

Calidad de agua para consumo en tres localidades de la provincia de Chaco, Argentina

María Alcira Trinelli^{1,2}, Florencia Mallou¹, María Paz González³, Yanina El Kassisse⁴, Ángeles I. Rodríguez¹, Marco Casullo³, Sergio Hanelá⁴, Micaela Cruz¹, Igor Moundiroff^d, Carolina Mujica⁴, Lorena Marquina⁴, Micaela Vilches¹, Gastón. Angelini^{1,3}, Estefanía Romero⁴, Analía Iriel^{5,6}, Margarita Docampo^{2,3}, Diego Lelli⁷, Pablo E. Rosi¹

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física, Buenos Aires, Argentina

² CONICET-Universidad de Buenos Aires, Instituto de Geocronología y Geología Isotópica- CONICET (INGEIS), Buenos Aires, Argentina

³ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas, Buenos Aires, Argentina

⁴ Instituto Nacional del Agua, Centro de Tecnología del Uso del Agua, Ezeiza, Provincia de Buenos Aires, Argentina

⁵ Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA), Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Ciencias Veterinarias, Buenos Aires, Argentina

⁶ Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Buenos Aires, Argentina

⁷ Instituto Nacional de Tecnología Industrial, San Martín, Buenos Aires, Argentina

E-mail: malcira@gmail.com

RESUMEN:

El consumo de agua con elevados contenidos de arsénico, sostenido en el tiempo, conlleva numerosos inconvenientes en la salud. Las aguas subterráneas del centro y noreste de Argentina presentan concentraciones de este metal por encima de lo recomendado. El presente trabajo se enmarca en un proyecto cuyo objetivo final es la elaboración de un filtro domiciliario que permita abatir el arsénico del agua subterránea en diferentes localidades de la provincia de Chaco. Para ello se realizó un estudio de la situación del agua de consumo en tres localidades, una en el Impenetrable y otras dos en las cercanías de Sáenz Peña. Se llevaron a cabo dos campañas en 2017 y 2018, en las que se tomaron muestras de agua de lluvia, subterránea y de río para analizarlas en laboratorio. Se realizaron también mediciones *in situ* y se sembraron muestras para el análisis microbiológico.

En el Impenetrable se observó que el agua subterránea y la de red, también captada del acuífero, son en general excesivamente salobres por lo que se recurre al consumo de agua de lluvia.

El análisis fisicoquímico indicó niveles de arsénico y de fluoruro elevados para el consumo humano en ciertas locaciones. Otros parámetros como dureza, cloruros, sulfatos y sólidos totales disueltos (SDT), pH y turbidez, también presentaron valores elevados en algunas de las muestras estudiadas. Se corroboró además la relación entre el contenido de flúor y arsénico en las aguas subterráneas, mencionada en estudios previos realizados en estos acuíferos.

El estudio microbiológico puso en evidencia que el 74% de las muestras del Impenetrable y el 60 % de las muestras de la zona de Sáenz Peña, en conjunto, no son aptas para consumo por haber superado los límites establecidos en el Código Alimentario Argentino. En tres casos se encontró *E. coli*; dos de ellos en agua de pozo y uno en agua de red.

INTRODUCCIÓN

Argentina, Chile y México son los países más afectados de Latinoamérica por la presencia de arsénico en agua destinada para bebida según la organización mundial de la salud (ECO/OPS-OMS, 1997). El arsénico está presente de forma natural en niveles altos en las aguas subterráneas, siendo su forma inorgánica la más tóxica en que este elemento puede encontrarse.

Su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua con elevadas concentraciones de este compuesto para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios. Se estima que en Argentina hay 4 millones de personas afectadas por la presencia de niveles elevados de arsénico en el agua (Blesa, 2010).

La exposición prolongada al arsénico a través de su ingesta puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neuro-toxicidad y diabetes. Los síntomas provocados por la ingesta de arsénico se engloban en lo que se llama Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE) (Epidemiología).

La intervención más importante en las comunidades afectadas consiste en prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento de agua potable.

Por otro lado, el flúor, también presente en forma natural en el agua, es un elemento esencial y componente importante en la estructura de huesos y dientes. Una escala relativamente estrecha de concentración de 0,6 ppm a 1,7 ppm en el agua potable proporciona condiciones óptimas de consumo. Cuando se presenta en el agua exceso de concentración y se prolonga el consumo de flúor genera en el individuo fluorosis dental y esquelética (Camacho, 1993; Manual de Odontología, 1995; Farreras y Rozman, 2012; Pérez-Patiño, 2007; Valdez-Giménez, 2011).

El objetivo principal del proyecto que enmarca este trabajo es diseñar un filtro de agua, de uso sencillo, basado en zeolitas que permita disminuir el contenido de arsénico naturalmente presente en aguas subterráneas de la provincia de Chaco. Con este objetivo se realizó una caracterización de la calidad de diferentes fuentes de agua en las regiones del Impenetrable chaqueño y de Sáenz Peña.

Este proyecto nuclea a investigadores, graduados y estudiantes de las siguientes facultades de la Universidad de Buenos Aires: Ciencias Exactas y Naturales; Ingeniería; Ciencias Veterinarias y Farmacia y Bioquímica como así también del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y del Instituto Nacional del Agua (INA). A su vez colaboran miembros de la comunidad de la provincia de Chaco.

MÉTODOS

Durante el trabajo de campo (julio de 2017 y julio de 2018) se realizó un muestreo de agua en tres localidades, que incluyó agua de consumo en diferentes establecimientos (escuelas, hospitales y viviendas). Además se recorrieron zonas aledañas hasta el río Teuco, para extender el estudio de la situación del agua de consumo en la zona. En 2017 se muestrearon 19 sitios en el Impenetrable, cercanos a la localidad de Fuerte Esperanza, y 13 en Sáenz Peña y alrededores. En 2018 se repitieron los muestreos en la mayoría de los sitios previos y se incorporaron nuevos, obteniendo un total de 19 muestras en el Impenetrable y 15 en Sáenz Peña y alrededores. Las fuentes de agua muestreadas corresponden a agua subterránea, de lluvia y de río. En todas las localidades se muestreó también la red de agua corriente que en algunos casos proviene de pozo y no es empleada como agua de bebida dada su elevada salinidad.

En cada uno de los sitios visitados se realizaron mediciones *in situ* de los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, potencial rédox, turbidez y alcalinidad, registrando la geo-localización del mismo. Complementariamente se realizó una encuesta a más de 20 vecinos para obtener información sobre el origen y uso del agua. Se recolectaron muestras de agua en envases apropiados para las determinaciones realizadas en laboratorio como ser: contenido de arsénico, cloruro, fluoruro, sulfato, metales pesados, sólidos totales disueltos, dureza total y materia orgánica. En algunos casos las muestras se tomaron mediante un balde o dispositivo similar que permitía llegar al pelo de agua en un aljibe o reservorio (ver imágenes de muestreo).

Para el estudio microbiológico se tomaron las muestras de agua en condiciones de esterilidad y se trasladaron al laboratorio montado en campo para la realización de los cultivos. En los casos donde había canillas en los puntos de consumo, éstas se flamearon si eran metálicas o se esterilizaron con desinfectante diluído si eran plásticas. En caso de haber mangueras, estas fueron sometidas al mismo proceso. En el Impenetrable se sentó la base operativa en la casa del intendente municipal mientras que en la zona de Sáenz Peña se trabajó en el Hospital 4 de junio. Se sembraron las muestras utilizando placas Petrifilm Sanita Kun de Recuento de Aerobios Mesófilos totales, Coliformes totales y *E. coli*. En todos los casos se sembró 1 ml de muestra y se incubó a 37° C durante 48 hs en los dos primeros casos y 24hs para *E. coli*. Estos métodos no son los mismos utilizados por el Código Alimentario Argentino, cuyas técnicas no son fácilmente reproducibles en campo. Por tal motivo, se trabajó con las placas rápidas mencionadas.



Figura 1 - Imágenes de muestreo

El análisis de contenido de bacterias se realizó tomando como referencia el Código Alimentario Argentino (CAA), que establece un límite de aeróbios mesófilos totales permitidos de hasta 500 UFC/ml, un límite de coliformes totales de hasta 3 UFC/100ml y de ausencia total de *E.coli* para el agua potable. En el caso de coliformes totales, se realizó una extrapolación a un volumen de 100 ml para calcular el número aproximado de UFC en el volumen límite permitido por el CAA.

RESULTADOS

En el Impenetrable Chaqueño, el agua de red disponible es captada del acuífero por lo que presenta características similares al agua muestreada directamente en los pozos profundos domiciliarios. Los análisis realizados en las muestras de agua de red y en las muestras de agua subterránea indican en general que es excesivamente salobre y por esa razón se recurre al consumo de agua de lluvia, la cual se almacena durante la estación húmeda. A esta actividad se la refiere localmente como “cosechar lluvia”. No se utiliza ningún dispositivo especial, simplemente se canaliza el escurrimiento de los techos de las viviendas hacia un tacho o aljibe. Por otro lado, el análisis fisicoquímico del agua indicó niveles de arsénico y de fluoruro elevados para el consumo humano en varios sitios. La dureza del agua se encontró en niveles que duplican o triplican el valor máximo permitido por el CAA. Parámetros como cloruro, sulfato y sólidos totales disueltos (SDT) también presentaron valores elevados en algunas de las muestras estudiadas. Muchos de estos parámetros resultan definitorios a la hora de diseñar sistemas de potabilización y estimar la vida útil de algunos de sus componentes. El pH y la turbidez también se encontraron elevados con respecto al CAA en algunos sitios.

Tabla 1.-Parámetros fisicoquímicos en muestras del Impenetrable Chaqueño que presentan valores elevados con respecto a los valores del Código Alimentario Argentino en 2017.

Muestra	Ubicación ^a	Origen	pH	SDT (ppm)	Turbidez (NTU)	Cloruros (ppm)	Dureza (ppm CaCO ₃)	Sulfatos (mg/L)	Fluoruros (ppm)	As (ug/L)
CAA			6,5-8,5	-	<3	<350	<400	<400	0,7-1*	
FE1	FE	pozo	8,205	4049,5	0,5	720,6	709,6	948,8	2,16	96,6
FE2	FE	lluvia	6,625	13,20	6,5	3,1	9,9	1,6	0,03	
FE3	FE	pozo	7,95	7392	1,6	558,3	1575,4	3114,0	0,43	60,0
FE4	FE	lluvia	10,35	200,9	0,6	4,5	14,9	9,8	0,10	1,4
FE5	FE	pozo	8,123	3454,5	0,3	1223,3	164,1	9,8	1,52	116,0
FE6	FE	lluvia	7,192	45,92	1,0	4,9	4,7	3,2	0,04	1,3
FE7	FE	pozo	8,149	3724	0,2	1269,4	166,7	239,5	1,73	119,0
FE8	NP	superficial	8,2	875	6,4	65,0	254,2	345,3	0,13	
FE9	NP	lluvia	8,32	66,5	0,6	5,4	42,3	3,6	0,04	0,8
FE10	RT	superficial	8,51	355,6	576,5	28,3	90,1	74,6	0,15	
FE11	ES	pozo	6,87	452,9	102,5	2,9	270,4	20,8	0,28	
FE12	ES	pozo	6,98	422,1	8,4	5,2	0,4	23,4	0,27	
FE13	S	superficial	8,34	361,2	1,6	28,6	174,6	76,7	0,17	2,2
FE14	S	superficial	8,42	363,3	1,2	16,9	168,9	69,2	0,17	2,3
FE15	FE	pozo	7,45	6258	4,6	299,9	1294,1	2221,5	0,45	
FE16	FE	pozo	7,861	4760	24,5	136,1	1244,1	1990,1	0,67	
FE17	FE	pozo	7,88	3647	0,3	1232,0	164,1	247,8	1,53	113,0
FE18	FE	lluvia	7,717	117,6	0,9	14,4	67,5	10,3	0,05	2,2
FE19	FE	lluvia	7,663	61,6	0,6	1,6	34,4	3,4	0,03	1,9

Referencias:

 son consumidas



supera valor CAA

FE: Fuerte Esperanza

NP: Nueva Pompeya

RT: Río Teuco

ES: El Sauzal

La Tabla 1 muestra todos estos valores para la primera campaña realizada en la zona del Impenetrable. Las letras de la columna “Ubicación” corresponden a las localidades estudiadas. La columna llamada “Origen” refiere a la proveniencia del agua, si era de río (superficial), de pozo o de lluvia.

En relación a los valores de arsénico cabe señalar que:

10 µg/l: corresponde al valor guía recomendado por la OMS

50 µg/l: corresponde al valor vigente en el Código Alimentario Argentino hasta Mayo de 2007 y tolerado transitoriamente en la actualidad, bajo los términos y condiciones establecidos por la Resolución Conjunta 68/2007 (Ministerio de Salud) y 196/2007 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos), extendida por la Resolución Conjunta 34/2012 (Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos) y 50/2012 (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca) 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” (ECO/OPS, 1997; Código Alimentario Argentino).

Las muestras de pozo analizadas corresponden a un acuífero alojado en sedimentos cuaternarios provenientes de la meteorización de rocas volcánicas. Dada su composición mineralógica, estos sedimentos constituyen una importante fuente de aporte de arsénico y flúor hacia el acuífero.

Numerosos estudios previos señalan una relación lineal entre las concentraciones de As y F para aguas subterráneas alojadas en estos mismos sedimentos en diferentes áreas del noreste y centro del país (Bonafina y Ratto, 2009; Pariani *et al.*, 2014; Osicka *et al.*, 2002). En función de ello y a partir de los resultados obtenidos para las muestras de pozo se confeccionó un gráfico de la correlación entre Fluoro y Arsénico, en el que se corrobora la misma (Figura 2).

En el Impenetrable, 5 muestras del total (26%) obtuvieron un recuento de aerobios mesófilos totales más alto que el permitido, 14 superaron el límite permitido para coliformes totales, lo cual significa que casi el 74% de las muestras no resultaron aptas para consumo humano, ya sea de agua de lluvia como de pozo. Ninguno de los resultados positivos de coliformes totales se identificaron como *E. coli* (ver Tabla 2).

De los 15 sitios en la zona de Sáenz Peña, 6 de las muestras se encontraban superando el límite de CAA en cuanto a aerobios mesófilos Totales, siendo el 46 % de las muestras. 9 muestras del total superaron el límite permitido de bacterias coliformes totales, de esta forma el 60 % de las muestras no resultó apta para consumo humano en los términos requeridos por el CAA. En 3 casos se encontró presencia de *E. coli*; 2 de ellas fueron agua de pozo y la restante agua de red.

Figura 2: Relación entre el contenido de F y As en las aguas de pozo y su aproximación lineal

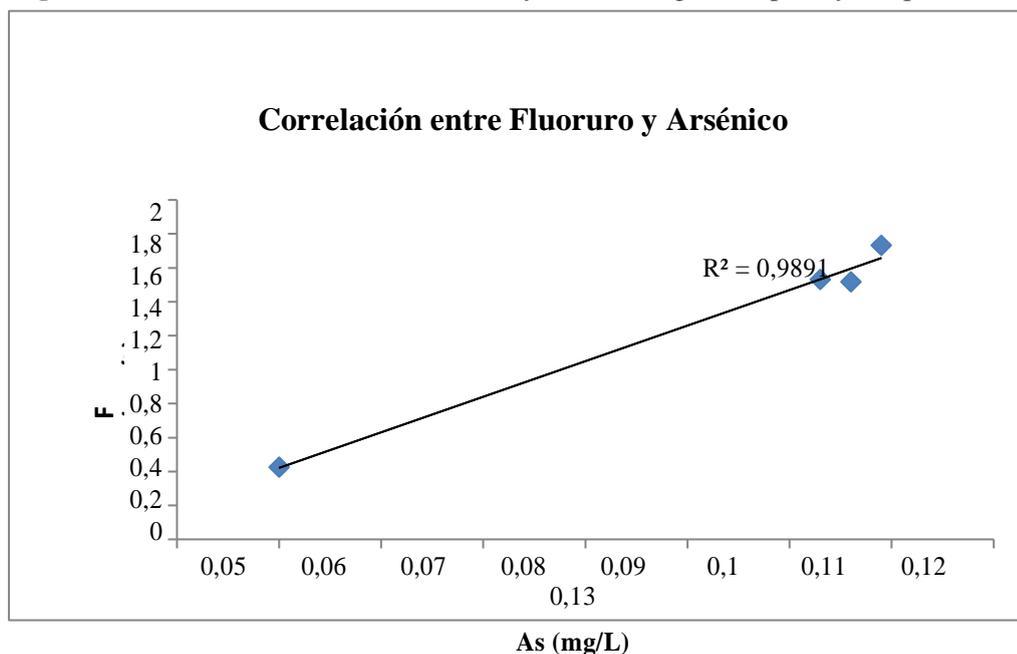


Tabla 2.-Resultados microbiológicos en muestras del Impenetrable en 2018

Sitio muestreo	Tipo fuente	Aerobios mesófilos (en 1ml)	Coliformes totales (en 1ml)	<i>E. coli</i> (1ml)
1	pozo	30	0	0
2	lluvia	200	0	0
3	pozo	19	2	0
4	lluvia	20	5	0
6	lluvia	420	160	0
7	lluvia	1500	893	0
8	red	316	0	0
9	lluvia	1250	10	0
15	pozo	350	0	0
17	pozo	990	95	0
18	lluvia	388	1	0
19	lluvia	170	22	0
20A	río	0	0	0
20C	río	0	0	0
21	río	630	55	0
22	lluvia	350	6	0
23	pozo	44000	9	0
24	pozo	80	1	0
25	lluvia	100	3	0

Las muestras tomadas de una de las plantas potabilizadoras de la zona no presentaron desviaciones respecto al CAA en los parámetros bacteriológicos determinados (ver Tabla 3).

Tabla 3.-Resultados microbiológicos en muestras de zona Sáenz Peña

Sitio muestreo	Tipo fuente	Aerobios mesófilos (en 1ml)	Coliformes totales (en 1ml)	E. coli (1ml)
1	mezcla	672	90	0
3	pozo	378	60	4
4	red	504	90	1
5	pozo	115	0	0
6	red	15	0	0
7	Río Paraná	0	0	0
8	Río Paraná	0	0	0
9	lluvia	590	320	0
10	pozo	450	100	5
11	pozo	220	79	0
12	pozo	402	189	0
13	lluvia	525	13	0
13bis	embotellada	1470	48	0
14	red	693	550	1
15	pozo	523	0	0

CONCLUSIONES

En la zona del Impenetrable Chaqueño el agua resultó salobre. La dureza se encontró en niveles que duplican o triplican el valor máximo permitido por el CAA y parámetros como cloruro, sulfato y sólidos totales disueltos (SDT) también se presentaron elevados en algunas de las muestras estudiadas. El pH y la turbidez se encontraron elevados con respecto al CAA en algunos sitios. Se encontraron niveles elevados de flúor y de arsénico, los cuales presentan una relación lineal. Con respecto a los resultados microbiológicos 5 muestras del total (26%) obtuvieron un recuento de aerobios mesófilos totales más alto que el permitido. El 74% de las muestras no resultaron aptas para consumo humano.

En la zona de Sáenz Peña de los 15 sitios, el 46 %, superaron el límite de CAA en cuanto a aerobios mesófilos totales y 9 muestras del total superaron el límite permitido de bacterias coliformes totales. De esta forma el 60 % de las muestras no resultó apta para consumo humano en los términos requeridos por el CAA. En tres casos se encontró presencia de *E. coli*; dos de ellas fueron agua de pozo y la restante agua de red.

Agradecimientos. El equipo de trabajo agradece a las autoridades municipales de Fuerte Esperanza, a la Red de Salud Ramón Carrillo de la provincia de Chaco, a las autoridades del Hospital 4 de junio y al Colectivo de Acción por nuestros Derechos de Sáenz Peña por el apoyo brindado. También agradece la colaboración de Camila Haene, Andrea Rodríguez, Pablo Leal y Juan Alaines. Finalmente se agradece al programa de subsidios de extensión universitaria UBANEX 10 de la Universidad de Buenos Aires.

REFERENCIAS

- Arteaga, P. Hecker, F. (2014). *Concentración de Flúor y arsénico en el agua de red de General Pico (Argentina) durante el período 2007-2013*. Revista de Ciencias Veterinarias, Vol. 16, N°1 (ISSN 1515-1883)
- Blesa, M. A., 2010. *La contaminación del agua por metales*. Ciencia e Investigación, 60 (4), 30-48.
- Bonafina, C. y Ratto, S.E. (2009). *Arsénico en aguas subterráneas de la zona norte y centro de la Argentina*. Revista Facultad de Agronomía, UBA, 29(2): 153-162.
- CAA (Código Alimentario Argentino)(2007)
http://www.anmat.gov.ar/CODIGOA/Capitulo_XII_Agua_2007-05.pdf
- Camacho G. *Fluoruración del agua Potable*. Rev. ADM, 1993,3: 175
- ECO/OPS, 1997. *Epidemiología Ambiental un Proyecto para América Latina y El Caribe*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de Salud y Ambiente, Agencia de Protección Ambiental, Programa Internacional sobre Seguridad Química, Red de Epidemiología Ambiental.
- Epidemiología del HACRE en la República Argentina. Ministerio de Salud de la Nación. El Manual de Odontología, MASSON-SALVAT España, pp 39- 54,1995.
- Farreras-Rozman, *Medicina Interna*, Edición 2012.
- Nicolli, H.B., Bundschuh, J., Blanco, M.C., Tujchneider, O.C, Panarello, H.O., Dapeña, C., Rusansky, J.E. *Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100 years of research*. Science of the Total Environment 429, 2012, pages 36–56
- Pariani, A.O, Perea Muñoz, J.M., Castaldo, A.O, García Martínez, A.R.,Giorgis, A.O., Angón, E., Lamela Osicka, R.M, Agulló, N.S, Herrera Ahuad, C.E, Giménez, M.C. (2002).*Evaluación de las concentraciones de fluoruro y arsénico en las aguas subterráneas del Domo Central de la Provincia del Chaco*. Reuniones de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Nordeste.
- Pérez Patiño, Teresa de Jesús,*Fluorosis dental en niños y flúor en el agua de consumo humano*. Rev. Medigraphic, Vol. IX -Número 3, Diciembre 2007.
- Tello E. *Hidroarsenicismo regional endémico (HACRE), sus manifestaciones clínicas*. Univ Nac de Córdoba, editor. Córdoba, Argentina 1951; 165 pp.
- Valdez-Jiménez, L. *Efectos del Flúor sobre el Sistema Nervioso Central*. Rev Neurología, Volume 26, Issue 5, June2011, Pages 297-300.