

Contenido de arsénico en el agua de consumo en Leales y Graneros (Provincia de Tucumán - Argentina)*

Levels of arsenic in the drinking water in Leales and Graneros (Tucumán - Argentina)

► Rosa Silvina Guber¹, Liliana Tefaha³, Nilda Arias¹, Noemí Sandoval¹, Roxana Toledo³, Marta Fernández¹, Cayetano Bellomio³, Mateo Martínez³, Analía Soria de González²

-
1. Bioquímica
 2. Doctora en Bioquímica
 3. Médico

* Laboratorio de Patología Molecular (LAPAM). Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. Hospital Centro de Salud "Zenón Santillán". Av. Avellaneda 750. San Miguel de Tucumán. CP: 4000. Tucumán. Argentina. Teléfono: 54-381-4222392.

Resumen

Se determinó la contaminación con Arsénico (As) en agua de bebida en Leales (L) y Graneros (G) (Tucumán), y se relacionó el nivel de contaminación con la profundidad de los pozos y la presencia de signos dermatológicos. La determinación de As fue realizada por el método cuantitativo de Gutzei modificado. Se entrevistaron 122 individuos, se evaluaron los signos dermatológicos de arsenicismo. El 9,3% y 34,7% de 140 muestras de L y 95 de G respectivamente tienen niveles permitidos. Las concentraciones promedio en L fueron 0,112; 0,087 y 0,096 mg/L para la profundidad menor a 10; 11 a 25 y mayor a 25 metros respectivamente. No se encontró diferencia entre las distintas profundidades. Las concentraciones promedio en Graneros fueron 0,163; 0,045; 0,405; 0,056 mg/L para los pozos menor a 10; 11 a 25 con concentraciones moderadamente y marcadamente elevadas, y mayor a 25 metros respectivamente. Se encontraron diferencias entre las concentraciones de As y la profundidad de los pozos. El 12,4% de los 89 individuos examinados de L y el 39,4% de los 33 individuos de G presentaron signos dermatológicos. Es una patología de alta prevalencia en áreas deprimidas del noroeste argentino, se vincula a una inadecuada provisión de agua, es un problema de alta importancia socio-sanitaria por su magnitud; su severidad real y potencial y su evitabilidad.

Palabras clave: arsénico * agua * hiperpigmentación * hiperqueratosis * Tucumán * Argentina

Summary

The aim of this work was to investigate the contamination with Arsenic (As) in drinking water in Leales (L) and Graneros (G) (Tucumán), the relationship between the level of pollution and the depth of the wells, and the presence of cutaneous signs. The determination of As was made by the quantitative method of modified Gutzei. A hundred and twenty-two individuals were selected. A total of 9.3% and 34.7% of 140 samples of L and 95 of G respectively have allowed levels. The average concentrations in L were

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

Incorporada al Chemical Abstract Service.

Código bibliográfico: ABCLDL.

ISSN 0325-2957

ISSN 1851-6114 en línea

ISSN 1852-396X (CD-ROM)

0.112; 0.087 and 0.096 mg/L for depths lower than 10; 11 to 25 meters, and higher than 25 meters respectively. No difference was found between the different depths. The average concentrations in G were 0.163; 0.045; 0.405; 0.056 mg/L for the wells lower than 10; 11 to 25; meters with concentrations moderately and markedly raised, and higher than 25 meters respectively. Differences were found between the concentrations of As and the depth of the wells. A total of 12.4% of 89 of L and 39.4% of 33 individuals examined of G showed cutaneous signs. This pathology is of high importance in depressed areas of the Argentina, is linked to an inadequate provision of water.

Key words: arsenic * water * hyperpigmentation * hyperkeratosis * Tucumán * Argentina

Introducción

El agua es uno de los componentes fundamentales para la vida y la salud del hombre. Gracias a sus propiedades químicas, físicas y biológicas es un elemento vital para el asentamiento y desarrollo de la comunidad humana. El cuerpo humano puede vivir varias semanas sin alimentos, pero puede sobrevivir solo unos pocos días sin agua. El agua subterránea es la principal fuente de suministro para consumo humano y para las prácticas agropecuarias en gran parte del mundo.

El arsénico (As) es un elemento tóxico que contamina en forma natural el agua de bebida. Es un problema a nivel mundial, que afecta a millones de personas, habiéndose documentado la presencia de As en el agua de bebida en Austria, Bangladesh, Chile, China, Ghana, Grecia, India, México, Rumania, sur de África, Taiwán, Tailandia, Estados Unidos (1). En Argentina, la Resolución del Ministerio de Salud de la Nación, 153/2001 del 22/2/2001, implementó el Programa de Minimización de Riesgos por Exposición a Arsénico en Agua de Consumo del Departamento de Salud Ambiental de la Dirección de Promoción y Protección de la Salud, en donde dice que la República Argentina cuenta con aguas naturales con tenores de As que superan los valores guías de 0,05 mg/L, fijados por el Código Alimentario Argentino (CAA) con una población expuesta de aproximadamente 1.000.000 de habitantes. En el caso de la provincia de Tucumán, según esa resolución, hay un total de 325.000 personas expuestas al riesgo y la concentración de As en el agua de bebida fluctúa entre 0,60 y 0,05 mg/L, como valores máximos y mínimos, respectivamente (2). Según Res. Conj. SPR y RS y SAGP y A N° 68/2007 N° 196/2007 se modifica el artículo 982 del CAA adecuándose a las normativas de la OMS, considerando como valor máximo permitido 0,01 mg/L (3). La presencia de As en el agua por encima del umbral establecido la convierte en inapropiada para el consumo humano y para el funcionamiento de los ecosistemas. El agua llega a las viviendas a través de conexiones desde los pozos surgentes. La causa de contaminación del agua se debe probable-

mente a la presencia de sedimentos derivados de origen volcánico de las capas subterráneas. Se trata de un eje volcánico y de la actividad hidrotermal asociada a la cordillera de los Andes. En la vertiente cordillerana atlántica la llanura tucumana es una depresión estructural rellena con una secuencia sedimentaria cenozoica que forma parte de la cuenca hidrográfica del río Salí. En la parte sur de esta planicie se ubica un campo geotérmico de baja temperatura (30-50 °C) donde existe un gran número de pozos surgentes y semisurgentes en un área de alrededor de 3.200 km² (4-7). Este elemento actúa como un tóxico de acción lenta pero continua. Se acumula en el organismo de forma irreversible a través de los años. Se absorbe por vía oral, respiratoria y cutánea siendo la liposolubilidad el factor principal que facilita su ingreso al organismo. Se deposita en hígado, riñón, leucocitos, bazo, pulmón, pelo, uñas y en la hemoglobina. La excreción se realiza por medio del riñón, bilis, materia fecal, pelos, uñas y piel (8). El consumo por tiempos prolongados de agua de bebida con alto contenido de As, da lugar a una afección llamada Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), caracterizada por trastornos cutáneos progresivos (hiperpigmentación e hiperqueratosis palmo-plantar) que pueden coexistir con otras lesiones extracutáneas. Existen, asimismo, informes que indican un incremento de enfermedades cardiovasculares, diabetes, desórdenes neurológicos y desórdenes hematológicos en los grupos expuestos (8-10). En relación con su letalidad potencial, se debe recordar que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, (USEPA), clasifica al As como carcinógeno del grupo A y el Centro de Investigaciones sobre Cáncer lo incluye en el grupo I indicando en ambos casos que el agente (o una mezcla que lo contenga) es carcinógeno para los seres humanos (11). Los estudios epidemiológicos de población que consumen aguas contaminadas con niveles elevados de As han demostrado que hay alta incidencia de cáncer de riñón, piel, vejiga e hígado en esas zonas (9)(10)(12)(13). Afecta a poblaciones que sufren condiciones de subdesarrollo económico y social (14). El objetivo de

este estudio fue determinar el grado de contaminación con arsénico en el agua de bebida en dos comunidades rurales de los departamentos Leales y Graneros del este de la provincia de Tucumán (Argentina), y relacionar el nivel de contaminación con la profundidad de los pozos y la presencia de signos clínicos dermatológicos en los individuos que la consumen.

Materiales y Métodos

Este trabajo es un estudio descriptivo de corte transversal de carácter exploratorio realizado en la provincia de Tucumán. Es la provincia más pequeña del país (ocupa el 0,8% de la superficie de Argentina) tiene una población de 1.338.523 habitantes, según el censo nacional realizado en 2.001. Abarca una superficie total de 22.524 km². Está dividida políticamente en 17 departamentos incluyendo capital, de los cuales se tomaron para su estudio: Leales: 51.090 habitantes y Graneros: 13.063 habitantes. Los grupos poblacionales seleccionados corresponden a zonas rurales pertenecientes a estos departamentos ubicados al este de la provincia de Tucumán (Fig. 1). En esas localidades, la Universidad Nacional de Tucumán posee unidades docentes asistenciales permanentes denominadas Pasantías Rurales que pertenecen a la Facultad de Medicina. Se diseñó una ficha de recolección de datos epidemiológicos y clínicos. Se recolectaron 235 muestras de agua de pozo domiciliario, en frascos limpios de plástico. Del total, 140 muestras pertenecían al departamento Leales y 95 a Graneros. Se remitieron al Laboratorio de Patología Molecular de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán donde se realizó la determinación de As según el método cuantitativo modificado de Gutzei, en donde el elemento As forma hidruro de arsénico que reacciona con el dietilditiocarbamato de plata para dar un compuesto rojizo cuya intensidad de color, medida fotométricamente a 530 nm (espectrofotómetro Metrolab 1700, Buenos Aires, Argentina) es proporcional a la concentración de As presente en la muestra de agua. La cuantificación se realizó con patrones de As con concentraciones conocidas (GTlab). Un total de 590 y 368 habitantes consumen de estos pozos. De esta población fueron seleccionadas y entrevistadas 122 personas potencialmente bajo riesgo habitantes estables por más de 10 años, mayores de edad, previo consentimiento escrito de los mismos para la finalidad de este estudio (89 individuos del departamento Leales, 33 del departamento Graneros). Se realizó un examen físico por un profesional médico y se confeccionó una historia clínica completa de cada paciente, habiéndose evaluado los signos dermatológicos de arsenicismo. Los resultados se organizaron en dos grupos, según la localidad, a su vez se subclasificaron de acuerdo con los valores

obtenidos, según superaran o no el nivel sugerido por OMS y por CAA (0,01 mg/L) y según la profundidad de los pozos. Para el cálculo estadístico se utilizó el sistema informático SSPS 9.0.

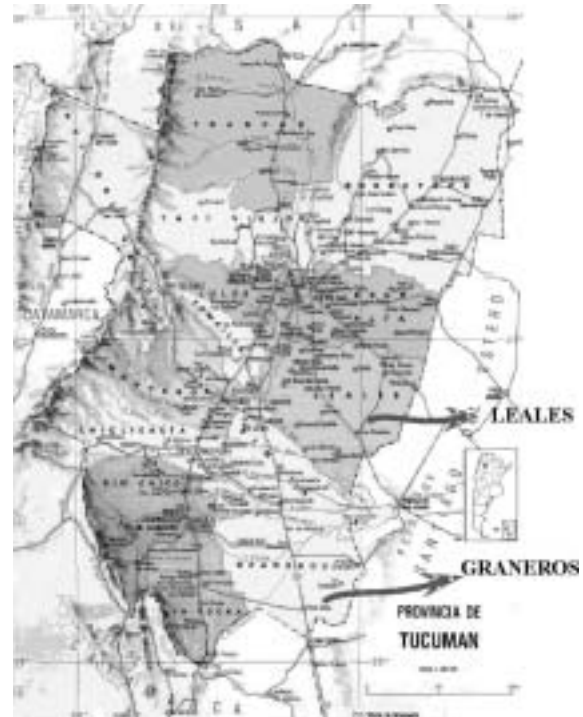


Figura 1. Mapa de Tucumán donde se señala el área de trabajo

Resultados

Se analizaron 140 muestras de agua de Leales de las cuales 13 (9,3%) fueron menores o iguales a 0,01 mg/L. En la Figura 2 se observan las concentraciones de As en las muestras con niveles superiores a 0,01 mg/L evaluadas en el departamento Leales. Los valores promedios+desviación estándar dosados fueron de $0,112\pm 0,011$; $0,087\pm 0,013$; $0,096\pm 0,039$ mg/L para las profundidades de los pozos domiciliarios menores o iguales a 10 metros, 11 a 25 metros y mayores a 25 metros, respectivamente. No se observó diferencia significativa en la concentración de As a distintas profundidades de los pozos. La concentración máxima medida fue de 0,420 mg/L que corresponde a un pozo de 6 metros de profundidad. Hay un porcentaje mayor de los pozos analizados excavados a una profundidad menor o igual a 10 metros (63,8%).

Se analizaron 95 muestras en el departamento Graneros, de las cuales 33 (34,7%) tenían niveles de As permitidos por el CAA. En este departamento hay un porcentaje mayor de pozos excavados entre 11 y 25

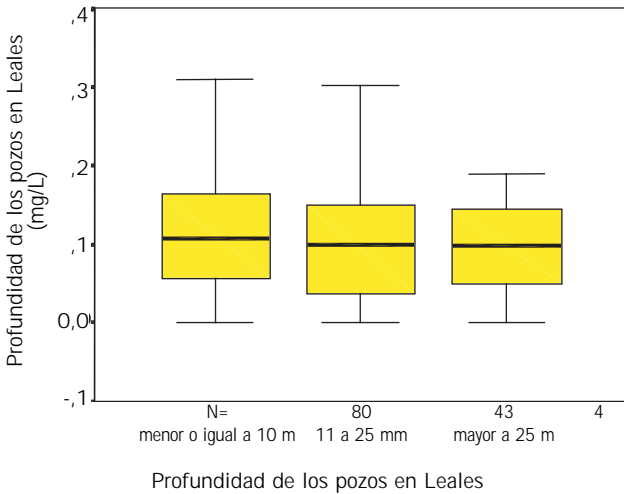


Figura 2. Contenido de Arsénico en mg/L en las muestras de agua recolectadas en el Departamento Leales según la profundidad de los pozos.

metros (79,6%). En esta profundidad se pueden distinguir dos niveles de concentraciones, uno con niveles marcadamente elevados y otro con niveles moderadamente elevados. En las Figuras 3 y 4 pueden observarse las concentraciones de As en mg/L según la profundidad de los pozos. Los valores promedios±desviación estándar fueron de 0,163±0,012; 0,045±0,002; 0,405±0,057; 0,056±0,005 mg/L para las profundidades correspondientes a pozos domiciliarios excavados a profundidad menor o igual a 10 metros, 11 a 25 metros con concentraciones moderadamente elevadas, 11 a 25 metros con concentraciones marcadamente elevadas, y mayor a 25 metros, respectivamente. Las concentra-

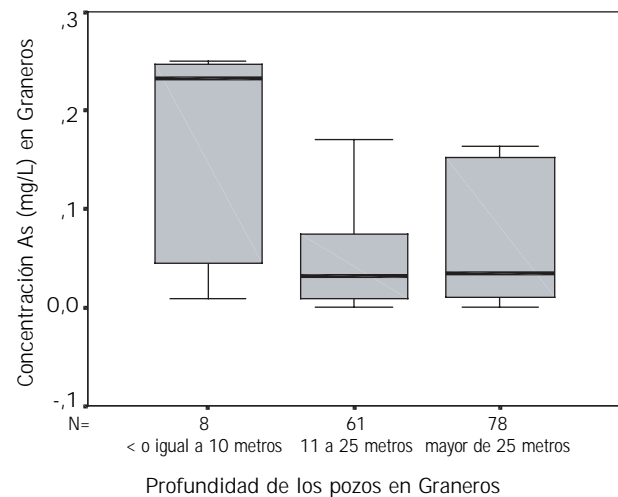


Figura 3. Concentraciones de arsénico en mg/L en las muestras de agua recolectadas en el Departamento Graneros según la profundidad de los pozos. Se grafica en la profundidad de 11 a 25 metros los pozos con niveles moderadamente elevados.

ciones de As en los pozos menores o igual a 10 metros fueron significativamente mayores que las concentraciones encontradas en los pozos entre 11 y 25 metros moderadamente elevados ($p<0,034$). Las concentraciones de As marcadamente elevadas de los pozos excavados entre 11 y 25 metros fueron significativamente superiores a las concentraciones analizadas en pozos mayores a 25 metros ($p<0,015$). El valor máximo medido fue de 0,968 mg/L en una muestra recolectada en un pozo de 16 metros de profundidad.

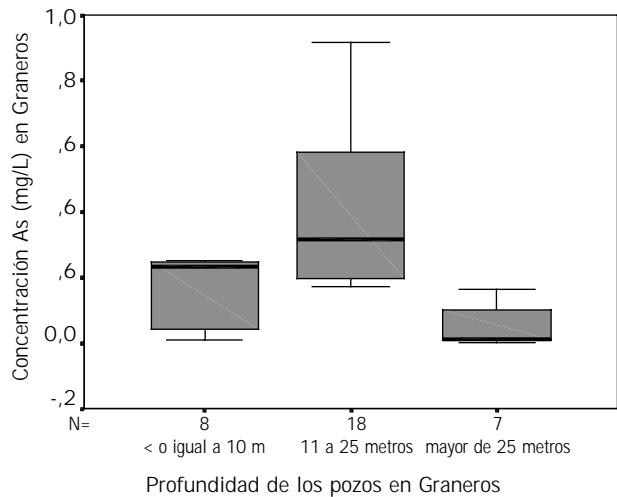


Figura 4. Concentraciones de arsénico en mg/L en las muestras de agua recolectadas en el Departamento Graneros según la profundidad de los pozos. Se grafica en la profundidad de 11 a 25 metros los pozos con niveles marcadamente elevados.

Del 12,4% de los 89 individuos examinados del departamento Leales, el 45,5% fueron de sexo masculino, y del 39,4% de los 33 individuos del departamento Graneros el 53,8% fueron varones que presentaron signos dermatológicos (hiperhidrosis, hiperqueratosis, úlceras o cicatrices, leucomelanodermia). En la Figura 5 y en la Figura 6 se puede observar en los individuos que presentaron o no signos dermatológicos de los departamentos Leales y Graneros la concentración de As que consumen en el agua de bebida en mg/L.

Discusión y Conclusiones

El Arsénico (As) es un metaloide naturalmente presente en aire, suelo y agua. Tiene importancia toxicológica debido a su gran impacto ambiental, incluso en bajas concentraciones. En este trabajo se recolectaron muestras de agua de bebida de dos departamentos de la provincia de Tucumán considerados de riesgo por estar localizados al este de la misma. Las muestras correspondieron a una zona rural, con población dispersa y necesidades básicas insatisfechas. En el departa-

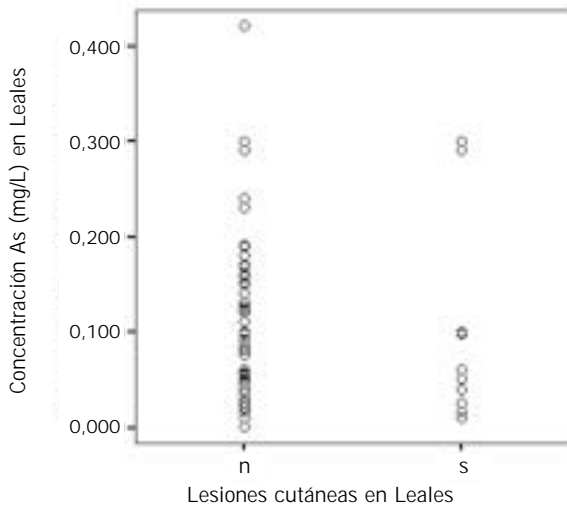


Figura 5. Signos cutáneos ($n=no$; $s=si$) según la concentración de As que consumen los individuos en el agua de bebida en mg/L en el Departamento Leales.

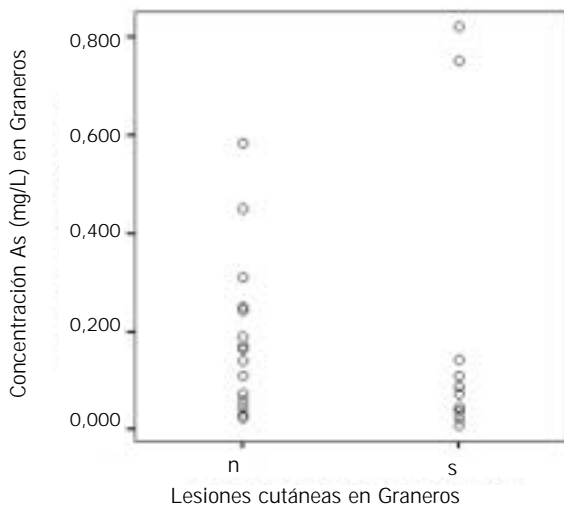


Figura 6. Signos cutáneos ($n=no$; $s=si$) según la concentración de As que consumen los individuos en el agua de bebida en mg/L en el Departamento Graneros.

mento Leales, el 9,3%, y en Graneros el 34,7% de las muestras analizadas tienen valores admisibles de As ($<0,01$ mg/L). Sin embargo, el valor máximo medido en Graneros duplica en concentración al valor máximo medido en Leales. En el departamento Leales, los pobladores realizan en un alto porcentaje excavaciones de una profundidad menor o igual a 10 metros mientras que en Graneros lo hacen a una profundidad de 11 a 25 metros. Al analizar la concentración del metaloide según la profundidad de los pozos, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos estudiados en Leales. En el departamento Graneros, entre los pozos de 11 a 25 metros, pudieron distinguirse dos niveles de concentración, uno de valores mode-

radamente elevados y otro marcadamente elevados que corresponden a una zona ubicada en el sur de la ciudad cabecera del departamento. La concentración de As medida en los pozos menos profundos (<10 metros) es significativamente mayor que en los pozos de 11 a 25 metros que presenta valores moderadamente elevados. Los valores marcadamente elevados analizados en pozos de 11 a 25 metros fueron significativamente mayores que la concentración promedio encontrada en pozos de más de 25 metros. Numerosos trabajos han documentado niveles elevados de As en provincias argentinas como Salta, Chaco, La Pampa, Santiago del Estero, Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y Tucumán (15-17). En el departamento Leales fue realizado un estudio en el área operativa del Hospital El Bracho, en donde se encontró que el 38% de las personas estudiadas consumen agua que tienen niveles elevados de As. Cabe aclarar que consideraban como valor máximo aceptable 0,05 mg/L, lo cual significa que este porcentaje podría ser mucho más importante si se considera el valor aceptado actualmente. Ellos observaron una relación inversa entre la concentración de As y la profundidad de los pozos, que en las muestras analizadas en este trabajo no se encuentra, lo cual puede ser explicado por las diferentes zonas de trabajo que comprenden ambos estudios (18). En Graneros, sí se observa esta asociación entre concentración del metaloide y profundidad de los pozos; en este departamento se incluyó un área crítica ubicada en el sur de la ciudad cabecera en donde se encontraron concentraciones que superan casi 100 veces el valor máximo aceptable.

El 12,4% y el 39,4% de los individuos examinados de los departamentos de Leales y Graneros respectivamente presentaron signos dermatológicos asociados con el consumo de elevados niveles de As. No se observaron diferencias con la presencia de manifestaciones dermatológicas con respecto al sexo. La presencia de un porcentaje mayor de lesiones en Graneros no podría ser atribuida a una mayor concentración de As en esa zona ya que pudieron observar manifestaciones clínicas en individuos que consumían agua de bebida con niveles moderadamente aumentados. Asimismo, individuos que consumían agua con niveles marcadamente aumentados no presentaron manifestaciones clínicas. Otros factores deberían ser considerados. La susceptibilidad entre individuos para manifestar la patología inducida por As, podría deberse a variaciones interindividuales en el metabolismo que afecta la retención y distribución del metabolito tóxico. Rahman, *et al.*, encuentran una prevalencia de lesiones en piel de 0,3%. Esto es mucho menor que la que se halló en este trabajo y en otras referencias, lo cual puede ser debido al número de individuos que incluye ese estudio ($n=166.934$) (19). Otros trabajos observan una mayor susceptibilidad de los hombres a

desarrollar lesiones en piel que las mujeres, lo que puede ser explicado por la menor eficiencia en la metilación del As en los hombres (20) (21). En conclusión, ésta es una patología de alta prevalencia en áreas deprimidas del noroeste argentino que se vincula a una inadecuada provisión de agua potable. Es un problema de alta importancia socio-sanitaria por su magnitud y su severidad real y potencial, ya que es un probado cancerígeno y su evitabilidad, ya que el daño es evitable (suprimiendo la exposición al riesgo) y sus consecuencias son controlables (minimizando el daño diagnosticado). Estos hallazgos deberían ser considerados en la planificación de programas de vigilancia epidemiológica para minimizar las consecuencias ante la exposición a este metaloide, mientras se implementan técnicas de abatimiento de As en el agua de bebida.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado con aportes provenientes de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT). Código I 315, y del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Secretaría de Políticas Universitarias, Programa de Voluntariado Universitario 2007. Al Sr. Miguel A. Martínez por la preparación del trabajo.

CORRESPONDENCIA

DRA. ANALÍA SORIA DE GONZÁLEZ.
Santiago 1316 - PB
4000 SAN MIGUEL DE TUCUMÁN
Tucumán, Argentina
E-mail: gonzalez_stojan@uolsinectis.com.ar

Referencias bibliográficas

1. World Health Organization. Environmental health criteria 224: arsenic and arsenic compounds. 2nd ed. Geneva: WHO; 2001.
2. Ministerio de Salud, 2001. Resolución (MS) 153/2001. Del 22/2/2001. B.O.: 1/3/2001. Implementase el Programa de Minimización de Riesgos por Exposición a Arsénico en Agua de Consumo del Departamento de Salud Ambiental de la Dirección de Promoción y Protección de la Salud. MRA-LIGAN (Minería de la República Argentina-Unidad de Gestión Ambiental Nacional), 2005. Estudios Ambientales de Base - Inventario de Recursos Naturales.
3. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. Vol. 1. Geneva: WHO; 1996.
4. Fernández-Turiel JL, Galindo G, Parada MA, Gimeno D, García-Vallés M, Saavedra, J. Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento. En: Galindo G, Fernández-Turiel JL, Parada MA, Gimeno Torrente D, eds. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. Taller. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino. 25 al 28 de octubre de 2005; Río Cuarto, Argentina. p. 1-22.
5. Blesa MA, García MG, Hidalgo MV. Relevamiento de comunidades rurales de América latina para la aplicación de tecnologías económicas para la potabilización de aguas - Proyecto OEA Argentina. AE 141/2001. CNEA, Buenos Aires, 2002; 10-23.
6. Galindo G, Fernández Turiel JL, Parada MA, Gimeno Torrente D. El arsénico en las aguas termales del sur de la cuenca del río Salí, Tucumán, Argentina. En: Galindo G, Fernández-Turiel JL, Parada MA, Gimeno Torrente D, eds. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. Taller. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino. 25 al 28 de octubre de 2005; Río Cuarto, Argentina. 2005. p. 63-72.
7. Nicolli HB, Tineo A, García JW, Falcón CM. Distribución del arsénico y otros oligoelementos asociados en aguas subterráneas de la región de Los Pereyra. Provincia de Tucumán, Argentina. En: Galindo G, Fernández-Turiel JL, Parada MA, Gimeno Torrente D, eds. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. Taller. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino. 2005 Octubre 25-28; Río Cuarto, Argentina. 2005. p. 83-91.
8. Ratnaike RN. Acute and chronic arsenic toxicity. Postgrad Med J 2003; 79: 391-6.
9. Cantor KP, Lubin JH. Arsenic, internal cancers, and issues in inference from studies of low-levels exposures in human populations. Toxicol Appl Pharmacol 2007; 222: 252-7.
10. Tchounwou PB, Patlolla AK, Centeno JA. Carcinogenic and systemic health effects associated with arsenic exposure-A critical review. Toxicol Pathol 2003;31: 575-88.
11. National Research Council. Arsenic in drinking water. Washington DC: National Academy Press; 2001.
12. Yu HS, Liao WT, Chai CY. Arsenic carcinogenesis in the skin. J Biomed Sci 2006;13 (5): 657-66.
13. Bates MN, Rey OA, Biggs ML, Hopenhayn C, Moore LE, Kalman D, *et al.* Case-Control study of bladder Cancer and Exposure to Arsenic in drinking water in Argentina. Am J Epidemiol 2004; 159: 381-9.
14. Ahmad SA, Sayed MH, Khan MH, Karim MN, Haque MA, Bhuiyan MS, *et al.* Sociocultural aspects of arsenicosis in Bangladesh: community perspective. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Enq. 2007; 42 (12): 1945-58.
15. Nicolli HB, O'Connor TE, Suriano JM, Koukharsky ML, Gómez Peral MA, Bertini LM *et al.* Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. Academia Nacional de Ciencias; Córdoba, Miscelánea 1985; 71: 1-112.

16. Paoloni JD, Sequeira ME, Fiorentino CE. Mapping of arsenic content and distribution in groundwater in the southeast Pampa, Argentina. *J Environ Health* 2005; 67 (8): 50-3.
17. Rondano K, Mellano F, Rosas D, García P, López Pasquali C. Arsénico y Flúor para consumo en Robles, Santiago del Estero, Argentina. *Ciencia* 2008; 3 (3): 69-78.
18. Graieb O, Luján JC, Barrionuevo ML. Evaluación del contenido de Arsénico en agua de bebida en la zona de influencia de la localidad El Bracho-Tucumán. *Revista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente* 2002; 2 (2): 32-41.
19. Rakman M, Vahter M, Wahed MA, Sohel N, Yunus M, Streatfield PK, *et al.* Prevalence of arsenic exposure and skin lesions. A population based survey in Matlab, Bangladesh. *J Epidemiol Community Health* 2006; 60: 242-8.
20. Ahsan H, Chen Y, Parvez F, Zablotska L, Argos M, Hussain I, *et al.* Arsenic exposure from drinking water and risk of premalignant skin lesions in Bangladesh: baseline results from the health effects of arsenic longitudinal study. *Am J Epidemiol* 2006; 163: 1138-48.
21. Lindberg AL, Ekstrom EC, Nermell B, Rahman M, Lonnerdal B, Persson LA, *et al.* Gender and age differences in the metabolism of inorganic arsenic in a highly exposed population in Bangladesh. *Environ Res* 2008; 106 (1): 110-20.

Aceptado para su publicación el 6 de febrero de 2009