

PRESENCIA DE FLÚOR Y ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS



Editores:

Griselda GALINDO, José Luis FERNÁNDEZ-TURIEL y Ángel STORNILO



**Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Argentino**



**FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES**

Presencia de Flúor y Arsénico en Aguas Subterráneas – 1ª ed.- editado por Griselda Galindo, José Luis Fernández-Turiel y Ángel del R. Storniolo. Buenos Aires: Asociación Civil Grupo Argentino de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Santa Rosa: Amerindia Nexo di Nápoli, 2009.
110 p. ; 29,7x21 cm.

ISBN 978-987-1082-35-3

1. Aguas Subterráneas 2. Flúor. 3. Arsénico. I. Galindo, Griselda. ed. II. Fernández-Turiel, José L. ed. III Storniolo, Ángel del R., ed.



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Argentino



Santa Rosa, La Pampa – Agosto 2009
Diseño e impresión: Nexo/di Nápoli
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
Impreso en Argentina

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL FLÚOR EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE JUNÍN, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Nilda González ⁽¹⁾, Lisandro Hernández ⁽²⁾, José H. Ceci ⁽³⁾, María M. Trovatto ⁽¹⁾, Mario A. Hernández ⁽³⁾⁽⁴⁾ y María del Pilar Alvarez ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Facultad de Cs. Naturales y Museo UNLP. Cátedra de Hidrogeología. nilda_h@sinectis.com.ar

⁽²⁾ Cátedra de Fundamentos de Geología

⁽³⁾ Hidroar SAç

⁽⁴⁾ CONICET.

RESUMEN

A más de 40 años del primer trabajo de dos de los autores (NG y MAH) sobre contenidos, procedencia y dispersión del Flúor en aguas subterráneas del Noreste bonaerense, se produce esta contribución, como resultado de un estudio por Convenio entre la Facultad de Cs. Naturales UNLP y el Municipio de Junín, planteado originalmente para el seguimiento de tenores de Arsénico. Se refiere fundamentalmente al acuífero Pampeano, utilizado tanto para provisión pública como individual. Se observa para el partido de Junín predominio de concentraciones de F⁻ inferiores a 1 mg/l, destacándose algunos máximos localizados por encima de ese valor. Existe coincidencia con el comportamiento del As, lo cual no extraña ya que ambos iones poseen un ciclo geoquímico similar. Los extremos puntuales alcanzan a 3,2 mg/l y 0,2 mg/l. Un tratamiento de detalle se hizo para el radio urbano, donde la mayor parte de los pozos de servicio exhibe concentraciones más frecuentes entre 0,5 mg/l y 1 mg/l, para un seguimiento en el lapso 1999-2008. Se analizaron gráficamente las fluctuaciones para los pozos de la batería de abastecimiento a aproximadamente 80000 habitantes. Su profundidad está en el orden de los 80 m y los caudales característicos de 3.2 a 10 m³/h.m. Del cotejo con los antecedentes de 1968 no surgen mayores diferencias. El tipo iónico de las aguas es bicarbonatado sódico (ocasionalmente cálcico o calcomagnesiano), con un TSD de 330 a 790 ppm. La génesis del Flúor es analizada en este trabajo en el contexto hidrogeoquímico.

Palabras Clave: Flúor – aguas subterráneas – hidrogeoquímica - Junín

ABSTRACT

More than 40 years after the first paper by two of the authors (NG and MAH) about contents, origin and dispersion of fluorine in groundwaters in northeastern Buenos Aires province, this contribution presents a study originally intended to monitor arsenic and carried out through an agreement between Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) and the Municipality of Junín. It refers to the Pampeano aquifer used for public and household use. In Junín district there is a predominance of F levels below 1 mg/L, with higher values in some places. There is a concordance with As behavior, because both ions have a similar geochemical cycle. Extreme values range from 3.2 to 0.2 mg/L. In urban areas, a more detailed survey was made, where the more frequent values of most of the wells in operation range between 0.5 and 1 mg/L (1999-2008). Fluctuations in the wells of the battery, which serves a population of about 80,000 inhabitants, were statistically analyzed. Average depth is of the order of 80 m and the specific yield ranges from 3.2 to 10 m³/h.m. No significant differences were detected with respect to the 1968 data. The ionic type is bicarbonate sodic (occasionally calcic or calco-magnesian) with a very low TDS (330 to 790 mg/L). Fluorine genesis is also analyzed in the hydrogeochemical context.

Keywords: Fluorine - groundwaters – hydrogeochemistry – Junín.

INTRODUCCIÓN

En el año 2004 y a raíz de un Convenio con la Municipalidad de Junín (Provincia de Buenos Aires), la Cátedra de Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP realizó un Estudio geohidrológico, focalizado en la hidrogeoquímica del Arsénico en las aguas subterráneas que se utilizan para provisión doméstica. Los resultados fueron dados a conocer en un anterior Congreso Hidrogeológico Argentino (González et al., 2005).

Como consecuencia del estudio fueron practicadas nuevas perforaciones al acuífero Pampeano utilizado para el servicio público, y operada hasta la actualidad una red de observación y monitoreo, con la realización de análisis químicos frecuentes. Sobre la base de esta gran cantidad de información surgió la inquietud de investigar el comportamiento de otro oligoelemento limitante de la calidad del agua para uso humano, como es el Flúor.

Se rescata de esta manera la primera contribución en tal sentido para la región (Hernández y González, 1968), tomada como base histórica para la percepción de la situación actual. Como comentario introductorio, resulta necesario acotar que en el ínterin se ha producido una actualización de las normas de calidad para potabilidad, con reducción del umbral de tolerancia. Persiste y se incrementa entonces la problemática regional por la presencia de este ión en las aguas de bebida.

LA ZONA DE ESTUDIO

Está situado el Partido de Junín en la cuenca superior del río Salado, en el ámbito noroccidental de la provincia de Buenos Aires y muy próximo a la transición desde la región Noreste (Figura 1).

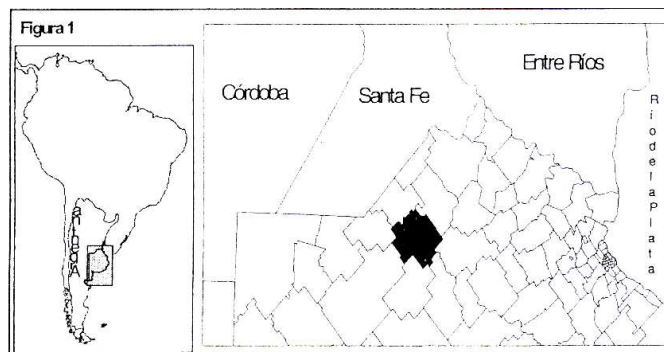


Figura 1. Localización de la zona de estudio

El clima local es del tipo húmedo mesotermal, con nula o pequeña deficiencia de agua y concentración estival de la eficiencia térmica del 45%. La precipitación media anual (1931-2008) es del orden de 987 mm, la evapotranspiración potencial alcanza a 798mm/año y la real a 793 mm/año, resultando un exceso hídrico anual medio del orden de 194 mm, localizado entre los meses de Marzo y Noviembre.

La geomorfología está caracterizada por un paisaje de llanura, surcado por la depresión del Salado ocupada por el valle y lagunas interfluviales de regular tamaño (de Gómez, del Carpincho, Mar Chiquita), sectores de depresiones no integradas al drenaje actual y cadenas de médanos alineadas con rumbo SSW-NNE, interrumpidas por el propio valle del río. El curso es autóctono con nacientes próximas al deslinde con la Pcia. de Santa Fe y de régimen perenne con un módulo anual del orden de 24 m³/seg y recorrido de aproximadamente 650 km.

La geología reconoce afloramientos de depósitos Post-pampeanos (*Fm. Junín, Luján y La Plata*) y Pampeanos (*Fm. Ensenada*). La *Fm. Ensenada* (limos loessoides, limos arenosos con limos arcillosos basales) se prolonga hasta los 115-120 m de profundidad, apoyada sobre las Arenas Puelches o *Fm. Puelches* que alcanzan un espesor local de aproximadamente 45 m (Auge et al, 2002). Continúan arcillas y arenas correspondientes a la *Fm. Paraná* de origen marino y en profundidad, una secuencia similar pero continental, perteneciente a la *Fm. Olivos*.

Los suelos son Mollisoles (*Hapludoles énticos, Hapludoles típicos, Hapludoles tpto-árgicos y tpto-nátricos*) y Alfisoles (*Natracualfes típicos*), con reducida expresión hacia el Norte del Partido de otros Mollisoles (*Natracuoles y Argiudoles*), todos ellos sobre materiales parentales Pampeanos y Post-pampeanos. La aptitud de estos suelos otorga a la comarca una fuerte vocación de actividad primaria (agrícola-ganadera) que prevalece sobre una destacada actividad terciaria representada por el comercio, servicios y banca y secundaria, industrias en desarrollo.

La cabecera del Partido es la Ciudad de Junín con poco más de 80000 habitantes, sobre un total del distrito de 88664 según el Censo Nacional 2001. Posee una amplia cobertura de agua corriente, a expensas de una batería con 35 pozos que captan agua subterránea del acuífero denominado Pampeano, y de servicio de evacuación cloacal.

GEOHIDROLOGÍA

El sistema geohidrológico local está compuesto por un sub-sistema activo y otro pasivo más profundo. En primero se integra con acuífero freático y otro semi-libre (Pampeano) asociado, con el cual conforma una única unidad desde el punto de vista hidráulico. Se apoya el conjunto sobre un acuitardo de litología arcillosa a arcillo-limosa que sirve de techo al acuífero semiconfinado Puelche contenido en las arenas homónimas (Hernández et al., 2005)

El subsistema pasivo a su vez está separado del anterior por un espesor de arcillas muy plásticas (*Fm. Paraná*, miembro superior) de origen marino y carácter acuicludo. Continúa en profundidad un estrato arenoso de la misma formación, que se comporta como acuífero confinado denominado Paraná, apoyado sobre otro acuicludo de arcillas rojas continentales sobrepuesto a un acuífero confinado, ambos pertenecientes a la *Fm. Olivos*.

La ciudad de Junín se abastece como se anticipara del acuífero Pampeano, cuyos espesores suelen superar los 70 m (González et al., 2006). El acuífero Puelche no es utilizado porque si bien contiene aguas de baja concentración salina, el tenor de Arsénico supera el límite admisible aunque es apto para mezclas equilibradas con el primero. En el ámbito del Partido se emplea también el Pampeano, y el freático en radicaciones rurales con provisión individual. La expansiva práctica del riego de cereales y oleaginosas se hace también a expensas del Pampeano.

La recarga del subsistema activo es regional y autóctona, directa en el conjunto freático-Pampeano, indirecta para el acuífero Puelche, y alóctona en los confinados infrayacentes, que por otra parte contienen agua salina no utilizable para bebida o riego.

Ocurre la descarga natural hacia el curso del río Salado y sistemas lagunares (ganadores o efluentes) y la regional hacia el eje de la cuenca, con rumbo SW-NE. En la Figura 2 se muestra el mapa equipotencial del acuífero Pampeano para la dimensión del Partido.

La circulación se produce bajo un gradiente hídrico medio del orden de $2.7 \cdot 10^{-4}$ con una velocidad efectiva de $8.1 \cdot 10^{-2}$ m/día a 1.23 m/día.

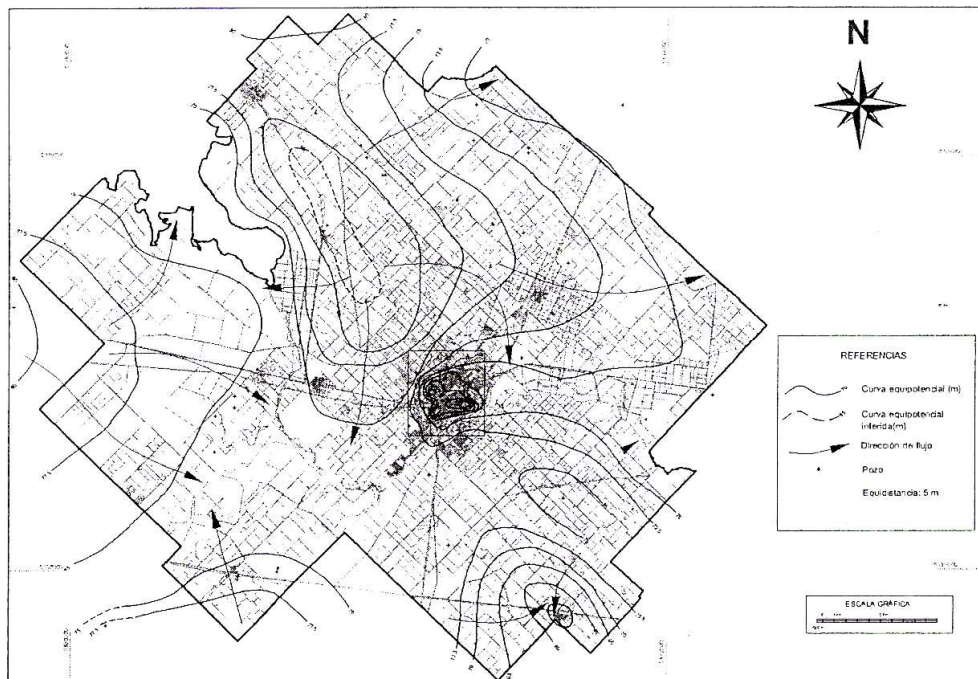


Figura 2. Mapa equipotencial regional, acuífero Pampeano

En la escala local (radio urbano y adyacencias) se produce una descarga antrópica por la explotación del acuífero Pampeano, insinuada por razones de escala en el mapa precedente, pero visible en la Figura 3 donde se reproduce el equipotencial para el ámbito de la ciudad.

Pueden distinguirse allí tres conos de depresión compuestos, producto de la coalescencia de los individuales de cada perforación. Esta diferencia de carga con el infrayacente acuífero Puelche se manifiesta con transferencia vertical ascendente en la zona apical de las hidroformas.

Otro efecto consecuente de la distorsión causada por la extracción es el cambio de comportamiento del río Salado, que pasa a actuar localmente como perdedor en los límites urbanos.

Los gradientes hídricos son lógicamente más elevados, alcanzando valores de $1 \cdot 10^{-3}$ y $5 \cdot 10^{-2}$, al igual que la velocidad efectiva que llega hasta 13.5 m/día.



Figura 3. Mapa equipotencial urbano, acuífero Pampeano

Las aguas del acuífero Pampeano son de baja salinidad, con un total de sólidos disueltos entre 330 mg/l y 790 mg/l y en el caso de la totalidad del Partido, llegando a superar los 2500 mg/l. Desde el punto de vista del comportamiento iónico son fundamentalmente bicarbonatadas sódicas y ocasionalmente cálcicas o calco-magnesianas. Hay una evolución en el sentido de flujo, pasando a bicarbonatadas-sulfatadas sódicas o cloruradas-bicarbonatadas sódicas hacia las principales zonas de descarga (valle del río y planicies de inundación de los cuerpos lagunares).

En la Figura 4 se presenta un diagrama hidroquímico según Piper para muestras del ámbito regional, donde puede advertirse la composición mencionada y en la Figura 5 idéntica representación para las procedentes de los pozos de servicio en el radio urbano.

Para el primer caso se observa una mayor dispersión, producto de la evolución más arriba mencionada, con muestras que se sitúan hacia términos más sulfatados y clorurados. En cambio en la escala local, son excluyentemente bicarbonatadas sódicas, donde los bicarbonatos exceden ampliamente el 50% de la sumatoria aniónica (meq/l), al igual que el Sodio respecto a los aniones

A título meramente informativo, las aguas del acuífero Puelche van de bicarbonatadas cloruradas sódicas a cloruradas bicarbonatada sódica, con TSD de 980 mg/l y 1380 mg/l, respectivamente.

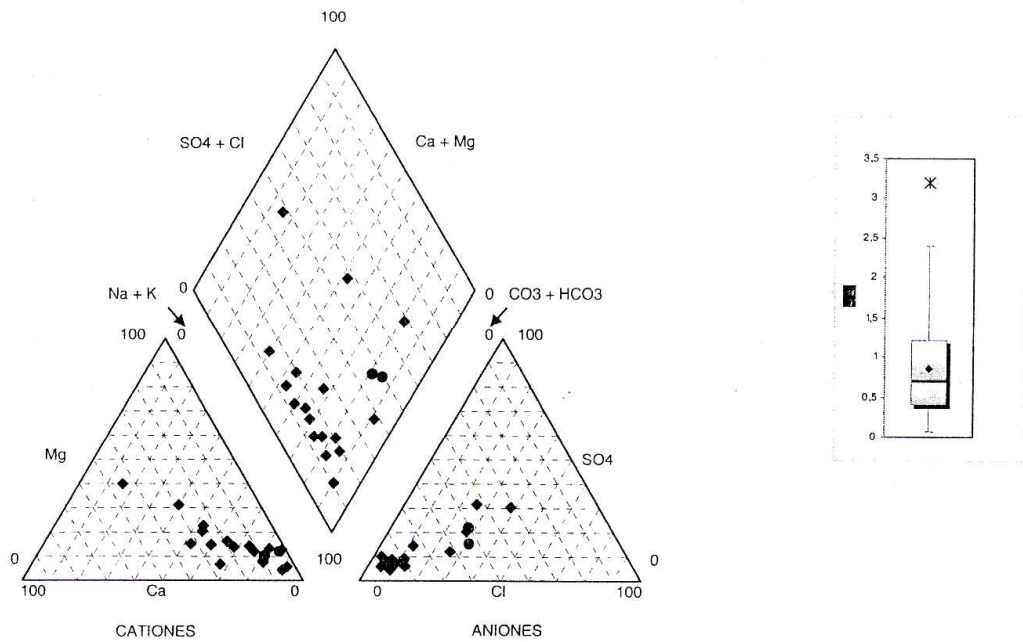


Figura 4. Gráfica de Piper y diagrama de cajas para Flúor (escala regional)

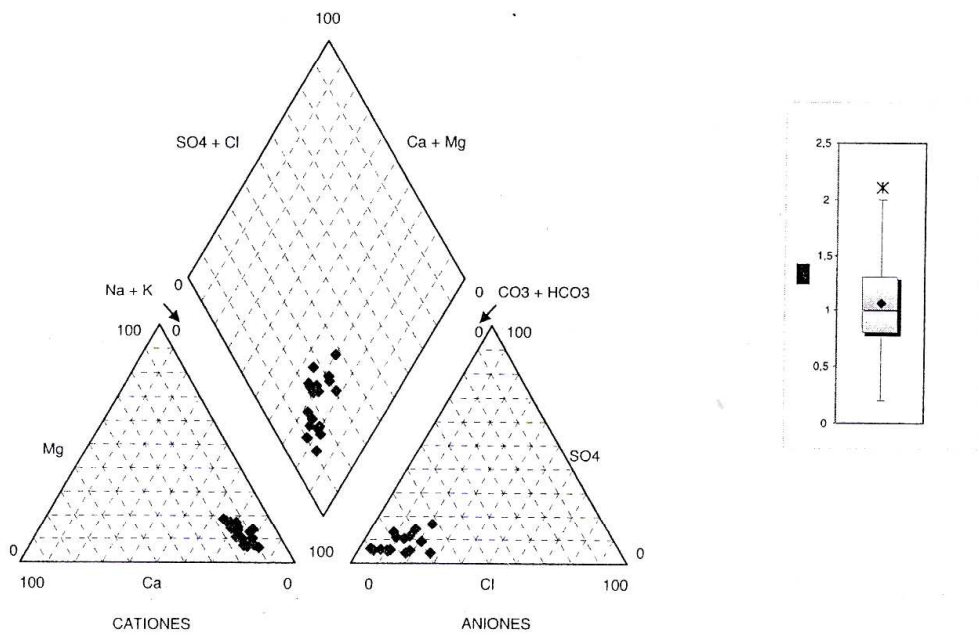


Figura 5. Gráfica de Piper y diagrama de cajas para Flúor (escala urbana)

COMPORTAMIENTO DEL FLÚOR

Las concentraciones del ión fluoruro van desde menos de 0.07 mg/l a 3.20 mg/l en el ámbito del Partido de Junín y de 0.10 mg/l a 2.10 mg/l en el de la ciudad. Se muestra en la Figura 6 la distribución areal del ión para el primer caso.

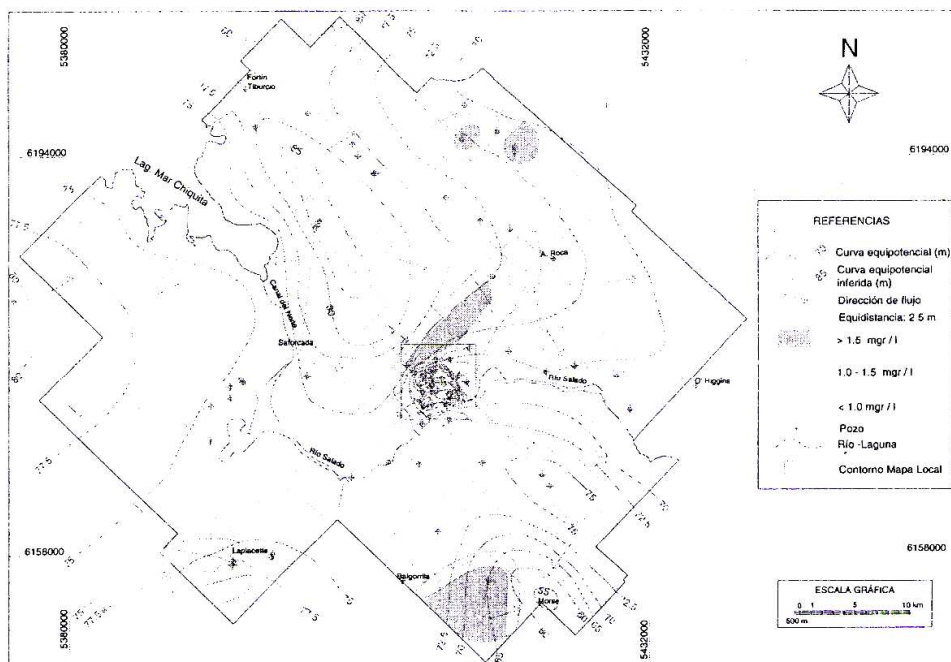


Figura 6. Distribución del Flúor escala regional

Predominan espacialmente los contenidos inferiores a 1 mg/l, con cinco posiciones insulares entre 1 mg/l y 1.5 mg/l. En cuatro de ellas se encierran valores que superan 1.5 mg/l, una en el sector urbano y periurbano, dos hacia el Norte y el restante entre las localidades de Baigorrita y Morse, en el extremo Sur. La única vinculación apreciable con el fenómeno hidrodinámico es la coincidencia

El mapa presentado en la Figura 7 elaborado en función de los pozos de servicio permite ver que en la zona urbana, prácticamente la mitad del área corresponde a concentraciones por debajo de 1 mg/l mientras que en el resto se observan también dos sectores aproximadamente equivalentes de tenores entre 1 mg/l y 1.5 mg/l y por encima de este último.

Cabe aclarar que el límite de tolerancia que fija el Código Alimentario Argentino es función de la temperatura media y máxima del lugar, en el caso de Junín de 15.9 °C y 23.2 °C respectivamente, resultando un valor umbral de 1.2 mg/l.

Las nuevas perforaciones construidas con posterioridad al estudio original de 2004, con una menor profundidad (42 m a 50 m), dieron concentraciones de F⁻ entre 0.2 mg/l y 1 mg/l, con valores más frecuentes de 0.2-0.4 mg/l, notándose que además registraron bajos tenores de As.

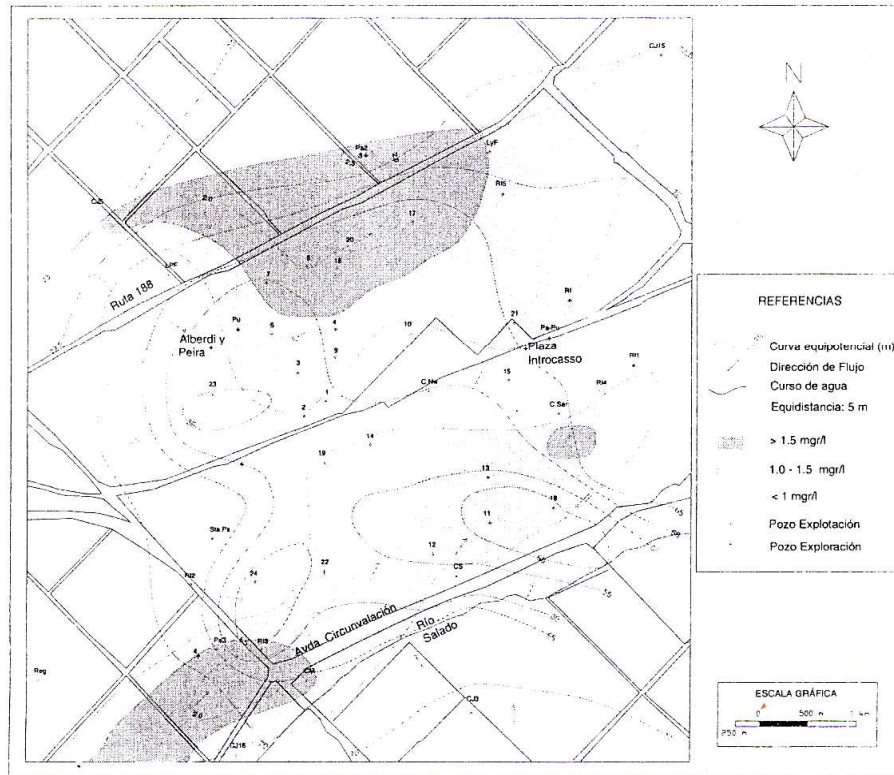


Figura 7. Distribución del Flúor escala urbana

Con la finalidad de observar estadísticamente el comportamiento del Flúor en el acuífero Pampeano como línea de base, fueron construidos diagramas de caja en función de 96 muestras del ámbito regional y 408 del urbano (Figuras 4 y 5 respectivamente). Estos últimos corresponden a 22 pozos de la batería de servicio para un record de monitoreo de once (11) años.

Para el Partido de Junín la mediana es de 0.7 y la media de 0.85, con un outlier de 3.20 y para la zona urbana la mediana es de 1.0 con una media muy próxima de 1.07 y el valor máximo de 2.1 como outlier. De la observación de ambas cajas surge que la de alcance regional es más elongada, lo cual estaría indicando la mayor dispersión de los contenidos.

Una visión más completa se logra con las cajas elaboradas para 24 de los pozos de servicio, tal como se muestra en la Figura 8 donde los números que figuran en abscisas corresponden a la nominación de las perforaciones.

Permiten apreciar la variabilidad de los contenidos por el formato de las cajas, posición de la mediana y la media respecto a esta, valores extremos y outliers. Se distinguen en general afinidades explicables entre grupos de pozos.

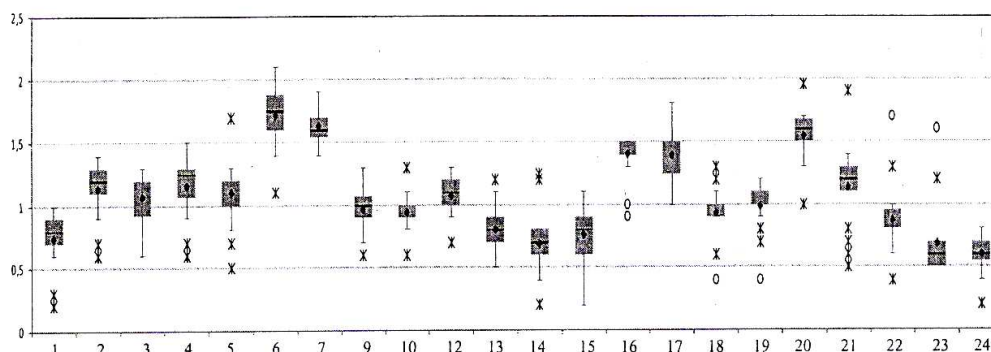


Figura 8. Diagramas de cajas para los pozos de servicio

En general, puede admitirse la existencia de una relación inversa entre el incremento en las concentraciones del Flúor y la disminución de la relación iónica $rNa^+/Ca^{++} + Mg^{++}$, es decir que a los efectos prácticos, a menor dureza mayores tenores del ión.

Cuando la dureza está en el orden de 60 mg/l a 90 mg/l en CO_3Ca , el Flúor se manifiesta con contenidos del orden de 2 a 1.20 mg/l, mientras que cuando supera los 150 mg/l en CO_3Ca no llegan generalmente a 1 mg/l.

En lo que se refiere al origen de los fluoruros, se mantiene la hipótesis planteada en el trabajo antecedente sobre la ocurrencia regional (Hernández y González, 1968) vinculada con la yacencia de sedimentos con contenidos importantes en vidrio volcánico, como es el caso de los limos pampeanos ("loess") que forman parte de la *Formación Pampeano*.

Este origen es similar al planteado para el Arsénico para esta misma comarca (González et al., 2005; Hernández et al., 2005), con la diferencia que en ese caso se contó con análisis sobre muestras sólidas, extraídas en dos perforaciones de exploración "ad hoc" (162m y 163 m). La similitud del ciclo geoquímico de ambos elementos avala esta presunción.

Finalmente, pudo advertirse que no se han experimentado mayores variaciones en el lapso que media entre el trabajo precursor de 1968 y esta nueva contribución.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado en el Partido de Junín en general y en la ciudad cabecera homónima en particular, surge la presencia de tenores de Flúor en aguas del acuífero Pampeano mayoritariamente por debajo del límite de tolerancia (1.2 mg/l).

Son muy bajas las concentraciones en los nuevos pozos de servicio, de menor profundidad, entre 0.2 mg/l y 1 mg/l con valores más frecuentes de 0.2-0.4 mg/l.

La variabilidad de los contenidos en F^- pudo ser apreciada mediante el análisis de diagramas de cajas.

Pudo advertirse además que éstos son inversos a la relación iónica $rNa^+/Ca^{++} + Mg^{++}$. Con una dureza de 60-90 mg/l en CO_3Ca , son del orden de 2 a 1.20 mg/l, mientras que cuando superan los 150 mg/l en CO_3Ca , no suelen llegar a 1 mg/l.

No se produjeron mayores variaciones desde el trabajo original del año 1968 y la actualidad. Se mantiene la hipótesis planteada en aquella oportunidad que vincula al F y As con la existencia de material vitroclástico en los limos loessoides de la región.

REFERENCIAS

- Auge, M. P., Hernández, M. A. y Hernández, L., 2002.** Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la Provincia de Buenos Aires. Argentina. XXXII IAH Congress y VI Congreso ALHSUD. Ed. CD Rom. Mar del Plata.
- González, N., Hernández, M. A., Ceci, J. H., Trovatto, M. M. y Hernández, L., 2005.** Hidrogeoquímica del Arsénico en el sistema acuífero de la región de Junín. Cuenca del Río Salado. Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Hidrogeología, Actas, II:35-44. Río Cuarto.
- González, N., Trovatto, M. M., Solero, C., Ceci, J. H. y Hernández, L., 2006.** Fluctuación de las concentraciones de Arsénico en aguas subterráneas. Sistema de provisión a la ciudad de Junín (Buenos Aires, Argentina). VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea y Expo-Agua ALHSUD. Ed. CD Rom. Asunción.
- Hernández, M. A. y González, N., 1968.** Algunas consideraciones acerca de la geoquímica del Flúor en las aguas subterráneas del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. III Congreso Nacional de Agua, I: 177-188, San Juan.
- Hernández, M. A., González, N., Ceci, J. H., Trovatto, M. M. y Hernández, L., 2005.** Ocurrencia de Arsénico en aguas de los acuíferos Pampeano y Puelche. Junín. Provincia de Buenos Aires. Argentina. XX Congr. Geológico Argentino I:687-696. La Plata.