ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 23, pp 01.79-01.90, 2019. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2019

CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN EL SALAR DE PIPANACO. CATAMARCA

M. Saracho[1] L Segura [1], P. Lobo[1], N. Aguero[1]
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanides. 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. 0383-154407189. E-mail: martasaracho@gmail.com

Recibido 13/08/19, aceptado 22/10/19

RESUMEN: El acuífero freático es la única fuente de agua para consumo humano en puestos del Salar de Pipanaco, Pomán, provincia de Catamarca. El objetivo es determinar la calidad química del agua utilizada para bebida por las poblaciones de los parajes: Taco Suna, San Jerónimo, Tucumanao, Balde de la Pampa, San Nicolás, Puesto Corazón de Jesús, San Roque, Maderera de San Antonio y Zapi Cruz, ubicados en el Salar de Pipanaco y su relación con los aspectos hidrogeológicos del área. Se determinaron las concentraciones de iones mayoritarios y minoritarios, se caracterizó geoquímicamente la calidad del agua utilizando los diagramas de Schoeller y Piper, se evaluó su aptitud en función del CAA y la OMS y se analizaron antecedentes hidrogeológicos del Salar de Pipanaco. La magnitud de exposición de las personas a enfermedades de origen hídrico es alta ya que las concentraciones de fluoruro, arsénico y sulfato superan los límites para consumo humano fijados por las normativas consultadas.

Palabras clave: calidad del agua, consumo humano, Salar de Pipanaco, Catamarca

INTRODUCCION

El acceso a fuentes de agua potable y segura, como también al saneamiento son un derecho humano esencial para el goce pleno de la vida y de todos los derechos humanos, reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas (Resolución 64/292; ONU, 2010). Uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS 6) plasmados en la Agenda 2030 sostiene como meta lograr hasta el 2030 el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos (ONU, 2015). La escasez de agua para consumo humano se agrava en algunas regiones, donde el recurso hídrico no solo es limitado sino que la población debe afrontar dificultades en cuanto a infraestructura, disponibilidad y/o calidad en el acceso al agua. Según la OMS/UNICEF (2019) 2.200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura. En este sentido, uno de los principales problemas es la presencia de fluoruro, arsénico y/o exceso de sales en el agua que se extrae de fuentes de agua superficial, pozos cavados o perforaciones y que en la mayoría de los casos es no recomendable para el consumo humano (Auge et al., 2006).

El ion fluoruro es un micronutriente acumulable en humanos, esencial para la formación de huesos y dientes, ya que promueve la precipitación de calcio y fosfato. Sin embargo, si existe un consumo excesivo de flúor de forma continua durante largos períodos de tiempo, se convierte en una sustancia tóxica con efecto acumulativo que puede ocasionar fluorosis dental (moteado y oscurecimiento del esmalte dental), deficiencia renal y hepática, anorexia, abortos, mal formaciones o hasta fluorosis óseas (osteoesclerosis esqueletal), en casos agudos puede provocar también diferentes tipos de cánceres (Licata, 2010). La fluorosis dental se da por la ingesta de agua con más de 2 mg/l de flúor

[1] Personal Subsecretaria de Planificación de los Recursos Hídricos. Provincia de Catamarca

durante el período de desarrollo dentario; cuando el esmalte ha madurado deja de ser susceptible. (Reynoso et al., 2016; Lahermo, 1987).

El arsénico está presente de forma natural en el agua debido a que las formaciones geológicas por donde circula pueden contener este elemento en concentraciones significativas, superando a veces los niveles de riesgo para la salud humana. Estos valores elevados se podrían asociar con aguas bicarbonatadas sódicas en ambientes levemente oxidantes (Gómez et al., 2009). Investigadores (Barrachina et al.,1995) estudiaron la toxicología del arsénico y encontraron que la principal vía de entrada de este elemento en la cadena alimentaria humana es la ingesta directa de agua, aunque los alimentos contaminados de origen vegetal y animal pueden ser otra vía importante de captación.
El consumo prolongado de arsénico puede desarrollar un síndrome tóxico, crónico y adquirido denominado Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), caracterizado por lesiones cutáneas benignas, que surgen luego de 1 a 15 años de ingesta de aguas contaminadas con arsénico o sus sales inorgánicas. El HACRE se desarrolla gradualmente, comprometiendo diversos órganos y sistemas, principalmente la piel, pudiendo ocasionar neoplasias. Este síndrome no cuenta con un tratamiento curativo, pero es prevenible (Palacios et al., 2012). La 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 reducción de los niveles de arsénico en aguas de consumo humano representa uno de los retos ambientales prioritarios a nivel mundial (Thirunavukkarasu et al. 2002)

La provincia de Catamarca está inserta en una región con problemas de fluoruro y arsénico en sus fuentes de agua (Vilches et al, 2005) particularmente en el área del Salar de Pipanaco donde se localizan numerosos parajes y/o poblaciones aisladas. Estos puestos se encuentran muy dispersos a lo largo del Salar, tienen características similares y se agrupan en función de la zona de influencia de las escuelas que funcionan en este espacio desértico. En esta zona la única fuente de agua disponible es el recurso hídrico subterráneo y la población solo dispone de pozos cavados de donde se extrae agua del acuífero freático.

Por lo expuesto, este trabajo se plantea como objetivos determinar la calidad del agua utilizada para consumo humano por las poblaciones de los paraje/ puestos de: Taco Suna, San Jerónimo, Tucumanao, Balde de laPampa, San Nicolás, Puesto Corazón de Jesús, San Roque, Maderera San Antonio, Zapi Cruz ubicados en el Salar de Pipanaco, departamento Pomán, provincia de Catamarca y su relación con los aspectos hidrogeológicos del área.

MATERIALES Y METODOS

La cuenca endorreica del Salar de Pipanaco, con una superficie de 12.200 km², se extiende al oeste de la provincia de Catamarca y al norte de provincia de La Rioja, Argentina. Contiene una llanura central donde las precipitaciones no superan los 100 mm/año. El acuífero está formado por materiales detríticos Plio-cuaternarios con espesores variables, incrementando sus potencias hacia las zonas de piedemonte. La recarga se produce preferentemente a través de los sectores laterales coincidente con los frentes montañosos y la principal salida del agua del sistema sería por evapotranspiración en la zona de playa del salar y vegetación principalmente freatófita aledaña. En la zona de estudio existen grandes fracturas regionales que pueden suponer zonas de circulación preferente de agua, e incluso suponer una vía de egreso del agua del sistema. Los análisis químicos e isotópicos sugieren que la composición química del agua en el acuífero tendría cuatro orígenes: agua de recarga por los frentes montañosos, agua del río Salado, agua salina antigua y agua termal de circulación rápida y profunda (CONHIDRO S.R.L.-IHLLA-DPHyERH, 2013 y 2015).

La cuenca, integrada en la provincia de Catamarca por los departamentos Belén, Andalgalá, Pomán y parte sudeste del departamento Tinogasta, se ubica en el Sector Noroccidental de la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas (González Bonorino, 1950). En ellas afloran diferentes tipos litológicos, con características hidrogeológicas propias y muy variables tales como basamento rocoso cristalino (no acuífero, presentan permeabilidad secundaria por fracturación), unidades sedimentarias

terciarias (acuíferos con permeabilidad restringida) y cuaternarias (acuíferos con elevada permeabilidad).

La geología de la zona de estudio no presenta grandes variaciones, pues tratándose de una región llana, está cubierta casi totalmente por sedimentos del Cuartario con depósitos de abanicos aluviales cuya litología presenta rodados, arenas, limos y arcillas. La playa salina está compuesta por evaporitas. En áreas muy reducidas, tales como al sur y sudoeste de los parajes, objeto de investigación, se aprecian afloramientos del Terciario Superior -Formación Salicas (Sosic, 1973), cuya litología está compuesta de areniscas, limolitas y conglomerados. El basamento cristalino aflora muy distante, rocas migmatíticas y graníticas se observan en la sierra de Velazco, en jurisdicción de provincia de La Rioja y esquistos cristalinos inyectados hasta migmatitas en la sierra de Ambato, en jurisdicción de la provincia de Catamarca; ambas sierras se sitúan al sudoeste y sudeste del área de estudio respectivamente. El clima es desértico. El área de estudio analizada abarca el centro-sur de la cuenca anteriormente descripta. (Figura 1).

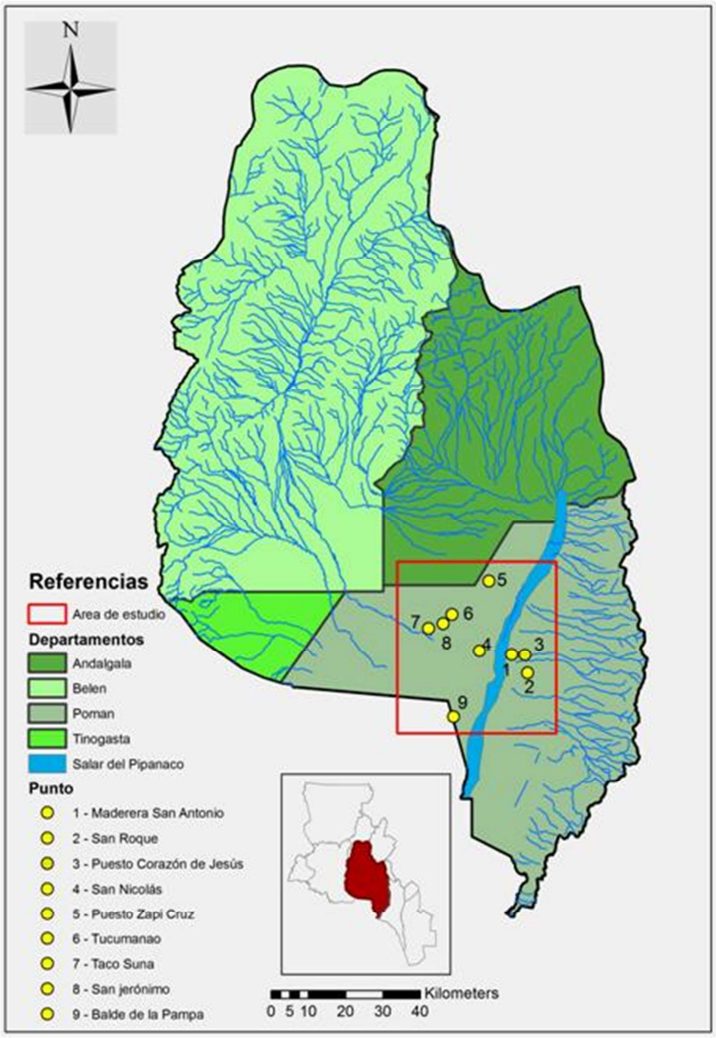

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la Cuenca del Salar de Pipanaco. Catamarca.

Calidad del agua

Muestreo: El monitoreo se realizo durante el período 2016-2018, con una frecuencia semestral, en nueve pozos cavados utilizados por la población para consumo humano y usos múltiples, ubicados en los parajes / puestos: Taco Suna, San Jerónimo, Tucumanao, Balde de la Pampa, San Nicolás, Puesto Corazón de Jesús, San Roque, Maderera San Antonio y Zapi Cruz, situados en el sector centro-sur de la cuenca. (Figuras 2, 3, 4 y 5). El muestreo fue llevado a cabo por integrantes del grupo de investigación en colaboración con personal técnico de la Subsecretaria de Planificación de los

Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca.

Figura 2. Extracción de muestras de agua Escuela Balde de la Pampa

Figura 3. Extracción de muestras de agua. Pozo Escuela San Roque

Figura 4. Extracción de muestras de agua. Pozo Escuela San Nicolás

Figura 5. Extracción de muestras de agua. Pozo Escuela Tucumanao

Técnicas de análisis

Se determinaron las concentraciones de iones mayoritarios, pH, conductividad y componentes minoritarios (arsénico y fluoruro) utilizando las técnicas normalizadas descriptas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF; 2005). La concentración de arsénico total fue determinada por Espectrometría de Absorción Atómica, utilizando un equipo Perkin Elmer AA 400 con horno de grafito (HGA 900). La detección de la concentración de fluoruro se realizó aplicando la técnica del SPADNS mediante un Espectrofotómetro 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; 2012). Se utilizó el software ARGIS para generar los mapas de conductividad, concentraciones de los iones fluoruro, arsénico, sulfato y ubicación georeferenciada de las fuentes de agua para consumo humano monitoreadas. Para la clasificación hidroquímica se utilizaron los diagramas de Piper y Schoeller. La caracterización hidrogeológica del área de estudio estuvo basada en el análisis de la Hoja Geológica 14e Salar de Pipanaco, que cubren la superficie del Salar de Pipanaco y posterior chequeo de campo.

RESULTADOS Y DISCUSION

La ubicación georeferenciada de las fuentes de agua estudiadas se observa en la Figura 1. Las características constructivas de las captaciones y los niveles hidrostáticos de las más representativas se muestran en la Tabla 1.

Sitio de Monitoreo	Establecimiento Educativo	Profundidad de la captación (m)	Revestimiento de la captación	Nivel Hidrostático (m)
Maderera San Antonio	Escuela N° 165	22,00± 0,05	Cemento	19,40 ± 0,06
San Roque	Anexo Escuela N° 66	40,00± 0,07	Ladrillo	S/D
San Nicolás	Anexo Escuela N° 165	12,00± 0,03	Madera	10,31 ± 0,03
Zapi Cruz	Escuela N° 170	18,00± 0,06	Ladrillo	17,30 ± 0,05
Tucumanao	Escuela N° 73	17,00± 0,05	Cemento	9,16 ± 0,02
Balde de la Pampa	Escuela N° 66	9,00± 0,03	Cemento	5,30 ± 0,04

Tabla 1: Características constructivas y niveles hidrostáticos de las captaciones subterráneas estudiadas

Los niveles estáticos en los pozos cavados más representativos del área de estudio varían entre 5,30 m en Balde de la Pampa y 19,40 m en Maderera San Antonio, siendo la captación subterránea más profunda la ubicada en el paraje San Roque con 40,00 m.

Los valores medios de conductividad, STD, sulfato, pH, fluoruro y arsénico se muestran en la Tabla 2.

Sitio de Monitoreo	Conductividad (µS/cm)	STD (mg/l)	SO_4(mg/l)	pH	F(mg/l)	As (µg/l)
Maderera San Antonio	376 ± 6	188 ± 8	109±5	8,3± 0,3	8,1±0,3	30±2
San Roque	399 ± 5	199 ±6	43±4	7,8±0,2	3,1±0,5	11±1
Puesto Corazón de Jesús	762 ± 3	381 ±4	185±8	8,6±0,5	6,0±0,6	37±4
San Nicolás	859 ± 2	430 ±3	152±5	8,1±0,3	4,0±0,4	48±7
Zapi Cruz	1281 ± 8	640 ±4	223±9	7,9±0,1	6,0±0,3	189±5
Tucumanao	1237 ± 6	618 ±5	179±6	7,9±0,2	5,0±0,2	207±8
Taco Suna	1270 ± 9	635 ±7	344±7	8,0±0,3	2,9±0,1	125±5
San Jerónimo	2040 ± 30	1020 ±10	459±8	7,5±0,5	1,4±0,1	40±3
Balde de la Pampa	3530 ± 50	1765 ±10	760±9	7,8±0,4	2,1±0,6	18±2

Tabla 2: Características físico-químicas del agua de las captaciones subterráneas estudiadas

Teniendo en cuenta la salinidad, evaluada a través de la conductividad y STD se identificaron dos grupos de fuentes de abastecimiento con calidades de agua diferentes: el ubicado en el sector centro-este del área de estudio con conductividades menores a 1000 µS/cm y el situado en el área noroeste y sudoeste de la zona estudiada con conductividades mayores a 1000 µS/cm (Figura 1). En función de esta característica se analizaron los resultados obtenidos con los diagramas de Schöeller y Piper que se muestran en las Figuras 6, 7, 8 y 9.

El diagrama de Schöeller construido con los valores promedios de los resultados de los análisis químicos (iones mayoritarios) de las muestras obtenidas en las captaciones subterráneas – pozos cavados - ubicadas en Maderera San Antonio, Puesto Corazón de Jesús, San Nicolás y San Roque, sector centro-este del área de estudio, con conductividades menores de 1000 µS/cm se muestra en la Figura 6.

De acuerdo al diagrama de Schöeller, el agua de las muestras analizadas se clasifica como bicarbonatada-sulfatada-sódica a excepción del agua del puesto San Roque que es bicarbonatada sódica.

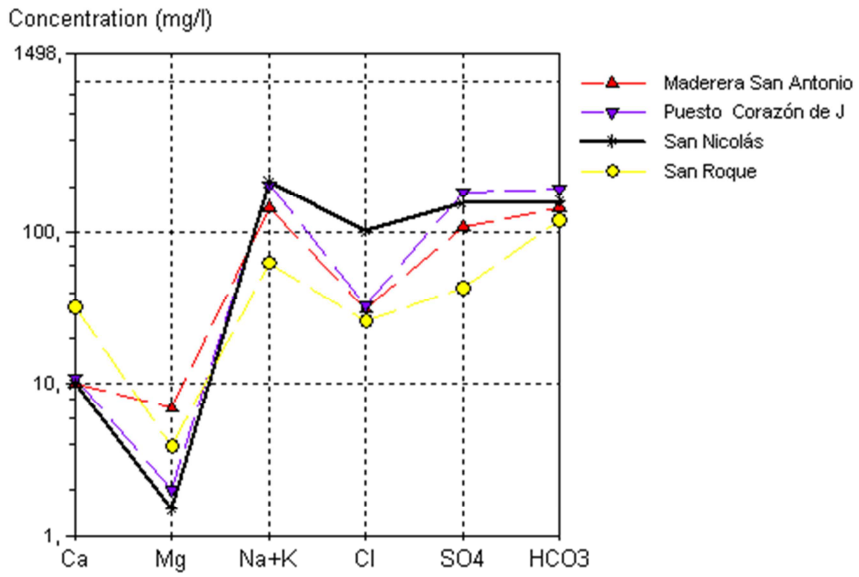

Figura 6. Diagrama de Schöeller. Pozos cavados con conductividades menores de 1000 µS/cm. Salar de Pipanaco. Departamento Pomán.

El diagrama de Piper (Figura 7) construido para caracterizar el agua de los pozos cavados ubicados en el sector centro- este del área de estudio, muestra el predominio del ion sodio en el campo catiónico, sulfato y/o bicarbonato en el campo aniónico.

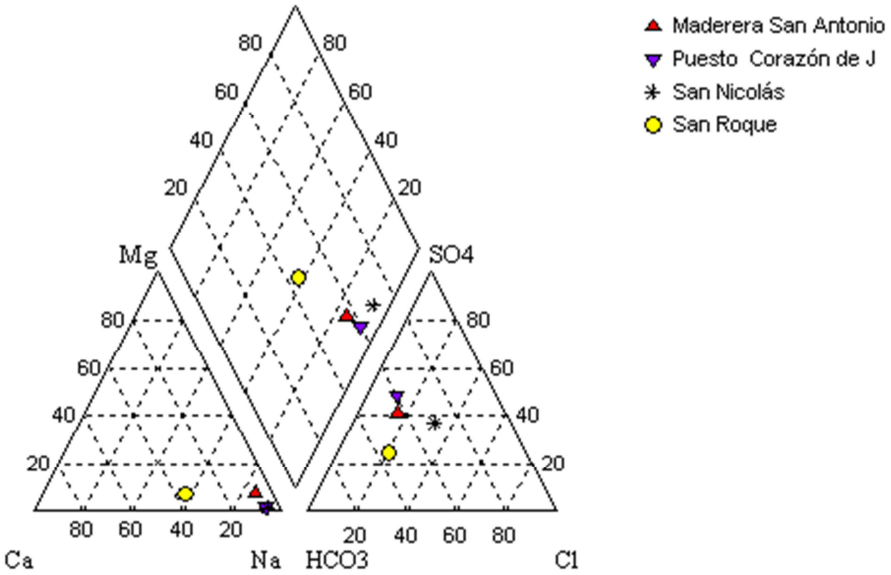

Figura 7. Diagrama de Piper. Pozos cavados con conductividades menores de 1000 µS/cm. Salar de Pipanaco. Departamento Pomán.

En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los diagramas de Schoeller y Piper correspondientes a los pozos cavados ubicados en los sectores noroeste y sudoeste del área de estudio, donde la conductividad de las muestras analizadas supera los 1000µS/cm. El agua de mayor salinidad (conductividad > 2000 µS/cm), detectada en el agua de Balde de la Pampa y San Jeronimo es sulfatada-clorurada-sódica mientras que el agua de los puestos Tucumanao, Zapi Cruz y Tacosuma (1237 µS/cm ≤ conductividad ≤1281 µS/cm) es sulfatada-sódica.

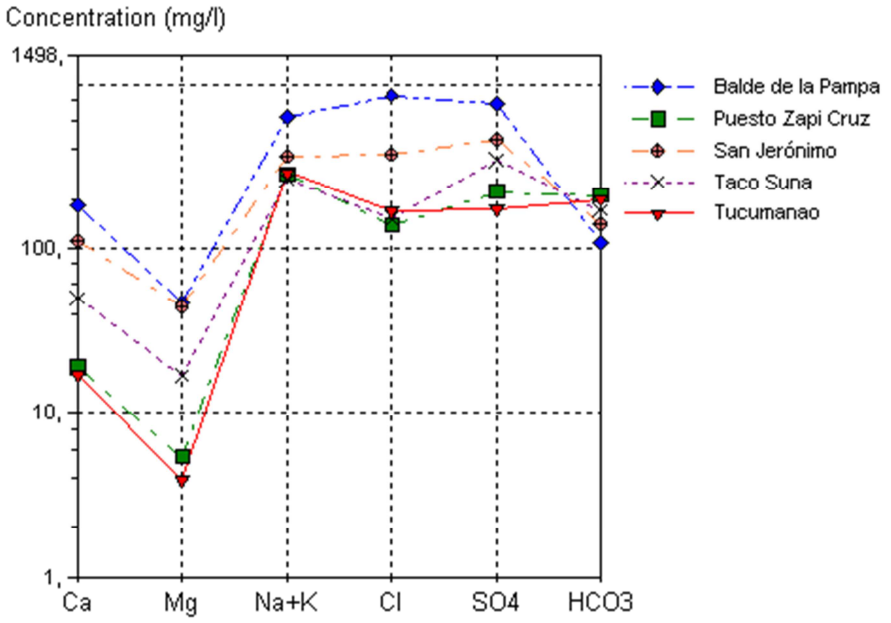

Figura 8. Diagrama de Schöeller. Pozos cavados con conductividades mayores de 1000 µS/cm. Salar de Pipanaco. Departamento Pomán.

El diagrama ternario de Piper (Figura 9) muestra para este grupo de pozos cavados el predominio en sus aguas del ion sodio en el campo catiónico, cloruro y/o sulfato en el campo aniónico.

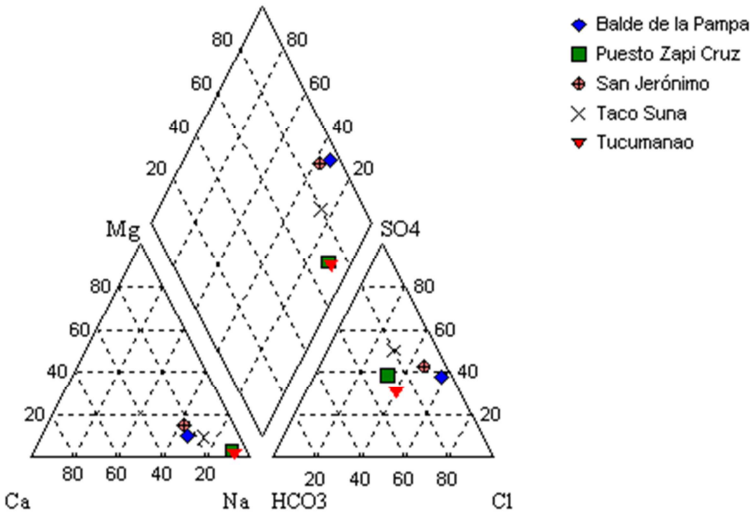

Figura 9. Diagrama de Piper. Pozos cavados con conductividades mayores de 1000 µS/cm. Salar de Pipanaco. Departamento Pomán.

Las concentraciones promedios de los iones mayoritarios determinadas en las muestras extraídas 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 a excepción de los valores medios de STD en Balde de la Pampa (> 1500 mg/l) y sulfato en dicho paraje y en San Jerónimo (> 400 mg/l). Los valores medios de pH, STD y conductividad permiten clasificar el agua analizada como alcalina con conductividad media y alta.

La distribución espacial de la concentración media del ion arsénico en el área de estudio se muestra en la Figura 10:

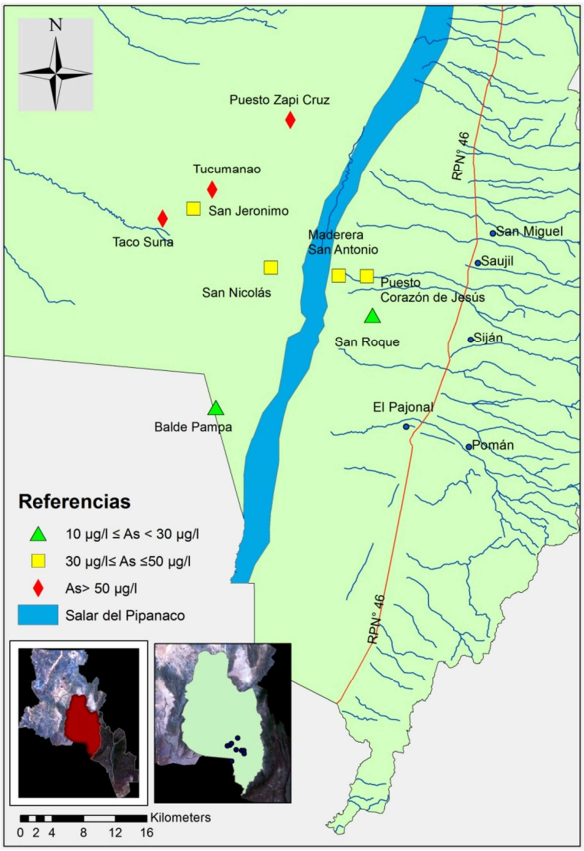

Figura 10. Concentración media del ión arsénico en los pozos cavados monitoreados. Salar de Pipanaco. Pomán

En la matriz estudiada, la concentración media de arsénico total detectada en los pozos ubicados en la zona noroeste y sudoeste, donde la problemática adquiere mayor relevancia por los valores detectados se corresponde con aguas sulfatadas-sódica (Taco Suma) y bicarbonatada-sulfatadas-sódicas (puestos Zapi Cruz y Tucumanao), con pH alcalino, condiciones propicias para la geodisponibilidad de este ión en el acuífero en estudio (Cabrera et al., 2005; Gomez et al, 2009).

Se observa que la concentración media del ion arsénico en las muestras analizadas 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 10 µg/l.

En la Figura 11 se muestra la distribución espacial de la concentración media del ion fluoruro en las fuentes de agua estudiadas.

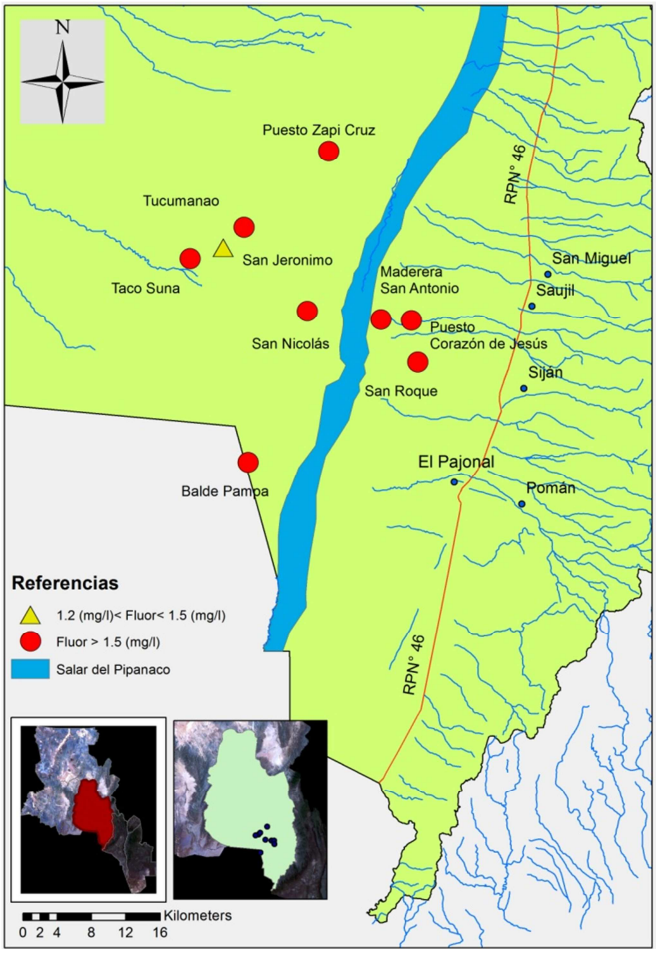

Figura 11. Concentración media del ión fluoruro en los pozos cavados monitoreados

Con respecto a la concentración media del ion fluoruro, los valores medios detectado (8,1≤ F^- ≤1,4) mg/l exceden ampliamente el límite máximo tolerable de 1 mg/l, fijado por la normativa nacional (CAA) que se da en función de la temperatura media anual de la zona (21ºC), considerando el consumo diario de agua de bebida. Solo el valor medio de este ion detectado en San Jerónimo se encuentra por debajo del nivel guía propuesto por la OMS que es de 1,5 mg/l.

Estudiando la correlación entre las concentraciones medias de los iones arsénico y fluoruro en las muestras analizadas se encontró que dicha correlación es significativa (R^2 = 0,8) en las zonas NO y SO donde se detectaron las mayores concentraciones de arsénico y conductividades mayores a 2000 µS/cm (agua sulfatada, clorurada, sódica). A diferencia de lo anterior, en la zona centro - este del área de estudio se obtuvo un R^2= 0,06 que indica una correlación no significativa entre dichos iones (Figuras 12 y 13)

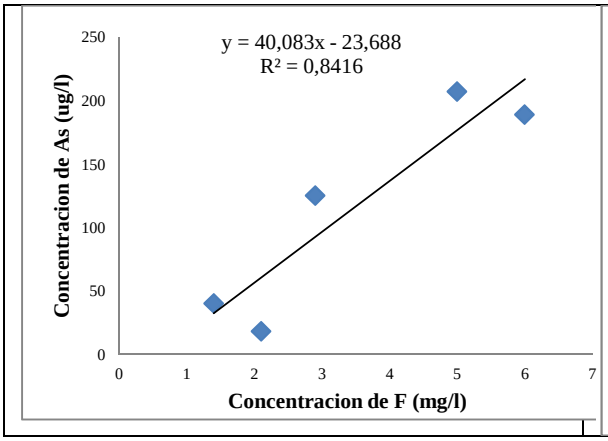

Figura 12. Relación As y F. Zona NO-SE

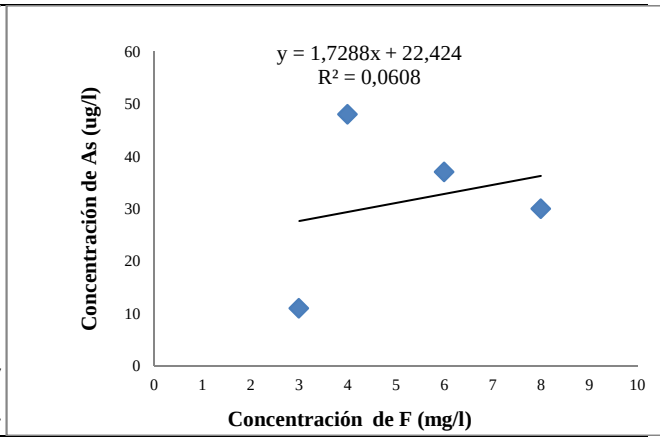

Figura 13. Relación As y F. Zona Centro-Este

Como se observa en las Figuras 14 y 15, la zona donde se detectó baja conductividad (< 1000 µS/cm), centro-este del área de estudio, se corresponde con concentraciones de sulfato menores a 250 mg/l, valor guía para este ion recomendado por la OMS, mientras que en los sectores NO y SO de la zona de estudio donde están localizados los pozos de Tucumanao, Zapi Cruz y Taco Suna la conductividad aumenta hasta valores de 2000 µS/cm y las concentraciones de ion sulfato detectadas se encuentran dentro del límite aceptado para consumo humano por el CAA (< 400mg/l). Superan este valor las concentraciones medias de sulfato medidas en los pozos de San Jerónimo y Balde de la Pampa donde se detectó el agua de consumo humano de mayor mineralización (conductividad > 2000 µS/cm y $SO_4^{=}$ > 400 mg/l), que puede ser atribuida a la influencia de aportes del rio Salado y a la intensa heliofanía en la zona de estudio que favorece la precipitación de evaporitas, tales como halita y yeso.

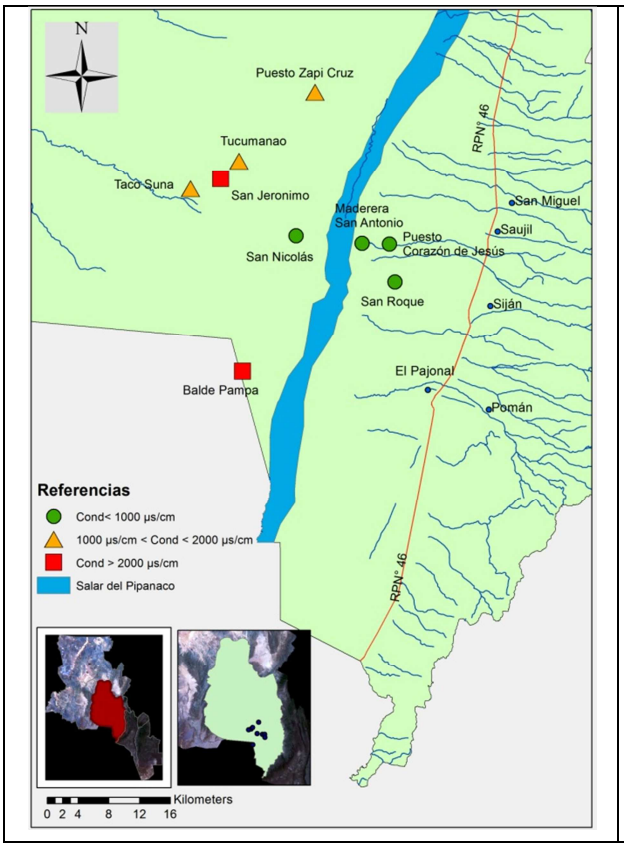

Figura 14. Concentración media de conductividad en los pozos cavados monitoreados

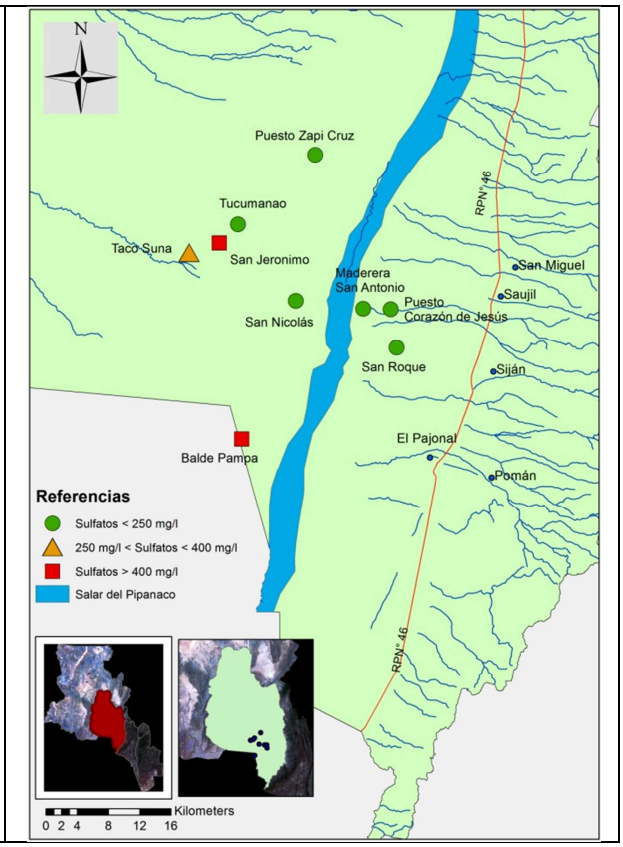

Figura 15. Concentración media de ión sulfato en los pozos cavados monitoreados

La correlación entre la concentración de ion sulfato y conductividad en la población estudiada se muestra en la Figura 16.

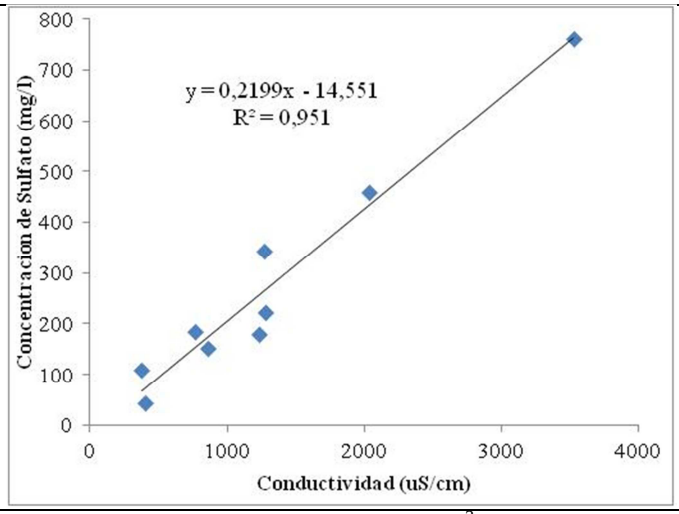

Figura 16. Relación entre el par SO_4^{-2}/ conductividad

Se observa una correlación positiva, con una alineación asimilable a una recta, situación ratificada por el valor del coeficiente de correlación: 0,971, indicativo de la vinculación entre ambas variables. Por lo cual se puede inferir que el principal responsable de la salinidad adquirida por las aguas subterráneas del lugar es el ión sulfato, derivado del yeso contenido en los sedimentos terciarios aflorantes y subaflorantes de la zona.de estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos y para mitigar el problema de calidad química del agua, utilizada para consumo humano se considera necesario implementar tecnologías que se adecúen a las condiciones ambientales, socioeconómicas y demanda de la población tal como osmosis inversa, alimentada con energía solar fotovoltaica.

Además, sería importante continuar con el monitoreo de la calidad del agua entregada a la población del área de estudio y de los efluentes producidos por los equipos de osmosis inversa a instalar.

CONCLUSIONES

La composición química del agua del acuífero freático en explotación para consumo humano de los puestos/parajes ubicados en la cuenca del Salar de Pipanaco, departamento Pomán, situados al naciente de la playa salina es bicarbonatada-sulfatada-sódica de mineralización baja. Esta composición puede ser atribuida a la influencia hídrica de los ríos que drenan la vertiente occidental de la sierra de Ambato y que alimentan el acuífero freático de la zona y superficialmente al salar.

Al poniente de la playa salina, donde el aporte de los cursos superficiales proveniente del oeste al acuífero freático es más restringido se detectaron dos grupos de pozos cavados con calidad de agua diferente: los situados en San Jerónimo y Balde Pampa abastecen de agua sulfatada-clorurada-sódica de mineralización alta, mientras que las captaciones de Zapi Cruz, Taco Suna y Tucumanao proveen de agua sulfatada-sódica de mineralización media.

Las concentraciones medias de los iones arsénico y flúor en las fuentes de agua estudiadas superan los valores guías de la OMS y límites máximos fijados por el CAA. La geodisponibilidad del arsénico y fluoruro se ve favorecida por las características hidroquímicas del agua (bicarbonatada-sódica con pH ligeramente alcalino). Las concentraciones detectadas pueden ser atribuidas a la litología de sedimentos terciarios con aportes volcánicos que afloran al SO, al pie de la sierra de Velazco.

Se determinó una correlación positiva y significativa entre las concentraciones medias de los iones As y F en las zonas NO y SO del área de estudio, donde se detectaron las mayores concentraciones de

arsénico y alta mineralización, mientras que en la zona este la correlación entre estos iones es baja. Por los altos valores de F y As en el agua analizada se puede considerar que la magnitud de exposición de las personas a enfermedades de transmisión hídrica, es alta.

La concentración media de ion sulfato en las zonas NO y SO, donde se detectó agua de alta mineralización, supera el límite aceptado para consumo por el CAA. En función del análisis realizado se puede inferir que el principal responsable de la salinidad adquirida por el agua utilizada para consumo humano de la zona de estudio es el ión sulfato, derivado del yeso contenido en los sedimentos terciarios aflorantes y subaflorantes y de los sedimentos cuartarios intercalados con halófilas próximos a la playa salina.

Los resultados de este estudio contribuyen a disponer de un diagnóstico de la distribución y concentraciones de arsénico y fluoruro en el área considerada y aportan información a las autoridades sanitarias para que adopten metodologías de abatimiento compatibles con la realidad socioeconómica y ambiental de la región.

REFERENCIAS

APHA.-A.W.W.A.-W.E.F. (2005). Standard Methods for de Examination of Water and Wastewater. Edición 21. pp 3-25; 3-38, 3-61; 4-85. United States of America.

Auge M., Wetten G., Baudino G., Bonorino G., Gianni R., Gonzalez N. (2006). Hidrogeología de Argentina. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 7-23. ISSN: 0366-0176

Barrachina, A., Beneyto, F. y Carbonell, F. (1995). Arsénico en el sistema suelo-planta: significado ambiental. Universidad de Alicante. Gráficas Vidal Leuka, S. L. pp. 6-17, 103-107.

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 SeminarioHispano-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.

CONHIDRO-IHLLA-DPHyERH, 2013. Modelo conceptual sobre el funcionamiento hidrogeológico del Salar de Pipanaco (Catamarca, Argentina). Informe técnico. Gobierno Catamarca, 176 pp.

CONHIDRO-IHLLA-DPHyERH, 2015. Modelo conceptual sobre el funcionamiento hidrogeológico del Salar de Pipanaco (Catamarca, Argentina). Informe técnico, Etapa 2. Gobierno Catamarca, 108 pp**.**

Gómez, M. Blarasin, M., Martínez, D. (2009). Arsenic and fluoride in a loess aquifer in the central area of Argentine: Environmental Geology, 57, 143–155.

González Bonorino, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. Revista Asociación Geológica Argentina. Nº 5 (3): 81-110. Buenos Aires.

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.

Licata M (2010). Flúor en la Nutrición. https://www.zonadiet.com/nutricion/fluor.htm

OMS. (2006). Guías para la Calidad de Agua Potable. Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones. Ginebra. Suiza.

Organización de las Naciones Unidas (2015) Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible A/RES/70/1. Naciones Unidas.

ONU (2010). Resolución 64/292 aprobada por la Asamblea General 28 de Julio de 2010. Pagina consultada el 18/10/19

www.politicaspublicas.net/panel/agua/dhagua/667-onu-2010-resolucion-agua.html.

OMS-UNICEF (2019). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene I 2000-2017. Pagina consultada el 18/10/19. https://www.unicef.org/nicaragua/informes/avances-en-agua-potable-saneamiento-e-higiene-especial-atenci%C3%B3n-las-desigualdades-2000_2007.Nicargua.UNICEF.html

Palacios, S., Guglielmino, C., Verea, M. y Pecotche, D. (2012). H.A.C.R.E. Hidroarsenicismo Crónico Regional y Endémico. Arch. Argent. Dermatol (pp. 62, 233-238).
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
Resolución Conjuntas SPRyRS N° 68/2007 y SAGPyA N° 196/2007. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/125000-129999/128630/norma.htm
Reynoso S., Ramirez A., Arguelles C. (2016). Estudio de la concentración de flúor, en el agua subterránea de Santiago del Estero (Dptos. Copo y Alberdi). Calidad del Agua Subterránea. IX Congreso Argentino de Hidrogeología. Pp 109-114.
Sosic M.(1973). Descripción Geológica de la Hoja 14e, Salar de Pipanaco. Provincias de Catamarca y La Rioja. Carta Geológico, Económica de la Republica Argentina. Escala 1:200.000. Boletín N° 137. Servicio Nacional Minero Geologico. Leonardo Impresora. Bs. As
Thirunavukkarasu O., Viraraghavan T., Subramanian K., Tanjore S. (2002). Organic arsenic removal from drinking water. Ukrban Water. 4,415-421.
Vilches F., Palomeque L., Cordoba G., Fuentes S., Navarro Garcia L. (2005) "El Arsénico en la Provincia de Catamarca". Arsénico en Agua Origen, Movilidad y Tratamiento. digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf. pp. 103-110.

QUALITY OF WATER USED FOR HUMAN CONSUMPTION IN THE SALAR OF PIPANACO. CATAMARCA

ABSTRACT

The freatic aquifer is the only source of water for human consumption at posts in the Salar de Pipanaco, Pomán, province of Catamarca. The objective is to determine the chemical quality of the water used for drinking by the populations of the places: Taco Suna, San Jerónimo, Tucumanao, Balde de la Pampa, San Nicolás, Puesto Corazón de Jesús, San Roque, Maderera de San Antonio and Zapi Cruz, located in the Salar de Pipanaco and its relationship with the hydrogeological aspects of the area. The concentrations of major and minor ions were determined, water quality was geochemically characterized using the Schoeller and Piper diagrams, their aptitude was evaluated according to the CAA and the WHO and hydrogeological antecedents of the Salar de Pipanaco were analyzed. The magnitude of exposure of people to hydric origin diseases is high since the concentrations of fluoride, arsenic and sulfate exceed the limits for human consumption set by the regulations consulted.

Keywords: water quality, human consumption, Salar de Pipanaco, Catamarca