

Hidroquímica subterránea de un sector de la llanura aluvial del Río Limay. Fondo natural en referencia a flúor y arsénico.

Laurencena P., Kruse E. y L. Rodrigues Capítulo

64 N°3 La Plata 0054-221- 4249049 pl Lauren@fcnym.unlp.edu.ar, kruse@fcnym.unlp.edu.ar

Resumen

En este trabajo se realiza una caracterización hidroquímica del acuífero freático desarrollado en la planicie situada en el sector inferior de la cuenca del Río Limay, entre las ciudades de Neuquén y Plottier. Limita hacia el sur con el cauce del río y hacia el norte con las bardas que constituyen un relieve más elevado de mesetas. El área presenta un fuerte desarrollo agrícola e industrial asociado a sectores urbanos. El acuífero freático está alojado en gravas y rodados de alta permeabilidad y su régimen y características químicas están influenciados por los aportes pluviales de escasa magnitud y por los excesos de agua provenientes del riego. Se presenta el análisis estadístico de los contenidos químicos, respecto de flúor y arsénico, con el objeto de establecer la calidad del agua subterránea para diferentes usos. Se estableció el fondo natural y valores umbrales de los elementos a partir de la definición de la mediana y los percentiles 2,3 y 97,7. Los resultados se muestran en gráficos de caja. La definición del fondo natural de los contenidos químicos permite el seguimiento y control de la calidad del agua subterránea.

Palabras claves: aguas subterráneas, calidad química, planicie aluvial

Abstract

This work presents a hydrochemical characterization of the phreatic aquifer that extends in the Rio Limay fluvial plain lower basin, between the cities of Neuquen and Plottier. The study area is bounded by the river to the South and a marked escarpment to the North called "barra". Regarding the land usage, the area is under intense agricultural exploitation and supports the activities of a midsize city related industries. The phreatic aquifer is hosted by high permeability alluvial plain gravels and its chemical regime and characteristics are influenced by the scarce rainfall and the incoming water excesses from irrigation. A statistical analysis of Fluor and Arsenic contents is presented aiming at characterizing the water quality for its different uses. The natural background and threshold values of the studied elements were established considering the median and the 2.3 and 97.7 percentiles. Box-and-whiskers plots were used to visualize the results. The definition of the natural background of chemical contents allows controlling and following up of groundwater quality.

Keywords Groundwater, chemical quality, alluvial plain.

1-INTRODUCCIÓN

En el valle inferior del Río Limay se encuentran las ciudades de Neuquén y Plottier existiendo un importante desarrollo socioeconómico concentrado principalmente en el cultivo de frutales.

En esta zona el acuífero freático está alojado en gravas y rodados de alta permeabilidad y su régimen y características químicas están influenciados por los aportes pluviales de escasa magnitud y por los excesos de agua provenientes del riego.

El objetivo de este trabajo es presentar los aspectos más destacados de la calidad química del agua subterránea y definir una línea de base respecto de los contenidos de arsénico y flúor en un sector de la llanura aluvial del río Limay.

Se considera que la línea de base (o fondo natural) de la calidad del agua subterránea está definida por aquellas condiciones físico-químicas propias que derivan de procesos puramente naturales (Manzano et al, 2003). Cualquier efecto sobre la calidad del agua podrá evaluarse por comparación con esa línea de base. Se debe tener en consideración que la línea de base a definir depende de los datos disponibles. La metodología para el cálculo del fondo natural depende de las concentraciones características (medias o medianas) de los distintos componentes y su distribución en torno a esos valores.

2.-CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en el ambiente geomorfológico de la Patagonia Extra-andina, en el flanco sur del engolfamiento neuquino (Ramos 1978). El rasgo geomorfológico dominante en la zona es el de una planicie de inundación, que incluye a la acción actual y pasada del Río Limay.

La zona abarca un área de aproximadamente 55 Km², y se desarrolla en la planicie situada en la parte inferior del Río Limay, entre Neuquén y Plottier, limitando hacia el sur con el valle del río antes mencionado y hacia el norte con las bardas que constituyen un relieve más elevado de mesetas. Figura 1

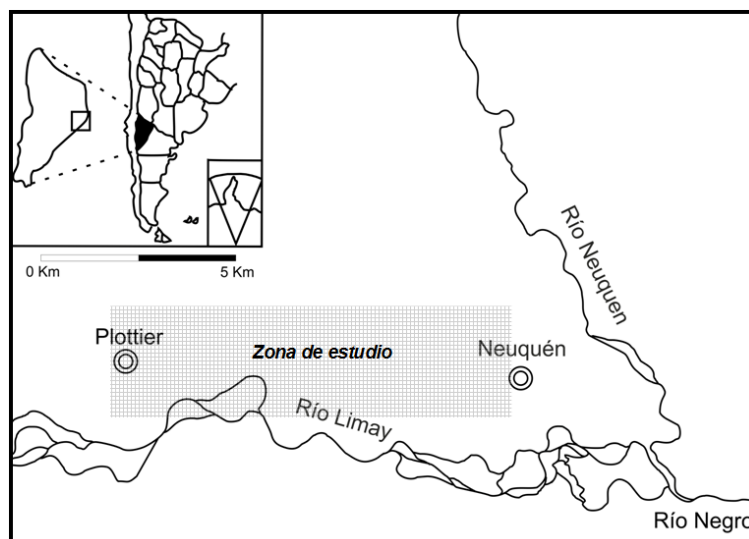


Figura 1 Ubicación del área de estudio

La planicie aluvial y las terrazas del río Limay se caracterizan por un relieve de mesetas escalonadas, vinculadas a la historia geológica reciente del río. La planicie de inundación actual posee meandros abandonados que se inundan durante la época estival debido a la elevación estacional de la capa freática.

Los suelos generalmente presentan texturas medias a gruesas (franca, franca arenosa, areno franca). En general son profundos, bien drenados y masivos o débilmente estructurados. Poseen muy bajos contenidos de materia orgánica.

El clima es árido y según la clasificación de Thornthwaite presenta un carácter mesotermal con nulo exceso de agua. La temperatura media anual es de 14,5°C, con un rango que oscila desde el mes más frío, que es julio con un valor medio de 6,1° C hasta el más caluroso representado por Enero con 23,3° C. La precipitación media en Neuquén en el período 1900 - 2008 es de 207 mm/año, registrándose fuertes variaciones anuales desde un máximo de 358 mm/año hasta un mínimo de 65mm/año.

3.-METODOLOGÍA

La caracterización geomorfológica, geológica se realizó en base a distintos antecedentes bibliográficos, cartas topográficas, imágenes Landsat TM, Ikonos, fotografías aéreas y relevamientos de campo.

Se cuenta con una red freaticométrica de 50 pozos realizados en el área con fines de explotación y monitoreo. Los registros periódicos abarcan un período de medición de 2003 a 2008. Se obtuvieron medidas de profundidad del nivel freático y conjuntamente se realizó la toma de muestras de agua para la elaboración de análisis químicos. Se determinó conductividad, alcalinidad, dureza, TDS, pH, Cloruros, sulfatos, bicarbonatos, sodio, calcio, magnesio, aluminio, flúor, boro, hierro, potasio, nitrato, nitrito, arsénico Manganeseo, sílice.

Para la determinación de la línea de base ambiental respecto de arsénico y flúor, se adoptó el criterio de definirla, como la concentración correspondiente a la mediana (p 50%) como fondo natural de referencia y la concentración correspondiente a los percentiles 2.3% y 97.7% como límite o umbrales inferior y superior, con lo que se asegura que el 95.4 % de la población se considera en este rango. (Manzano et al 2003)

4.-HIDROGEOLOGÍA

El acuífero freático se aloja en un manto de rodados cuyo espesor medio varía entre 10 y 12 m, representando a una unidad que posee una alta capacidad de infiltración, que puede superar los 10 cm/hora, y una gran posibilidad de almacenamiento y transmisión de agua. De acuerdo a los ensayos efectuados, la transmisividad media de esta unidad es del orden de 1000 m²/día, lo cual representa una conductividad hidráulica de aproximadamente 100 m/día. La porosidad efectiva estimada es superior a 12%. Los límites de este nivel acuífero, tanto en profundidad como en el borde Norte del área, están dados por sedimentos de baja permeabilidad (Grupo Neuquén).

El Grupo Neuquén, de edad Cretácico superior, constituido por una monótona sucesión de psamitas y pelitas rojas y grises, constituye la base sobre la cual el río Limay ha generado sedimentos aluviales cuaternarios, formados por gravas y arenas sueltas de variada granulometría y sin cementar en donde se desarrolla el acuífero freático.

Hacia el norte la planicie limita con el área de meseta, en donde están expuestas estas sedimentitas del Grupo Neuquén, que en el tramo intermedio de los afloramientos presenta una sucesión de rocas clásticas finas a muy finas tobáceas, con lentes de areniscas y conglomerados poco potentes.

5.-HIDRODINÁMICA SUBTERRÁNEA

El sentido general de escurrimiento es noroeste – sudeste, con tendencia a descargar en el valle actual del Río Limay. (Figura 2)

La morfología de la superficie freaticométrica es de tipo radial con tendencia a formas planares con filetes subparalelos. (Laurencena et al 2009) La profundidad de los niveles freáticos es de 1 m en el sector cercano al río alcanzando valores superiores a 10 m en el área cercana a la barda.

La recarga del sistema es alóctona indirecta ya que se produce fundamentalmente por la derivación de los caudales del Río Limay a través de todos los canales de riego, observándose un aumento de los niveles freáticos a partir del comienzo del riego en la región.

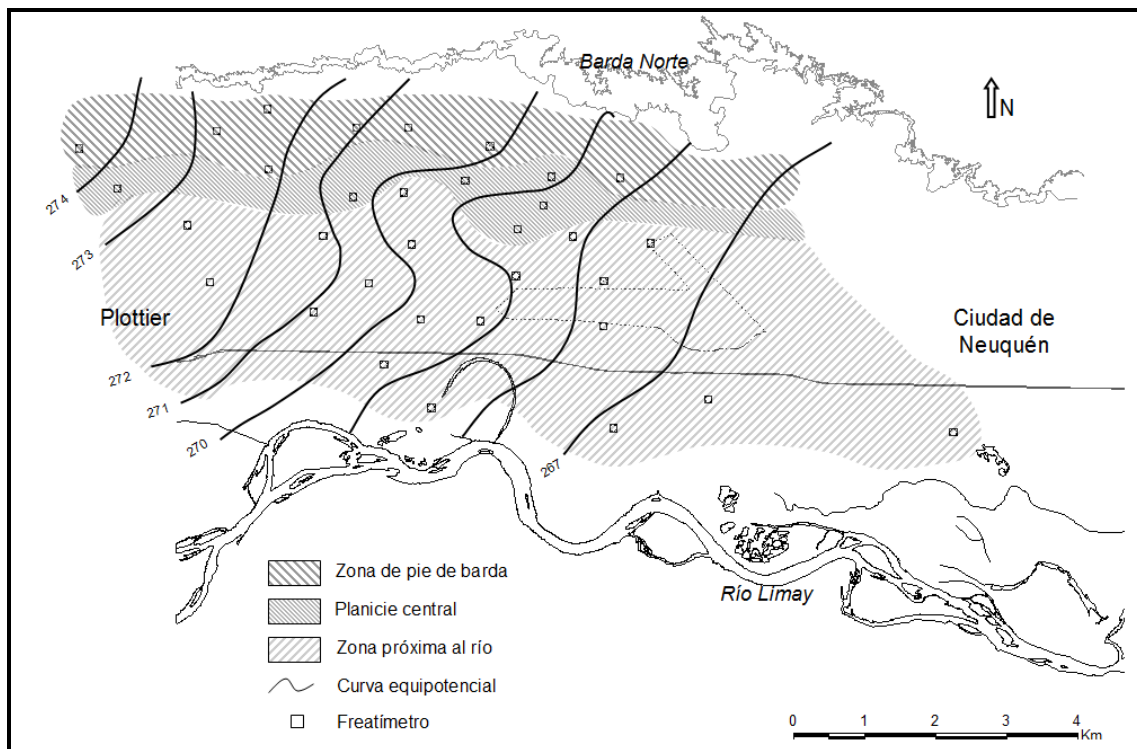


Figura 2 Mapa equipotencial. Zonación hidroquímica.

6.-HIDROQUÍMICA SUBTERRÁNEA

El análisis de las características químicas ha puesto de manifiesto distintos tipos de aguas. Se diferenciaron tres sectores, uno próximo a la barda, uno en la planicie central y otro en las proximidades del río. (Figura 2)

El agua del sector próximo a la barda, el agua es de características clorurada y/o sulfatada sódica, con valores de conductividad que oscilan entre 3000 a 10500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un STD que varía entre 2500 y 9100 mg/L y el pH entre 7,6 a 8,2. La planicie central se caracteriza por presentar agua de tipo sulfatada bicarbonatada sódica con valores de conductividad que varían entre 700 y 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un STD que varía entre 500 y 2500 mg/L y ph variable entre 7,6 y 7,8. El tercer grupo que corresponde a los pozos de las proximidades del río muestra agua de buena calidad, con características bicarbonatadas sódicas-cálcicas, con valores de conductividad que oscilan entre 120 a 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 87 a 550 mg/L y un pH de 6,8 a 7,8. (Figura 3)

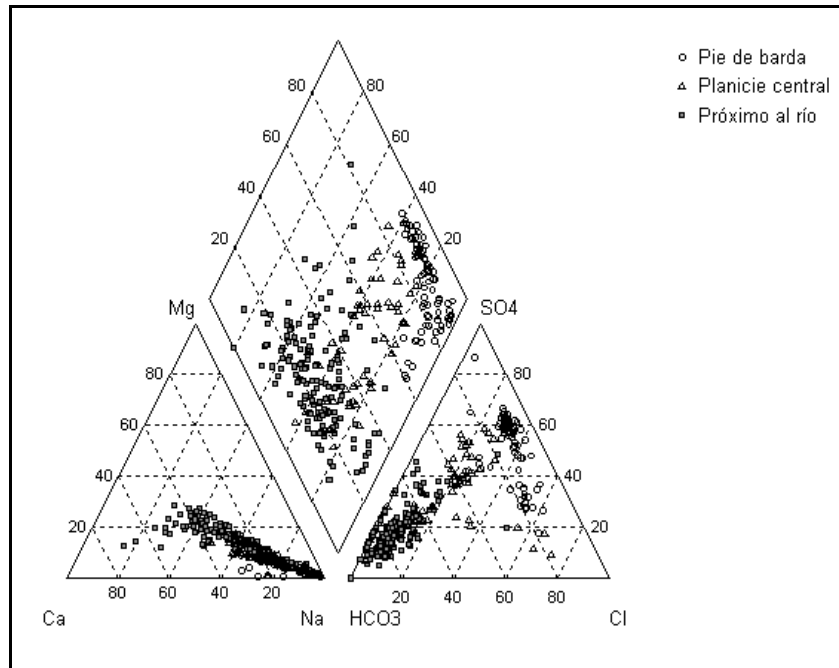


Figura 3 Diagrama de Piper

Los valores obtenidos de nitratos son bajos, ya que oscilan entre 1 y 30 mg/L. Los contenidos de sílice varían entre 7 y 17,2 mg/L, y los de manganeso entre 0,05 y 1,3 mg/L.

7.-CONTENIDO DE ARSÉNICO Y FLÚOR

El arsénico es un elemento natural presente en la mayor parte de las aguas subterráneas en distintas concentraciones dependiendo del ambiente en que se encuentre, debido a la disolución natural de materiales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. Los contenidos de arsénico naturales están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes: sedimentos asociados a filones mineralizados, formaciones volcánicas, sistemas hidrotermales actuales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, etc. (Boyle et al, 1998; BGS y DPHE, 2001; Smedley y Kinniburgh, 2002). La presencia de arsénico es la consecuencia de sus características geoquímicas y de las condiciones hidrogeológicas específicas para cada caso.

Una de las características más destacadas del arsénico de origen natural en las aguas subterráneas, es que no siempre existe una relación directa entre el contenido en el agua y el contenido en el material que conforma el acuífero, por lo que pueden darse distintas situaciones. Dichas variaciones están definidas por la peculiaridad de las circunstancias y los procesos que concurren en cada uno de los casos, o en otras palabras, la presencia de arsénico es la consecuencia de un ambiente geoquímico y las condiciones hidrogeológicas específicas. (Lillo, 2007)

En los últimos años se advierte una tendencia general en países industrializados a reducir los límites máximos permitidos de arsénico en agua de bebida, debido al riesgo carcinogénico para el ser humano. La OMS (2003) en las últimas Guías de Calidad para el Agua Potable de 1993 reduce el valor guía de arsénico en agua de 0,05mg/L a un valor provisional de 0,01mg/L, basándose en un estudio realizado por el Foro de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). El Código Alimentario Nacional (CAA,2007) establece para la República Argentina mediante la Ley N°18.284, en su artículo 982 (Res Conj. SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007) una concentración máxima de arsénico en agua de bebida de 0,01mg/L a partir del año 2007.

El flúor también está normalmente presente en las aguas naturales subterráneas y es 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.

En las aguas alcalinas y en las que tienen una temperatura elevada hay más posibilidad de mayores concentraciones de flúor. El Código Alimentario Nacional define los límites del fluoruro, en función de la temperatura promedio de la zona y teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida. Si se tiene en cuenta que la temperatura media de la zona estudiada (14,5°C), los límites tolerables para el fluoruro varían entre 0,8 mg/L y 1,5 mg/L.

Los contenidos de flúor y arsénico se asocian a los distintos tipos químicos de aguas determinados. En la Figura 5 se muestran las diferencias en las concentraciones de ambos elementos, observándose que tanto los contenidos de flúor como los de arsénico disminuyen en las proximidades del río.

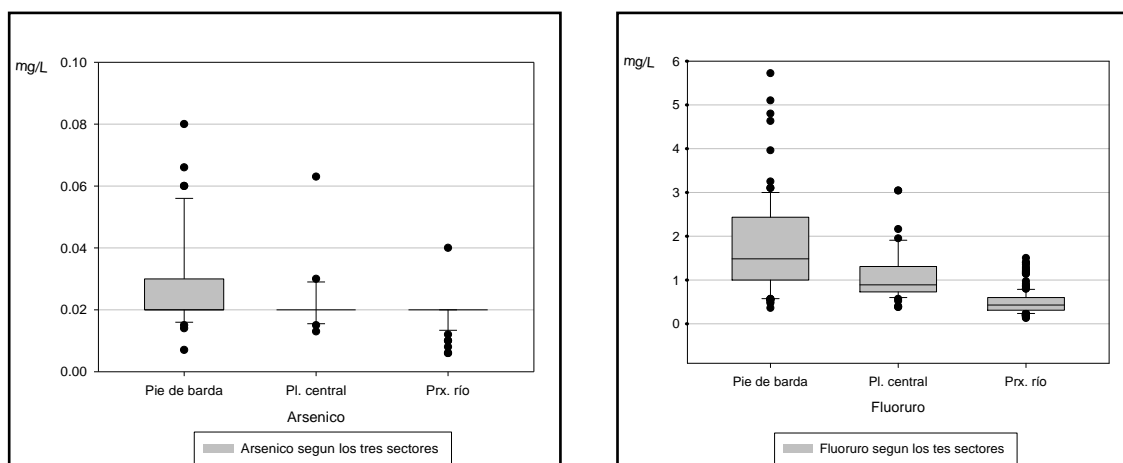


Fig.5 Variaciones en las concentraciones de arsénico y fluoruro

Las concentraciones de arsénico muestran un valor mínimo de 0.006 en el sector próximo al río y uno máximo de 0.08 mg/L en el sector de la barda. En la tabla I se muestran las diferencias estadísticas según su distribución espacial.

Tabla I. Resumen de valores estadísticos de arsénico

Sector	Nº de muestras	Media	Des estándar	Arsénico mg/L				
				Max	Min	Mediana	Percentil 2.3	Percentil 97.7
Pie de barda	44	0.03	0.015	0.080	0.007	0.02	0.014	0.066
Planicie central	25	0.02	0.009	0.063	0.013	0.02	0.014	0.046
Próximo al río	62	0.02	0.004	0.040	0.006	0.02	0.007	0.020

Se definió la línea de base ambiental para cada tipo de agua. En el sector próximo a la barda se calculó el valor de 0.02 mg/L como fondo natural de referencia y los valores de 0.014 mg/L y 0.066 mg/L como los umbrales inferior y superior respectivamente. En el sector de la planicie central el fondo natural es 0.02 mg/L y el umbral inferior 0.014 y el superior 0.046 mg/L. El sector próximo al río presenta agua de mejor calidad con un valor de

fondo natural semejante a las otras zonas de 0.02 mg/L, pero con umbrales menores (0.007 mg/L y 0.02 mg/L). Los contenidos naturales de arsénico son muy bajos a pesar de encontrarse levemente por encima de los establecidos en la normativa nacional.

Respecto de los contenidos de flúor, en la Tabla II se observa una mayor diferenciación entre las tres zonas. El sector de mayor contenido en flúor (próximo a la barda) coincide con el área de mayor salinidad, el valor máximo es de 5.72 mg/L y el mínimo es de 0.36 mg/L. En la planicie central el valor mínimo es similar al anterior, en cambio el máximo es casi la mitad. (3.04 mg/L). El área próxima al río presenta valores significativamente más bajos, con mínimos de 0.1 mg/L y máximos de 1.5mg/L.

Tabla II. Resumen de valores estadísticos de fluoruro

Sector	N° de muestras	Media	Des estándar	Fluoruro mg/L		Mediana	Percentil 2.3	Percentil 97.7
				Max	Min			
Pie de barda	91	1.74	1.076	5.720	0.360	1.485	0.502	4.792
Planicie central	60	1.09	0.575	3.040	0.380	0.890	0.387	2.746
Próximo al río	178	0.52	0.356	1.500	0.130	0.430	0.300	1.291

Para la definición del fondo natural del flúor también se deben considerar los sectores definidos para el arsénico. En el sector próximo a la barda el fondo natural, establecido a partir de la mediana, es de 1.48 mg/L, el umbral inferior es de 0.5 mg/L y el superior de 4.79 mg/L. En la planicie central el valor de la mediana es 0.89 mg/L y los umbrales están comprendidos entre los valores de 0.38 mg/L y 2.74 mg/L. Próximo al río el fondo natural se establece en 0.43 mg/L, el umbral inferior en 0.3 y el superior en 1.29 mg/L.

8.-CONCLUSIONES

Las características químicas de las aguas subterráneas en la zona de estudio permiten identificar tres sectores bien diferenciados que responden a la dinámica del sistema subterráneo. El sector cercano a la barda contiene aguas predominantemente cloruradas-sulfatadas sódicas y de alto contenido salino, poniendo en evidencia la influencia del flujo subterráneo proveniente del sector de bardas, en donde se encuentran expuestas las sedimentitas del grupo Neuquén. El área próxima al río, recibe el aporte periódico de agua de riego proveniente del río Limay, lo que permite al acuífero contener aguas de mejor calidad, aptas para diferentes usos, de características bicarbonatadas sódicas- cálcicas. La zona intermedia constituye un sector de mezcla, incluyendo aguas sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas.

En la definición de la línea de base del arsénico, se pudo establecer un valor de fondo natural común para las tres zonas de 0.02 mg/L, con umbrales superiores e inferiores que varían según cada sector. En la zona de pie de barda entre 0.014 y 0.066 mg/L, en la planicie central entre 0.014 y 0.04 mg/L y en el sector próximo al río entre 0.007 y 0.02 mg/L. En todos los casos se encuentran levemente por encima de los valores establecidos por la norma para el agua de bebida.

En la definición de la línea de base natural para flúor, es necesario contemplar los tres sectores tanto para el fondo natural como para establecer los límites extremos. En el sector próximo a la barda el fondo natural, es de 1.48 mg/L, el umbral inferior es de 0.5 mg/L y el superior de 4.79 mg/L. En la planicie central el valor de la mediana es 0.89 mg/L y los umbrales están comprendidos entre los valores de 0.38 mg/L y 2.74 mg/L. Próximo al río el fondo natural se establece en 0.43 mg/L, el umbral inferior en 0.3 y el superior en 1.29 mg/L.

Los valores se encuentran en general dentro del rango establecido por la norma vigente, exceptuando el sector próximo al río que muestra valores algo menores.

Teniendo en cuenta que las características del sistema químico son variables tanto espacial como temporalmente, resulta importante mantener la red freaticométrica activa con el objeto de monitorear y alertar sobre posibles cambios no deseados en la calidad química de las aguas subterráneas.

REFERENCIAS

BGS y DPHE. 2001. Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh. In: Kinniburgh D.G., Smedley P.L. (eds.) Volume 1: Summary. BGS Technical Report WC/00/19, British Geological Survey.

Boyle D.R., Turner R.J.W., Hall G.E.M. 1998. Anomalous arsenic concentrations in groundwaters of an island community, Bowen Island, British Columbia. *Environ. Geochem. and Health*, 20, 199-212.

Código Alimentario Argentino. N°18.284, art. 982 (Res Conj. SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007) Capítulo XII. Bebidas Hídricas Aguas y Aguas gasificadas http://www.anmat.gov.ar/codigoa/Capitulo_XII_Agua_2007-05.pdf.

Laurencena P., Kruse E. y J. Mas-Pla. 2009. Caracterización hidrogeológica y modelación preliminar del flujo subterráneo en la cuenca baja del Río Limay, Provincia de Neuquén, Argentina. Capítulo del libro: Gestión ambiental Integrada de Áreas Costeras. (Pág. 189-200) .ISBN 978-84-497-0122-1. Primera edición. Rubes Editorial, 2009. España

Lillo J. 2007 Material científico Peligro Geoquímico: arsénico de origen natural en las aguas. http://www.ucm.es/info/crismine/Ambiente_Serena/Tema_As.htm

Manzano M., Custodio E. y P. Nieto 2003. El fondo natural de la calidad del agua subterránea. I Seminario Hispano- Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Rosario 607-617.

OMS (Organización Mundial de la salud) OMS, 2003: Arsenic in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), (WHO/SDE/WSH/03.04/75). http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_12.pdf

Ramos, V., 1978. Estructura. En: Geología y Recursos Naturales del Neuquén. Relatorio VII Congreso Geológico Argentino. Neuquén. Pág.99 – 118.

Smedley P.L., Kinniburgh D.G., 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568.