



Evaluación de las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del valle central de Catamarca

Evaluation of fluoride concentrations in the groundwater of the central valley of Catamarca

Segura, Luis^{1,4} ✉ - Saracho, Marta^{2,4} - Lobo, Patricia^{3,4} - Agüero, Nahuel^{2,4}

Recibido: 18 de marzo de 2017 • Aceptado: 02 de mayo de 2017

Resumen

La población del Valle Central de Catamarca (VCC), por el déficit hídrico, utiliza principalmente el agua subterránea para su abastecimiento. La concentración de fluoruro en el agua de bebida previene las caries dentales, pero en exceso puede provocar serios daños en la salud. Los objetivos del trabajo son conocer las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del VCC y determinar si se ajustan a las normas vigentes sobre agua potable, según la temperatura media anual del área de estudio. El monitoreo fue realizado por un período de dos años. Se analizaron las características de las perforaciones y la litología de los acuíferos en explotación. La temperatura media anual en VCC varía entre 18°C en las zonas serranas norte y oeste y 22°C en las zonas deprimidas central y sur. Las concentraciones de fluoruros según departamento oscilan en Paclín entre 0,5 mg.l⁻¹ y 2,0 mg.l⁻¹; en Capayán entre 0,4 mg.l⁻¹ y 1,9 mg.l⁻¹; en Valle Viejo entre 0,5 mg.l⁻¹ y 1,1 mg.l⁻¹; y en Capital entre 0,4 mg.l⁻¹ y 0,9 mg.l⁻¹. Las concentraciones medias de fluoruro en el agua subterránea varían entre 0,4 mg.l⁻¹ y 0,9 mg.l⁻¹ con valores extremos de 1,9 mg.l⁻¹ y 2,0 mg.l⁻¹ en coincidencia con las características litológicas del acuífero en estudio. Se determinó, en función de los límites fijados por el Código Alimentario Argentino para este ion, de acuerdo a la temperatura media anual del área de estudio, que el 23,7% de las concentraciones detectadas en las perforaciones monitoreadas se ajustan a dicha normativa, mientras que el 12% exceden el límite superior.

Palabras Clave: Fluoruro - Agua Subterránea - Valle Central de Catamarca.

Abstract

The population of the Central Valley of Catamarca (VCC), by water deficit, mainly uses groundwater for its supply. The concentration of fluoride in drinking water prevents tooth decay, but in excess can cause serious health damage. The objectives of the study are to know the concentrations of fluoride in the VCC groundwater and to determine if they comply with current standards on drinking water, according to the average annual temperature of the study area.. Monitoring was conducted for a period of two years. The characteristics of the perforations and lithology of aquifers in operation were analyzed. The average annual temperature in

1. Facultad de Humanidades, UNCa. Avda Belgrano 300. 4700 Catamarca, Argentina. Tel. 0383 154674335.

✉ geosegura_luis@yahoo.com.ar

2.. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

3. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. UNCa.

4. Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos de Catamarca. Gobierno de la Provincia de Catamarca.

VCC varies between 18°C in the north and west mountain areas and 22°C in the central and southern depressed areas. Fluoride concentrations per department range from 0.5 mg.l⁻¹ to 2.0 mg.l⁻¹ in Paclín; In Capayán between 0.4 mg.l⁻¹ and 1.9 mg.l⁻¹; In Valle Viejo between 0.5 mg.l⁻¹ and 1.1 mg.l⁻¹; And in Capital between 0.4 mg.l⁻¹ and 0.9 mg.l⁻¹. The average concentrations of fluoride in groundwater range from 0.4 mg.l⁻¹ to 0.9 mg.l⁻¹ with the extreme values of 1.9 mg.l⁻¹ and 2.0 mg.l⁻¹ in coincidence with the lithological characteristics of the aquifer under study. According to the limits established by the CAA for this ion, according to the average annual temperature of the study area, 23.7% of the concentrations detected in the monitored perforations were found to conform to this norm, while 12% exceed the upper limit.

Keywords: Fluoride - groundwater - Central Valley of Catamarca.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Una de las preocupaciones de la salud pública es la prevalencia de caries dentales en la población, fundamentalmente en niños y adolescentes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea que las caries continúa siendo un importante problema de salud a nivel mundial, tanto por su magnitud, como por el impacto que provocan en la calidad de vida de la población. Uno de los factores que incide en esta problemática es la concentración de flúor en el agua de bebida (*United States Environmental Protection Agency, 2010*).

El flúor es el 14° elemento más abundante en la litósfera, participando en la composición de todo tipo de rocas. Las mayores concentraciones (3%) se dan en rocas magmáticas ricas en sílice y álcali. En rocas sedimentarias la concentración de fluoruro depende mucho de la presencia de minerales micáceos y fosfatos. En la hidrósfera el fluoruro se presenta principalmente en forma iónica como fluoruro. Los tenores de calcio y magnesio son los principales factores que controlan la concentración de fluoruro en las aguas naturales, la presencia de calcio inhibe mientras que la de sodio facilita una mayor concentración de fluoruro (*Seoane Borracer y Silva Busso, 2005*). Estudios epidemiológicos en comunidades que consumen agua con una concentración de fluoruro de 1ppm, reportan una menor incidencia de caries dentales (*Guerrero et al., 1983; Miñana, 2010*).

Los principales procesos de aporte de fluoruro al agua son: disolución / precipitación de fluoruro de calcio (CaF₂) o la apatita Ca₅(PO₄)₃(F,OH) (*Custodio y Llamas, 1983*) y/o a través del intercambio iónico en sedimentos arcillosos o ricos en materia orgánica (*Lahermo, 1987*).

El Valle Central de Catamarca está integrado por los departamentos Paclín, Capital, Valle Viejo, Capayán, Fray Mamerto Esquiú y Ambato. Estos dos últimos no cuentan con explotaciones subterráneas para agua potable. El área de estudio forma parte de la diagonal árida sudamericana caracterizada por predominio de aire seco, altos coeficientes de heliofanía y precipitaciones escasas de régimen pluvio-estival, en el marco de la Provincia Geológica de las Sierras Pampeanas Occidentales.

El valle de Paclín, apéndice norte del Valle Central de Catamarca, tiene un origen tectónico y se encuentra delimitado al este por la Sierra de Guayamba y al oeste por la Sierra Graciana, ambas constituidas por rocas metamórficas de alto grado de metamorfismo, gneises, migmatitas y esquistos inyectados. Al pie de ambas sierras se han identificado fanglomerados del Pleistoceno de la Formación (Fm) Concepción (*Nulló, 1981; Blanco et al., 1995*). Al sur de la localidad de Amadores se han

observado también sedimentos constituidos por fanglomerados, arenas y limos de la Fm Coneta (*Nulló, 1981*), correspondiente al Holoceno Inferior. Las captaciones subterráneas ubicadas en el departamento Paclín explotan sedimentos constituidos por depósitos aluviales aportados por el río homónimo y algunos escasos afluentes.

Los departamentos Capital, Valle Viejo y Capayán se sitúan en una depresión de origen tectónico, delimitada al naciente por las sierras El Alto-Ancasti constituidas principalmente por rocas metamórficas de alto grado del Precámbrico- Paleozoico inferior y de alto grado de metamorfismo y plutonitas graníticas del Paleozoico medio (*Blasco et al., 1995*). Al poniente se ubica la sierra de Ambato-Manchao de similar composición litológica que las de El Alto-Ancasti y por el norte las serranías del Fariñango constituidas por esquistos, gneises y migmatitas del Precámbrico-Paleozoico inferior. El límite sur del Valle Central de Catamarca está dado por los valles riojanos compuestos por depósitos aluviales y eólicos del Cuaternario.

En la depresión tectónica del Valle Central de Catamarca y adosados al pie de las sierras El Alto-Ancasti y Ambato-Manchao se encuentran sedimentos fanglomerádico de la Fm Concepción del Pleistoceno. En niveles topográficos más bajos a ésta se ubican fanglomerados, arenas y limos de la Fm Coneta del Holoceno inferior. Paralelo a los ejes longitudinales de los cursos superficiales más importantes se identifican depósitos aluviales y en menor medida depósitos eólicos del Holoceno superior. Cubriendo la mayor superficie del VCC se encuentran depósitos cuaternarios indiferenciados del Holoceno. El Terciario aflorante constituido por areniscas y tobas del Araucanense (Mioceno superior) está muy restringido al pie de las sierras El Alto- Ancasti (*Blasco et al., 1995*).

Considerando la problemática originada por la concentración del fluoruro en agua de consumo, los objetivos de este trabajo son conocer las concentraciones de fluoruro en las fuentes de aguas subterráneas del Valle Central de Catamarca y determinar si las mismas se ajustan a las normas vigentes sobre agua para consumo humano, teniendo en cuenta la temperatura media del área geográfica de estudio.

METODOLOGIA

El monitoreo fue realizado en 42 captaciones subterráneas utilizadas como fuente de abastecimiento para consumo humano, ubicadas en los departamentos Paclín, Capayán, Valle Viejo y Capital que integran el Valle Central de Catamarca, por un período de dos años.

En la figura 1 se muestra la ubicación georeferenciada de las perforaciones estudiadas en el área de estudio.

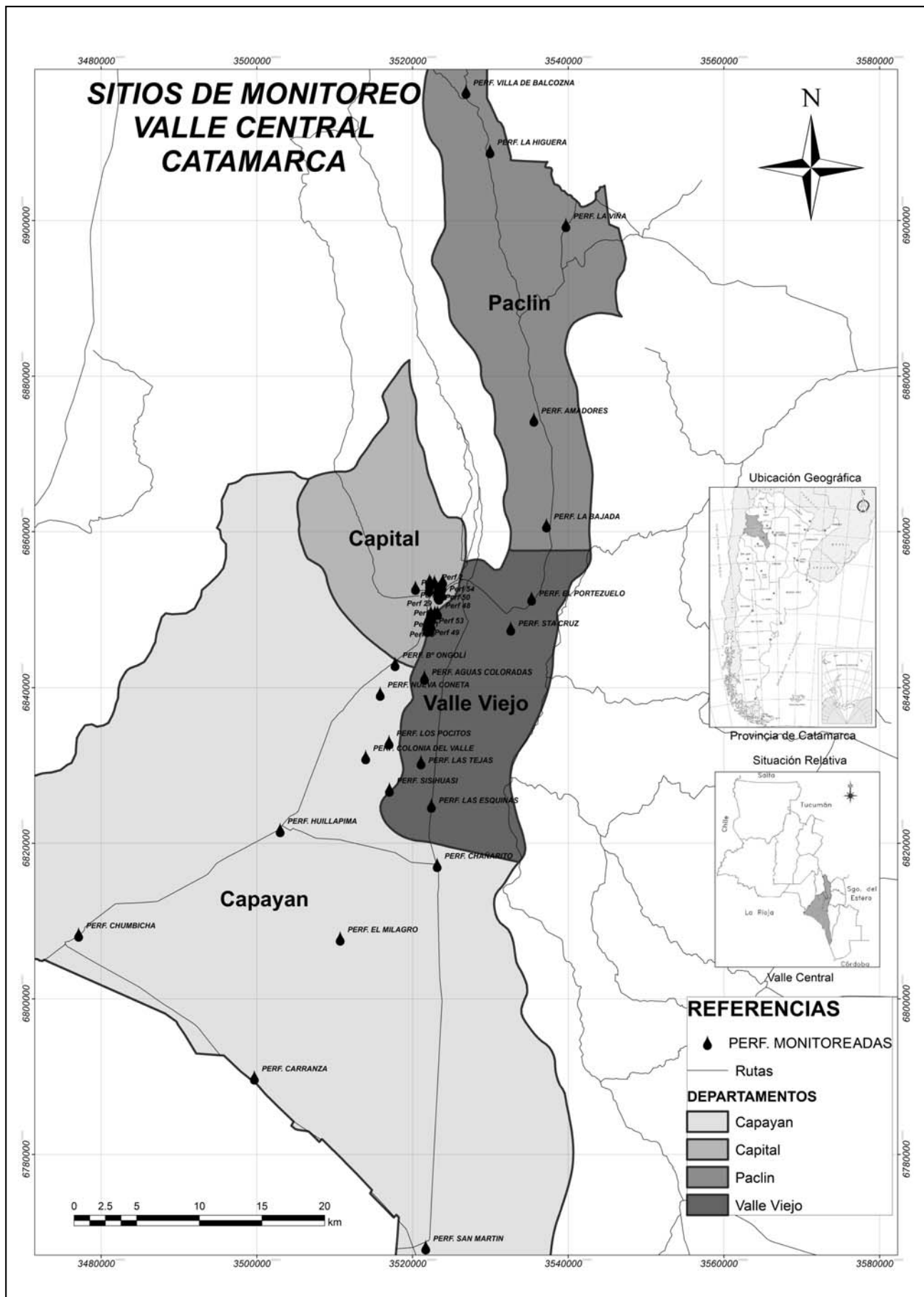


Figura 1. Área de estudio. Perforaciones monitoreadas.

Se analizaron las características generales de las perforaciones y la litología de los acuíferos en explotación. Los datos de temperatura fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional y del INTA Sumalao-Valle Viejo. Las muestras fueron extraídas con una frecuencia cuatrimestral y analizadas según técnicas estándares.

Los resultados obtenidos fueron procesados estadísticamente y analizados en función de las guías para la calidad de agua potable de la OMS (2006) y del Código Alimentario Argentino (1994 y su modificación del 2012). Se consideró los límites fijados para la concentración de este ión por la legislación argentina, en función de la temperatura media anual del área estudiada, que tiene en cuenta el consumo diario del agua de bebida.

RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION

Las captaciones subterráneas en el Valle Central de Catamarca presentan materiales permeables de origen aluvial, litológicamente constituidos por rodados, gravas, gravillas y arenas compuesto principalmente de cuarzo, feldespatos, mica y restos de rocas graníticas y metamórficas, con muy escasa proporción de fracciones finas conformadas por limos y arcillas de origen eólico (Segura et al., 2005). Las profundidades de las perforaciones en explotación para abastecimiento de agua potable en el área de estudio, oscilan entre los 40 m en el departamento Paclín y los 220 m en el departamento Capital. La temperatura media

anual en el Valle Central de Catamarca varía entre los 18°C en las zonas serranas norte y oeste y los 22°C en las zonas deprimidas central y sur.

En la figura 2 se muestran las concentraciones medias del ion flúor en las perforaciones estudiadas del departamento Paclín, utilizadas como fuente de abastecimiento para consumo humano. El valor medio de la concentración del ion analizado en las muestras extraídas de la perforación ubicada en la localidad de Amadores, con 2 mg.l⁻¹, supera tanto el límite superior fijado por el CAA para una temperatura media anual de 17,7°C que es de 1,2 mg.l⁻¹, como el valor recomendado por la OMS (1,5 mg.l⁻¹).

El valor de la concentración media de fluoruro en la perforación de la localidad de Amadores se corresponde con una salinidad media del agua dada por la conductividad de (970±10) μS.cm⁻¹; ligeramente alcalina: pH =7,8 ± 0,4 y concentración media del catión sodio de (220 ± 9) mg.l⁻¹; ion móvil y persistente, muy afectado por el intercambio iónico. Estas características del agua son necesarias para la adsorción y sustitución del anión flúor en la superficie de los minerales (Seoane Borracer y Silva Busso, 2005).

El valor medio del ion flúor obtenidos en las perforaciones de La Viña y Balcozna se encuentra por debajo del límite inferior fijado por el CAA (0,7 mg.l⁻¹) para una temperatura media anual la zona de 17,7 °C.

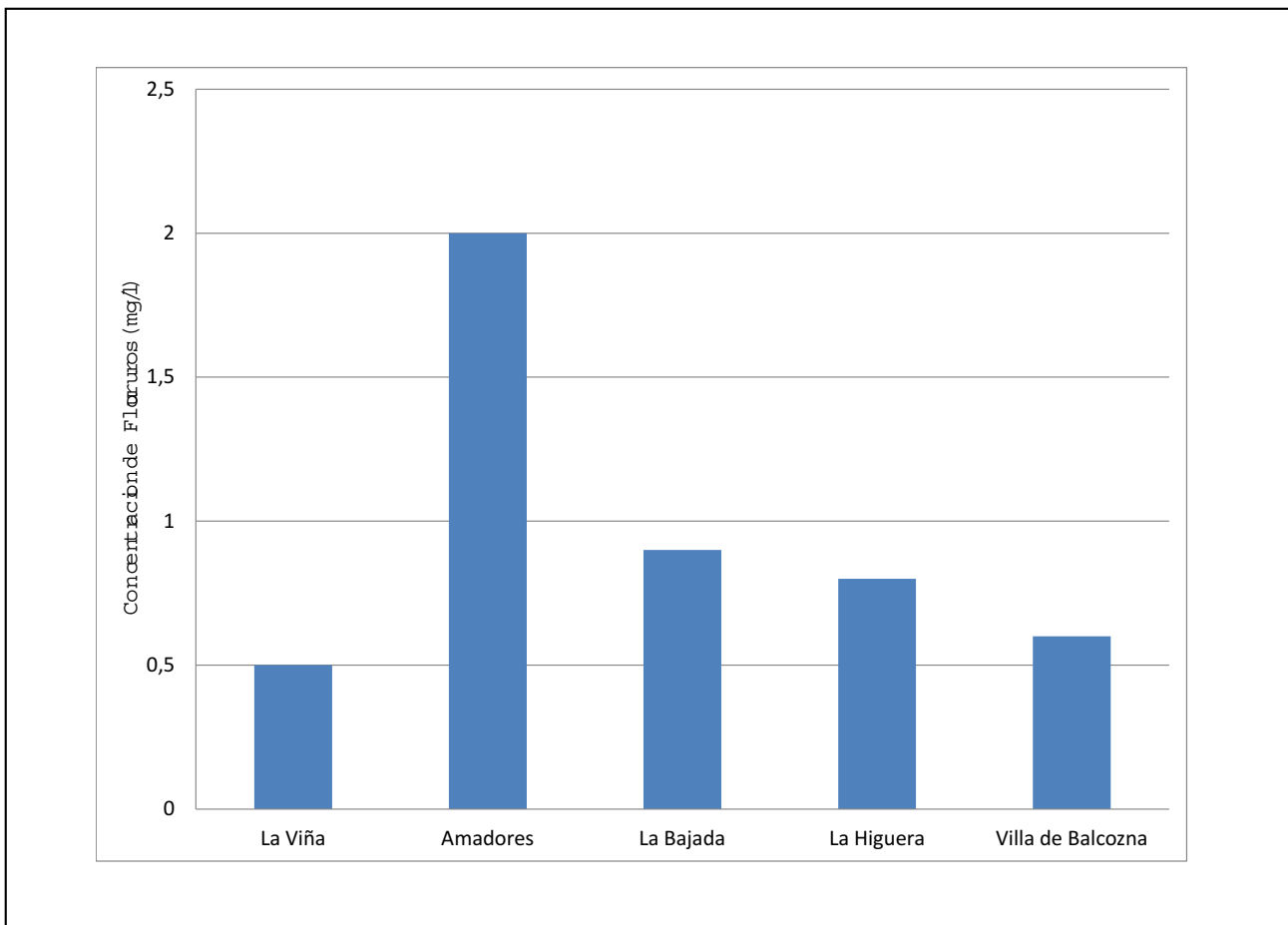


Figura 2. Concentración media del ion fluoruro en perforaciones del departamento Paclín.

En la figura 3 puede observarse los valores medios del ion Fluoruro detectados en las perforaciones monitoreadas del departamento Capayán.

La concentración media del ion estudiado en las perforaciones ubicadas en las localidades de San Martín (1,9 mg.l⁻¹); Chañarito (1,4 mg.l⁻¹) y Chumbicha (1,1 mg.l⁻¹) superan el valor máximo fijado por el CAA para una temperatura media anual de 21,5°C que es de 1 mg.l⁻¹. Se encuentran por debajo del mínimo exigido por dicha normativa para agua potable (0,7mg.l⁻¹), los valores medios detectados en las perforaciones de El Milagro, Huillapima, Colonia del Valle, SisiHuasi, Nueva Coneta y Los Pocitos.

Las perforaciones en explotación para consumo humano del departamento Valle Viejo, con los niveles medios de ion fluoruro obtenidos, se muestran en la figura 4.

En el agua de las captaciones subterráneas ubicadas en las localidades de Las Esquinas, $F^-_{Med} = (0,5 \pm 0,1) \text{ mg.l}^{-1}$, Las Tejas, $F^-_{Med} = (0,5 \pm 0,2) \text{ mg.l}^{-1}$, y Agua Colorada $F^-_{Med} = (0,6 \pm 0,2) \text{ mg.l}^{-1}$ se detectaron concentraciones medias del ion fluoruro, inferiores al límite establecido en la legislación argentina para consumo humano para una temperatura media anual de 21,5°C.

El valor medio del ión en estudio encontrado en el agua de la perforación ubicada en la localidad El Portezuelo (1,15 mg/l) supera el valor máximo admitido por el CAA, para una temperatura media anual de 21,5°C (1mg.L⁻¹).

Se muestra en la figura 5, los valores medios de las concentraciones del ion flúor en las veinte captaciones subterráneas monitoreadas del departamento Capital.

El 80 % de las perforaciones estudiadas en el departamento Capital y utilizadas para abastecimiento a la población presentan valores medios del ión estudiado entre 0,4 mg.l⁻¹ y 0,5 mg.l⁻¹, inferiores al mínimo fijado por el CAA (0,7 mg.l⁻¹) para una temperatura media anual de 21,5 °C.

El origen y enriquecimiento del ión fluoruro en las aguas subterráneas del VCC se puede atribuir principalmente a la disolución de fluorita (CaF₂) que es el mineral principal de flúor y que se encuentra en yacimientos hidrotermales, muy presente en las pegmatitas graníticas de las sierras de El Alto – Ancasti, explotadas en las décadas del 70' y 80' (mina Dal), presente también en otras serranías circundantes a la depresión tectónica del Valle de Catamarca. Otra posible fuente de flúor es la biotita –abundante también en los afloramientos rocosos circundantes al Valle de Catamarca- dado que puede contener este ión en su estructura cristalina y es probable que se presente saturado en el agua subterránea.

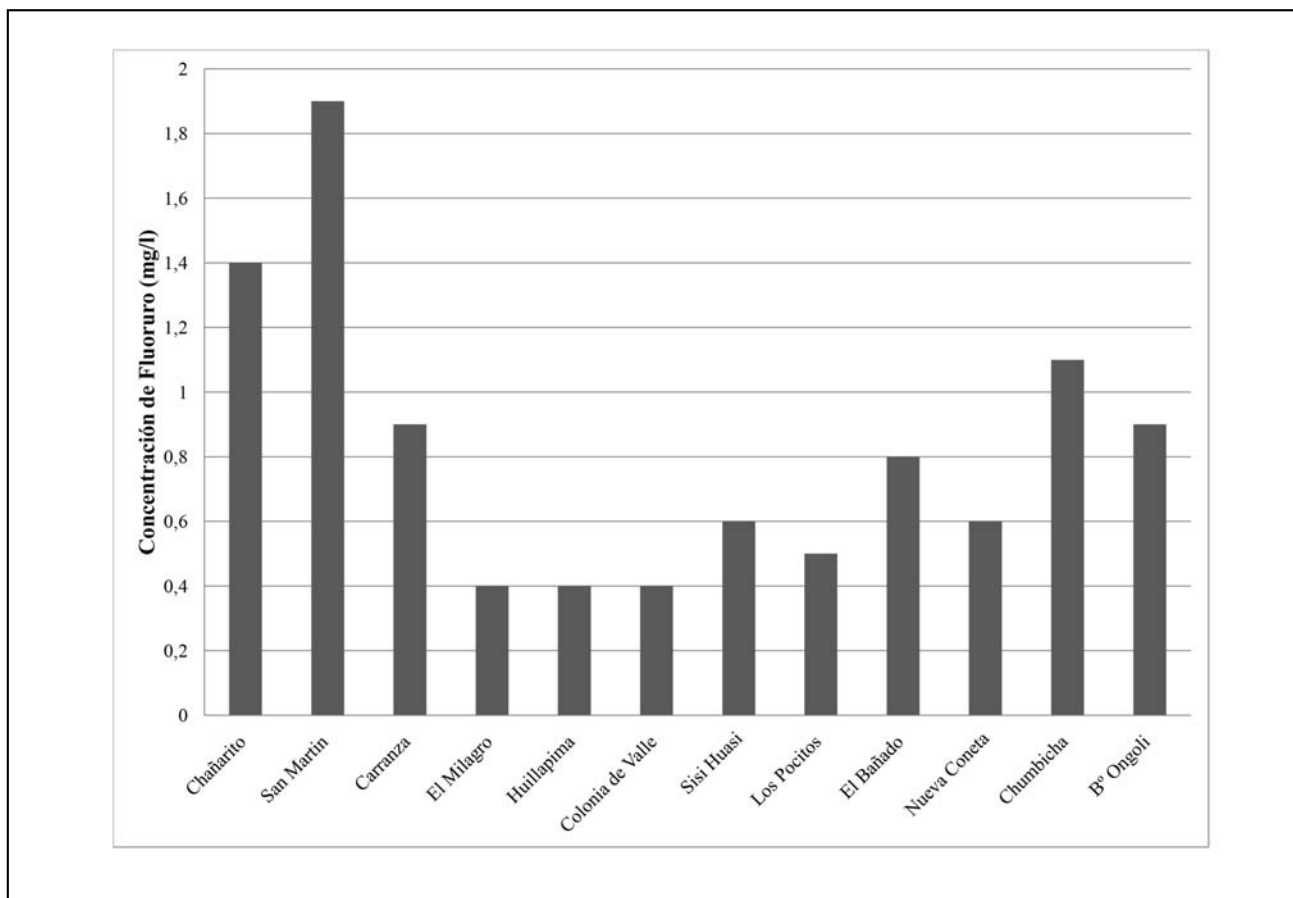


Figura 3. Concentración media del ion flúor en perforaciones del Departamento Capayán.

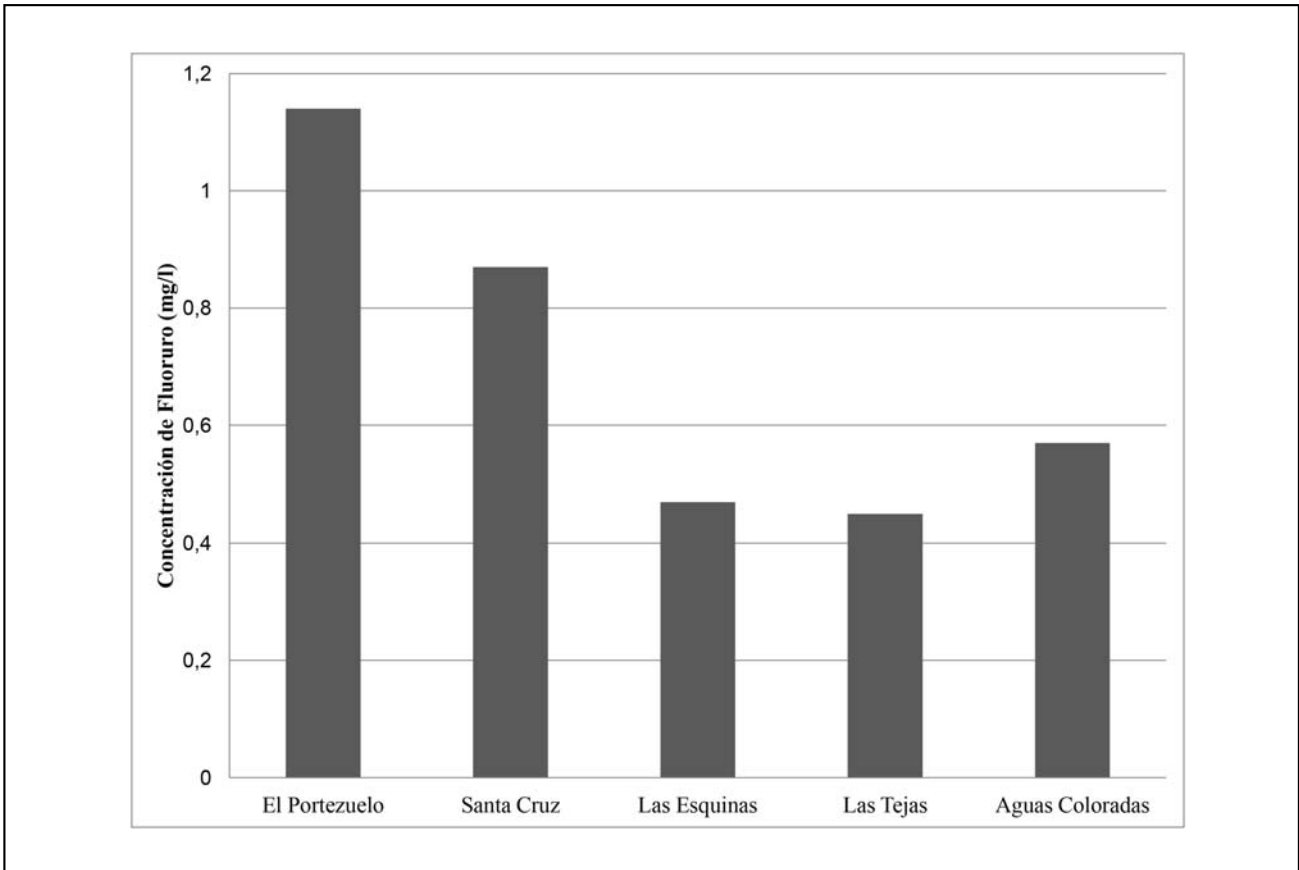


Figura 4. Concentración media del ion flúor en perforaciones del Dpto. Valle Viejo.

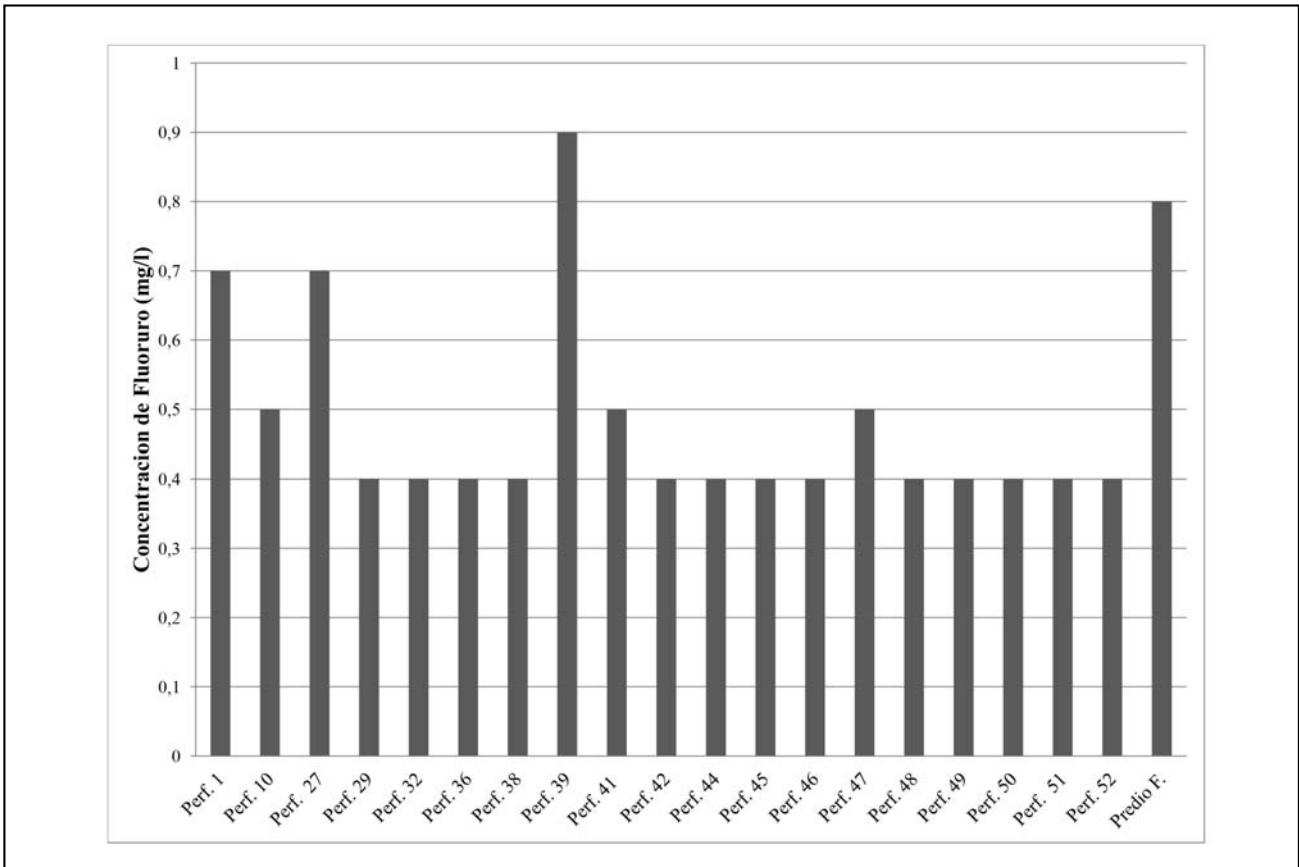


Figura 5. Concentración media del ion flúor en perforaciones del Departamento Capital.

CONCLUSIONES

Las captaciones subterráneas ubicadas en el Valle Central de Catamarca, cuyas profundidades oscilan entre los 40m y 220m -utilizadas para abastecimiento a la población- explotan diferentes horizontes productivos de un sistema multicapa, constituidos por sedimentos cuaternarios integrados en diferentes porcentajes por gravas, gravillas, arenas gruesas, medianas y finas y limos. En su mineralogía se observan minerales de cuarzo, feldespato, plagioclasas, moscovita y biotita.

Las concentraciones del ión fluoruro en el agua subterránea de las perforaciones monitoreadas en el VCC oscilan entre 0,4 mg.l⁻¹ y 0,9 mg.l⁻¹ con valores extremos de 1,9 mg.l⁻¹ a 2,0 mg.l⁻¹.

Dos de las perforaciones estudiadas, que representan el 4,8% del total de las captaciones subterráneas monitoreadas en el área de estudio presentan concentraciones medias del ion fluoruro superior al límite recomendado por la OMS. Si se considera el límite superior fijado por el CAA en función de la temperatura media anual, el porcentaje se eleva al 12 %.

La ubicación de las perforaciones con esta problemática se corresponde con áreas de acuíferos con presencia de minerales de fluorita y principalmente biotita, que son abundantes en los afloramientos rocosos circundantes al VCC.

En función de la temperatura media anual, se ajustan a los límites fijados por CAA para el ion fluoruro en el agua de bebida las concentraciones detectadas en el 23,7% de las perforaciones monitoreadas del Valle Central de Catamarca y utilizadas para consumo humano.

El 64,3 % de las captaciones subterráneas monitoreadas del VCC presentan concentraciones medias del ion en estudio inferiores al mínimo 0,7 mg.l⁻¹ fijado por la legislación argentina para agua potable de acuerdo a la temperatura del área geográfica estudiada.

Dado el elevado porcentaje de fuentes de agua subterránea, destinadas al consumo humano, con concentraciones del ion fluoruro por debajo de lo normado por el CAA, se recomienda informar a las autoridades sanitarias para que se adopten las medidas correspondientes.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BLASCO G., CAMINOS R., LAPIDO O., LIZUAÍN A., MARTÍNEZ H., NULLO F., PANZA J. Y SACOMANI L., 1995.
Hoja Geológica 2966-II. San Fernando del Valle de Catamarca.
Boletín N° 212. Dirección Nacional del Servicio Geológico. Ed. SERVICOP. Editorial Universitaria de la Plata. Buenos Aires. Argentina.
- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. 1994.
Capítulo XII. Art. N° 982. Resolución 494/94. Modificación 2012. Resolución N°68/2007 y N°196/2007.
Ministerio de Salud. Bs. As. Argentina.
- CUSTODIO E. Y R. LLAMAS. 1983.
Hidrología Subterránea.
Editorial Omega. 2° Edición. Tomos I y II. Barcelona. España.
- GUERRRERO R., CISTERNA P, GONZÁLES S. Y UAUY D., 1983.
Contenido de Flúor de las Aguas Naturales de Chile. Recomendaciones para la Suplementación.
Revista Chilena de Pediatría. Vol. 54. N°3. pp 162-166.
- LAHERMO P.W., 1987.
The ocurrent and pathays of abnormally high fluoride concentrations in the environment and their impact on human health in northen Tanzania.
Elements and Disease Porc. On the first. Int. cont. on Elements. Pp. 30-43.
- MIÑANA V. 2010.
El flúor y la prevención de la caries en la infancia.
Nutrición Infantil. Valencia. España. Pp. 129-134.
- NULLO F.E. 1981.
Descripción geológica de la Hoja 15 f, Huillapima, provincia de Catamarca.
Servicio Geológico Nacional. Boletín 178.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DELA SALUD (OMS). 2006.
Guías para la Calidad de Agua Potable.
Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones. Ginebra. Suiza.
- SEGURA L., SARACHO M. Y MOYANO P. 2005.
Hidroquímica y Vulnerabilidad de los Acuíferos de la Ciudad de Catamarca.
IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. pp139-149.
- SEOANE BORRACER N. Y SILVA BUSO A. 2005.
Aspectos sobre la Distribución de Fluoruro en el Sistema Acuífero Guaraní en Argentina-Uruguay.
IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. pp171-180.
- UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2010.
Fluoride: Exposure and Relative Source Contribution Analysis.
Health and Ecological Criteria Division Office of Water. Washington D.C.