

ARSENICO EN ACUIFEROS: INFLUENCIA SOBRE LA SALUD DE LA POBLACION

Susana Isabel Curto¹ Nora A. Mendiburo² Romina Plastina³ Rolando Boffi⁴

RESUMEN

En diversas regiones del país, la provisión de agua para bebida se ve seriamente dificultada por la existencia de aguas subterráneas con elevados contenido de arsénico y flúor (también vanadio), lo que las hace tóxicas para el consumo, pues estos elementos químicos se acumulan en el organismo produciendo patologías denominadas hidroarsenicismo y fluorosis. En este trabajo nos ocuparemos del As por su carácter carcinogénico y la importancia que reviste en el territorio argentino. El objetivo del presente estudio es identificar áreas críticas con aguas subterráneas que poseen alto contenido de arsénico.

PALABRAS CLAVE: hidroarsenicismo, arsenico, acuíferos, contaminación, HACRE

ABSTRACT

In Argentina, drinking water provision is difficulted by the presence of high proportion of arsenic and fluorine (besides vanadium), in the groundwater of extended areas. This chemical elements are toxic for human health because their accumulation produces Chronic Regional Hydroarsenicism pathology (HACRE) and fluorosis. This paper presents only the arsenic concentration in order to its carcinogenic character. The information is presented in maps of arsenic concentration according to the ranges of provided by drinkable water criteria (0.05 mg/l) upper limit.

KEY WORD: hydroarsenicism, arsenic, drinking water pollution, HACRE

INTRODUCCION

El origen del As en las aguas subterráneas de la Argentina es atribuido a la actividad volcánica ocurrida en los Andes durante el Cuartario. Esa actividad fue muy intensa en el Altiplano y a ella se deberían las altas concentraciones de As que poseen los ríos Rosario, Pastos Chicos, Chorrillos (3.5 mg/l) y San Antonio (0.7 mg/l) cercanos a San Antonio de los Cobres, Salta; en el río Jáchal, San Juan (0.10 a 0.15 mg/l) (Trelles, 1970) y el San Antonio (0.15 a 0.8 mg/l), Anta, Salta (Esparza, 1996). Como consecuencia de ese vulcanismo, en el E. de la llanura Pampeana se habrían acumulado grandes depósitos de vidrios volcánicos que contienen As (vidrios frescos 11 ± 0.78 , vidrios alterados 14.7 ± 0.70) (Nicolli 1987). La solubilidad del As depende de la alcalinidad del agua, especialmente aquellas ricas en bicarbonato de sodio. En cambio es escaso o no se encuentra en aguas ricas en sales de calcio o magnesio aunque sean bicarbonatadas o sulfatadas. Las aguas subterráneas que contienen mayor concentraciones de arsénico son las muy alcalinas.

El As predomina en **acuíferos profundos** (probables ambientes lagunares del Cuartario que recibieron sólidos en suspensión desde la Puna luego concentrados por evaporación) en Santiago del Estero: Monte Quemado a 90-100 m; Selva: 0.57 mg/l a 40 m de profundidad (Doderó et al, 1984), en Santa Fe (Rufino), Chaco, La Rioja y Salta. En el NE de la Provincia de Santiago del Estero, estudios realizados por Martín et al (1993) sobre 340 pozos concluyen que aquellos ubicados sobre los paleocauces localizados en el W del departamento de Alberdi proveen de agua con relativamente

¹ Geógrafa (PhD). CONICET. Concurrente del Centro de Investigaciones Epidemiológicas. Academia Nacional de Medicina de Buenos Aires. Pacheco de Melo 3081, Buenos Aires, Argentina. Tel/Fax: (#54 11) 4805 3592.

anmciepi@intramed.com.ar ; casas@satlink.com

² Geógrafa. Gerente del Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios COFES. nam@elsitio.net

³ Geógrafa. Instituto Geográfico Militar (IGM). ryo21@hotmail.com

⁴ Médico. Departamento de Zoonosis Reservorios y Vectores. Ministerio de Salud de la Nación. rboffi@intramed.com.ar

bajos contenidos de As, aunque con gran contaminación biológica. En cambio los pozos ubicados sobre el abanico aluvial de la Sierras Subandinas (al W del Departamento de Copo), poseen una gran importancia hidrológica pero con altos contenidos de As (máximos de 0,60 mg/l) asociado a las mayores profundidades (80-110 m). Predomina en las **capas superficiales** (estratos de cenizas volcánicas acumulados también en el Cuartario por acción eólica o bien por la descarga de sistemas lagunares desarrollados en la Puna) en la provincia de Córdoba (Bell Ville, cuenca del río Tercero), centro y norte de la provincia de Santa Fe, norte y sur de la provincia de Buenos Aires (Paoloni et al 1999); norte de la provincia de La Pampa (Jacinto Araus 0.4 mg/l según Dodero et al 1996b), Tucumán (6 a 30 m) (Esparza, 1996), y San Juan (Trelles et al, 1970; Gavarotto, 1984). Las aguas de Huinca Renanco (Córdoba posee 0.302 mg/l, ADI CANADA 1996).

ANTECEDENTES

El **Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)** es una enfermedad producida por exposición de la población a la ingestión prolongada (*crónico*) de agua que contenga sales de arsénico (*hidro-arsenicismo*), que afecta a gran parte de la población (*endémico*) de una región (*regional*) lo cual constituye un ejemplo interesante de analizar como complejo eco-patógeno (Picheral, 1982) . Progresivamente la enfermedad evoluciona en cuatro periodos: **hiperhidrosis palmoplantar** con prurito y descamación, conjuntivitis, vómitos o diarreas; **hiperqueratosis palmoplantar** con lesiones dolorosas que impiden caminar y realizar tareas manuales, **melanodermia** del tronco y parte superior de los miembros y **cancerización** (cáncer de Hutchinson, epiteloma de Bowen).

La enfermedad fue descrita por primera vez en la Argentina por Goyenechea (1917) que la denominó “enfermedad de Bell Ville” por la procedencia de los pacientes. Ayerza (1917) describió las manifestaciones cutáneas características por lo que estas recibieron la denominación de “enfermedad de Ayerza” y Tello (1951) le dio la denominación actual con la que es conocida en los círculos médicos de la Argentina.

Tello (1986) registró 339 pacientes provenientes de las provincias de Córdoba, Santa Fe, Chaco, Buenos Aires y Salta. Biagini et al (1995) entre los años 1972 y 1993 detectaron otros 87 enfermos provenientes, la mayoría de ellos, de las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Salta, y en menor número de Córdoba, Santa Fe y de Chile. Trelles et al (1970) transcribió una estadística del período 1934-1944 registrada por el Hospital Regional de Bell Ville donde se detectaron 511 afectados de arsenicismo. Ayerza (1917), sobre una población total de 8.534 habitantes, refiere 1.300 enfermos (15%) para Bell Ville.

Penedo y Zigarán (1998) realizaron un mapa de riesgo para la provincia de Córdoba, basándose en la incidencia de patologías relacionadas y los tenores de arsénico actuales en las aguas de consumo humano. Relevaron 40 localidades midiendo el contenido de arsénico tanto como el pH y relacionaron estos datos con la tasa de mortalidad por cáncer de piel y órganos blandos. Los mayores índices de riesgo los encontraron en la zona de llanura (departamentos de San Justo, Marcos Juárez, Unión, Río Cuarto y Río Primero).

Paoloni et al (1999) publicaron un mapa de riesgo para la región sur de Provincia de Buenos Aires demarcando zonas de hasta 1 mg/l en los alrededores de la localidad de Médanos.

En los Estados Unidos el As ha sido asociado con un mayor riesgo de cáncer de próstata, enfermedades cardiológicas, nefritis y pericarditis (Lewis et al 1999), cáncer de piel (no melanomas) (Calderón et al 1999), aunque no está claro si esos efectos se producen con los niveles de As que recibe esa población (0.05 mg/l) (Karagas et al 1998). Por lo tanto se requieren mayores

investigaciones sobre el consumo de agua con arsénico y sus efectos en la salud. Concha et al (1998) estudiaron el metabolismo del As en la población de San Antonio de los Cobres, Taco Pozo y Rosario de Lerma con resultados diferentes en las concentraciones de As en sangre y orina de niños y mujeres por lo cual habría una considerable variación interindividual además de un polimorfismo genético en esta cuestión.

MATERIALES Y METODO

Se trabajó con información de las máximas y mínimas concentraciones de arsénico en aguas subterráneas publicadas por Obras Sanitarias de la Nación (1942), Trelles et al (1970) y Gavarotto (1988). Se georreferenciaron 125 localidades con concentraciones de arsénico superiores a 0.05 mg/l que es la norma permitida para la Argentina (Fig 1). Se trazaron isolíneas de máximas (Fig 2) y de mínimas (Fig 3) concentraciones de arsénico en los acuíferos. Se utilizó Autocad 2000.

RESULTADOS

El área con problemas de arsénico en sus acuíferos coincide con la llanura pampeana hasta el norte de Santa Fe y Santiago del Estero, área de mayor producción ganadera y mayor concentración de población.

Las isolíneas de máxima muestran áreas de mayor concentración en acuíferos en el NE de la provincia de Córdoba (La Francia 12,0 mg/l), W de la provincia de Salta (San Antonio de los Cobres, 2.9 mg/l) y SW de la provincia de Buenos Aires (Medanos, 2,0 mg/l).

Las isolíneas de mínima concentración, pero también de elevado contenido de arsénico, muestran una zona de 2.00 mg/l en La Francia (Córdoba) y 0.60 mg/l en Vila, provincia de Santa Fe; 0,50 mg/l en San Marcos Sur y Assunta en el SE de la provincia de Córdoba.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se calcula que en el país hay más de 1 millón de habitantes en área de riesgo (Rivero, 1998). En las ciudades se trae agua de origen superficial desde otros lugares o bien se trata el agua para extraerle el As por medio de una variedad de procesos como la coagulación, el ablandamiento por medio de cal, la extracción de Fe/Mn, el intercambio iónico, la reversión de electrodiálisis y la filtración a través de membranas (ósmosis inversa). Estas tecnologías son costosas de instalar y de manejar, requieren un nivel relativamente alto de entrenamiento del operador y poseen limitaciones de naturaleza química. Por ejemplo, el ablandamiento por medio de cal no es práctico en aguas de baja dureza y, tanto el intercambio de iones como la ósmosis inversa, demuestran un rendimiento pobre en presencia de concentraciones de sulfatos superiores a 25 mg/l, como ocurre con las aguas de Huinca Renanco (ADI CANADA 1996). En Selva, Santiago del Estero se instaló en 1980 una planta por ósmosis inversa. El pozo capta agua a 40 m de profundidad con 0.57 mg/l de As y el agua tratada sale con 0.3 a 0.5 mg/l. La red de distribución cuenta sólo con 8 canillas públicas y 4 domiciliarias (hospital, iglesia, delegación municipal y planta de tratamiento) (Doderó et al, 1984). En Monte Quemado, Santiago del Estero, Obras Sanitarias de la Nación instaló una planta de tratamiento por el método de adsorción con sulfato ferroso en 1951 que en 1978 seguía funcionando (Doderó et al 1996a). La provincia de Santa Fe licitó el abastecimiento de agua potable y saneamiento para 15 grandes ciudades (1.8 millones de personas), cinco de las cuales (200.000 habitantes) reciben agua con valores superiores al código alimentario argentino (0.05mg/l), por ejemplo Tarragona (cerca de Rufino) (0.27 mg/l). (Madiéc et al, 1998).

Según la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, en 1989 había 1.461.584 habitantes localizados en áreas con aguas contaminadas por As y F. Los mismos aún no tienen servicio de red y

utilizan pozos para captar agua de acuíferos, que poseen altos valores de As, o de aljibes que recolectan el agua de lluvia pero que tienen fisuras que conectan con el acuífero (Pérez Gattorna 1996). La mayor parte de ellos viven en las provincias de Córdoba (691.000) y Santa Fe (316.434), La Pampa (187.000), Chaco (170.000), Buenos Aires (71.000) y Santiago del Estero (20.400). Esta población, dispersa o viviendo en pequeños núcleos, necesita tecnología simple y de bajo costo que permita remover el As a nivel domiciliario. Sin embargo, esto presenta complicaciones como la falta de energía eléctrica, el bajo nivel educativo, la escasez de recursos humanos calificados, la necesidad permanente de apoyo técnico y el suministro de reactivos para mantener operando el sistema (Sancha 1996). Con el objetivo de paliar el grave problema en este tipo de poblaciones, la provincia de Salta desarrolla desde junio de 1995 una experiencia piloto con el método de floculación-adsorción-decantación (abatimiento de alrededor del 70%), para lo cual proveyó de 40 equipos a los Departamentos de Anta (Tolloche y Las Lajitas), Los Andes y Rivadavia (Rivero, 1998). También la provincia de La Pampa instaló a partir del año 1978 sistemas de potabilización del agua para reducir la contaminación de As mediante ósmosis inversa en La Humada, Algarrobo del Águila, Limay Mahuida, Mauricio Mayer (0.15 mg/l a vestigios) y Metileo (0.05 mg/l a vestigios). Las dos últimas tienen red con medición de consumo en la conexión domiciliaria y las tres primeras localidades tienen red de agua sin tratar y canilla pública para agua tratada. El concentrado que queda como residuo se vuelca a una laguna existente (Lastiri et al 1984) sin ningún tipo de protección para impedir su infiltración al acuífero.

Según Pérez Gattorna (1995) el tratamiento por coagulación, sedimentación y filtración es el adecuado para nuestro país pues admite aguas crudas con concentraciones de 1.00 a 2.00 mg/l (rango que supera a la mayoría de las aguas arsenicales de la Argentina), tiene un costo moderado y, además, porque ya hay instaladas en el país una importante cantidad de plantas de este tipo. Si en el futuro los límites máximos de As en el agua de consumo se reducen, se podrían optimizar estas plantas existentes como hoy se hace en los Estados Unidos. Si adoptáramos los nuevos límites máximos para el As recomendados por los países altamente industrializados (entre 0,01 y 0,02 mg/l), la tecnología existente tendría dificultad en detectarlo y desconocemos si puede rebajar el contenido de As a esos niveles, además de que los costos de tratamiento de las aguas serían elevados (Faiguenbaun, 1995).

No sabemos como han sido establecidos los límites del contenido de As para las aguas de bebida; si sólo se han relacionado experimentos con animales extrapolando las dosis al peso de los humanos, empíricamente o mediante estadísticas. Lo que si es cierto es que muchas personas consumen agua con contenidos de As que superan los límites establecidos por los países desarrollados y aún por el Ministerio de Salud de la Nación. Existe entonces un amplio campo de trabajo que es necesario desarrollar en bien de la salud de la población.

BIBLIOGRAFIA

- ADI CANADA (1996). Tratamiento de arsénico mediante filtración directa; experiencia piloto en Huinca Renanco, Provincia de Córdoba. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Potabilización de aguas con arsénico y flúor**. Tomo 2: 150-186.
- Ayerza A.(1917). Arsenicismo regional endémico (keratodermia y melanodermia combinadas). **Bol.Acad.Dermat.** Buenos Aires, 1, 11, septiembre 1917.
- Biagini R.E. (1966). Hidroarsenicismo crónico y cáncer de pulmón. **Arch.Argent.Dermat.** T.XVI, N°3 172-184.
- Biagini R.E., Salvador, M.A., Qüerio R.S. de, Torres Soruco C.A., Biagini M.M. y Diez Barrantes A. (1995). Hidroarsenicismo crónico. Comentario de casos diagnosticados en el periodo 1972-1993. **Arch.Arg.Dermatol.** 45: 47-52.

- Calderón, R.L., Hudgens E., Le C., Schreinemachers D. & Thomas D.J. (1999) Excretion of arsenic in urine as a function of exposure to arsenic in drinking water. **Environmental health perspectives**, 107 (8): 663-667.
- Concha, G., Nermell B., Vahter M. (1998) Metabolism of inorganic arsenic in children with chronic high arsenic exposure in Northern Argentina. **Environmental Health Perspectives**; 106 (6): 355-359.
- Dodero E., Martínez L., Tarquini G., Abitbol A. y Azar H. (1984). Tres años de experiencia en la planta de desalación de aguas de Selva, Provincia de Santiago del Estero. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Publicación XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**,. Vol. 2, 20 pags. Santiago de Chile, 11-16 nov. 1984.
- Dodero E., Martínez L., Pirotsky A. y Tarquini G., (1996a). Ensayos de eliminación de arsénico en agua por ósmosis inversa (2da parte). Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Potabilización de aguas con arsénico y flúor**. Tomo 1, 8 pags.
- Dodero E., Pirotsky A., Guberman J., Martínez L., y Tarquini G., (1996b). Tratamiento por ósmosis inversa de aguas con alto contenido de arsénico y flúor. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Potabilización de aguas con arsénico y flúor**. Tomo 2: (144-149).
- Esparza M.L. (1996). Abatimiento de arsénico en aguas subterráneas para zonas rurales. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Potabilización de aguas con arsénico y flúor**. Tomo 1: (40-86).
- Faiguenbaum I. (1995) Algunas reflexiones en torno a límites máximos de contenido de arsénico en el agua. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. (20): 53-58, Jul. 1995.
- Gavarotto M.C. (1984). Arsénico en Aguas de Consumo Humano. **1er Coloquio Argentino sobre optimización de aguas para la ingesta humana**. Mar del Plata. Instituto Verificador de Soda en Sifones IVESS.
- Goyenechea M. (1917). Sobre la nueva enfermedad descubierta en Bell-Ville. **Rev.Med.de Rosario**, (7): 485.
- Karagas M., Tosteson T.D., Blum J., Morris J.S., Baron J.A., Klaue B. (1998) Design of an epidemiologic study of drinking water arsenic exposure and skin and bladder cancer risk in U.S. population. **Environmental Health Perspectives**. Supplements; 106 (4): 1047-1050.
- Lastiri NP. y Arrapas M A. (1984). Informe sobre la utilización de ósmosis inversa para el tratamiento de agua destinada al consumo humano en la Pcia. de La Pampa. **Pub. XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Vol. I: 19 pags. Santiago de Chile, 11-16 nov. 1984.
- Lewis D., Wanless Southwick J., Ouellet-Hellstrom R., Rench J. & Calderon R.L. (1999). Drinking water arsenic in Utha: a cohort mortality study. **Environmental Health Perspectives**; 107 (5): 359-365.
- Madiec H., Cepero E.y Mozziconacci D. (1998). Abatimiento de arsénico. Ensayo desarsenización con planta piloto Rufino. **10 Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente y 1er Congreso Regional del Cono Sur**. Vol. 2. Rosario, 7-9 mayo.
- Martín A.P., Targa J.C. y Rosas D.A. (1993). Hidrogeoquímica, tratamiento y corrección de las concentraciones de arsénico en aguas subterráneas de la región chaqueña semiárida de Santiago del Estero. **Anales del 8vo. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Vol. 2: 367-384. Mar del Plata 17-23 de octubre de 1993.
- Nicolli H. y O'Connors T. (1985). Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. **Miscelánea** N° 71, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Obras Sanitarias de la Nación (1942). **El problema del agua potable en el interior del país. Análisis Químico**. Tomo II, Buenos Aires, Ministerio de Obras Públicas de la Nación. 259 pags.

- Paoloni J.D., Fiorentino C.A., Sequeira M.E. y Echeverría N. (1999). Detección y mapeo de arsénico en aguas subterráneas regionales. **Arch.Arg.Dermatol.** 49: 121-123.
- Penedo M. y Zigarán A. (1998). Hidroarsenicismo en la Provincia de Córdoba. Actualización del mapa de riesgo e incidencia. **10 Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, I Congreso Regional del Cono Sur**, Vol. 2, Rosario, 7 - 9 mayo.
- Pérez Gattorna E. (1995). Hidroarsenicismo : llegó el momento de lanzar un Plan Nacional?. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** (20): 62-65, Jul. 1995.
- Pérez Gattorna E.(1996). Experiencias en la remoción de arsénico por coagulación en los EEUU de Norteamérica. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, (25): 71-82.
- Picheral H. (1982). Géographie médicale, géographie des maladies, géographie de la santé. **L'Espace Géographique**, Tome XI n° 3 (161-175).
- Rivero S., Alvarez J.A., Liberal V. y Esparza, M.L. (1998). Reducción de riesgos por exposición a arsénico en agua, con participación comunitaria. **10 Congreso Argentina de Saneamiento y Medio Ambiente y 1 Congreso regional del Cono Sur**, vol. 2. Rosario, 7-9 mayo.
- Sancha A.M. (1996). Experiencia chilena en el abatimiento de arsénico. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Potabilización de aguas con arsénico y flúor**. Tomo 1: (88-101).
- Tello E.E. (1951) Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE). Sus manifestaciones clínicas. **Imprenta de la Univ. Nac. de Córdoba**, 1, 162.
- Tello E.E. (1986). Arsenicisms hídricos: Que es el hidroarsenicismo crónico regional endémico argentino (HACREA)?. **Arc.Argent.Dermat.** T XXXVI (4): 197-214.
- Trelles R., Larghi A. y Paez J.P. (1970). El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana, con contenidos elevados de arsénico, vanadio y flúor. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería, **Instituto de Ingeniería Sanitaria**. Pub N° 4. 94 p.