

Riesgo Potencial para la población Bonaerense por Presencia de Arsénico en Agua Subterránea.

María Laura Puntoriero⁽¹⁾, *Alejandra Volpedo*^(1,2) y *Alicia Fernández Cirelli*^(1,2)

(1)Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280 (C1427CWO), Ciudad de Buenos Aires, Argentina; (2) CONICET.

E-Mail: ceta@fvvet.uba.ar

RESUMEN: El arsénico (As) es un tóxico natural presente principalmente en aguas subterráneas. Las zonas rurales de la provincia de Buenos Aires se abastecen generalmente de dicha fuente de agua. En este trabajo se estimó el riesgo potencial por ingesta de agua subterránea para la población de diferentes zonas rurales bonaerenses (Escobar, Mercedes, Roque Pérez, Junín, Bahía Blanca y la localidad de Chasicó).

Se analizaron muestras de 5 pozos en cada una de las localidades, determinándose en ellas la concentración de As por espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES).

Las concentraciones de As reportadas por la literatura en las diferentes zonas rurales bonaerenses se hallaron en el rango de $<10-170 \mu\text{g.L}^{-1}$. En el caso de la localidad de Chasicó estuvieron comprendidas entre $36-166 \mu\text{g.L}^{-1}$, siendo superiores al nivel máximo permitido para consumo humano de agua potable según el Código Alimentario Argentino ($10 \mu\text{g.L}^{-1}$). El riesgo potencial estimado por ingesta de agua subterránea en todas las localidades estudiadas supera el valor aceptado de riesgo individual máximo por exposición a sustancias carcinogénicas en agua de bebida (10^{-5}), el equivalente a un nuevo caso de cáncer asimilable a esa causa por cada 100000 habitantes, sugerido por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. En la localidad de Chasicó, los valores de riesgo estuvieron comprendidos entre $1.54 \cdot 10^{-3} - 7.11 \cdot 10^{-3}$, por lo que deberían llevarse a cabo alternativas de gestión para que las fuentes de agua de consumo humano sean de buena calidad, mediante la aplicación de tecnologías de remoción de As apropiadas.

INTRODUCCIÓN

El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, constituyendo aproximadamente un $5 \cdot 10^{-4}$ % de la corteza terrestre. Es un tóxico natural presente principalmente en aguas subterráneas. Este elemento proviene de fuentes naturales, generalmente asociadas a procesos geológicos, como la meteorización a partir de rocas parentales o las emisiones volcánicas, como de actividades antrópicas como la minería, fundición de metales, o su uso en fórmulas de pesticidas y conservantes de la madera (Bundschuh et al., 2008). A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter más local, la ocurrencia de concentraciones altas de arsénico de origen natural afecta a grandes áreas. Se distribuye en diferentes regiones del planeta, siendo sus niveles menores en aguas superficiales (mares: valor promedio: $1,5 \mu\text{g.L}^{-1}$; ríos y lagos: $<0,8 \mu\text{g.L}^{-1}$), y más elevados en aguas subterráneas ($<0,5-5000 \mu\text{g.L}^{-1}$), especialmente en áreas con depósitos de sedimentos loésicos, en particular de vidrio volcánico o de minerales ricos en arsénico (Smedley y Kinniburgh, 2002). En la Argentina se encuentra distribuido en diferentes áreas: la Puna y la Llanura Chaco-Pampeana (Nicolli et al., 2008). Esta última es una de las regiones más grandes del mundo (alrededor de un millón de km^2) que presenta arsénico en aguas subterráneas, sin embargo, se han reportado niveles elevados de contaminación natural por arsénico en aguas superficiales ($<10-198 \mu\text{g.L}^{-1}$), en diferentes sistemas lóticos de la Llanura Pampeana (Schenone et al., 2007; Rosso et al., 2011). La presencia de arsénico en aguas para consumo humano ha ocasionado la existencia del hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), enfermedad crónica que se manifiesta principalmente por alteraciones dermatológicas como melanodermia, leucodermia y/o queratosis palmoplantar, evolucionando hacia patologías más graves como distintos tipos de cáncer. La provincia de Buenos Aires posee diferentes áreas con presencia de arsénico en agua subterránea (Galindo et al., 2004; Heredia et al., 2005; Paoloni et al., 2009). Dicha fuente de agua se utiliza principalmente para la actividad agropecuaria ya que la población consume agua de red en la mayoría de los centros urbanos la cual cumple con la normativa en relación a su localidad. El uso de agua subterránea para consumo humano está restringido a los pobladores de las pequeñas localidades y a los caseríos rurales aislados. En este sentido, son escasos los estudios relacionados al análisis de riesgo sanitario por presencia de arsénico en agua de bebida en estas regiones. Es por ello que, considerando este contexto, en este trabajo se estimó el riesgo potencial para la población por efectos tóxicos carcinogénicos debido a la ingesta de agua subterránea con altas concentraciones de arsénico, en diferentes áreas rurales bonaerenses (Escobar, Mercedes, Roque Pérez, Junín, Bahía Blanca y la localidad de Chasicó), por la relevancia sanitaria que este tema reviste.

METODOLOGÍA

Se realizaron muestreos estacionales en el período 2010-2011 en 5 pozos de la localidad de Chasicó y en pozos de las localidades de Escobar, Mercedes, Roque Pérez, Junín y Bahía Blanca (Figura 1). Las muestras de agua fueron colectadas por triplicado en botellas de plástico y se llevaron al laboratorio refrigeradas a 4°C para su procesamiento. Se determinó la concentración de As por espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) (Método APHA, 3120 B).

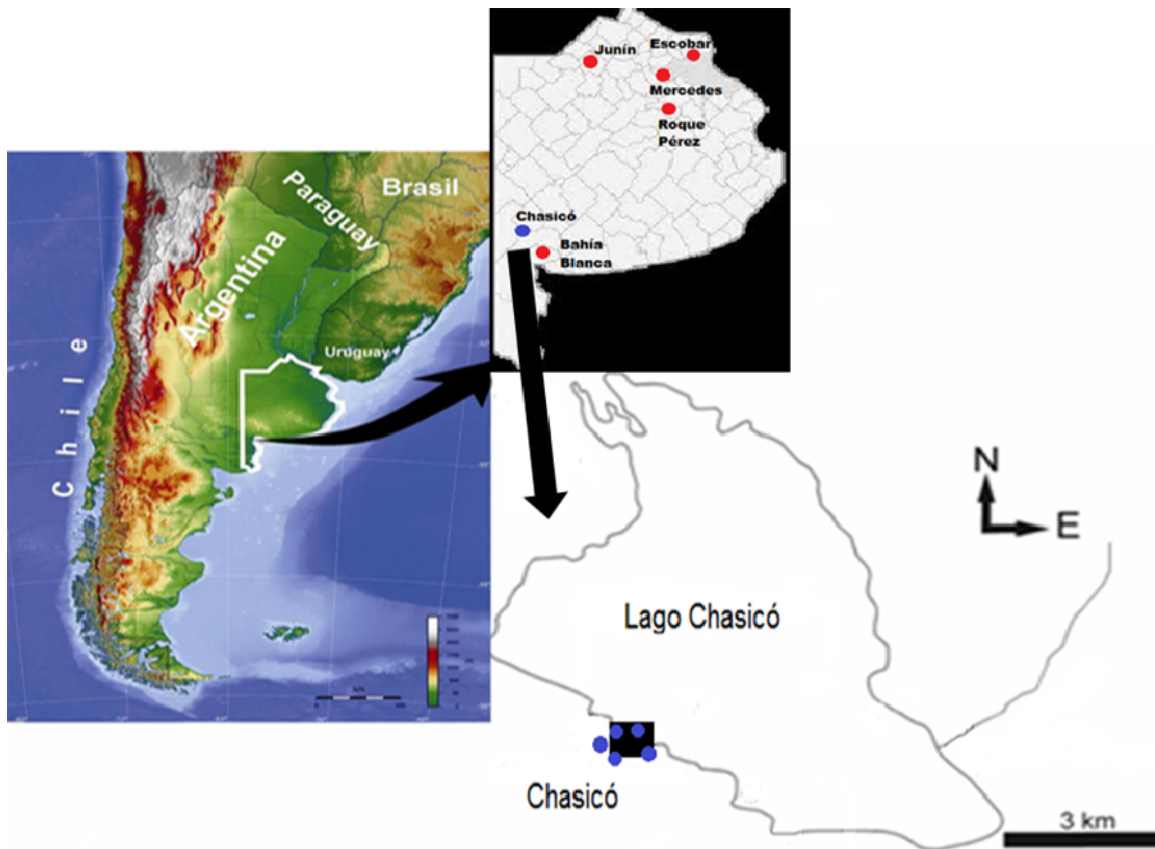


Figura 1. Sitios de muestreo en las diferentes localidades.

Con los resultados obtenidos se planteó un modelo de análisis de riesgo sanitario (ARS) basándose en los modelos de USEPA (United States Environmental Protection Agency). Para dicho modelo se consideró la exposición producida por la ingesta de agua subterránea por los pobladores. En este contexto, se define el riesgo como una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma, siendo esta última una medida de la “calidad y cantidad” del contacto entre la sustancia y el organismo expuesto (USEPA, 1989; 1992).

La exposición crónica o subcrónica a una sustancia peligrosa, en este caso el As, debido a la ingesta diaria de agua se calculó por la ecuación 1. Cada variable, salvo la concentración de la sustancia, fue tratada probabilísticamente.

$$ADDI = C * I_r * EF * ED / BW * AT \quad (1)$$

Siendo:

ADDI = dosis diaria promedio por ingesta (en mg.kg⁻¹.d⁻¹)

C = concentración de la sustancia peligrosa en el agua (en mg.L⁻¹)

I_r = tasa de ingesta diaria del agua (en L.d⁻¹)

EF = frecuencia de la exposición (en d.a⁻¹)

ED = duración de la exposición (en a)

B_w = peso corporal de la persona expuesta (en kg)

AT = factores de corrección por tiempo promedio (duración estadística de la vida humana (70) * 365 días para sustancias carcinogénicas)

El cálculo del riesgo para el As por efectos tóxicos carcinogénicos (EC), se efectuó a partir del producto de ADDI por un valor referencial toxicológico, denominado Factor de Pendiente SF (USEPA, 1996), particular según la ruta de exposición, en este caso por ingesta. Esta metodología, en realidad, calcula el exceso de riesgo individual por cáncer asumiendo una relación lineal entre las concentraciones de exposición y los efectos carcinogénicos (USEPA, 1996; 2005). Se consideró como individuo expuesto a un poblador que durante toda su vida consume agua de pozo de su localidad. La tasa de ingesta diaria considerada es de 2 litros promedio para un adulto, la frecuencia de exposición de los pobladores comprendería los 365 días del año, la duración de la exposición considerada en este caso es de 70 años en promedio y el peso de una persona expuesta promedio es de 70 kg (USEPA, 1989; 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de As en agua subterránea reportadas por la literatura en las diferentes zonas rurales bonaerenses se hallaron en el rango de <10-170 µg.L⁻¹ (Heredia et al., 2005; Paoloni et al., 2009). En el caso de la localidad de Chasicó estuvieron comprendidas entre 36-166 µg.L⁻¹. En todas las localidades, los niveles hallados superaron el nivel máximo permitido para consumo humano de agua potable, según el Código Alimentario Argentino (10 µg.L⁻¹, hasta el 2/3/12), aunque debido a modificaciones del mismo Código según las nuevas resoluciones SAGyP 34/2012 y 50/2012 del boletín oficial de la República Argentina se decide prorrogar el plazo de cinco (5) años para alcanzar el valor límite mencionado en zonas con altos niveles de As,

hasta contar con resultados del estudio “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico” en la República Argentina y realizar estudios básicos para el establecimiento de “criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas” cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal.

Los niveles de riesgo carcinogénicos de los pobladores por ingesta de agua subterránea con diferentes concentraciones de arsénico en las zonas rurales bonaerenses se presentan en la tabla 1. En la localidad de Chasicó, los valores de riesgo estuvieron comprendidos entre $1.54 \cdot 10^{-3}$ - $7.11 \cdot 10^{-3}$. El riesgo potencial estimado por ingesta de agua subterránea en todas las localidades estudiadas supera el valor aceptado de riesgo individual máximo por exposición a sustancias carcinogénicas en agua de bebida (10^{-5}), el equivalente a un nuevo caso de cáncer asimilable a esa causa por cada 100000 habitantes, sugerido por la Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación.

Tabla 1. Niveles de riesgo de los pobladores por efectos tóxicos carcinogénicos por ingesta de agua subterránea, con diferentes concentraciones de arsénico en zonas rurales bonaerenses.

| Localidades | Concentracion de As ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) Mínimo-Máximo | Niveles de Riesgo Carcinogénicos Mínimo-Máximo | | Referencias |
|--------------------|---|---|----------------------|----------------------|
| Escobar | 11-90 | $4.71 \cdot 10^{-4}$ | $3.85 \cdot 10^{-3}$ | Heredia et al., 2005 |
| Mercedes | < 10-55 | < $4.20 \cdot 10^{-4}$ | $2.36 \cdot 10^{-3}$ | Este trabajo |
| Roque Pérez | < 15-65 | < $6.43 \cdot 10^{-4}$ | $2.78 \cdot 10^{-3}$ | Este trabajo |
| Junín | < 10-140 | < $4.20 \cdot 10^{-4}$ | $6.0 \cdot 10^{-3}$ | Este trabajo |
| Bahía Blanca | 7 -170 | $3.0 \cdot 10^{-4}$ | $7.28 \cdot 10^{-3}$ | Paoloni et al., 2009 |
| Chasicó | 36-166 | $1.54 \cdot 10^{-3}$ | $7.11 \cdot 10^{-3}$ | Este trabajo |

CONCLUSIONES

Los efectos tóxicos por consumo de agua de los pobladores con altos contenidos de arsénico pueden producir las siguientes patologías: hiperpigmentación, hiperqueratosis, enfermedad del Black Foot (escoriaciones oscuras en los pies), gangrena (enfermedades vasculares periféricas), cirrosis, hemoangioendotelioma, problemas de reabsorción renal, inhibición de la síntesis de porfirina, disminución de glóbulos blancos y ocasionalmente

anemia aplásica, abortos espontáneos, neuropatía periférica, parálisis, pérdida de la audición, inhibición de algunas enzimas y de la reparación del ADN, daños severos gastrointestinales, como así también diferentes tipos de cáncer (de piel, hígado, pulmón, vejiga, riñón, próstata, etc.) (USEPA, 2010; CASRN 7440-38-2). De acuerdo a nuestro estudio, los niveles de riesgo sanitario por ingesta de agua subterránea para los pobladores rurales en las diferentes localidades bonaerenses fueron superiores al límite propuesto por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación para sustancias carcinogénicas, pero en las zonas rurales de las localidades de Chasicó, Bahía Blanca y Junín, donde los niveles de riesgo hallados fueron más elevados, se deberían llevar a cabo alternativas de gestión para que las fuentes de agua de consumo humano sean de buena calidad, implementando tecnologías de remoción de As apropiadas, y ofrecerlo a las comunidades rurales, a fin de que tengan una forma sencilla, eficiente y de bajo costo para remover el arsénico y optimizar así el agua de bebida o usada para la cocción de alimentos.

Agradecimientos. A la Universidad de Buenos Aires, al CONICET y a la ANPCyT por la financiación de este proyecto.

REFERENCIAS

- APHA (American Public Health Association), 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th edition. American Public Health Association, Washington.
- Bundschuh, J., Pérez Carrera, A., Litter, M., 2008 (Editores). *Distribución del arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana*. Argentina. Editorial CYTED.
- Bonorino, A., Ruggiero, E. y Mariño, E., 1989. Caracterización hidrogeológica de la cuenca del arroyo Chasicó. Provincia de Buenos Aires. *Comisión de Investigaciones Científicas*, 44: 1-39.
- CAA (Código Alimentario Argentino)), Artículo 982 (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA 68/2007 y 196/2007). Capítulo XII. *Agua Potable. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada*.
- CAA (Código Alimentario Argentino). Boletín Oficial de la República Argentina. Res. 50/2012 SAGyP, conjunta con 34/2012. Modificación de los artículos 982 y 983.
- Galindo, G., Herrero, M. A., Korol, S., Fernández Cirelli, A., 2004. Water resources in the Salado river drainage basin, Buenos Aires, Argentina. Chemical and microbiological characteristics. *Water International*, 29 (1): 81-91.
- Heredia, O., Prado, L., Piazza, V., Paupy, L. y Fernández Cirelli, A., 2005. Caracterización del recurso hídrico subterráneo en Escobar, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *V Seminario Internacional CYTED-XVII*, Buenos Aires.
- Nicolli, H., Blanco, M., Paoloni, J y Fiorentino, C., 2008. Ambientes afectados por el arsénico. En: Bundschuh, J., Pérez Carrera, A., Litter, M. (Editores). *Distribución del arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana*. Argentina: Editorial CYTED.
- Paoloni, J., Sequeira, M., Espósito, M., Fiorentino, C., Blanco, M., 2009. Arsenic in water resources of the Southern Pampa Plains, Argentina. *Journal and Environmental and Public Health*. doi:10.1155/2009/216470.
- Rosso, J.J., Troncoso, J.J., Fernández Cirelli, A., 2011. Geographic distribution of arsenic and trace metals in lotic ecosystems of Pampa Plain, Argentina. *Bull Environmental Contamination Toxicology*, 86: 129-132.

- Schenone, N., Volpedo, A.V., Fernández Cirelli, A., 2007. Trace metal contents in water and sediments in Samborombón Bay wetland, Argentina. *Wetland Ecology and Management* 15: 303-310.
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G., 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17: 517-568.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1989. *Risk assessment guidance for superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual. Part A.* Environmental Protection Agency. Office of Emergency and Remedial Response. Washington (DC): EPA/540/1-89/002.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1992. *Guidelines for exposure assessment.* Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum. Washington (DC): EPA/600/Z-92/001.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1996. *Proposed guidelines for carcinogen risk assessment.* Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. Washington (DC): EPA/600/P-92/003C.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2000. *Human health risk assessment bulletins.* Supplement RAGS. Environmental Protection Agency Region 4: Waste Management Division. Office of Health Assessment. <http://www.epa.gov/region4/waste/ots/healthbul.htm>.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2005. *Guidelines for carcinogen risk assessment.* Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum. Washington (DC): EPA/630/P-03/001F.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2010. *Toxicological review of inorganic arsenic (CASRN 7440-38-2).* In support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS), Washington (DC): EPA/635/R-10/001.