



Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 4, pp. 01.17-01.26, 2016. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y PRESENCIA DE CONTAMINANTES NATURALES EN EL AGUA DE LOCALIDADES DE LA PAZ. CATAMARCA

M. Saracho¹, L. Segura¹, M. Flores, N. Agüero¹, G. Rodríguez, M. Leguizamón, F. Allés¹
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO. – CONICET
Universidad Nacional de Catamarca, Avda. Belgrano 300 C.P. 4700 – Catamarca
Tel. 0383-15286959. E-mail: martasaracho@gmail.com

Recibido 10/08/16, aceptado 09/10/16

RESUMEN: El agua subterránea es una de las principales fuentes para abastecimiento de poblaciones. En numerosas localidades es la única fuente disponible y presenta escasa aptitud. Los objetivos son caracterizar geoquímicamente la calidad del agua utilizada para consumo humano por las poblaciones de El Aybal, El Bañado, Ramblones, El Divisadero, Recreo, Esquiú, La Horqueta y La Guardia del departamento La Paz, provincia de Catamarca; determinar las concentraciones de contaminantes naturales (arsénico, fluoruro y selenio) y su relación con las condiciones geoquímicas de la zona. Se muestreó y analizó nueve fuentes de agua mediante técnicas estándares. El 88,9% presentan concentraciones de arsénico superiores al valor guía de la OMS y el 55,5% tenores de fluoruros mayores al límite fijado por el CAA. El agua de los acuíferos ubicados en zonas ribereñas es bicarbonatada sódica-cálcica de mineralización media transformándose en sulfatada sódica- cálcica con alta mineralización en las perforaciones más distantes de las cuencas de aporte superficial.

Palabras clave: Hidrogeoquímica, Contaminantes Naturales. La Paz. Catamarca

INTRODUCCION

La accesibilidad y disponibilidad de fuentes de agua para consumo humano es un problema a nivel mundial, siendo una de las causas la contaminación antrópica y/o natural. La situación planteada se agudiza en las zonas áridas donde generalmente el único recurso hídrico disponible es el subterráneo. Las aguas subterráneas abastecen de agua potable al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego. A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (UNESCO, 2015). Esta fuente de agua, que en muchas localidades es la única disponible, presenta en numerosas ocasiones escasa aptitud debido a la presencia de elevados tenores de sólidos disueltos totales, arsénico, fluoruros (vinculados a la calidad natural del agua en la región) y nitrato, indicador de contaminación orgánica. En particular la presencia de altas concentraciones de arsénico y fluoruro en el agua subterránea constituyen un riesgo muy importante para la salud de la población que la consume.

Los niveles de arsénico en el ambiente son variables, ya que es un elemento con muy alta movilidad y capacidad de transformación. Puede adsorberse o desorberse de partículas, o cambiar de estado de oxidación al reaccionar con oxígeno u otras moléculas del aire, del agua o del suelo o por acción de microorganismos (Smedley and Kinniburgh, 2002; Mandal and Suzuki, 2002). La presencia de elevados niveles de arsénico en agua está directamente relacionada con su liberación desde la fase sólida, con fenómenos de transporte y transferencia a otros medios y a procesos de dilución por mezcla. El arsénico se encuentra en ambientes naturales formando parte de cerca de 200 diferentes minerales, que incluyen distintas formas químicas como arsénico elemental, arseniuros, sulfuros,

¹ Profesional Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos. Gob. Provincia de Catamarca

óxidos, arseniatos y arsenitos. El mineral más abundante es la arsenopirita, FeAsS, que con frecuencia aloja oro (Litter, 2010). El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) clasifica al arsénico dentro del grupo I por las evidencias clínicas de su acción carcinogénica. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) teniendo en cuenta los efectos tóxicos del arsénico inorgánico sobre los seres humanos y otros organismos vivos, ha recomendado un límite de 10 µg/l de arsénico en agua para consumo humano.

La contaminación natural del agua subterránea destinada al consumo humano con arsénico y fluoruro es un problema epidémico en países como Argentina, Canadá, Chile, China, Estados Unidos, Hungría, India, Italia, México, Pakistán y Vietnam, entre otros que han reportado la severidad de la ingestión de agua con arsénico y flúor (Smedley y Kinniburgh, 2002; Edmunds y Smedley, 2005; Amini et al., 2008). En Argentina, el Dr. M. Goyenechea fue el primero en observar intoxicaciones arsenicales, a través de análisis químicos realizados por el Dr. A. Pusso, en la localidad de Bell Ville en el año 1913. Esta patología se denominó H.A.C.R.E. (Hidro-Arsenicismo Crónico Regional Endémico) (Nicolli et al., 1985; Fernández Turiel et al., 2005). El HACRE es una enfermedad producida por exposición de la población a la ingestión prolongada (crónico) de agua que contenga arsénico (hidro-arsenicismo), que afecta a gran parte de la población (endémico) de una región (regional). Recientemente, esta enfermedad fue catalogada como grave, de larga evolución y capaz de producir riesgos cardiovasculares, además de afecciones dermatológicas y oncológicas (Asociación Toxicológica Argentina, 2006).

Existen localidades cuyas aguas de consumo presentan en forma natural, concentraciones del ión flúor superiores a las recomendadas para la prevención de la caries dental. Estudios epidemiológicos demuestran que para producir síntomas de toxicidad crónica se requiere de la ingesta diaria y continua de aguas con más de 10 mg/l de fluoruro. Los síntomas principales en el hombre son la fluorosis dental y ósea (Villalba et al., 2005). Con respecto al selenio, las concentraciones en el agua de bebida varían según la zona geográfica pero generalmente los valores se encuentran por debajo de 0,01 mg/l. Se lo considera un elemento indispensable para los seres humanos, siendo la ingesta diaria recomendada de 1µg/Kg de peso corporal para los adultos. Los efectos tóxicos de la exposición prolongada al selenio se manifiesta en uñas, pelo e hígado. Basado en criterios sanitarios, el valor guías recomendado por la OMS (2006) es de 0,01 mg/l.

El recurso hídrico subterráneo del departamento La Paz, provincia de Catamarca es un valioso reservorio de agua para usos múltiples consumo humano, ganadero, riego e industrial), abasteciendo a numerosas localidades y productores rurales, pero en numerosas ocasiones presenta escasa aptitud para dichos usos. Esto se debe principalmente a las elevadas concentraciones de sólidos totales disueltos (alta salinidad) y presencia de elementos en concentraciones que resultan tóxicas para los seres vivos tales como el arsénico y flúor, vinculados a la calidad natural del agua en la región. Por lo expuesto este trabajo se plantea como objetivos caracterizar geoquímicamente la calidad del agua de las fuentes utilizadas para consumo humano por las poblaciones de las localidades de El Aybal, El Bañado, Ramblones, El Divisadero, Recreo, Esquiú, La Horqueta y La Guardia del departamento La Paz, provincia de Catamarca; determinar las concentraciones de contaminantes naturales (arsénico, flúor y selenio) y su relación con las condiciones geoquímicas de la zona.

MATERIALES Y METODOS

Las localidades de Recreo, con una población de 11.847 hab.(INDEC, 2010), Esquiú (1.019 hab.), La Guardia (493 hab.), El Bañado (123 hab.), El Aybal (68 hab.), Ramblones (68 hab.), El Divisadero (70 hab.) y La Horqueta (30 hab) pertenecen al departamento La Paz que está ubicado al naciente de la provincia de Catamarca (figura 1) y pertenece a la Región Este. Las localidades mencionadas forman parte del municipio de Recreo y su población representa aproximadamente el 60% de la población total del departamento. El área de estudio se sitúa en el sector central del departamento La Paz, al este limita con el campo de San Lorenzo y las Salinas de San Bernardo; al oeste con las estribaciones más bajas de la vertiente oriental de las Sierras de Ancasti; al norte con el municipio de Icaño (departamento La Paz); y al sur con la Ruta Nacional N° 60.

La región investigada está inserta en la Provincia Geológica de las Sierras Pampeanas Orientales. La columna estratigráfica muestra entre sus rocas más antiguas a esquistos y gneises de origen metamórfico y granitos y granodioritas de origen ígneo. Este conjunto de rocas aflorantes que constituyen las Sierras de Ancasti y que se disponen con rumbo norte-sur, forman el basamento cristalino de la zona, cuya edad es Paleozoico Inferior. En las proximidades de la ciudad de Recreo, paralelo a las Sierras de Ancasti y con igual rumbo asoma el basamento cristalino compuesto de rocas metamórficas.

Suprayaciendo a las rocas más antiguas, anteriormente descritas, se han depositado sedimentitas de edad Paleozoica, Mesozoica y Terciaria, de las cuales, las dos primeras, representadas por areniscas y conglomerados se encuentran escasamente desarrolladas en la Sierra de Ancasti. El Terciario aflora en lomadas longitudinales norte-sur y dispuestas al pie de la Sierra de Ancasti, conformando la Formación Portillo (Aceñolaza y Toselli, 1977) que se correspondería a la sección superior de la Formación Guasayán (Battaglia, 1982). Estas sedimentitas son de edad Mioceno-Plioceno. De acuerdo a la descripción litológica de pozos ubicados en la zona de estudio el terciario se encuentra subaflorante en toda el área y litológicamente está representado por areniscas limolitas, intercalaciones de yeso en forma de bochas o concreciones, arcillitas verdes a rosadas y rojas.

Finalmente en el horizonte más superficial de la columna estratigráfica se encuentran los sedimentos cuaternarios de origen aluvial y eólico, conjuntamente con depósitos evaporíticos en las proximidades a las depresiones de las Salinas de San Bernardo y Salinas Grandes, ubicadas al este y sur del área de estudio.

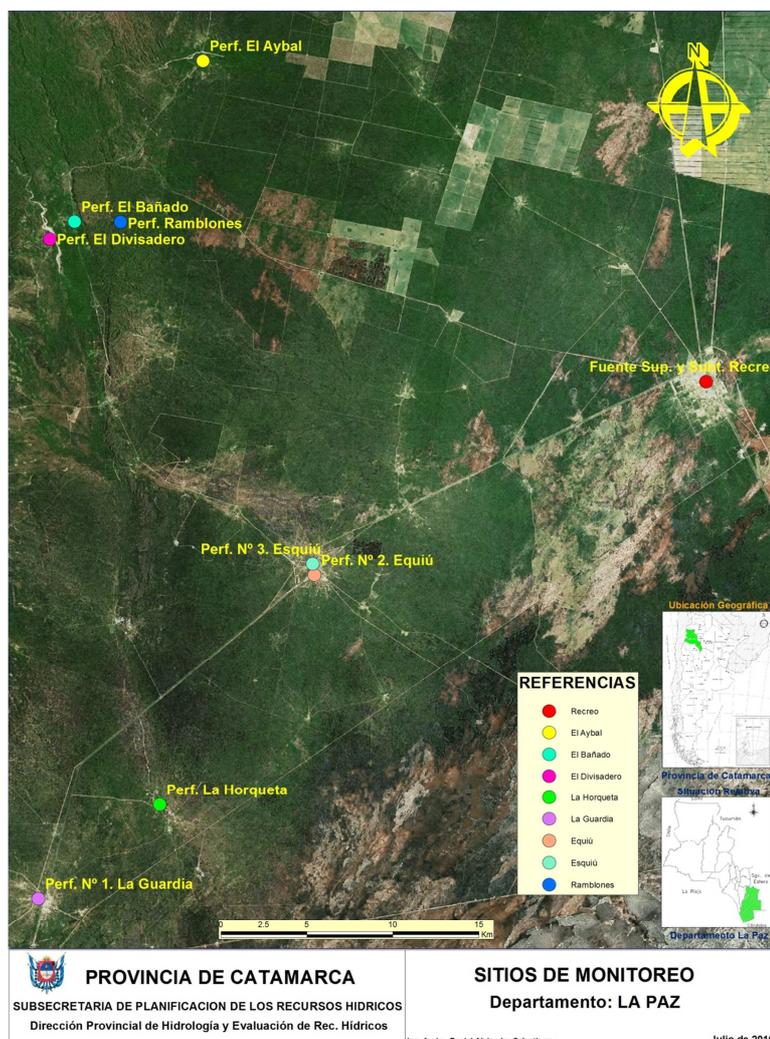


Figura 1. Área de estudio en el departamento La Paz. Catamarca.

Muestreo

Se extrajeron muestras de ocho perforaciones actualmente en explotación ubicadas en el departamento La Paz (figura 2 y figura 3) que proveen de agua potable a la población de las localidades de El Aybal, Ramblones, El Bañado, El Divisadero, Esquiú (Perf. N° 1 y Perf. N° 2), La Guardia (Perf. N°1) y La Horqueta. También fue monitoreada el agua que consume la población de Recreo, mezcla de agua superficial y subterránea. El muestreo realizado con una frecuencia cuatrimestral durante el período 2014-2016, fue llevado a cabo por integrantes del grupo de investigación en colaboración con personal de Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca. El agua de la perforación N°1 de La Guardia abastece además las poblaciones de El Bosquecillo y Casa de Piedra. En el caso de Esquiú el agua de las dos perforaciones, mezcladas en una cisterna abastece además a las poblaciones de los parajes El Suncho, El Garay y la Zanja.



Figura 2. Perforación El Aybal. La Paz



Figura 3. Perforación Ramblones. La Paz

Técnicas de análisis

Se determinó las concentraciones de iones mayoritarios, pH, conductividad y microcomponentes (arsénico, fluoruro y selenio) utilizando las técnicas normalizadas descriptas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF; 2005). Las concentraciones de arsénico total y selenio fueron determinadas por Espectrometría de Absorción Atómica, utilizando un equipo Perkin Elmer AA 400 con horno de grafito (HGA 900) para analizar el arsénico y con generación de hidruros (FIAS 100) para el caso de selenio. Para determinar la concentración de fluoruro se aplicó la técnica del SPADNS utilizando un Espectrofotómetros marca HACH DR 6000.

Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente y evaluados en función de las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS (2006) y de los Estándares de Calidad del Agua Potable fijados por el Código Alimentario Argentino (CAA; 2007).

Se analizaron las características constructivas de las captaciones subterráneas ubicadas en el área de estudio, con el objeto de determinar la posible asociación entre la litología de los acuíferos explotados y los indicadores de contaminación natural utilizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra la ubicación georeferenciada de las fuentes de agua estudiadas del departamento La Paz, Catamarca, utilizadas como fuente de abastecimiento de agua potable a la población.

El diagrama de Schöeller construido con los resultados de los análisis químicos (iones mayoritarios) de las muestras obtenidas en las captaciones subterráneas ubicadas en las localidades de El Divisadero, El Aybal, El Bañado, Ramblones y del agua consumida por la población de Recreo, (mezcla de agua

superficial y subterránea) se muestran en la figura 3. En función de este diagrama el agua de las muestras analizadas se clasifica como bicarbonatada sódica-cálcica.

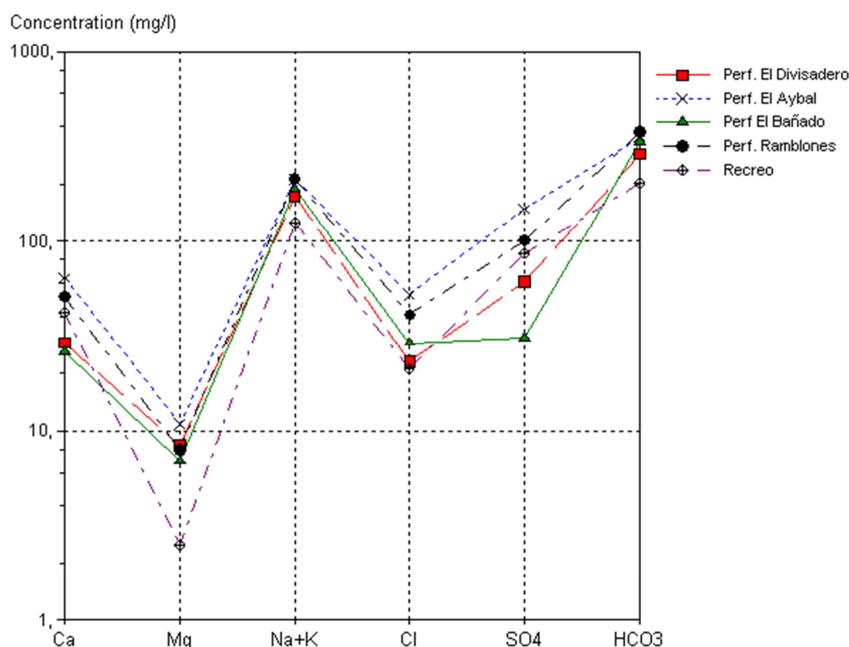


Figura 4. Diagrama de Schöeller. Perforaciones del Departamento La Paz

La concentración promedio de los iones mayoritarios determinados en las muestras extraídas de las perforaciones ubicadas en las localidades de La Guardia, La Horqueta y Esquiú (Perf. N° 2 y Perf. N°3) se observan en la figura 5. De acuerdo al diagrama de Schoeller, el agua de las perforaciones estudiadas es sulfatada sódica-cálcica, es decir posee diferente caracterización hidroquímica de las fuentes de agua mostradas en la figura 4 ya que en este caso el anión predominante es el sulfato.

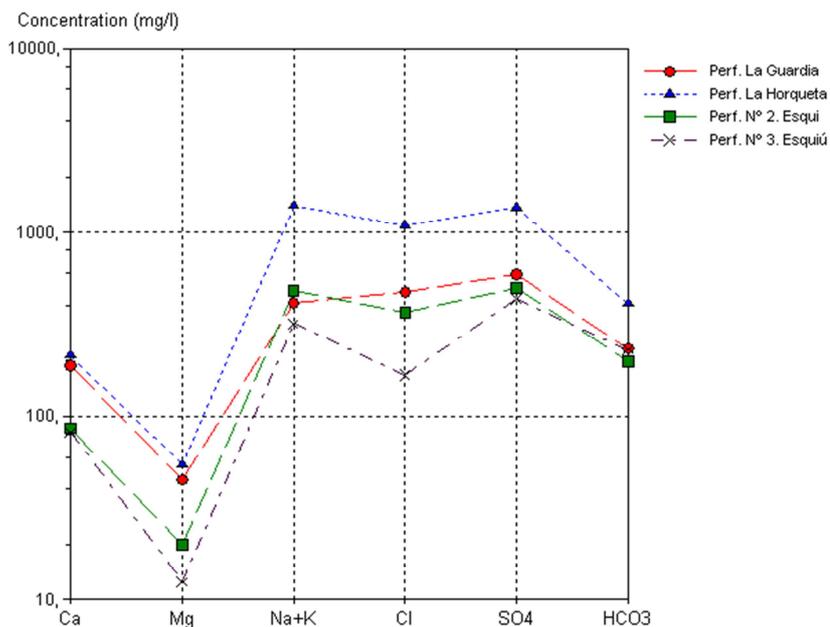


Figura 5: Diagrama de Schöeller. Perforaciones del Departamento La Paz

En la tabla 1 se muestran los valores medios de pH, dureza y concentraciones de los iones arsénico, fluoruro, selenio, nitrato, sulfato y cloruro obtenidos en las muestras analizadas. Las concentraciones

medias de arsénico en todas las muestras analizadas a excepción de la correspondiente al agua consumida por la población de Recreo exceden el valor guía recomendado por la OMS (2006) y el límite tolerable de este ión en agua para consumo humano establecido por la normativa nacional, el CAA (Resolución N°68/2007 y N°196/2007, modificada por Resolución Conjunta SPREI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012) que en ambos caso es de 0,010 mg/l.

El agua de consumo de las poblaciones de El Aybal, El Divisadero y Esquiú (Perf N° 1 y Perf. N° 2), que representan el 44,4 % de las fuentes de agua monitoreadas en este estudio presenta concentraciones de arsénico superiores al límite vigente en la Argentina (0,050 mg/l) según el Consejo Hídrico Federal (COHIFE, 2012) hasta contar con los resultados del estudio “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas”. Las concentraciones de arsénico detectadas en la matriz estudiada se corresponden con aguas bicarbonatadas-sódicas en el primer grupo de perforaciones estudiadas y sulfatadas- sódicas en el segundo, con pH ligeramente alcalino, condiciones propicias para la geodisponibilidad de este ión en el acuífero en estudio (Cabrera et al., 2005).

Con respecto al otro microcomponente analizado, el ion selenio, se observa en la tabla 1 que el valor medio detectado en todas las fuentes estudiadas es inferior al límite tolerable establecido por el CAA y al valor de referencia dado por la OMS que es de 0,01 mg/l. Lo mismo ocurre con el indicador de contaminación orgánica, NO_3^- que en todas las fuentes analizadas es inferior a 45 mg/l.

El nivel guía para el ión fluoruro propuesto por la OMS es de 1,5 mg/l, por lo cual la calidad del agua de todas las fuentes monitoreadas se ajustan a esta recomendación. Si se evalúa las concentraciones obtenidas de este ión de acuerdo CAA, donde el límite máximo se da en función de la temperatura media anual de la zona (21°C) considerando el consumo diario de agua de bebida; exceden el límite máximo tolerable (1mg/l) fijado por la normativa nacional, el agua de las perforaciones El Aybal, El Bañado, El Divisadero, Ramblones y la Horqueta.

El valor medio del ión sulfato en el agua de las perforaciones ubicadas en La Guardia (588 mg/l); Esquiú (Perf. N° 2: 496 mg/l; Perf. N°3: 432 mg/l) y La Horqueta (1367 mg/l) superan el límite tolerable fijado por el CAA que es 400 mg/l y el valor guía recomendado por la OMS, 250 mg/l. Igual situación se presenta con el valor medio de la concentración del ion cloruro en las perforaciones que abastecen de agua a las poblaciones de La Guardia (475 mg/l); Esquiú (Perf.N° 2: 366 mg/l) y La Horqueta (1089 mg/l) ya que el límite tolerable fijado por el CAA es de 350 mg/l y el valor guía recomendado por la OMS es de 250 mg/l. Superan también el límite tolerable establecido en el CAA (400 mg/l), el valor medio de la dureza total obtenido en el agua de La Guardia y La Horqueta.

Las concentraciones de los iones mayoritarios determinadas en las muestras extraídas de las restantes fuentes analizadas se ajustan tanto a los límites fijados por el CAA para aguas de consumo humano, como a las recomendaciones de la OMS para dicho uso.

Sitios de Monitoreo	pH	As Total $\mu\text{g/l}$	F^- mg/l	Se^{2-} $\mu\text{g/l}$	Dureza mg/l	NO_3^- mg/l	SO_4^{2-}	Cl^-
El Aybal	7,2±0,2	73,4± 0,3	1,4±0,2	< 5	205±8	25± 6	148±6	52±3
El Bañado	7,6±0,5	40,2± 0,2	1,3±0,5	< 5	109±6	3± 1	31±8	29±2
El Divisadero	7,7±0,1	65,9± 0,5	1,4±0,3	< 5	107±9	18± 7	61±3	23±4
Ramblones	7,3±0,2	35,2± 0,4	1,4±0,3	< 5	168± 5	9± 3	101±5	41±6
Recreo	7,2±0,4	6,4± 0,2	0,6±0,2	< 5	148± 6	8± 2	86±6	21±1
La Guardia	7,7±0,3	35,5± 0,5	0,6±0,2	< 5	657± 8	43± 9	588±9	475±9
Esquiú. Perf. N°2	7,6±0,2	60,9± 0,1	0,6±0,1	< 5	298± 9	21± 5	496±8	366±9
Esquiú. Perf. N° 3	7,7±0,5	56,1± 0,3	0,6±0,1	< 5	257± 7	15± 3	432±6	166±4
La Horqueta	7,8±0,1	27,9± 0,6	1,2±0,3	< 5	759± 9	19± 6	1367±70	1089±60

Tabla 1: Características físico-químicas de las captaciones subterráneas- acuíferos en explotación y del agua de Recreo (mezcla de fuentes)

Los valores medios de conductividad y sólidos totales disueltos de las muestras de agua analizadas se muestran en la figura 6. Los valores medios de pH y conductividad permiten clasificar el agua como alcalina con conductividad media a excepción del agua de la perforación ubicada en La Horqueta de conductividad alta. La menor conductividad del agua subterránea explotada en las perforaciones del El Divisadero y El Bañado, ubicadas sobre las márgenes del río Los Bazanes, se puede atribuir a la influencia del recurso hídrico superficial. De igual manera la calidad del agua de Ramblones y El Aybal desde el punto de vista de la salinidad estaría influenciada por el aporte de pequeños arroyos provenientes de la Sierra El Ancasti.

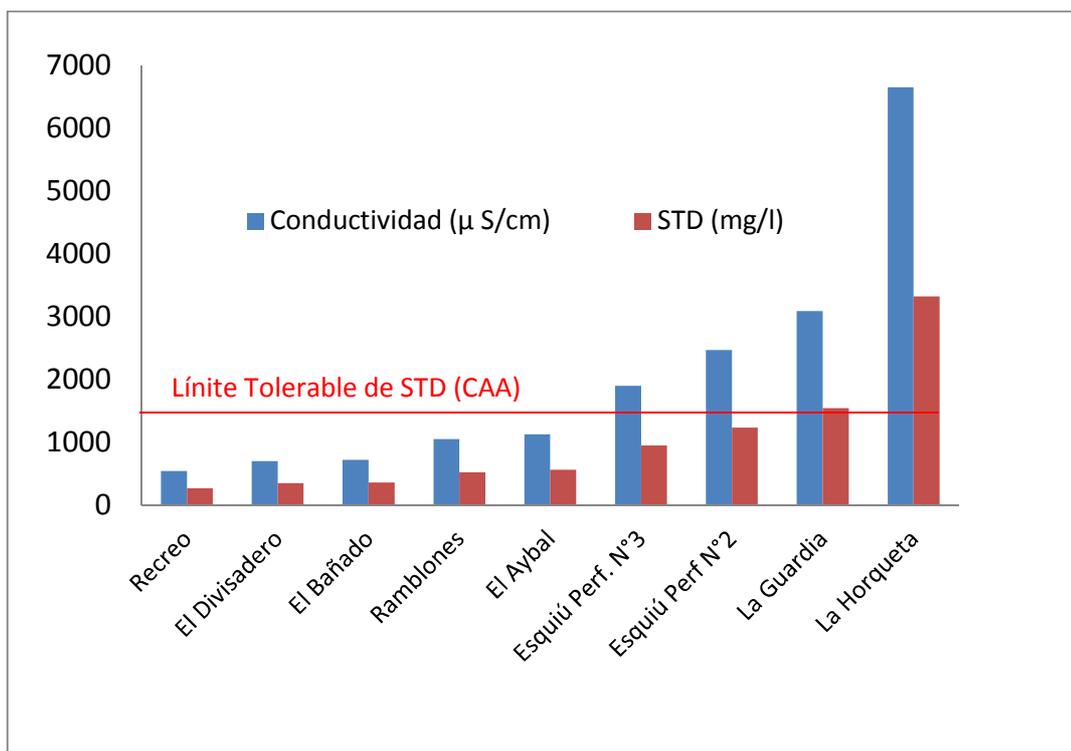


Figura 6. Conductividad y STD de las fuentes de agua monitoreas en localidades del Dpto La Paz

Los acuíferos del grupo de perforaciones ubicadas en las localidades de Esquíú, La Guardia y La Horqueta, más distantes de la sierra de Ancasti y de los cursos superficiales influentes, presentan salinidad más elevada en correspondencia con ambientes continentales de alta evaporación, con predominancia del ión sulfato por la disolución de yeso presente en la litología de los horizontes productivos.

Captaciones subterráneas analizadas

El análisis de las características constructivas y litológicas más relevantes de las fuentes de agua subterránea, representativas del área de estudio muestran lo siguiente:

Perforación La Horqueta: esta captación subterránea con una profundidad de 34 m, explota dos acuíferos, el primero ubicado entre los 27,5 m y los 29,5 m y el segundo entre los 31,5 m y 32,5m. El nivel estático se encuentra a los -27,17 m. Los acuíferos están constituidos por arena gruesa, mediana, fina y muy fina, con grava y gravilla.

Perforación El Divisadero: Perforado hasta los 65m, explota un solo acuífero ubicado entre los 30,3 m y los 31,6 m está constituido por gravas, gravillas y arenas gruesas. El nivel piezométrico se encuentra a los -25,3 m.

Perforación Esquíú N° 3: Captación subterránea de 116 m de profundidad. Se explotan cuatro acuíferos: el primero ubicado entre los 75 m y 78 m y su composición predominante es arena con

concreciones calcáreas y presencia de yeso. El segundo acuífero que se ubica entre los 88 m y los 92 m está compuesto de arena muy gruesa y grava muy fina, con concreciones calcáreas y yeso. El tercer acuífero se extiende entre los 96 m y 98 m compuesto de arena muy gruesa y gruesa. El cuarto acuífero ubicado entre los 102 m y 111 m está compuesto de arena muy gruesa y gruesa con algunas concreciones calcáreas. El nivel piezométrico se ubica a los -46,53 m.

Perforación El Aybal N°1. Perforado hasta los 48,40 m y entubado hasta los 38 m. En esta captación se han identificado tres acuíferos ubicados entre los 20-28 m; 29 y 32 m; y 33-35m. Se explotan los acuíferos 2 y 3. En la composición de los mismos predomina arenisca. El nivel piezométrico se encuentra a los -12,80 m.

Perforación La Guardia N° 1. La profundidad de esta perforación es de 110m con tres horizontes acuíferos ubicados entre los 22 m y 34 m; 64 m y 95 m y 99 m-108 m, con un nivel piezométrico en -21,80 m. El primer acuífero, que no se explota está constituido por arena muy gruesa y gruesa; el segundo compuesto principalmente de arena mediana mientras que el acuífero más profundo está compuesto de arena gruesa a muy gruesa.

CONCLUSIONES

La composición química del agua de los acuíferos en explotación para consumo humano en las localidades de El Divisadero, El Aybal, El Bañado, Ramblones y del agua de red de la población de Recreo, departamento La Paz es bicarbonatada sódica-cálcica de mineralización media, mientras que la destinada a dicho uso por las poblaciones de La Guardia, La Horqueta y Esquiú es sulfatada sódica-cálcica con mayor mineralización en correspondencia con ambientes continentales de alta evaporación y predominancia del ión sulfato por la disolución de yeso presente en la litología de los horizontes productivos.

Del total de las fuentes de agua monitoreada en el área de estudio y utilizadas para consumo humano el 88,9% presenta concentraciones de arsénico superiores al valor guía de la OMS y límite máximo del CAA. Teniendo en cuenta el valor provisorio de 0,050 mg/l fijado por el COHIFE, el 44,4% de las fuentes de agua utilizadas para consumo humano en el área de estudio superan dicho límite. Las características hidroquímicas del agua de los acuíferos en estudio favorecen la geodisponibilidad del arsénico en el recurso hídrico en estudio.

El 55,5% de las fuentes de agua estudiadas presentan tenores de fluoruros superiores al límite fijado por el CAA en función de la temperatura media anual de la zona de estudio.

Las concentraciones medias de los iones selenio y nitrato en los acuíferos en explotación monitoreados son inferiores a 0,01 mg/l y 45 mg/l, respectivamente según límites fijados por la normativa consultada para agua potable.

Las concentraciones medias de los iones sulfato y cloruro en el agua consumida por las poblaciones de La Guardia, Esquiú y La Horqueta superan el límite máximo establecido por el CAA y las recomendaciones de la OMS para agua potable. Igual situación se presenta con respecto a la dureza en el agua de La Horqueta y La Guardia.

Las perforaciones más próximas a los cursos superficiales que explotan los acuíferos más someros evidencian buena calidad por la menor concentración de sólidos totales disueltos, mientras que las más alejadas de las cuencas superficiales y de mayor profundidad de captación contienen acuíferos de mayor salinidad.

REFERENCIAS

Aceñolaza F. G. y Toselli A. J. (1977). Esquema Geológico de la Sierra de Ancastí, provincia de Catamarca. Acta Geol. Lill. XIV: 233-259.

- Amini M., Abbaspour K., Berg M., Winkel M., Hug S., Hoehn E., Johnson A. (2008). Statistical modelling of global geogenic arsenic contamination in groundwater. *Environmental Science & Technology*, 42, 3669-3675.
- Asociación Toxicológica Argentina. (2006). *Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico de la República Argentina. Estudio Colaborativo Multicéntrico*. Buenos Aires. Argentina.
- APHA.-A.W.W.A.-W.E.F. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Edición 21. pp 3-25; 3-38, 3-61; 4-85. United States of America.
- Battaglia, A. (1982). Descripción geológica de las Hojas 13f Río Hondo; 13g Santiago del Estero; 14g El Alto; 14h Villa San Martín; 15g Frías, Provincias de Santiago del Estero, Catamarca y Tucumán. Servicio Geológico Nacional, Bol. 186.
- Cabrera A., Blarasin M., Cabrera S., Matteoda., Gómez M., Villalba G., Hildmann F., Bettera A. (2005). Arsénico y flúor en el acuífero freático en el sur de Córdoba: Línea de base hidroquímica y problemática ambiental vinculada. Arsénico en agua: origen, movilidad y tratamiento. Taller. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. pp 41-52.
- Código Alimentario Argentino. (2007). Capítulo XII. Art. N° 982. Resolución N°68/2007 y N°196/2007. Modificación 2012 (Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012). Ministerio de Salud. Bs. As. Argentina.
- COHIFE (2012). Los Límites del Arsénico en el Agua. Declaración del COHIFE. Asamblea Ordinaria N° XIX. Puerto Madryn. Chubut. www.lapampa.gov.ar
- Edmunds M., Smedley P. (2005). Fluoride in natural waters-occurrence, controls and health aspects, en Selinus, O. Alloway B., Centeno J., Finkelman R., Fugw R., Lindh U., Smedley p. (eds.). *Essentials of medical geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Amsterdam, Elsevier Academic Press. 812 pp.
- Fernandez-Turiel J.L., Galindo G., Paradama., Gimeno D., Garcia-Valles M., Saavedra J. (2005). "Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento" en *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*, IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Río Cuarto. 2005. Argentina. pp. 1-22.
- INDEC. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2010.
- International Agency for Research on Cancer. IARC. (2004) *Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic*. Lyon, France. 84.
- Litter M. (2010). La Problemática del Arsénico en la Argentina: El HACER. *Revista SAEGRE - Volumen XVII - N° 2*. Buenos Aires. Argentina. pp 5-10.
- Mandal B, Suzuki K. (2002). Arsenic round the world: a review. *Talanta*; 58:201-235.
- Nicolli H.B., O'Connor T.E., Suriano J.M., Koukharskym.M.L., Gomez Peralta A., Bertini L. M., Cohen. I.M., Corradil L., Baleani O., Abril E.G. (1985). Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la Llanura sudoriental de la provincia de Córdoba. *Miscelánea n° 71*, Academia Nacional de Ciencias. Tirada aparte de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Córdoba, Argentina, 112 pp.
- Smedley P, Kinniburgh D. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Appl Geochem*; 17:517-568.
- Naciones Unidas. (2015). *Agua para un mundo sostenible. Informe de las Naciones Unidas sobre los Recursos Hídricos en el Mundo 2015*.
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- OMS. 2006. *Guías para la Calidad de Agua Potable. Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones*. Ginebra. Suiza.
- Resolución Conjuntas SPReI N° 68/2007 y SAGPyA N° 196/2007.
<http://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/125000-129999/128630/norma.htm>
- Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N°50/2012.
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:m06niM_gW3MJ:infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/190000-194999/194461/norma.htm
- Smedley P. y Kinniburgh D. (2002). A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568

UNESCO (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Agua para un mundo sostenible. Datos y Cifras.
www.unesco.org/new/.../HQ/.../WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf.
Villalba G.,Blarasin M, Villegas M. (2005). Características hidrogeoquímicas con énfasis en arsénico y flúor, en el área Vicuña Mackenna-Bañados del Tigre Muerto, Córdoba. Taller. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Río Cuarto. Córdoba. Argentina Pp 111-123

ABSTRACT

Groundwater is one of the main sources for supply of populations. In many localities it is the only available source and has low quality. The objectives are characterize geochemically the quality of water used for human consumption by the populations of El Aybal, El Bañado, Ramblones, El Divisadero, Recreo, Esquiú, La Horqueta and La Guardia La Paz department, province of Catamarca; determine the concentrations of natural contaminants (arsenic, fluoride and selenium) and its relationship with the geochemical conditions of the area. It was sampled and analyzed nine water sources by standard techniques. 88.9% have arsenic concentrations above the WHO guideline value and 55.5% with tenors of fluorides higher the limit set by the CAA. Water from aquifers in coastal areas is sodium-calcium bicarbonate, medium mineralization, becoming to calcium - sodium sulfate with high mineralization in the most distant drillings of the surface basins.

Keywords: Hydrogeochemistry, natural contaminants. La Paz. Catamarca