

Arsénico en el agua subterránea de la Provincia de Buenos Aires

Miguel Auge¹, Guillermo Espinosa Viale² y Leonardo Sierra²

¹ Diagonal 112 N° 70, (1900) La Plata, Buenos Aires,

² Geocon, Calle 531 N° 703, (1900) La Plata, Buenos Aires.

Mail de contacto: miguelauge66@gmail.com

RESUMEN

Sobre la base de 640 análisis de As disuelto, en muestras tomadas en 159 puntos, de los acuíferos someros de la Provincia de Buenos Aires, especialmente los contenidos en el Loess Pampeano, en las dunas costeras atlánticas, en los médanos de la Pampa Arenosa, y en el semiconfinado (Acuífero Puelche), pudo elaborarse una cartografía de carácter orientativo a escala regional (1:3.000.000), donde se indican los umbrales de 0,05 y 0,1 mg/L. De la misma, se desprende que el 87% del territorio provincial (267.000 km²) tiene agua subterránea que supera la norma provincial vigente (0,05 mg/L) y sólo el 13% (40.000 km²) de su superficie total (307.000 km²) cuenta con agua subterránea apta para consumo humano. Cumplen con esta última condición las regiones NE y centro-Sur, en esta última, fundamentalmente los ámbitos inter y periserranos. También resalta la región que coincide con las dunas que bordean la costa Atlántica Bonaerense. Con menos de 0,1 mg/L de Arsénico disuelto, la superficie se incrementa notoriamente respecto a la anterior, abarcando alrededor del 71% (218.000 km²) del territorio provincial. Las regiones que registran los tenores más elevados (mayores a 0,1 mg/L), ocupan el 29% (89.000 km²) de la superficie de la Provincia y coinciden con zonas vecinas a la Bahía Samborombón, gran parte de la Pampa Arenosa y la totalidad de la región en forma de bastón, al Sur de Bahía Blanca. Afortunadamente, alrededor del 91% del total de la población de la Provincia de Buenos Aires, se emplaza en ámbitos donde el agua subterránea tiene menos de 0,05 mg/L de As disuelto total y por ende, es potable de acuerdo a la normativa vigente.

Palabras clave: arsénico, agua subterránea, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT

Based on 640 analysis of dissolved As in the shallow aquifers of Buenos Aires Province, a regional scale map (1:3.000.000) was elaborated, with the lines of threshold of 0.05 and 0.1 mg/L. The map shows that 87% of the provincial territory (267,000 km²) has groundwater that exceeds the standard of 0.05 mg/L for drinking water and only 13% (40,000 km²) of its total area (307,000 km²) account with underground water suitable for human consumption. Comply with this last condition, NE regions and South-Central areas. It also highlights the region coinciding with the dunes bordering the Bonaerense Atlantic coast. With less than 0.1 mg/L of dissolved arsenic, surface increases significantly with respect to the previous one, covering around 71% (218,000 km²) of the provincial territory. Regions that recorded the highest concentrations, occupy 29% (89,000 km²) in the neighboring to the Samborombon Bay, much of the Pampa Arenosa and the totality of the cane in the South of Bahia Blanca city. Fortunately, around 91% of the total population of the Province of Buenos Aires is placed in areas where groundwater is less than 0.05 mg/L of total dissolved As and therefore, is drinkable according to current regulations.

Keywords: arsenic, groundwater, Buenos Aires Province, Argentina.

Introducción

El Arsénico es uno de los elementos que por su elevada toxicidad, ejerce una significativa limitación sobre la potabilidad. La ingestión prolongada de agua con tenores elevados de As, produce severos daños en el organismo humano, dando lugar a una enfermedad

conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE).

El Arsénico contenido en el agua es absorbido por vía sanguínea y se acumula preferentemente en pulmones, hígado, riñones, piel, dientes, pelos y uñas. Los trastornos característicos que resultan de la exposición crónica son: engrosamiento de palmas y plantas

(queratodermia), aumento de la pigmentación de la piel y aparición de cáncer cutáneo. Además, es bastante frecuente el cáncer de pulmón y de laringe. También puede dañar al sistema nervioso, con manifestaciones que comienzan con hormigueo y entumecimiento de plantas y palmas y se continúan con una neuritis diseminada y dolorosa de las extremidades superiores e inferiores.

Los síntomas digestivos más comunes son náuseas y vómitos, dolores abdominales de tipo cólico, diarreas leves y lesiones degenerativas del hígado como cirrosis o carcinoma hepático. También puede producir trastornos circulatorios y un alto riesgo de cáncer.

La intoxicación con As fue mencionada por primera vez en la literatura médica en 1913 por el Dr. Mario Goyenechea en Rosario, al precisar el origen arsenical por ingestión de agua de 2 enfermos provenientes de Bell Ville, Provincia de Córdoba (Goyenechea, 1913). En dicha localidad, si bien era frecuente una sintomatología similar, por lo que se la llamó "Enfermedad de Bell Ville", se desconocía el origen de la misma.

Objetivo

Brindar una imagen a escala regional de la distribución del As en el agua subterránea empleada para consumo humano en la Provincia de Buenos Aires, en el entendimiento de que el conocimiento regional constituye la base indispensable para cualquier investigación localizada o de mayor detalle.

Potabilidad

Las normas sobre potabilidad, así como sobre la calidad de la mayoría de los alimentos, han ido evolucionando hacia umbrales más estrictos a través del tiempo. El As no es una excepción y así, el Decreto 6553/74 de la Provincia de Buenos Aires, que señalaba como valor aconsejable <0,01 aceptable hasta 0,01 y tolerable hasta 0,1 mg/L, se modificó en 1996, mediante la Ley 11.820, vigente en la actualidad, que estableció sólo un límite tolerable de 0,05 mg/L (50 µg/L). Sin embargo, la Provincia tiene pendiente de concreción un convenio con el Código Alimentario Argentino, entidad que establece como límite tolerable 0,01 mg/L (10 µg/L). Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (2008) le fija un valor de referencia al As de 0,01 mg/L, aunque aclarando que es "provisional, por haber evidencia de peligro, aunque la información disponible sobre efectos en la salud es limitada". En nuestro país existen diferencias en las normativas respecto al contenido de As en el agua potable y esto se verifica hasta en

provincias limítrofes. Así, frente a los 0,05 mg/L de la Provincia de Buenos Aires, La Pampa adopta 0,15 mg/L, Santa Fe 0,1, Córdoba y Río Negro 0,05 mg/L y Entre Ríos 0,01 mg/L, pese a que en ningún caso existen estudios toxicológicos fundamentados en una cantidad representativa de habitantes y a lo largo de un lapso de tiempo que también resulte representativo.

Hernández et al (2005) consideran que. "Si bien las normas de la OMS tienden a proteger la salud y por lo tanto los umbrales de aptitud son cada vez más bajos, cabe el interrogante si deben seguirse estrictamente esas pautas en vez de utilizar cada jurisdicción criterios propios, teniendo en cuenta las recomendaciones, pero avalados por estudios de base científica acerca de la tolerancia real a la ingesta de agua con contenidos de arsénico, cuando estos no son importantes en valor absoluto".

Metodología

Para la elaboración del Mapa 1, se dispuso de los resultados de 640 análisis químicos, con contenidos de As total, de muestras tomadas en 74 partidos y 159 localidades de la Provincia de Buenos Aires. La mayoría de las muestras provinieron de cooperativas para el abastecimiento de agua potable, que captan del Acuífero Pampeano, de los médanos de la Pampa Arenosa y de las dunas de la costa Atlántica Bonaerense. También se dispuso de los resultados del Acuífero Puelche en los partidos servidos por ABSA y AYSA, en La Plata y el Conurbano de Buenos Aires, respectivamente, pero dado la gran densidad de pozos, en relación a la escala de trabajo, y a que prácticamente la totalidad de los mismos registró tenores inferiores a 0,05 mg/L, no se incluyeron los puntos de muestreo en el mapa.

En los casos donde hubo variaciones en los contenidos registrados en diferentes muestreos, se optó por seleccionar el valor más alto.

Los sitios muestreados se ubicaron mediante las coordenadas Gauss-Krüger, correspondientes a la faja 5 del sistema Inchauspe.

Origen

"La mayor parte del Arsénico contenido en el agua subterránea de la Argentina tiene origen natural, producto de la disolución de minerales arsenicosos vinculados a las erupciones volcánicas y a la actividad hidrotermal, principalmente en la Cordillera de los Andes, en los últimos 5 millones de años y que se mantiene actualmente, aunque en forma mucho más atenuada" (Auge, 2009). El principal agente de transporte desde la Cordillera hacia el Este,

hasta alcanzar a la Llanura Chaco-pampeana fue el viento, que produjo la acumulación del Loess Pampeano, en el que se intercalan cenizas volcánicas (tobas) con vidrio del mismo origen (obsidiana), el que aparece como uno de los principales generadores del As en el agua subterránea (Nicolli et al, 1989).

Un medio de transporte diferente al mencionado es el propuesto por Fernández-Turiel et al (2005), especialmente para la región NO de Argentina y N de Chile, pues considera que el aporte principal de Arsénico se produjo mediante el transporte a través de una importante red paleo-fluvial, desde la Cordillera de los Andes hacia el E y O, respectivamente.

Otras fuentes de menor significación regional, pero que también pueden deteriorar la calidad del agua localmente, son las vinculadas con actividades mineras, la producción y empleo de plaguicidas, la fabricación de vidrio, de productos electrónicos y las fundiciones.

Movilidad

La movilidad del As depende esencialmente de las condiciones redox y del pH del agua. En medio oxidante, que es el que prevalece en las aguas subterráneas someras, el Arsénico está disuelto en forma de As^5 , siendo la especie dominante el $AsHO_4$ para pH menor de 7 y $AsHO_4^{-2}$ para pH mayores (Smedley y Kinniburgh, 2002). Estas condiciones favorecen también la disolución de F, B, V, Mo, Se y U (Fernández-Turiel et al, 2005).

Bajo condiciones reductoras, el Arsénico se presenta predominantemente como As^3 , que es su forma más tóxica, componiendo el radical AsH_3O_3 .

La actividad microbiológica también influye en la movilidad del As, dado que si es intensa, puede modificar sustancialmente las condiciones redox del medio (Ormeland et al, 2004).

Distribución

En el Mapa 1 se indica la distribución espacial del contenido en As total, de los acuíferos más explotados para el abastecimiento de agua potable en la Provincia de Buenos Aires. En el mismo se aprecia un notorio predominio areal de concentraciones que superan el límite tolerable vigente en la Provincia de Buenos Aires, dado que el 87% del territorio provincial (267.000 km²) tiene valores superiores a 0,05 mg/L y sólo el 13% (40.000 km²) presenta contenidos menores. Esta condición, afortunadamente, no se repite cuando se analiza la cantidad de habitantes afectados, porque los sitios de mayor concentración poblacional están ubicados

dentro de ámbitos con tenores menores a 0,05 mg/L. Al respecto se identifican 3 regiones con agua subterránea apta para el consumo humano de acuerdo a la normativa vigente:

1. La ubicada en el sector NE de la provincia, registró valores extremos en la concentración de As de 0,02 y 0,05 mg/L y un promedio de 0,039 mg/L. Ocupa 16.600 km², y se extiende desde el SE de La Plata (Localidad 145 – Bmé. Bavio – Pdo. de Magdalena) hasta San Pedro por el NO (Localidad 5 – Gdor. Castro), con 2 saliencias marcadas hacia el SO; una que culmina en San Miguel del Monte (Localidad 151 - Abbott) y la otra en Bartolomé Mitre (Localidad 154 – Viña). En esta región la mayor parte del agua subterránea provista por cooperativas y por las empresas AYSA y ABSA se extrae del Acuífero Puelche. Es la más densamente poblada de la provincia, dado que alberga a los 24 partidos del Conurbano de Buenos Aires, con 9,9 millones de habitantes (INDEC, 2012) y a otras ciudades importantes como La Plata, Zárate, Luján y Campana. La totalidad de habitantes de esta región alcanzó a 12,3 millones en 2010, lo que representó el 79% de la población total de la Provincia de Buenos Aires (15,6 millones). Aquí, el Acuífero Puelche presenta concentraciones de As por debajo de 0,05 mg/L; por ello, y por la apretada densidad de pozos respecto a la escala de trabajo, no se señalaron los puntos de muestreo en el mapa.

2. La ubicada en las cercanías de los sectores central y SO de la provincia, tiene forma de boomerang y se extiende de SE a NO, desde la Localidad 88 – Batán – Gral. Pueyrredón, hasta la 77 – Pirovano – Bolívar y de allí, hacia el SO, hasta las cercanías de la Localidad 130 – Chasicó – Tornquist. Las concentraciones extremas de As también fueron 0,02 y 0,05 mg/L, pero con un promedio de 0,043 mg/L. Esta región, que ocupa 21.700 km² y alberga a 1,5 millones de habitantes, coincide en su mayor parte con los ambientes serranos, periserranos e interserranos, de Tandilia y Ventania, siendo el Acuífero Pampeano el más explotado para el abastecimiento humano.

3. La que coincide con la faja de dunas vecinas a la costa Atlántica, se extiende desde San Clemente del Tuyú en el N hasta las cercanías de Bahía Blanca en el SO, ocupa unos 1.700 km² y tiene 400.000 habitantes estables, aunque durante el verano la población suele triplicarse debido al turismo. En esta región, el agua subterránea se capta del acuífero libre contenido en las dunas, y/o de uno semiconfinado, subyacente al anterior; en ella se registró un máximo de 0,03, un mínimo de 0,02 y un promedio de As disuelto de 0,025 mg/L.

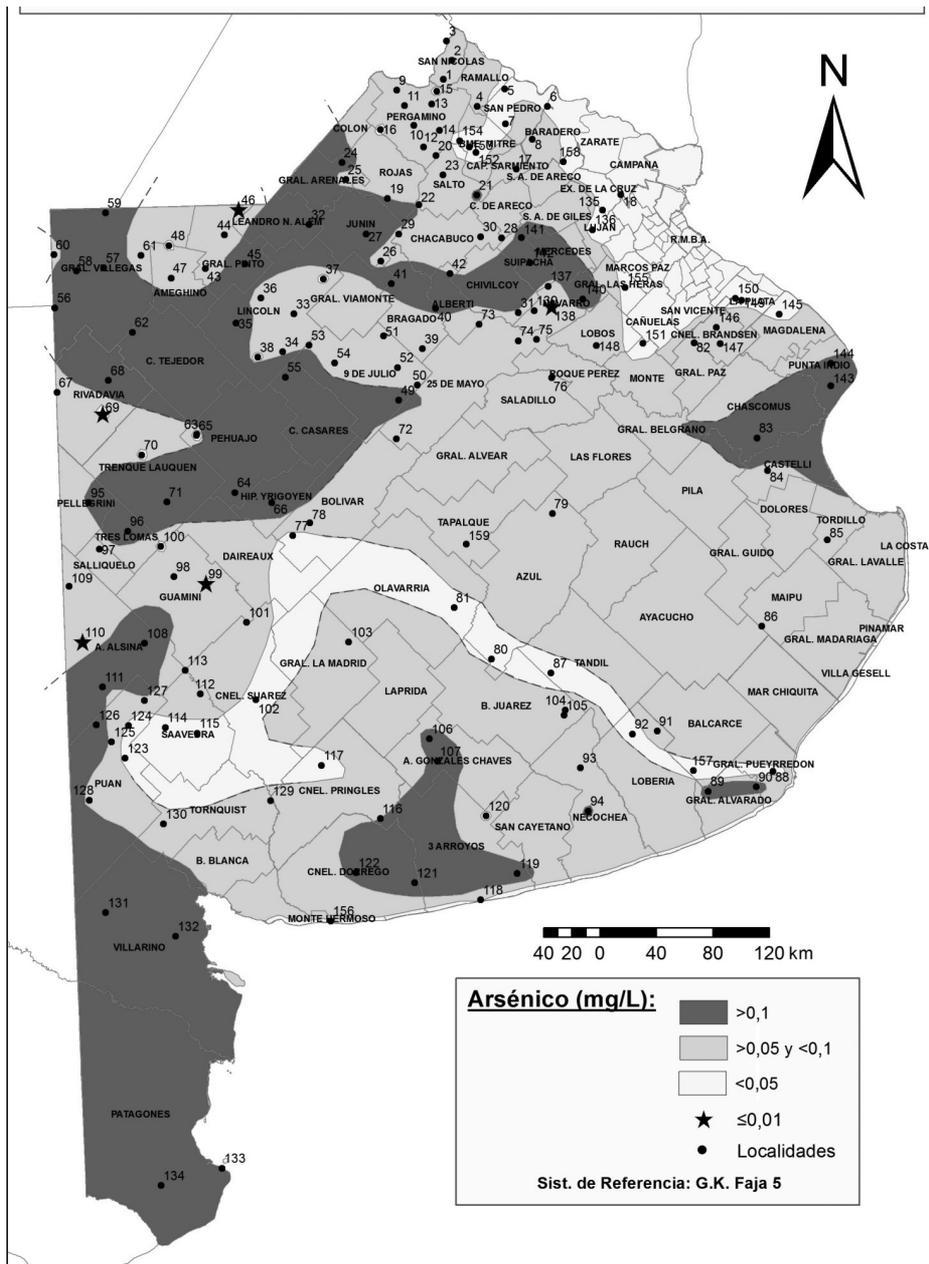


Figura 1. Mapa de distribución de arsénico en el agua subterránea de la Provincia de Buenos Aires

En definitiva, la población que consume agua subterránea con menos de 0,05 mg/L de

As total llega a 14,2 millones, o sea el 91% del total de la provincia (15,6 millones).

Respecto a las regiones con más de 0,05 mg/L de As disuelto, se destaca por su tamaño la que presenta contenidos entre 0,05 y 0,1 mg/L, que ocupa unos 178.000 km², pero alberga sólo a 470.000 habitantes (3% de la población total), que se abastecen fundamentalmente del Acuífero Pampeano, que registró un máximo de As de 0,1, un mínimo de 0,05 y un promedio de 0,075 mg/L. Las que superan 0,1 mg/L, se dispersan en forma de parches en: la vecindad de la Bahía Samborombón (5.600 km²), el NO 44.200 km²), el S (Tres Arroyos - 7.600 km²) y en el bastón al S de Bahía Blanca (Villarino, C. de Patagones - 31.600 km²); en conjunto abarcan unos 89.000 km² y albergan a 880.000 habitantes (6% del total de la Provincia). De ellas las más extensas son la región NO y la emplazada al S de Bahía Blanca. La primera se corresponde predominantemente con la Pampa Arenosa y en ella se aprovechan el acuífero libre contenido en los médanos y eventualmente otros más profundos, pero cuya recarga también proviene de la lluvia que se infiltra en los médanos. En el bastón al S de Bahía Blanca, la delimitación respecto al contenido de As es la menos precisa de las reconocidas en la provincia, debido a que se dispuso de los datos de sólo 4 puntos de muestreo.

Existen algunos datos puntuales que caen dentro de una región caracterizada por alguno de los límites citados, pero que tienen una concentración que le corresponde a otra diferente. Como ejemplo se puede citar a 9 localidades que se ubican dentro del ámbito con 0,05 a 0,1 mg/l de As disuelto, pero que tienen menos de 0,05, por lo que se las señaló con un pequeño círculo; ellas son: 13-Acevedo, 37-Bayauca, 38-Las Toscas, 48-Blaquier, 65-J.J. Paso, 69-F. Olavarría, 70-Berutti, 100-Garré y 120-S. Mayol.

Tratamiento

“Existen numerosos procesos para bajar el contenido de As en el agua; la elección del más apropiado depende de: El volumen de agua a tratar y la concentración inicial de As en la misma. La velocidad requerida para el tratamiento. La cantidad de usuarios. El tipo y volumen de residuo generado por el tratamiento. El costo del tratamiento y la tecnología y los medios económicos disponibles para su empleo. Se mencionan a continuación los tratamientos de uso más frecuente” (Auge, 2009).

Coagulación - precipitación - filtrado. Es la técnica que más se ha utilizado en el mundo y para ello se emplean sales metálicas como coagulantes, entre las que se pueden

mencionar: sulfato de aluminio; cloruro e hidróxido férricos; cal o cal hidratada. Dado que la remoción de As⁵ es mucho más efectiva que la de As³, de presentarse este último, generalmente se lo oxida, previamente a la coagulación.

Adsorción. Como adsorbentes resultan muy efectivas las arcillas, especialmente las ferruginosas (lateritas), con las que se han alcanzado, a nivel de experiencia piloto, disminuciones en el contenido de As mayores al 95%.

Intercambio iónico. Para la fijación del arsénico se utilizan resinas a base de sulfato en el caso del As⁵ y de nitrato para el As³.

Ósmosis. Se basa en el empleo de membranas semipermeables que permiten el paso del agua, pero que retienen gran parte de las sustancias en solución. La ósmosis inversa implica el pasaje del agua a través de los microporos de la membrana, para lo cual deben aplicarse elevadas presiones (10 – 20 bares). Esta técnica también permite la reducción de otras sustancias indeseables cuando se presentan en concentraciones elevadas como fluoruros, nitritos, nitratos, metales, hidrocarburos, plaguicidas, sulfatos, cloruros, sales totales, etc. El mayor inconveniente de la ósmosis inversa es que genera un importante volumen de agua de rechazo, altamente salinizada y contaminada.

Cualquiera de los procesos que se empleen para bajar el contenido de Arsénico en el agua, termina en un efluente (líquido, sólido o semisólido), de alto riesgo para la salud y el ambiente, por lo que resulta indispensable prever su disposición final en condiciones de máxima seguridad. Este requisito constituye el inconveniente principal con que se enfrentan las plantas reductoras de As.

Actualmente están funcionando 34 plantas en la Provincia de Buenos Aires, de las cuales sólo 4 están conectadas a la red de distribución y las 30 restantes, entregan el agua tratada mediante bidones, lo que indica lo escasa de la población abastecida.

Conclusiones

La mayor parte del As incorporado a los acuíferos que se aprovechan para abastecimiento humano en la Provincia de Buenos Aires y en el resto del país, tiene origen natural y provino de la disolución de minerales vinculados a las erupciones volcánicas y a la actividad hidrotermal, principalmente en la Cordillera de los Andes, en los últimos 5 millones de años. El principal agente de transporte desde la Cordillera hacia el Este,

hasta alcanzar a la Llanura Chaco-pampeana fue el viento, que produjo la acumulación del Loess Pampeano, en el que se intercalan cenizas volcánicas (tobas) con vidrio del mismo origen (obsidiana), el que aparece como uno de los principales generadores del As en el agua subterránea.

- Considerando la normativa sobre potabilidad respecto al As vigente en la Provincia de Buenos Aires, que establece un límite tolerable de 0,05 mg/L, existe un marcado predominio areal de concentraciones superiores a dicho valor. Así, el 87% del territorio provincial (267.000 km²) tiene agua subterránea con más de 0,05 mg/L y sólo el 13% (40.000 km²) presenta contenidos menores. Esta condición, afortunadamente, no se repite cuando se analiza la cantidad de habitantes potencialmente afectados, porque los sitios de mayor concentración poblacional están ubicados dentro de ámbitos con tenores menores a 0,05 mg/L. Esto se verifica para el 91% de la población total de la provincia y por ende, sólo el 9% restante, habita en regiones con más de 0,05 mg/L de As total disuelto en el agua subterránea.

- A nivel de país existen notorias diferencias en las normativas respecto al contenido de As en el agua potable y esto se verifica hasta en provincias limítrofes. Así, frente a los 0,05 mg/L de la Provincia de Buenos Aires, La Pampa adopta 0,15 mg/L, Santa Fe 0,1, Córdoba y Río Negro 0,05 mg/L y Entre Ríos 0,01 mg/L. Sin embargo, en ninguno de los casos existen estudios toxicológicos basados en una cantidad representativa de habitantes y a lo largo de un lapso de tiempo que también resulte representativo, para establecer con mayor certeza el límite de potabilidad respecto al As.

- Existen numerosos procesos para bajar el contenido de As en el agua, pero cualquiera que se emplee termina en un efluente líquido, sólido o semisólido, de alto riesgo para la salud y el ambiente, por lo que resulta indispensable prever su disposición final en condiciones de máxima seguridad. Este requisito constituye el inconveniente principal con que se enfrentan las plantas reductoras de As.

Recomendaciones

- Realizar estudios toxicológicos en una cantidad representativa de habitantes, eligiendo un lapso de tiempo que también resulte representativo (40 - 50 años), en sitios con tenores altos medios y bajos de As y también investigar sobre los hábitos respecto a la cantidad de agua consumida. El objetivo es establecer con fundamento una norma de

potabilidad que asegure la salud de la población y no copiar fielmente, como sucede generalmente, a las que rigen en otros países que tienen otras realidades y mayores recursos, como EUA, Canadá, Comunidad Europea, o a las propuestas por otras instituciones como la OMS.

- Diferenciar en los análisis químicos al As⁵ del As³, debido a que el último es más tóxico que el primero. Actualmente, la gran mayoría de las normas nacionales y extranjeras sobre potabilidad, consideran sólo al As total, por lo que la diferenciación apunta a tener un mejor conocimiento futuro sobre la incidencia del As en el ser humano.

Referencias

- Auge, M. 2009. Arsénico en el agua subterránea. Fed. Méd. de la Prov. de Buenos Aires. Inéd. 1:15. La Plata.
- Fernández Turiel, J. Galindo, G. Parada, M. Gimeno, D. García-Vallés, M. Saavedra, J. 2005. Estado actual del conocimiento sobre Arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento. En Taller de Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento: 1-22. IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Río Cuarto - Argentina.
- Hernández, M. González, N. Trovatto, M. Ceci, J. Hernández, L. 2005. Sobre los criterios para el establecimiento de umbrales de tolerancia de Arsénico en aguas de bebida. En Taller de Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento: 167-172. IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Río Cuarto - Argentina.
- Goyenechea, M. 1913. Sobre la nueva enfermedad descubierta en Bell Ville. Rev. Méd. de Rosario. 7:485.
- Indec. 2012. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Serie B, # 2, T 1:1-371 y Serie B, # 2, T 2:1-406.
- Nicolli, h. Suriano, J. Gómez Peral, M. Ferpozzi, L. Baleani, O. 1989. Groundwater contamination with arsenic and other trace-elements in an area of the Pampa, Province of Cordoba, Argentina. Environm. Geol. Water Sci. 14 (1): 3-16.
- Organización Mundial de la Salud. 2008. Guías para la calidad del agua potable. Ed. 3: 1-398.
- Ormeland, R. Stolz, J. Hollibaugh, J. 2004. The microbial arsenic cycle in Mono Lake, California. Microbiol. Ecol. 48 (1): 15-27.
- Semedley, P. Kinniburgh, D. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Appl. Geochem. 17 (5): 517-568.