

## AGUAS ARSENICALES DEL CHACO SALTEÑO: ESTUDIO ESTADÍSTICO PRELIMINAR

Analia Boemo e Irene M. Lomniczi

Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.  
Av. Bolivia 5150. (4400) Salta, Argentina. [aboemo@unsa.edu.ar](mailto:aboemo@unsa.edu.ar)

### Introducción

El arsénico (As), ampliamente distribuido en la naturaleza, ingresa al agua subterránea por la meteorización de rocas y sedimentos de cenizas volcánicas, confiriéndoles una toxicidad acorde a la concentración y forma química de los compuestos arsenicales presentes. En Argentina el arsénico se distribuye en la cordillera andina y en la llanura chaco-pampeana producto del vulcanismo cuaternario afectando a millones de habitantes que están expuestos a la ingestión crónica de agua con contenidos superiores a 0,010 mg As/L, valor de referencia internacional(1).

Para estudiar la exposición a arsenicosis crónica de la población dispersa del Departamento Rivadavia Banda Sur, Salta, se tomaron 20 muestras georreferenciadas de aguas subterráneas. De acuerdo a las concentraciones de los componentes mayoritarios, éstas se distribuyen geoquímicamente entre los grupos carbonatadas, sulfatadas y cloruradas sódicas, y sulfatadas y bicarbonatadas cálcicas. Se analizaron, además, algunos componentes minoritarios como cinc (Zn), fluoruro (F), (Fe), manganeso (Mn), sílice (SiO<sub>2</sub>) y fosfato (PO<sub>4</sub>) así como algunos componentes traza como arsénico (As), selenio (Se) y antimonio (Sb).

Los datos de concentración log-transformados y normalizados usando su media aritmética y su desviación estándar se sometieron a tratamiento estadístico por Clasificación Ascendente Jerárquica (CAJ) y las de aquellos elementos que resultan relevantes desde el punto de vista toxicológico referido a arsenicosis y para la remoción del arsénico en las aguas se analizaron por Componentes Principales (ACP). El resultado permite agrupar los pozos de acuerdo a la similitud de sus características y relacionar este agrupamiento con la situación geográfica.

### Metodología

Para la selección de los sitios de muestreo se tuvieron en cuenta los datos previos del contenido de As en las aguas subterráneas, la presencia de escuelas con población aledaña que comparten el recurso, así como la accesibilidad y potencial colaboración por parte de profesionales sanitarios.

Los componentes de las aguas se analizaron siguiendo métodos normalizados (2) o variaciones probadas: cloruro y alcalinidad total se determinaron volumétricamente, sulfato por una técnica turbidimétrica, y los metales de interés por espectrometría de absorción atómica en llama o atomización electrotrémica. Arsénico, antimonio y selenio se cuantificaron utilizando absorción atómica previa generación de sus respectivos hidruros. Sílice, fosfato, nitrato y fluoruro se determinaron por espectrometría de absorción molecular UV-Visible.

Se utilizó el software XLSTAT 2007 (Microsoft Excel) para el tratamiento estadístico de los datos. Las locaciones se georreferenciaron utilizando un GPS Garmin II.

### Resultados

De los elementos minoritarios y traza, fosfato, Se, Fe y Mn presentaron valores menores a los Límites de Detección respectivos en al menos el 55% de los pozos, nitrato carece de interés analítico en lo referente a arsenicosis y la concentración de

Sb fue siempre menor al valor de referencia (0,020 mg/L). De esta manera, As, Zn, sílice y fluoruro fueron los componentes incluidos en el tratamiento estadístico posterior

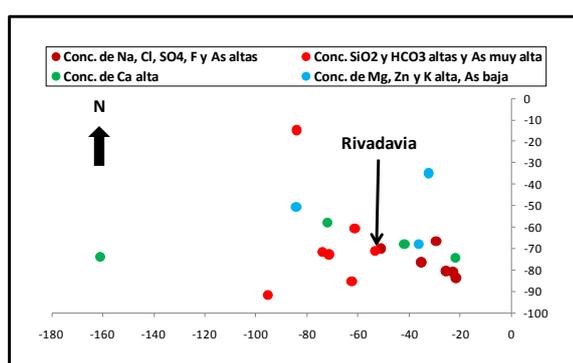
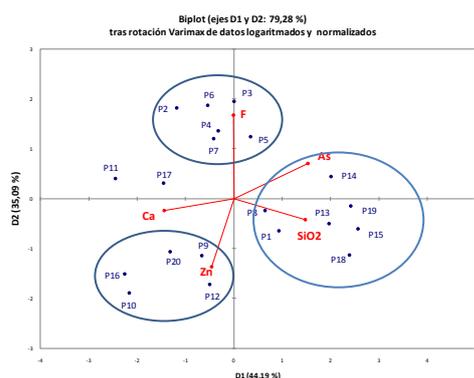
Se utilizaron dos métodos diferentes para el agrupamiento jerárquico de los datos de concentración de componentes mayoritarios, minoritarios y trazas. Cuando se usó el método CAJ por similitud, los pozos se agruparon en dos grandes clases, de las cuales la primera resultó a su vez dividida en dos:

Grupo 1	P1, P8, P13, P14, P15, P18, P19
	P2, P3, P4, P5, P6, P7
Grupo 2	P9, P10, P11, P12, P16, P17, P20

La aplicación de análisis inverso por componentes principales después de una rotación Varimax agrupó las concentraciones en dos factores. Uno comprende F y en sentido opuesto Mg y Zn, y el otro está caracterizado por As, SiO<sub>2</sub> y HCO<sub>3</sub>, con Ca en sentido opuesto. En la representación biplot de D1 vs D2 los sitios de muestreo se distribuyen en cuatro clases, caracterizadas por las altas concentraciones de los siguientes componentes:

Grupo 1	HCO <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , As	P1, P8, P13, P14, P15, P18, P19
Grupo 2	Na, Cl, SO <sub>4</sub> , F	P2, P3, P4, P5, P6, P7
Grupo 3	Ca	P11, P16, P17
Grupo 4	Mg, Zn, K	P9, P10, P12, P20

Para el análisis por componentes principales se tomaron como variables los logaritmos de las concentraciones de Ca, As, Zn, F y SiO<sub>2</sub>. Resultan significativas las siguientes correlaciones: As, F y SiO<sub>2</sub> (positiva), As y Ca (negativa), y As, F con Zn (negativa). La rotación Varimax permitió obtener una mejor separación de las variables; los ejes rotados D1 y D2 reúnen el 79% de la varianza. La separación de los pozos en la representación biplot está en concordancia con lo observado por CAJ y la ubicación geográfica relativa correspondiente a los cuatro grupos define zonas que exigen diferente tratamiento de abatimiento de As:



## Conclusiones

El análisis estadístico multivariado distribuyó las 20 fuentes de agua subterránea estudiadas de la zona del Chaco salteño en grupos caracterizados por sus componentes mayoritarios, minoritarios y trazas: las aguas carbonatadas con alto contenido en SiO<sub>2</sub> poseen concentraciones extremadamente elevadas de As, las cloruradas-sulfatadas de sodio no solo son concentradas en As sino también en F, y las cálcicas, que contienen altas concentraciones de Mg, Zn y K, son las de menor

tenor de As. Para aplicaciones posteriores de técnicas de abatimiento factibles de ser utilizadas se deberán considerar los altos contenidos de silicato, ya que éste compite con las especies inorgánicas del arsénico por los sitios activos de las resinas de intercambio iónico. Como contrapartida, la presencia de calcio puede favorecer el proceso de remoción.

La agrupación de pozos de igual característica ayudará a seleccionar conjuntos poblacionales con fines de estudios epidemiológicos a ser encarados en forma conjunta con el Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Salta.

### **Referencias**

- 1.- Código Alimentario Argentino. Resoluciones conjuntas 2007, 68/2007 y 196/2007.
- 2.- Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA, AWWA, WPCF. Ed. Díaz de Santos, Madrid (1992).