

# PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA PAMPA

Carlos J. Schulz<sup>1,2,4</sup>, Eduardo C. Castro<sup>2,3</sup>, Eduardo Mariño<sup>2</sup>. 2005. II° Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea y IV° Congreso Hidrogeológico Argentino, Río Cuarto, Argentina.

1)Facultad de Ciencias Humanas (UNLPam).

2)Facultad de C. Exactas y Naturales (UNLPam).

3)Comisión Provincial de Aprovechamiento Hídrico (L.P)

4) Secretaría de Recursos Hídricos de la Pampa, Santa Rosa, La Pampa. Argentina.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Aguas de bebida](#)

## RESUMEN

La presencia de arsénico y otros elementos en las aguas para consumo humano en la Provincia de La Pampa plantean una serie de interrogantes que nos lleva a establecer nuevas líneas de razonamiento que tiendan a establecer otras pautas de control y eliminación de los mismos, en aquellos casos en que sus guarismos son superiores a los permisibles. A raíz de ello, se han llevado a cabo multitud de trabajos de investigación a fin de conocer los mecanismos de acción de este elemento, ya sea por exceso o por defecto. Se plantea así una cuestión muy difícil de resolver al tratar de definir zonas con distintos valores de estos elementos, por la complejidad antes descritas, o sea tanto horizontal como verticales, aunque hay áreas que sobresalen del resto por su elevado contenido como son Arata, Luan Toro, Conelo, norte de Santa Rosa, etc. (Schulz y Lastiri,1992). Por otra parte es casi imposible poder lograr una definición clara y concisa del comportamiento del arsénico en el agua subterránea, pero si podemos deducir que generalmente en acuíferos cercanos a la superficie (freáticos) las aguas son de excelente calidad, salvo por los elevados tenores de este elemento. Por el contrario en aguas alojadas en profundidad y principalmente las separadas por una capa impermeable se observa una disminución del contenido de estos, aunque se nota un incremento en sulfatos y dureza. Ejemplos de la anarquía de patrones hidrogeológicos e hidroquímicos que presenta el arsénico en nuestro medio, tanto en lo que respecta a su distribución areal como vertical, se verifican en casos en que en un mismo sector se pueden localizar valores de 0,05 mg/1 en la parte superior del acuífero y 0,30 mg/1 en profundidad o exactamente el fenómeno a la inversa. Asimismo, también es importante determinar en que estado de valencia se encuentra, si como arsénico trivalente o pentavalente, ya que de ello depende en gran parte su nocividad o toxicidad que afecta a la salud humana. anárquico

Palabras claves: La Pampa, arsénico, hidroquímica

## INTRODUCCIÓN

A efectos de la localización de las actividades humanas, el agua ha de considerarse desde tres puntos de vista: como recurso, como medio receptor de residuos y como ecosistema. Desde el punto de vista del recurso, el agua debe ser inventariada fundamentalmente en términos de cantidad y calidad en función al uso que se le destine.

Se ha definido a la calidad del agua como resultado de dos mecanismos principales: 1) las acciones antrópicas y 2) la dinámica del ciclo hidrológico, y de sus interacciones en el espacio y en el tiempo. Por tanto, la gestión de la calidad de las aguas debe considerar ambos mecanismos que puedan ser descriptos como procesos estocásticos, en la medida que uno u otro mecanismo estén gobernados por las leyes de cambio. Así, la calidad del agua, desde una perspectiva amplia de gestión, pueda ser considerada como una variable aleatoria. La calidad del agua, como calidad ambiental, debe ser interpretada en clave humana. (Castro et al., 1997). Hay elementos en el agua subterránea, tales como el arsénico y otros que, cuando su presencia supera determinados límites, se convierten en tóxicos, en tanto que su ausencia también origina inconvenientes en la salud.

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento de toda la Provincia de La Pampa, gran parte de la Provincia de Córdoba y prácticamente todo el Oeste Bonaerense. Ello significa que tales áreas dependen casi exclusivamente de este recurso que constituye un elemento primordial para el sustento y desarrollo de la misma (Schulz et al., 1998).

Extensas regiones de las tres provincias mencionadas ven disminuidas las posibilidades de obtener agua potable por presentarse éstas con elevados contenidos principalmente de arsénico, Flúor y Vanadio, lo que las hace no aptas para el consumo humano.

El problema del arsénico en el agua de bebida se viene tratando en Argentina desde hace varios años cuando epidemiólogos de Córdoba y otras provincias de ese país evidenciaron y asociaron la enfermedad del HACRE (daños a la piel) con la presencia del arsénico en el agua de bebida.

## EL AGUA POTABLE EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

La cobertura de los servicios alcanzaba a fines de la década del '80 al 70% de la población, con una fuerte tendencia al crecimiento dado por la construcción de las obras de abastecimiento de agua potable en las dos ciudades más grandes de nuestra Provincia, tales como Santa Rosa y General Pico, donde se localizaba el 80% de la población sin suministro de agua.

De acuerdo a los datos suministrados por la Dirección de Estadísticas y Censos de La Pampa a la fecha la población total provincial se estima en aproximadamente 300.000 habitantes, con 277.497 urbanos, de los cuales Santa Rosa tiene 100.000 y General Pico 50.000, lo que implica que más de la mitad de la población urbana habita en estas dos ciudades, confirmando la tendencia nacional a la concentración en los centros más poblados determinando un total de 258.072 conexiones, que representa un porcentaje de cobertura cercano al 93 %, mientras que el resto habita en el sector rural dependiendo también casi exclusivamente de estos acuíferos.

La explotación se encuentra sumamente restringida por el contenido de los elementos arsénico, flúor y vanadio. Representa un alto grado de complejidad poder delimitar zonas con distintos valores, ya que su comportamiento es distinto según se lo considere en su distribución horizontal o vertical.

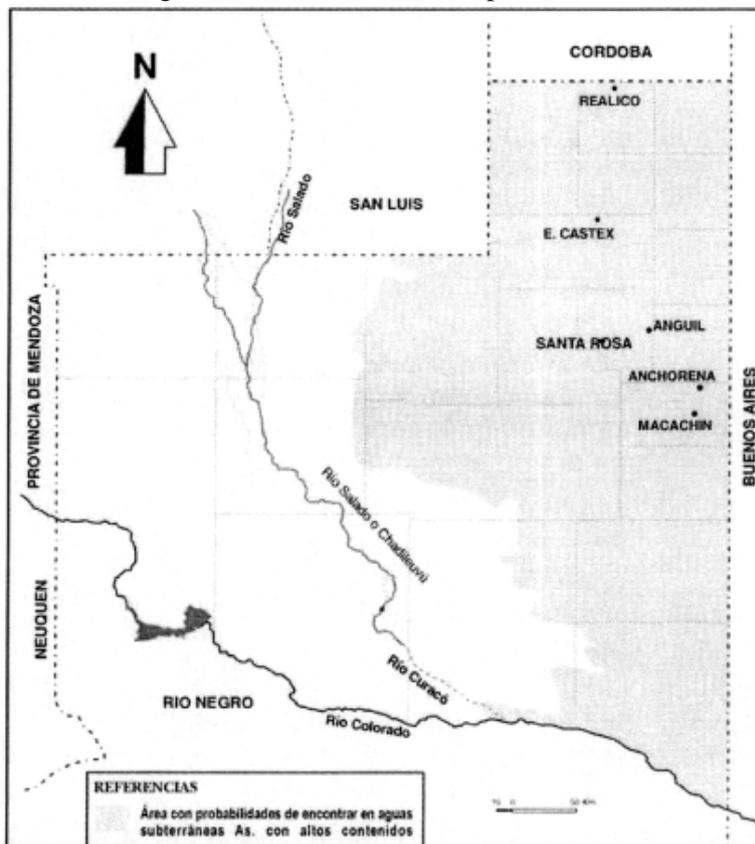
Es importante destacar que son numerosas las áreas que sobresalen del resto por su elevado contenido arsénico, todas ellas ubicadas en el sector centro-este de la provincia concordantes con la misma región hídrica del oeste de Buenos Aires, sur de Córdoba y sureste de San Luis y análogas con la presencia del Acuífero Pampeano (Fig. 1) (Schulz et al., 2002).

No obstante lo citado precedentemente, también se presenta en menores cantidades en otras zonas y departamento de la provincia, coexistiendo con sectores acuíferos portadores de aguas de muy buena calidad, fundamentalmente aquellas ligadas a áreas arenosas, de médanos o de recarga, de donde se extrae el agua para los servicios de provisión. En aquellos casos que las poblaciones no tienen la posibilidad de tener agua de buena calidad, cuentan con plantas de tratamiento por el sistema de ósmosis inversa para consumo humano.

Los sistemas de saneamiento, agua potable y cloacas, son en la actualidad importantes reflejos del grado de desarrollo de una sociedad y la falta de estos trae aparejado importantes problemas que derivan en enfermedades de origen hídrico, de allí la importancia de la participación comunitaria.

La prestación de los servicios de provisión de agua la hacen las cooperativas en mas del 80% de los casos, y los municipios y/o Comisiones de Fomento al resto de la población. La calidad del agua que se consume es un dato de enorme significación dado que es muy frecuente la presencia en exceso de flúor y arsénico en los acuíferos disponibles para su explotación. La falta de disponibilidad de fuentes alternativas de explotación ha llevado a buscar otras soluciones para mejorar la calidad del agua de consumo.

Figura 1.- Ubicación del área problemática



En forma permanente, el organismo de aplicación provincial realiza exploraciones a fin de detectar acuíferos aceptables y cuando ello no es posible, se trata de instalar plantas de tratamiento a través del proceso de ósmosis Inversa para producir agua potable solo para consumo humano. Dichas plantas son de tipo modular, efectuándose la distribución a través de envases inviolables a cada usuario (Castro et al., 1997)

### EL ARSÉNICO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

El comportamiento generalmente errático del arsénico demuestra la complejidad extrema sobre la determinación de su presencia y su predicción. Existen serias dificultades para relacionar las variaciones de las concentraciones de estos elementos con los restantes iones mayoritarios en el agua debido a la anarquía de patrones de distribución en los acuíferos.

No obstante hay dos factores condicionantes que hacen a la presencia o no de este elemento e inclusive de otros tales como selenio, uranio, vanadio, etc. (Nicolli et al., 1997), tales como el espacio, distribuido en tres aspectos fundamentales que son: a) factores climáticos, b) factores geológicos (estructurales y litológicos) y c) geomorfología, y el tiempo, dependiente del primer factor, fundamentalmente de la lluvia (Schulz et al., 2002).

El principal almacén hidrogeológico de la región, con carácter predominantemente acuitado, lo constituye la formación Cerro Azul (Linares et al., 1980) y a la que podría asignarse una edad del Mioceno Superior (Goin et al., 2000). Ésta se caracteriza por constituir una secuencia sedimentaria integrada por arenas muy finas y limosas, en sus términos superiores, en tanto que en profundidad se hace más limosa hasta limo-arcillosa. Esta formación está cubierta por una capa arenosa eólica de espesor variable de granulometría gruesa en la base y de fina a media en la mayor parte del perfil. En algunos sectores esta capa tiene una potencia muy reducida y no participa como roca almacén del agua subterránea pero incide fundamentalmente en el proceso de infiltración del agua de lluvia.

Si bien el escurrimiento subterráneo regional es hacia el este, la configuración geomorfológica expuesta determina distintas situaciones en cuanto a la dinámica del agua subterránea. Las formas elevadas del relieve se comportan como áreas de recarga, en tanto que las depresiones de ubicación intermedanas actúan como áreas de descarga, formando lagunas o bañados, permanentes o temporales. Las áreas de conducción se localizan en los sectores intermedios entre los anteriores, tienen un relieve predominantemente llano y pendiente oriental. Las áreas de recarga constituyen importantes acuíferos para la región, algunos de ellos objetos de explotación intensiva o parcial, para la atención de servicios públicos de provisión de agua potable. Su baja salinidad y contenido aceptable de elementos perniciosos se extiende solamente hasta profundidades de 25 ó 30 m, más allá de las cuales, si bien se mantiene un contenido salino apropiado, se hace notorio el incremento, tanto del flúor como del arsénico. Las aguas de descarga, por el contrario, resultan en muchos sectores, prácticamente inaprovechables, tanto por los elevados tenores salinos o por excesos marcados de los oligoelementos mencionados, aun en aguas de moderada salinidad.

En las Figuras 2, 3 y 4 podemos observar la variación del contenido de arsénico en los pozos de explotación de tres localidades, Realicó, Eduardo Castex y Macachín. Si bien estos pozos tienen la ascendencia de la explotación de agua potable por las distintas localidades creemos que esta extracción no tiene influencia sobre la recarga del mismo. No obstante estas variaciones son de carácter preliminar ya que pueden tener errores analíticos o de muestreo. La variación espacial constituye un rasgo característico. La distribución de los pozos con más alto contenido de arsénico no parece responder a ningún patrón de agrupamiento. Esta característica podría atribuirse a una multiplicidad de factores (climáticos, hidroquímicos, litológicos e hidráulicos) y también a la acción combinada de todos o algunos de ellos (Schulz et al., 1998).

Figura 2.- Evolución del contenido de As en Macachín

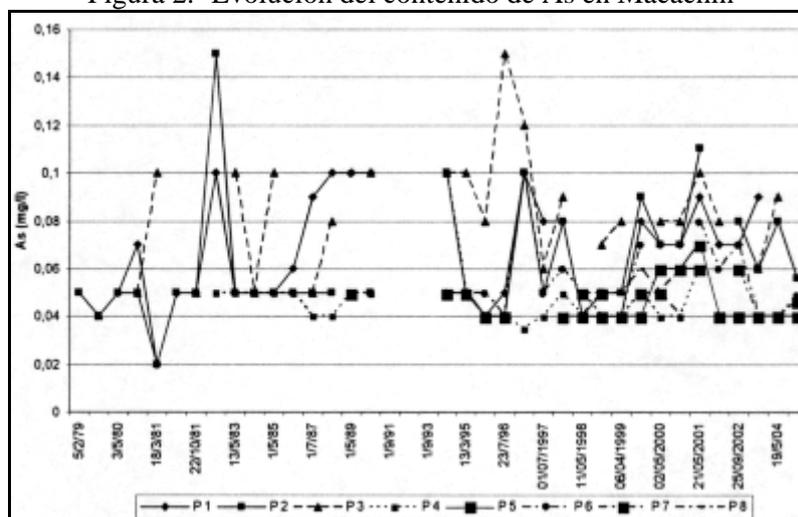


Figura 3.- Evolución del contenido de As en Eduardo Castex

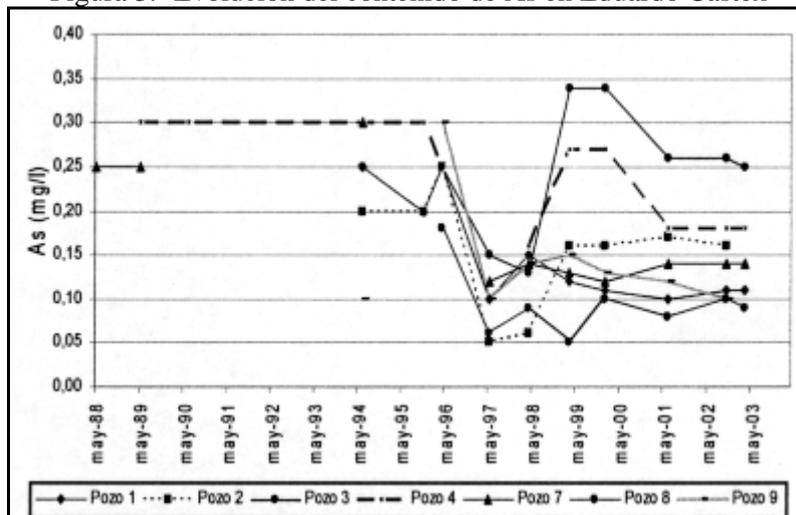
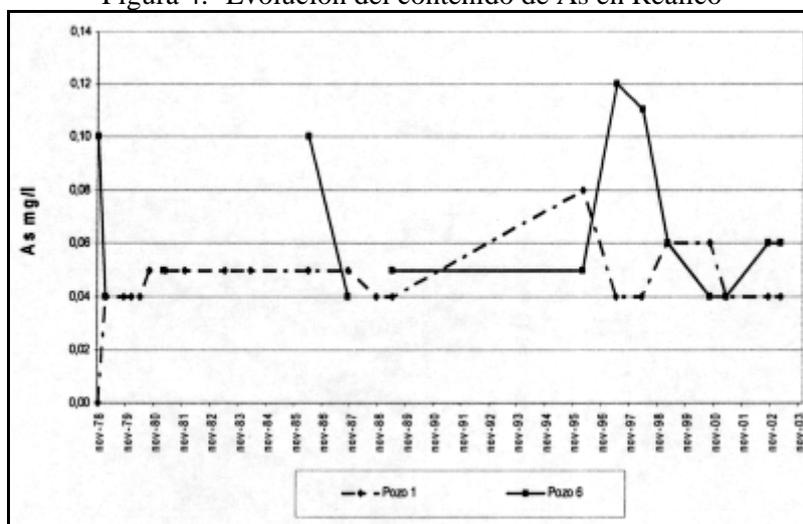


Figura 4.- Evolución del contenido de As en Realicó



Si se tiene en cuenta que la roca base que da origen a los sedimentos que forman el acuífero del cual se extraerá agua, es lógico suponer que pueda contener minerales con cantidades importantes y que contengan arsénico y además que potencialmente puedan ser liberados al flujo subterráneo.

El comportamiento generalmente errático del arsénico demuestra la complejidad extrema sobre la determinación de su presencia y su predicción. Existen serias dificultades para relacionar las variaciones de las concentraciones de este elemento con los restantes iones mayoritarios en el agua, debido a la anarquía de patrones de distribución en los acuíferos (Schulz et al., 2001). Si puede citarse que las variables principales que definen el mayor o menor grado de interacción del arsénico con el medio sólido, son: el pH, la solubilidad de minerales portadores de arsénico y la composición de las soluciones percolantes (Schulz y Lastiri, 1992).

El análisis de los datos suministrados por la perforación de la localidad de Anchorena (La Pampa), sirven para una aproximación al comportamiento hidroquímico en sentido vertical. De allí surge (Figura 5) que para los tres primeros niveles ensayados se verifica una estratificación hidroquímica que podríamos denominarla normal, con aumento de la salinidad en profundidad, acompañado por un ablandamiento del agua y un consecuente incremento del arsénico. Como se observa, en el nivel más profundo no se mantiene esa tendencia, lo que se atribuye a que se trataría de una zona de mezcla entre los dos niveles acuíferos presentes en la región (Schulz et al., 2002).

En la perforación de la localidad de Anguil (Figura 6), a la inversa del ejemplo anterior, hay una marcada disminución en los contenidos de arsénico hasta los 55 metros, a partir de los cuales se hace casi homogéneo hasta el final. En cuanto a la dureza, calcio y magnesio, se verifica un incremento progresivo y a los 55 y 80 metros se producen cambios más o menos bruscos aumentando la concentración (Castro y Tullio, 1989).

Figura 5.- Evolución hidroquímica en profundidad para Anchorena (valores expresados en mg/l)

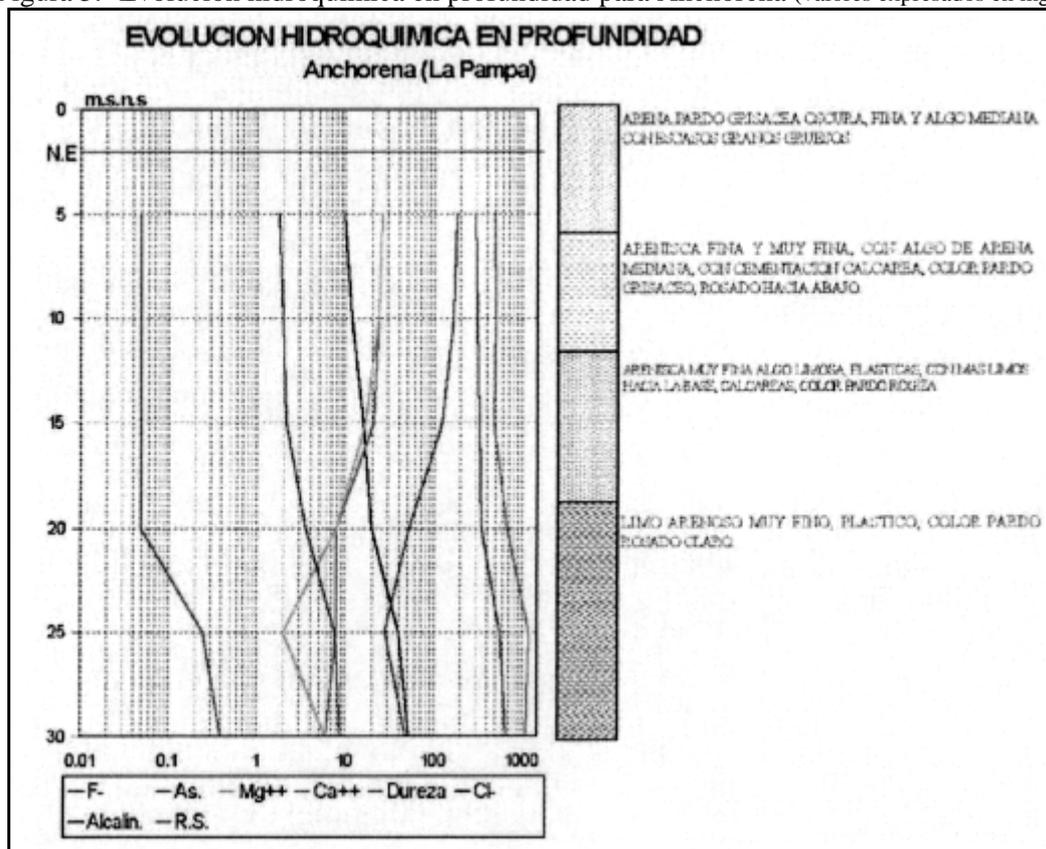
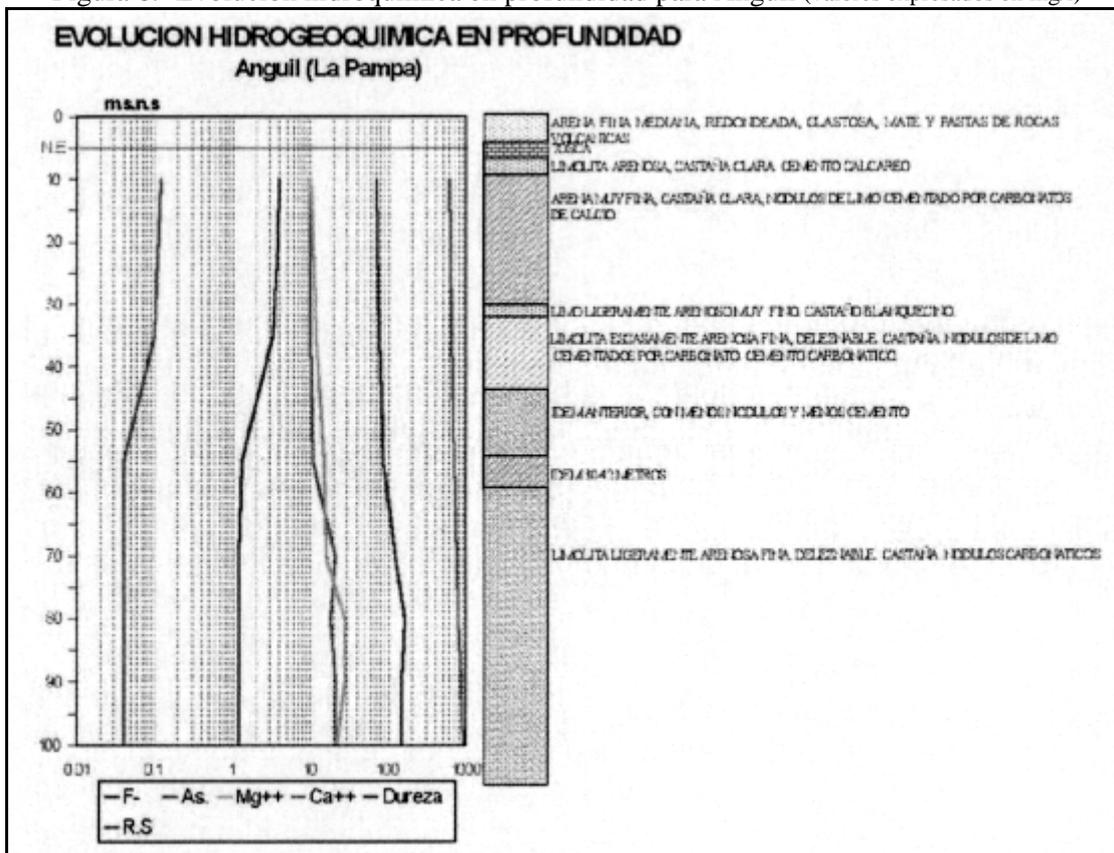


Figura 6.- Evolución hidroquímica en profundidad para Anguil (valores expresados en mg/l)



Por otra parte se ha comparado en dos localidades, Macachín situada en el centro este de la Provincia y Realicó al norte de la misma, las concentraciones de arsénico con la de distintos iones presentes en el agua subterránea. Los datos fueron suministrados por la Administración Provincial del Agua de La Pampa. Podemos observar una tendencia positiva en su relación con el flúor, bicarbonatos, sulfatos, pH la salinidad, y levemente negativa para la

dureza, todos estos para Macachín. Por otra parte, en Realicó observamos una tendencia negativa para los bicarbonatos, pH y dureza.

Esta anarquía de patrones de comportamiento del arsénico, puede de alguna manera explicarse mediante el concepto del equilibrio parcial o local postulado por Kraynov et al. (1980) que indica que un sistema que regionalmente se encuentra en desequilibrio (como es el caso de acuíferos de nuestra provincia), puede ser dividido o sectorizado en varias partes menores o celdas que cumplen con la condición de equilibrio químico en un momento dado. Esta zona mas pequeñas que se encuentran en equilibrio local, no están en equilibrio entre sí, lo que reflejaría el estado de desequilibrio general del sistema hidroquímico mayor.

Esta situación podría explicar, en alguna manera, los desequilibrios que presentan algunos acuíferos en nuestra provincia cuando en muy poca distancia y a las mismas profundidades, las variaciones del arsénico son por demás significativas como para interpretarse y relacionarlas solamente a variaciones temporales ó al producto de los efectos de las precipitaciones y/o explotaciones.

Por lo expuesto, no resulta para nada sencillo, ni geoquímica ni hidrogeoquímicamente, establecer los mecanismos que gobiernan el aporte de sales por parte de los sedimentos que conforman la zona no saturada (ZNS) y zona saturada (ZS), ni el tiempo de contacto entre el agua y el material que la contiene. En este fenómeno y a criterio de los autores, deben contemplarse además una serie de factores y parámetros, tales como la alterabilidad de los materiales ante el disolvente universal, las condiciones climáticas, la química de las aguas de recarga, los tiempos de contacto, la sinuosidad del camino recorrido, los procesos biológicos que se han llevado a cabo en su transcurso, los parámetros hidrogeológicos tales como la transmisividad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, etc., todos factores éstos que escapan a los propósitos del presente trabajo.

Finalmente y para concluir con este punto, el estudio de la hidrogeoquímica del arsénico en el área en cuestión debe abordarse con preferencia en la discriminación detallada de la estratificación hidroquímica y de los procesos modificadores actuantes durante la infiltración. A partir de estos conceptos es de destacar que los estudios hidrogeológicos, con especial énfasis en la hidroquímica son de mucha importancia, ya que el conocimiento detallado de una zona implicaría sumar o restar importantes volúmenes de agua de reservas estimadas, permitiendo de esta manera evitar la mala explotación del recurso que en última instancia afectaría su marco de sustentabilidad.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- ◆ Las conclusiones que se mencionan son un resumen, ya que el total de las mismas se puede encontrar en las publicaciones mencionadas anteriormente.
- ◆ Se puede afirmar, en función de los datos expuestos, que vastos sectores del centro-este de La Pampa presentan aguas subterráneas con elevados tenores de arsénico. Este inconveniente se ve agravado en función de que el arsénico se presenta en forma cuantitativamente muy heterogénea y su distribución varía en forma vertical y horizontal.
- ◆ La configuración geomorfológica expuesta determina distintas situaciones en cuanto a la dinámica del agua subterránea. Las formas elevadas del relieve se comportan como áreas de recarga, en tanto que las depresiones de ubicación intermedanasos actúan como áreas de descarga, formando lagunas o bañados, permanentes o temporales. Las áreas de conducción se localizan en los sectores intermedios entre los anteriores, tienen un relieve predominantemente llano y pendiente oriental.
- ◆ La mayor incertidumbre de la evolución química, se manifiesta en sentido vertical, pues presenta una estratificación hidroquímica muy pronunciada. Concordante con ello, se observa con cierta recurrencia que en zonas de rápida infiltración (zonas medianosas) el arsénico se presenta en bajas cantidades, aumentando en el sentido de flujo y en los niveles inferiores del acuífero madre (pampeano). Por lo contrario en otros sectores, donde el cordón medianoso es sumamente escaso o no existe, puede ocurrir lo opuesto.
- ◆ Se evidencia, aunque de manera genérica que, de acuerdo a las distintas regiones geomorfológicas estudiadas, encontramos patrones hidrogeoquímicos distintos con relaciones iónicas diferentes que evidencian otros sistemas de control ya sea hidráulico, litológico, etc. Este efecto es notable en algunos lugares, tanto en sentido lateral como vertical.
- ◆ No hay un patrón que controle la relación del arsénico con los demás iones. Su comportamiento se resume a las particularidades locales.
- ◆ La presencia del arsénico no tiene relación con las características hidrogeológicas regionales, sino más bien parece estar relacionadas con particularidades de tipo local.
- ◆ El mecanismo que controla la disolución del arsénico es una combinación de factores de velocidad de flujo (hidráulicos) y reacciones físico-químicas con la superficie del mineral en mayor medida.
- ◆ No existe relación ni patrones hidrogeoquímicos que nos permitan relacionar, con rigurosidad científica, el comportamiento homogéneo o sistemático, con otros iones presentes en las aguas.

- ◆ Lo expuesto, aunque surgido de manera preliminar, resalta la necesidad de tomar medidas preventivas y apoyar las investigaciones, serias y profundas, sobre el particular. Es necesario encontrar vías y medios adecuados para difundir la información básica tendiente a crear conciencia sobre la naturaleza de toda esta problemática.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Castro E., Schulz C., 1997. Caracterización Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas de la Provincia de La Pampa. Diagnóstico del flúor y arsénico. Trabajo de Investigación de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNLPam. Inédito. 130 pp.
- Castro E., Tullio J., 1989. Estudio Hidrogeológico Anguil-Catriló. Etapa II del Plan Director Agua Potable y S. Ambiental de Santa Rosa. Dirección Recursos Hídricos. APA. Santa Rosa, La Pampa.
- Dirección de Estadística y Censo de La Pampa, 2005. Censo de 2005. Referencia URL: <http://www.lapampa.gov.ar> [Consulta: 15 de septiembre de 2005].
- Goin F., Montalvo C.I., Visconti G., 2000. Los marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). Estudios Geológicos, 56 (1-2), 101126.
- Kraynov S., Ryzhenko B., Shvarov Y., Vasilikova I., Kraynova L., 1980. Hydrodynamic conditions for computer simulation of physicochemical interactions in a water-rock system in hydrochemical forecasting: Application to CaF<sub>2</sub> with solutions of various compositions. Geochem. Intemat. 17(3), 17-29.
- Linares E., Llambias E.J., Latorre C.O., 1980. Geología de la provincia de la Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Asociación Geológica Argentina, Revista, XXXV (1), 87-146.
- Malán I., 1981. Aspectos Geohidrológicos mas salientes de la Provincia de la Pampa. 1° Jornadas de Geología de la Provincia de La Pampa. Fascículo 5. Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Santa Rosa. La Pampa.
- Nicolli H., Smedley P., Tullio J., 1997. Aguas subterráneas con altos contenidos de F, As y otros oligoelementos en el norte de La Pampa. En: Actas del Congreso Internacional del Agua. Buenos Aires, Argentina.
- Schulz C., Lastiri N., 1992. Sobre Flúor y arsénico. El Agua en La Pampa. Revista de la Administración Provincial del Agua N° 1 y 2. Santa Rosa. La Pampa.
- Schulz C., Castro E., Mariño E., 1998. El Agua Potable en la Provincia de La Pampa. Consecuencias por problemas en Flúor y arsénico. Actas de la 2° Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Instituto de Geología y Minería. Universidad Nacional de Jujuy, pp. 4355.
- Schulz C., Castro E., Mariño E., Dalmaso G., 2002. El agua potable en la provincia de La Pampa. Consecuencias por presencia de arsénico. Work Shop sobre arsénico en Aguas Subterráneas. XXXII Congreso Internacional de Hidrología Subterránea y V Congreso Latinoamericano de Aguas Subterráneas. Asociación Internacional de Hidrogeólogos y Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo, Mar del Plata, 21-25 de Octubre de 2002.

Volver a: [Aguas de bebida](#)