ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 19, pp.01.13-01.21, 2015. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2015

EVALUACIÓN ANALÍTICA Y COMPARATIVA DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA LA DETERMINACIÓN DE ARSENICO EN LA PROVINCIA DEL CHACO Y SANTIAGO DEL ESTERO - ARGENTINA

S. Roshdestwensky[1]; S. Pilar[1] y J. Corace[1]
1 Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste.
3500, Resistencia – Chaco, Argentina
e-mail: sergiorosh@gmail.com

Recibido 09/09/15, aceptado 13/10/15

RESUMEN: El principal problema ambiental generado por el arsénico esta dado por el denominado hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), producido por el consumo directo e indirecto de aguas con altas concentraciones durante un tiempo prolongado. Este trabajo se desarrolla como parte de los estudios básicos para la adecuación de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de agua en el Chaco y Santiago del Estero. En la primera etapa se hicieron 130 muestreos de agua de fuentes y servicios en distintas localidades de estas jurisdicciones. Además de las determinaciones de arsénico (que arrojaron valores entre 3 y 250 µg/l) se analizaron otros elementos que pueden estar asociados geoquímicamente al arsénico y/o resultar de interés en la siguiente etapa de estudios. A partir de este trabajo se podrán tener indicadores que permitan establecer políticas públicas para mejorar la salud y calidad de vida de las poblaciones emergentes de la sociedad.

Palabras clave: Hidroarsenicismo, Salud, Medio Ambiente, Arsénico

INTRODUCCION

El arsénico (As) es un elemento ampliamente distribuido en nuestro planeta. Existe información acerca de su presencia en el agua subterránea en diferentes regiones, que ha sido relacionada principalmente a su origen natural, asociado con la presencia de este elemento en ambientes geológicos diferentes: formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias (Boyle et al., 1998; Smedley y Kinniburgh, 2002).

El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural y su abundancia en la corteza terrestre es de 1,8 mg/kg^{-1}, con 1 mg/kg-1 para la corteza terrestre continental (Taylor y McLennan, 1985). Asimismo, se lo encuentra también en forma apreciable como producto de la actividad industrial y antropogénica (Mandal y Suzuki, 2002) El arsénico se encuentra en aguas naturales en muy bajas concentraciones, pero también es muy variable. Algunos valores, encontrados en distintos tipos de aguas y diferentes partes del mundo, se resumen en la Tabla 1.

Lugar	Tipo de agua	Concentración (µg/l)*
En el mundo	Subterránea	Normalmente < 10 (existen valores puntuales naturales > 50.000) **
Calcuta, India	c/influencia de Planta de pesticidas	50-23.800
Bangladesh	Agua de pozo	<10 - > 1000
China	Agua de pozo	0,03-1,41
En la tierra	Agua de mar	1-8
Cordoba (Argentina)	Agua subterránea	100-3800

* Mandal y Suzuki, 2002; **Fernández Turiel et al., 2005.

Tabla 1. Tipos de agua en distintos lugares
Fuente: Mandal y Suzuki, 2002; Fernandez Turiel et al., 2005

La región afectada en la República Argentina es una de las más extensas del mundo, y comprende las provincias de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Tucumán, Catamarca, Salta, Jujuy, San Juan, Mendoza, La Rioja, Formosa y Chubut, entre otras. El rango de concentración hallado en la literatura va desde poco menos de 1 μg/l a 14000 μg/l (Nicolli et al., 1989, 1997; Pinedo y Zigarán, 1998; Cabrera et al., 2001; Smedley y Kinniburgh, 2002; Farías et al., 2003; González et al., 2003; Pérez-Carrera y Fernández-Cirelli, 2008; Bundschuh et al., 2008; Bhattacharya et al., 2006).

En aguas superficiales los niveles de As informados por distintos autores son, en general, menores que los reportados en agua subterránea. En ríos y lagos, el valor promedio de concentración de As informado en la literatura en general es inferior a 0.8 μg/l, aunque puede variar dependiendo de factores como: recarga (superficial y subterránea), drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y vertidos urbanos o industriales (Smedley y Kinniburgh, 2002). En la Cuenca del Plata (ríos Uruguay, Iguazú, Paraná y de la Plata) la concentración de As informada está entre 10 y 17 μg/l (INA, 2000). Las concentraciones elevadas de As en agua de ríos son poco frecuentes y en general se restringen a algunas cuencas endorreicas.

En Argentina el principal problema de salud pública producido por la ingesta de dosis elevadas de As durante largos períodos de tiempo es el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE).

El HACRE está asociado a varios efectos crónicos, entre ellos alteraciones de la piel tales como melanosis, queratosis y cáncer de piel; entre otros efectos del arsénico sobre la salud humana también se ha descripto su relación con la aparición de cáncer de vejiga, riñón y pulmón; patologías vasculares de las extremidades inferiores, diabetes, hipertensión arterial y trastornos reproductivos (UN, 2001). El tiempo que tarda en manifestarse el HACRE es variable: la sensibilidad de los individuos está relacionada con el estado de salud de la persona, su situación nutricional, factores genéticos, insolación, ingesta diaria, la concentración de As en el agua de consumo, el tiempo de exposición (Trelles et al., 1970; Biagini et al., 1995) y otros múltiples factores. Generalmente transcurren varios años hasta la aparición de los signos clínicos.

Existen otros elementos que pueden estar asociados geoquímicamente al arsénico, como es el caso del Fluor o el Selenio.

El flúor (F) que ingerimos procede de la dieta, estando presentes en las aguas de bebida y también en los alimentos en pequeñas cantidades. El flúor puede catalogarse como un elemento esencial, desde el punto de vista de la nutrición humana, ya que es un oligoelemento imprescindible para la formación de huesos y dientes; pero su exceso ocasiona desde manifestaciones estéticas (dientes “manchados”) hasta serios problemas en la salud: fluorosis ósea a invalidante.

La toxicidad aguda se produce por consumo accidental, la cual puede llevar al individuo a la muerte. Las intoxicaciones crónicas, provocadas por la absorción repetida de pequeñas dosis de derivados fluorados, se conocen con el nombre de fluorosis y se refieren en general al consumo de aguas relativamente ricas en flúor.

Los fluoruros están normalmente presentes en las aguas naturales, en especial subterráneas en las que son comunes contenidos del orden de 1,5 mg/l o más.

Es frecuente caracterizar grandes zonas territoriales en que las aguas subterráneas pueden aparecer con cantidades relativamente elevadas de flúor. Éstas, que generalmente son explotadas para satisfacer las necesidades para el consumo humano, presentan el enorme riesgo que al ser ingeridas en forma continua y por largos períodos resultan perjudiciales para la salud (Piñeda et al., 1998). En Argentina, la mayor parte del agua extraída del subsuelo proviene de sedimentos finos de origen eólico, producto de la orogenia andina, ricos en vidrios volcánicos y responsables de los elevados contenidos en arsénico y flúor entre otros elementos. De hecho, en Argentina, hay una amplia franja poblacional susceptible a enfermedades de este origen hídrico.

Los excesos de F deben abatirse con apropiados sistemas de tratamiento, mientras que deben agregarse sales de flúor cuando el agua de suministro tiene naturalmente bajos tenores. Las concentraciones recomendables son variables en función de las temperaturas mínimas medias, medias y máximas medias anuales del lugar.

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. Las fuentes principales de Se son los alimentos y en algunos casos el agua. Las deficiencias en la ingestión de Se pueden ocasionar diversos problemas, principalmente cardiacos y musculares. La exposición prolongada a dosis altas de Se (mayor de 900 (ig/d), puede producir selenosis, cuyos síntomas principales son caída del cabello, fragilidad de las uñas, olor gárlico del aliento, elevada prevalencia de caries y problemas neurológicos (Hurtado et al., 2007).

Este trabajo se desarrolla como parte de los estudios básicos para la adecuación de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de agua, en el marco de un proyecto de "hidroarsenicismo y saneamiento básico" de alcance federal, que en su momento se impulsara desde la Secretaría de Políticas Sanitarias, Regulación e Institutos y de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en conjunto con el Consejo Hídrico Federal-COHIFE, que actualmente ha empezado a instrumentarse por parte de algunas provincias. Los objetivos de este trabajo son:

1. Correlacionar el As entre la determinación realizada por laboratorios de APA - Chaco y DiOSSE - Santiago del Estero (SDDC), con el Laboratorio de Química de la UNNE (EAA - GH)
2. Encontrar una constante de correlación entre estas dos metodologías.
3. Correlacionar el As con los otros elementos como ser: Fluor y Selenio.

MATERIALES Y METODOS

El área comprendida por este estudio corresponde a las Provincias de Chaco y Santiago del Estero, que se encuentra indicada en la Figura 1 (Chaco se encuentra sombreado en color rosa y Santiago del Estero sombreado en celeste). Las muestras se recolectaron en envases plásticos, refrigerándolas a 4ºC. Para la determinación de As, las muestras fueron acidificadas con HNO_3. En todos los casos, se midió in situ, la temperatura y el pH, con un pHmetro de campo y la conductividad específica con un conductímetro de campo. Las muestras se realizaron por duplicado y se enviaron al Laboratorio de Química de la UNNE y a los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero (en estos casos, las muestras correspondientes a cada territorio).

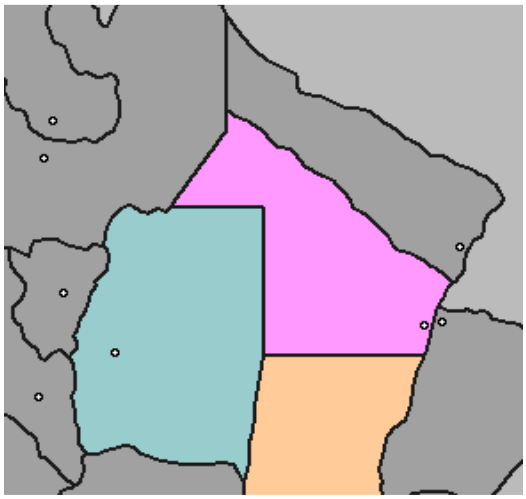

Figura 1. Ubicación de las provincias donde se realizaron los muestreos - Chaco y Santiago del Estero. Extraído de: Academia de Ciencias Luventicus

En el Laboratorio de la UNNE se determinó As y Se por Espectrometría de Absorción Atómica con Generación de Hidruros, según metodología estandarizada (Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater). Las determinaciones se realizaron por duplicado con un error relativo menor al 1%.

Para la cuantificación de As y Se en aguas se emplea la espectroscopia de absorción atómica por generación de hidruros. Esta técnica de atomización se basa en la propiedad de elementos como As y Se de formar hidruros volátiles por reacción del metal con el agente reductor borohidruro de sodio NaBH4, el cual lo convierte en hidruro gaseoso que es transportado por una corriente de gas inerte hacia el mechero o una celda calentada eléctricamente donde se descompone, liberando el analito de interés. Aquí, el haz de luz atraviesa los átomos y la disminución en su intensidad es función directa de la población del analito en la muestra. Esta técnica de atomización produce 500 - 1 000 veces más sensibilidad que la clásica técnica de llama (APHA, 1993).
En los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero se determinó As por el método de Espectrofotometría UV-visible con dietilditiocarbamato de plata -SDDC- y F por el método de 4500 FD SFADNS.

Comparación de múltiples poblaciones

La comparación de diversos conjuntos de resultados es habitual en los laboratorios analíticos. Así, por ejemplo, puede interesar comparar diversos métodos de análisis con diferentes características, diversos analistas entre sí, o una serie de laboratorios que analizan una misma muestra con el mismo método (ensayos colaborativos). También sería el caso cuando queremos analizar una muestra que ha estado sometida a diferentes tratamientos o ha estado almacenada en diferentes condiciones. En todos estos ejemplos hay dos posibles fuentes de variación: una es el error aleatorio en la medida y la otra es lo que se denomina factor controlado (tipo de método, diferentes condiciones, analista o laboratorio). Una de las herramientas estadísticas más utilizadas que permite la separación de las diversas fuentes de variación es el análisis de la varianza (ANOVA, del inglés Analysis of Variance) (Massart, 1997).
El ANOVA también puede utilizarse en situaciones donde ambas fuentes de variación son aleatorias.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se pueden observar los valores promedio, máximos y mínimos de los parámetros analizados por cada uno de los laboratorios en cuestión.

Analito	Laboratorio	Promedio	Máximo	Mínimo
ARSÉNICO As (ug/l)	APA	28,1	250,0	2,0
ARSÉNICO As (ug/l)	UNNE	24,84	97,6	2,0
ARSÉNICO As (ug/l)	DiOSSE	28,47	98,0	5,0
FLUOR F (ug/l)	APA	354,44	2180,0	0,0
FLUOR F (ug/l)	DiOSSE	1483,84	6020,0	61,0
SELENIO Se (ug/l)	UNNE	99,08	954,0	2,2

Tabla 2. Valores Promedios, Máximos y Mínimos de As, F y Se en los Laboratorios de la UNNE, APA y DiOSSE

Aplicación de ANOVA para la Determinación de As entre UNNE y APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero

En el Figura 2 y Figura 3, se representó en un gráfico de dispersión el contenido de As determinado por EAA – GH contra el contenido de As determinado por SDDC en los laboratorios de APA-Chaco y DiOSSE-Santiago del Estero, respectivamente.

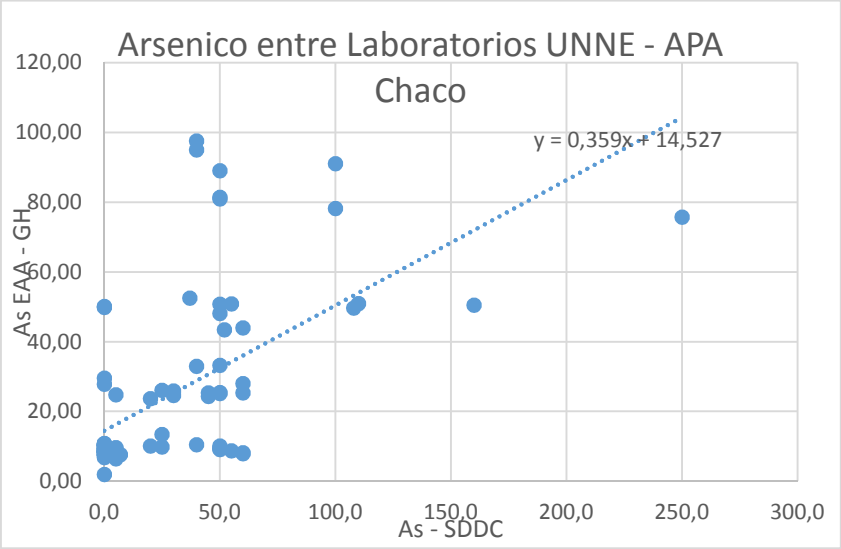

Figura 2. Gráfico de dispersión entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de APA-Chaco

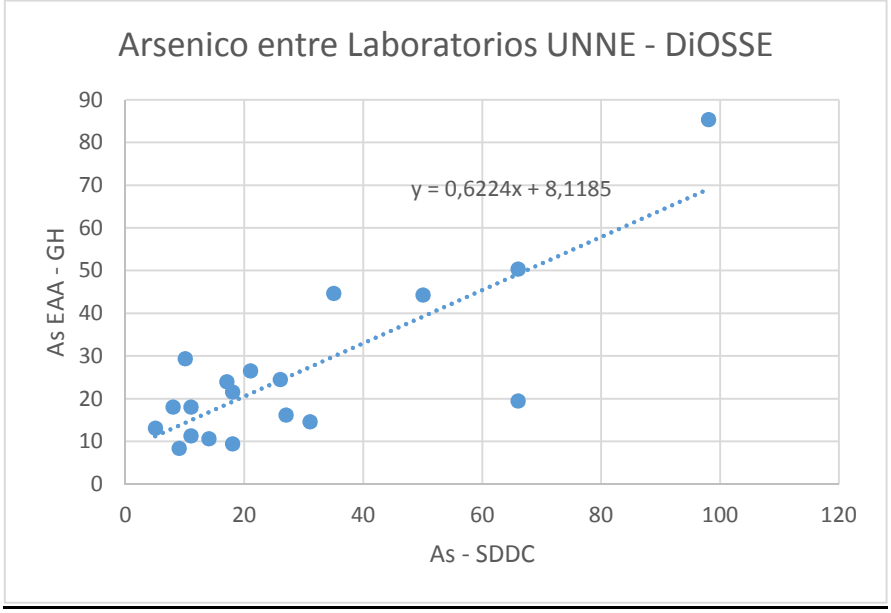

Figura 3. Gráfico de dispersión entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA SIMPLE (con un α = 0,05) de ambas metodologías para la determinación de As (EAA – GH y SDDC) entre los laboratorios. De esta análisis surgen la Tabla 3 y la Tabla 4, con los resultados del Análisis de Varianza.

El resultado del ANOVA (Análisis de varianza) indica el valor estadístico de la F. En este caso el valor de la F entre UNNE y APA-Chaco es 0,4597. Para saber si estos resultados son significativos (o sea, si la probabilidad P tiene un valor menor a 0,05), el valor de la F calculado necesita ser al menos

3,897 (o sea, el valor crítico de la F). Entonces, como el valor de "F" calculado es de 0,4597, es menor que el valor crítico de la F (3,897), se evidencian que no existen diferencias significativas.

De igual manera, si se analiza el valor de F entre UNNE y DiOSSE-Santiago del Estero, se aprecia que el F calculado (0,1352) es menor que el valor de F crítico (4,1131), por lo que no existen diferencias significativas.

De este análisis se refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos por los laboratorios empleando las distintas metodologías.

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Columna 1	85	2388	28,095	1642,91
Columna 2	85	2092,1	24,61	597,52

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	515,04	1	515,04	**0,459**	0,4986	**3,897**
Dentro de los grupos	188197,06	168	1120,22			
Total	188712,10	169				

Tabla 3. Análisis de Varianza entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de APA-Chaco

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Columna 1	19	541	28,4736842	616,040936
Columna 2	19	490,98	25,8410526	357,340232

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	65,84	1	65,84	**0,1352**	0,7151	**4,1131**
Dentro de los grupos	17520,86	36	486,69			
Total	17586,70	37				

Tabla 4. Análisis de Varianza entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero

Aplicación de ANOVA para la Determinación de As en la UNNE y para la Determinación de F en APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA DOBLE (con un $\alpha = 0,05$) de la determinación de As por la metodología EAA – GH en la UNNE y la determinación de F por la metodología 4500 FD SFADNS en los laboratorios de APA-Chaco y DiOSSE-Santiago del Estero. De esta análisis surgen la Tabla 5, con los resultados del Análisis de Varianza.
El valor de F calculado es menor que el valor crítico, por lo cual se evidencia que no existen diferencias significativas.
De este análisis se refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos por los laboratorios empleando las distintas metodologías. Sin embargo, no se ha podido establecer una correlación entre el As y el F.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	24048239,4	84	286288,56	0,994	0,5101	1,434
Columnas	1124779,28	1	1124779,28	3,906	0,0513	3,954
Error	24182637,2	84	287888,538			
Total	49355655,9	169				

Tabla 5. Análisis de Varianza entre la determinación de As del Laboratorio de Química de la UNNE y la determinación de F del Laboratorio de APA-Chaco y Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero

Aplicación de ANOVA para la Determinación de As en la UNNE y para la Determinación de Se en la UNNE

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA DOBLE (con un $\alpha = 0,05$) de la determinación de As por la metodología EAA – GH en la UNNE y la determinación de Se por la metodología EAA – GH en la UNNE. De esta análisis surgen la Tabla 6, con los resultados del Análisis de Varianza.
El valor de F calculado es mayor que el valor crítico, por lo cual se evidencia que existen diferencias significativas.
De este análisis se refleja que existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos. Al igual que en el caso del F, no se ha podido establecer un correlación con los datos obtenidos.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	1405795,63	84	16735,66	0,9367	0,6173	1,4347
Columnas	235700,15	1	235700,15	13,193	0,0004	3,9545
Error	1500702,18	84	17865,502			
Total	3142197,97	169				

Tabla 6. Análisis de Varianza entre As y Se en el Laboratorio de Química de la UNNE

CONCLUSIONES

Se aplicó la metodología ANOVA a los resultados de las muestras analizadas en los diferentes laboratorios y con distintas metodologías. Si bien existen variaciones en el contenido de As entre ambas metodologías para las distintas muestras analizadas, del análisis estadístico realizado comparando las determinaciones entre el Laboratorio de Química de la UNNE y los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero, surge que no hay variación estadísticamente significativa en los resultados obtenidos.

Los valores promedios de Arsénico para los tres laboratorios tienen un valor de 25 µg/l, con valores entre 2 y 250 µg/l.

Con respecto a la relación entre el As y los otros elementos, en el caso del F se evidenció que no existen diferencias significativas mientras que en el Se si se detectó que existían diferencias estadísticamente significativas. Con los datos disponibles aún no se puede establecer una correlación que permita asociar el F o el Se con As.

REFERENCIAS

APHA (American Public Health Association) (1993) Standard Methods for the Examination of Water and Wasteswater. 22 ed. USA: 3-10 a 3-11, 3-34 a 3-39, 3-89 y 3-91, métodos 3030 F, 3114 B y C y 3500-Se A, 874 p; Washington DC

BHATTACHARYA P, CLAESSON M, BUNDSCHUH J, SRACEK O, FAGERBERG J, JACKS G, MARTIN R, STORNIOLO A & THIR JM. (2006) Distribution and mobility of arsenic in the Río Dulce alluvial aquifers in Santiago del Estero Province, Argentina. Science of the Total Environment, 358: 97– 120

BIAGINI R, SALVADOR M, QUEIRO R, TORRES SORUCO C, BIAGINI M & DIEZ BARRANTES A. (1995) HACRE, casos diagnosticados en el período 1972/1993. Archivo Argentino de Dermatología, 45: 47-52

BOYLE D, TURNER R & HALL G. (1998) Anomalous arsenic concentrations in groundwaters of an island community, Bowen Island, British Columbia. Environmental Geochemistry and Health, 20: 199-212

BUNDSCHUH J, NICOLLI H, BLANCO M DEL C, BLARASIN M, FARÍAS S CUMBAL L, PÉREZ CARRERA A, FERNÁNDEZ CIRELLI A, CORNEJO L, GUEREQUIZ R, GARCIA ME, QUINTANILLA J, DESCHAMPS, E, VIOLA Z & CASTRO DE ESPARZA ML. (2008) Distribución de arsénico en la región Sudamericana. Cap 7: 137-185 En: Bundschuh J, Pérez Carrera A & Litter M (eds) Distribución de arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana.Publicación CYTED: 230 p

CABRERA A, BLARASIN M & VILLALBA G. (2001) Groundwater contaminated with arsenic and fluoride in the Argentine pampean plain. Journal of Environmental Hydrology, 9: 6-12

FARÍAS SS, CASA V, VÁZQUEZ C, FERPOZZI L, PUCCI G & COHEN I. (2003) Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. The Science of the Total Environment, 309: 187-199

GONZÁLEZ D, FERRÚA N, CID J, SANSONE G & JIMÉNEZ I. (2003) Arsénico en aguas de San Luis (Argentina). Uso de un equipo alternativo Al De Gutzeit modificado. Acta Toxicológica Argentina, 11 (1): 3-6

GUMMOW B, BOTHA C, NOORDHUIZEN J & HEESTERBEEK J. (2005) The public health implications of farming cattle in areas with high background concentrations of vanadium. Preventive Veterinary Medicine, 72: 281-290

HURTADO R, GARDEA J, HURTADO R. (2007) Evaluación de la exposición a selenio en Los Altos de Jalisco, México. Revista Salud Pública de México.; 49(4):312-315.

INA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente). (2000) Reporte de datos de calidad de agua. Comité Intergubernamental Coordinador de los países de la Cuenca del Plata. Buenos Aires, Argentina Disponible en: http://www.pnuma.org/agua-miaac

MANDAL B.K., SUZUKI K.T. (2002) Arsenic round the world: a review, Talanta, 58, 201-235.

MASSART, VANDEGINSTE, BUYDENS, DE JONG, LEWI, SMEYERS-VERBEKE. (1997) “Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A”, Elsevier, Amsterdam.

NICOLLI H, SURIANO J, GOMEZ PERAL M, FERPOZZI L & BALEANI O. (1989) Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. Environmental Geology Water Science, 14 (1): 3-16

NICOLLI H, SMEDLEY P & TULIO J. (1997) Aguas subterráneas con altos contenidos de F, As, Se y otros oligoelementos en el norte de la provincia de La Pampa. Actas Congreso Internacional de Aguas, Buenos Aires, Argentina, III:40

PÉREZ CARRERA A, MOSCUZZA C & FERNÁNDEZ CIRELLI A. (2008) Transfer of arsenic from contaminated dairy cattle drinking water to milk (Córdoba, Argentina). P 419-424 En: Bundschuh J, Armienta MA, Bhattacharya P, Matschullat J & Mukherjee AB (eds.) Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. Arsenic in the environment. Taylor & Francis/Balkema. Leiden, The Netherlands: 782 p

PINEDO M & ZIGARÁN A. (1998) Hidroarsenicismo en la Provincia de Córdoba, Actualización del mapa de Riesgo e Incidencia. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Lima, Perú. www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/argsam024.pdf

PIÑEDA, H. ; REARTES, N.; SERENO S.; FRANGIE, S.; BOLOGNA C.Y SERENO L. (1998) Eliminación de fluoruros utilizando hidroxiapatita. Actas Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

SMEDLEY P & KINNINBURGH D. (2002) A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry, 17: 517-568

TAYLOR S.R., MCLENNAN S.M., (1985) The continental Crust: Its Composition and Evolution, Blackwell Scientific Publications, London.

TRELLES R, LARGHI A & PÁEZ J. (1970) El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana con contenidos elevados de arsénico, vanadio y flúor. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Instituto de Ingeniería Sanitaria, publicación Nº4: 96 p

UN (United Nations) (2001) Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water. UN, Geneva: 390 p

ABSTRACT

The main environmental problem caused by arsenic is given by the so-called endemic regional chronic hydroarsenicism (HACRE), produced by the direct and indirect consumption of water with high concentrations over a long time. This work is developed as part of the basic studies for the adaptation of criteria and priorities in health coverage and quality of water in the Chaco and Santiago del Estero. In the first stage 130 samples of water sources and services in different locations in these jurisdictions were made. In addition to determinations of arsenic (which returned values between 3 and 250 g / l) other information that may be geochemically associated with arsenic and / or be relevant in the next stage of studies were analyzed . From this work may have indicators to establish public policies to improve health and quality of life of populations emerging society.

Keywords: Hydroarsenicism , Health, Environment