebasan los valores recomendados.<sup>5</sup> Esto representa un riesgo potencial para algunas enfermedades secundarias, como náuseas, vómito y diarrea, principalmente para bebés y niños. Es importante que por lo menos niños y bebés no consuman agua de la llave, y que la supervisión de las autoridades sea tal que las empresas que venden agua de la llave purificada cumplan con la

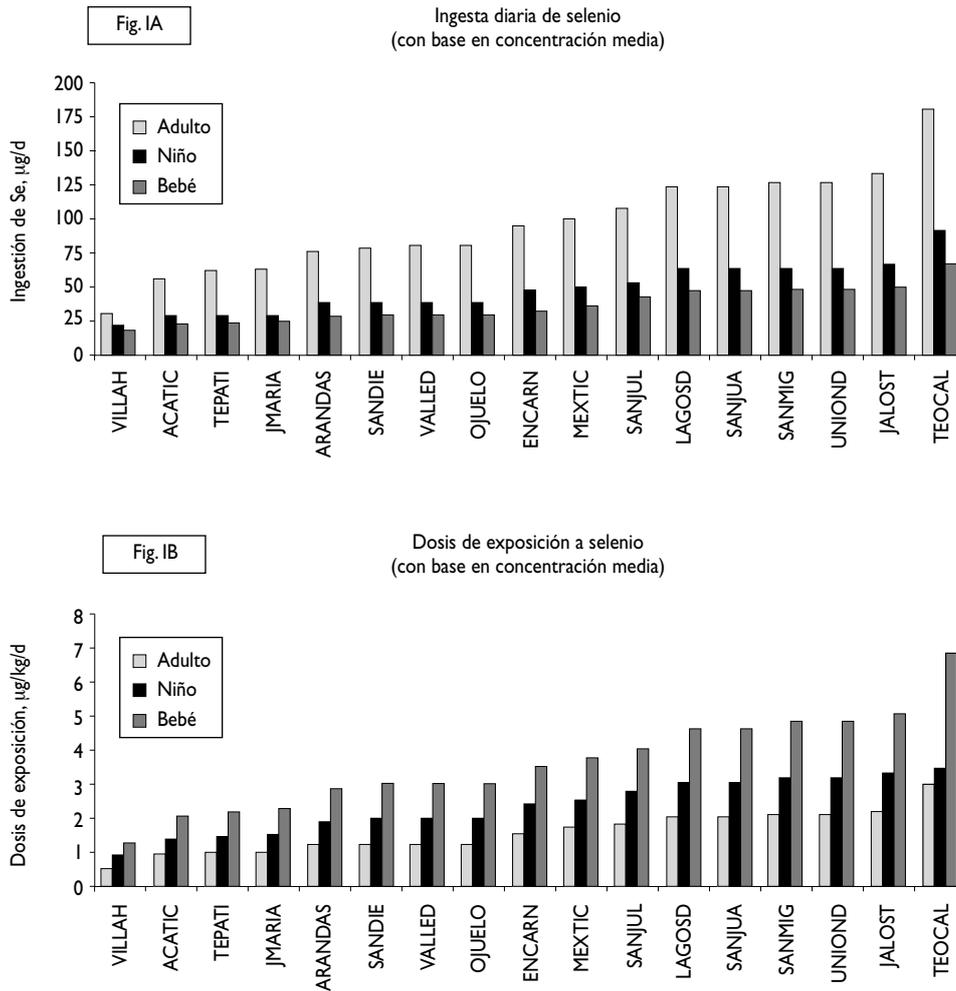


FIGURA 1. INGESTIÓN DE SELENIO Y DOSIS DE EXPOSICIÓN A SELENIO VÍA AGUA POTABLE EN LOS ALTOS DE JALISCO, MÉXICO. 2002-2003

norma oficial vigente. En este estudio no se incluye la contribución de los alimentos a la ingesta total de Se. Esto significa que los niveles de exposición a Se son mayores y por lo tanto también los riesgos a la salud.

El riesgo de que se presenten casos de selenosis es prácticamente inexistente, ya que en ningún caso se alcanzan los límites máximos tolerables, aunque se tomara en cuenta la ingestión de Se en alimentos. En LAJ es muy difícil establecer los niveles tóxicos de Se, ya que existen otros contaminantes en el agua—como arsénico—con los que interacciona químicamente. Además, el Se podría estar contribuyendo a mitigar los efectos tóxicos del arsénico<sup>23</sup> y otros contaminantes. Estudios

epidemiológicos basados en la medición de niveles de elementos traza en sangre y orina podrían ayudar a confirmar dicha hipótesis. Se recomienda realizar estudios para determinar la contribución de los alimentos a la ingesta diaria de selenio.

#### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de las siguientes instituciones para la realización de este trabajo: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), Autotransportes Mezcala (ATM), El Colegio de la Frontera Norte y la Universidad de Texas en El Paso.

Cuadro I

**VALORES ESTADÍSTICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE SELENIO EN POZOS MUESTREADOS EN LAS CABECERAS MUNICIPALES DE LOS ALTOS DE JALISCO, MÉXICO, 2002-2003**

Cabecera municipal	Población*	Pozos muestreados	Concentración de Selenio ( $\mu\text{g/l}$ )			
			Promedio	Desviación estándar	Mínima	Máxima
Acatic	11 005	4	27.9	8.6	20.5	40.2
Arandas	39 478	11	37.7	8.1	27.7	52.2
Encarnación de Díaz	20 772	6	46.2	27.9	21.0	94.4
Jalostotitlán	21 291	5	67.0	34.2	11.9	103.3
Jesús María	7 852	4	31.0	2.2	28.6	33.8
Lagos de Moreno	79 592	18	61.3	18.4	28.6	102.5
Mexxicacán	3 603	4	49.7	37.6	2.0	88.2
Ojuelos de Jalisco	9 338	3	40.3	11.1	32.8	53.0
San Diego de Alejandría	4 749	2	39.5	0.7	39.1	40.0
San Juan de los Lagos	42 411	10	61.6	30.2	11.8	98.0
San Julián	12 117	3	53.6	10.3	44.1	64.5
San Miguel el Alto	21 098	6	63.6	36.1	8.2	121.6
Teocaltiche	21 518	5	89.6	39.6	26.1	121.9
Tepatitlán de Morelos	74 262	27	29.4	16.1	11.4	75.7
Unión de San Antonio	6 317	2	63.9	39.4	36.1	91.7
Valle de Guadalupe	4 178	4	40.1	9.9	25.7	48.4
Villa Hidalgo	11 552	11	16.8	7.2	6.7	33.0
Total	391 133	125	45.1	27.1	2.0	121.9

\* Población correspondiente al Censo General de Población y Vivienda 2000<sup>19</sup>

## Referencias

1. Rayman MP. The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000;356:233-241.
2. Brown KM, Arthur JR. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutr* 2001;4(2B):593-599.
3. World Health Organization. Selenium in Drinking Water – Background document for development of WHO Guideline for Drinking Water. Report WHO/SDE/WSH/03.04/13. Ginebra:WHO;2003.
4. National Institutes of Health. Dietary supplement fact sheet: Selenium. [Consultado: 22 febrero 2005]. Disponible en: [http://ods.od.nih.gov/factsheets/Selenium\\_pf.asp](http://ods.od.nih.gov/factsheets/Selenium_pf.asp).
5. Institute of Medicine. Selenium. En: Dietary reference intakes: Vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington, DC: National Academy Press; 2000:284-324.
6. Agency for toxic substances and disease registry (ATSDR). Toxicological profile for selenium. US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia. 2003.
7. Whanger PD. Selenium and its relationship to cancer: an update. *British J Nutr* 2004;91:11-28.
8. Sanz Alaejos M, Díaz Romero FJ, Díaz Romero C. Selenium and cancer: Some nutritional aspects. *Nutrition* 2000;16:376-383.
9. Suárez de Ronderos MP. El papel del selenio y la vitamina E en la prevención y tratamiento del cáncer de próstata. *Rev costarricense salud pública* 2004;13(4):1-14.
10. Rayman MP. The argument for increasing selenium intake. *Proc Nutr Soc* 2002;61:203-215.
11. Ferencik M, Ebringer L. Modulatory effects of selenium and zinc on the immune system. *Folia Microbiol* 2003;48(3):417-426.
12. Vrca VB, Skreb F, Cepelak I, Romic Z, Mayer L. Supplementation with antioxidants in the treatment of Graves' disease; the effect on glutathione peroxidase activity and concentration of selenium. *Clin Chim Acta* 2004;341:55-63.
13. Köhrle J. The trace element selenium and the thyroid gland. *Biochimie* 1999;81:527-533.
14. Hurtado-Jiménez R, Gardea-Torresdey J. Estimación de la exposición a fluoruros en Los Altos de Jalisco, México. *Salud Publica Mex* 2005;47:58-63.
15. Hurtado-Jiménez R, Gardea-Torresdey J. Arsenic in drinking water in the Los Altos de Jalisco region of Mexico. *Rev Panam Salud Publica* 2006;20(4):236-247.
16. United States Geological Survey. National field manual for the collection of water-quality data: US Geological Survey Techniques of water-resources investigations. [Consultado 12 octubre 2006]. Disponible en: <http://pubs.water.usgs.gov/twri9A>.
17. Perkin Elmer. Guide to inorganic analysis. [Consultado 12 octubre 2006]. Disponible en: [http://las.perkinelmer.com/Content/Manuals/GDE\\_InorganicAnalysis.pdf](http://las.perkinelmer.com/Content/Manuals/GDE_InorganicAnalysis.pdf).
18. Agency for toxic substances and disease registry. ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual. US Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia. 2005.
19. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. México: INEGI; 2001.
20. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana: NOM 201-SSA1-2002. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. México, DF: Diario Oficial de la Federación DLXXXIX 17, 18 octubre 2002:21.
21. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1. Recommendations. 3ª ed. Ginebra:WHO; 2004.
22. Wróbel-K K, López-de-Alba PL, Wróbel-Z K, López-Martínez L, Pantoja Villagómez LE. Selenium in municipal wells in the Irapuato City-spectrofluorimetric determination with 2,3 diaminoaphthalene. *Aquat Ecosyst Health Management* 2001;4:209-213.
23. Chen Y, Hall M, Graziano JH, Slavkovich V, Van Geen A, Parvez F, Ahsan H. A prospective study of blood selenium levels and the risk of arsenic-related premalignant skin lesions. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2007;16(2):207-213.