

EL FILTRO LATERÍTICO DE ARSENICO PARA LA REMOCIÓN SIMULTÁNEA DE ARSÉNICO Y FLÚOR EN EL AGUA DE CONSUMO

Ángel del R. Storniolo¹, Elsa M. Terribile¹, Walter M. Trejo¹, Omar Coronel² y José I. Rodini¹

¹ Departamento Académico de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero. Email: arstorniolo@yahoo.com.ar Tel. (+54 385 4509500). ² Dirección Obras Sanitarias de Santiago del Estero. Parque Industrial, La Banda, Santiago del Estero, Email: diosse_lab@arnet.com.ar Tel (54 385 4222719

RESUMEN

En las regiones del NOA y NEA de nuestro País, el abastecimiento de agua segura en las zonas rurales se ha presentado como un problema difícil de solucionar por parte del estado, responsable de su provisión, o del mismo poblador debido principalmente a la falta de medios económicos. Muchas veces esta realidad hace que el poblador consuma agua que aparentemente se presenta como de buena calidad por sus características organolépticas y aceptables contenidos de sales totales disueltas, pero con la presencia de oligoelementos en concentraciones superiores a lo recomendado por el Código Alimentario Argentino, como lo son el arsénico y el flúor. Para estos casos la provisión de agua segura se debe dar en la vivienda de cada uno de los afectados, tornándose algunas veces imposible por la falta de infraestructura, la inexistencia de una fuente de agua de mejor calidad que obliga a tratar la que se dispone con la correspondiente inversión. En el mundo existen grupos de investigadores que trabajan en el desarrollo de técnicas y métodos sencillos de bajo costo para atender esta problemática. Investigaciones realizadas en el Departamento Académico de Geología y Geotecnia, FCEyT - UNSE han propuesto la utilización el suelo rojo de la Provincia de Misiones como material filtrante natural para la remoción del arsénico presente en el agua de consumo y diseñado un equipo para el filtrado del agua problema. El Filtro Laterítico de Arsénico N° 3 (FLAs3) es un equipo de bajo costo desarrollado con materiales comunes, fácil de construir y manipular con el cual se han obtenido buenos resultados en la disminución del contenido de arsénico en el agua natural filtrada. En nuestra Provincia como en muchas regiones de nuestro país es común encontrar aguas con exceso de arsénico y también de flúor. Ante esta realidad este grupo de Investigación considero la posibilidad de buscar una solución a la remoción conjunta de ambos oligoelemento y pensó en la posibilidad de utilizar el FLAs3 para tal fin. El presente trabajo tiene como objetivo investigar si el FLAs3, como equipo filtro y los suelos lateríticos de la Provincia de Misiones, como elemento filtrante, son capaces de remover simultáneamente el arsénico y flúor. Las primeras experiencias realizadas en las viviendas de algunos pobladores rurales muestran que esto es posible. Ensayos de filtrado realizados en una vivienda ubicada en la localidad de Villa Robles, Dpto. Robles, para un agua con concentración inicial de arsénico de 85 μ g/L y 1.10 mg/L de flúor se logró un porcentaje de remoción de entre el 51 y 71% para el primero y del 100% para el segundo. Con relación a las pruebas realizadas en una vivienda ubicada en la Villa del Lago, Termas de Río Hondo, para un agua con concentración inicial de arsénico de 180 mg/L y 4,2 mg/L de Flúor los porcentajes de remoción se ubicaron entre el 93 y 97% y 57 y 70% respectivamente.

Palabras Clave: Laterita, Arsénico, Flúor, Filtro

INTRODUCCION

No se puede pensar en lograr el bienestar del ser humano si no se tiene en cuenta de proveerlo de agua segura para consumo, en el mundo el estado de los servicios sanitarios en una población habla de su desarrollo.

Si además se considera la posibilidad de mejorar su calidad de vida es necesario satisfacer sus necesidades de agua para todo uso de tal manera que le permita un desarrollo socioeconómico que asegure un adecuado nivel de vida. Por supuesto que esto trae como consecuencia una mayor demanda de agua.

En la Llanura Chaco Pampeana y por supuesto en la Provincia de Santiago del Estero existe un marcado déficit en la provisión de agua para consumo humano, los sistemas de abastecimiento de agua segura no son los adecuados en cantidad y calidad.

Referente a la calidad, en muchos lugares el agua que se dispone tiene elevado contenido salino donde la concentración de iones mayoritarios obliga al usuario o al estado a tratar el agua con plantas desalinizadoras.

En otros casos la concentración de estos iones no superan los límites recomendados por el Código Alimentario Argentino (CAA), pero si nos encontramos con la presencia en exceso de algunos elementos nocivos para la salud como lo son el arsénico, flúor, hierro, aluminio, manganeso, etc. En nuestro NOA y NEA es común encontrar agua subterránea con exceso de arsénico y flúor.

Los altos contenidos de arsénico y flúor que encontramos en las aguas provenientes de los primeros acuíferos de la región, están asociados al material por el que circulan normalmente compuestos por sedimentos finos de origen eólico (loees), producto de la orogenia andina, ricos en cenizas y vidrios volcánicos, (Martín R. et al 2000).

En nuestra provincia un ejemplo de esta realidad es la zona rural de los departamentos Banda y Robles, donde es muy difícil encontrar agua subterránea de los primeros acuíferos, que se pueda definir como segura respecto del Arsénico y Flúor y que en algunos casos todavía consumen los pobladores rurales dispersos o agrupados.

Aproximadamente el 97% de los pozos censados durante las campañas organizadas para el estudio del arsénico en el agua subterránea del Cono Aluvial del Río Dulce presentan esta situación, respecto del Fluor el porcentaje oscila entre el 40%, (convenio de cooperación Dpto. de Geología y Geotecnia, FCEyT-UNSE con el Department of Land and Water Resources Engineering, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) Estocolmo, Suecia).

La Tabla 1 nos da una idea de las concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas de algunos pozos, (Bejarano et al 2003, Claesson *et al* 2003). Como se puede observar los tenores de Arsénico y Flúor están muy por encima de los valores límites aconsejados por el Código Alimentario Argentino, (50 µg/L para el As y 1000 µg/L de F).

Tabla 1. Concentración de Arsénico y Flúor en algunos pozos freáticos del Cono Aluvial del Río Dulce.

Localidad	Departamento	Concentración As	Concentración F
Colonia Rasquín	Banda	14.969 µg/L	24.382 µg/L
Nuevo Líbano	Banda	8.083 µg/L	17.708 µg/L
Las Hermanas	Banda	1.574 µg/L	6.973 µg/L
Mili	Robles	1.520 µg/L	6.578 µg/L
Janta	Robles	828 µg/L	9.036 µg/L
Mistol	Robles	669 µg/L	4.976 µg/L

Oligoelementos como estos en muchos casos son los responsables de enfermedades de origen hídrico que padecen muchos de los pobladores de las zonas rurales, acostumbrados a consumir este tipo de agua.

Con relación al arsénico su acumulación en el organismo (pulmón, hígado, bazo, riñón, cerebro, piel, hueso, dientes, pelos y uñas, etc.) puede generar una serie de enfermedades encuadradas dentro de lo que se denomina Hídrico Arsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE).

Esta acumulación es capaz de producir dolencias tales como las hiperqueratosis palmoplantar caracterizadas por callosidades en las palmas de las manos y los pies, y manchas en el cuerpo las cuales pueden evolucionar a lesiones más profundas y dolorosas hasta terminar en cáncer de piel. También puede afectar el sistema nervioso y/o el normal funcionamiento de órganos tales como: hígado, riñón, músculos, huesos y en algunos casos derivar en un cáncer.

Respecto del flúor y la presencia de fluoruros en el agua, en algunos casos y en cantidades adecuadas, es considerado un elemento esencial en la formación de los dientes y los huesos ya que puede ayudar a prevenir las caries y fortalecer los huesos del cuerpo.

El problema se presenta a medida que aumenta la cantidad ingerida y su excesiva acumulación en el organismo, lo que puede ser contraproducente para la salud y dañar los dientes producto de una enfermedad llamada Fluorosis Dental y/o afectar los huesos tornándolos más débiles y frágiles debido a la denominada Fluorosis Esquelética.

Por esta razón se hace necesario hablar de la provisión de agua segura en asentamientos humanos importantes o reducidos como en las viviendas de los pobladores rurales dispersos.

Para los primeros es común pensar en obras importantes como lo son los pozos profundos para extraer agua de mejor calidad o bien en sistemas tradicionales para los tratamientos de aguas subterráneas o superficiales tales como las plantas de ósmosis inversa, filtros lentos, filtros rápidos o combinaciones e estos.

Referente a la provisión de agua segura al poblador rural disperso en muchos casos no es posible la aplicación de métodos convencionales por razones técnicas o sencillamente porque son considerados poco rentables para el estado o inaccesibles por parte del propietario por su situación socioeconómica.

Con el fin de atender esta realidad grupos de investigadores que están trabajando en el desarrollo de técnicas sencillas y equipos de bajo costo para el tratamiento de aguas en la misma vivienda del poblador rural disperso.

Algunos han desarrollado, técnicas, métodos y equipos para el tratamiento continuo de pequeños caudales capaces de abastecer mediante un servicio reducido a concentraciones urbanas reducidas, escuelas, postas sanitarias, etc.

Otros proponen la solución sobre el tratamiento de agua a escala familiar con el desarrollo de equipos filtrantes para ser instalados individualmente en las viviendas de los pobladores afectados

El equipo de investigación del Departamento Académico de Geología y Geotecnia de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, ha desarrollado el FLAS3 (Filtro Laterítico de Arsénico N° 3) que utiliza la tierra roja de la Provincia de Misiones como elemento filtrante para la reducción del exceso de arsénico del agua de consumo, (Storniolo, 2009, 2010).

Los buenos resultados obtenidos en el uso de este equipo y considerando que en nuestra provincia es común encontrar este oligoelemento asociado a otro como el Flúor, se pensó en si este mismo equipo filtrante no podría ser utilizado para la remoción conjunta de ambos.

OBJETIVOS

A nuestro entender no hay calidad de vida si no hay provisión de agua segura, como mínimo, para el consumo humano. Esto es mucho mejor si esta alcanza para lograr el desarrollo socioeconómico del que la consume.

La propuesta del FLAs3 (Filtro Laterítico de Arsénico N° 3), que utiliza el suelo laterítico de la Provincia de Misiones, como elemento filtrante, es a nuestra consideración, una opción válida para el tratamiento del agua de consumo, en la misma vivienda del poblador rural disperso, tendiente a reducir la concentración del arsénico.

Con esta experiencia ahora vamos a tratar de investigar si este equipo y método es aplicable para lograr una remoción simultánea de arsénico y flúor elementos normalmente comunes en exceso en las aguas de la Provincia de Santiago del Estero.

MATERIALES Y METODOS

El FLAs3.

El Filtro Laterítico para Arsénico N° 3 (FLAs3), se trata de un equipo filtrante de bajo costo confeccionado con materiales comunes, baratos, fáciles de conseguir y su fabricación posee baja tecnología y se realiza con herramientas sencillas, de fácil armado, desarmado, mantenimiento y limpieza.

Utiliza la tierra laterita como material filtrante y un lecho de arena muy fina para la retención de los coloides, de manera de asegurar que el agua resultante tenga características organolépticas aceptables y menor contenido de arsénico, (Storniolo, 2011).

El FLAs 3 está compuesto por tres partes perfectamente diferenciables:

- un receptor de agua a tratar consistente en un tramo de caño de PVC de 500 mm de longitud y 200 mm de diámetro el cual se une mediante pegamento adecuado, a los efectos de darle consistencia estanca, a un contenedor del material filtrante.
- Este contenedor filtro consiste en una reducción de PVC de 200 mm a 160 mm cerrada por una tapa también de PVC de 160 mm, agujereada en su fondo. Cubriendo los agujeros se ubicaba una maya de acero inoxidable encima de la cual se ubica el elemento filtrante, abajo la arena fina y sobre esta el suelo laterítico y cubriendo ambos el dissipador de energía.
- Por último tenemos el recipiente receptor de agua tratada, consistente en un bidón de plástico de 30 L de capacidad con un grifo para extraer el agua resultante, (Storniolo, 2009, 2010). Fig. 1.

El sistema filtrante se arma situando en primera instancia la arena fina contenida por la maya de acero inoxidable, sobre ella el suelo laterítico y tapando ambos la placa dissipadora de energía.

Esta última evita, que al momento de agregar el agua a filtrar en el equipo, se produzcan surcos o se desacomode el material que actúa como filtro generando zonas de debilidad o surcos donde el agua escurra rápidamente reduciendo considerablemente el tiempo de contacto agua-suelo disminuyendo la eficiencia del método.

La Fig. 2 muestra el detalle del contenedor o filtro propiamente dicho (reducción 200 a 160 mm y tapa) con los elementos filtrantes (suelo laterítico, arena fina y el dissipador de energía).

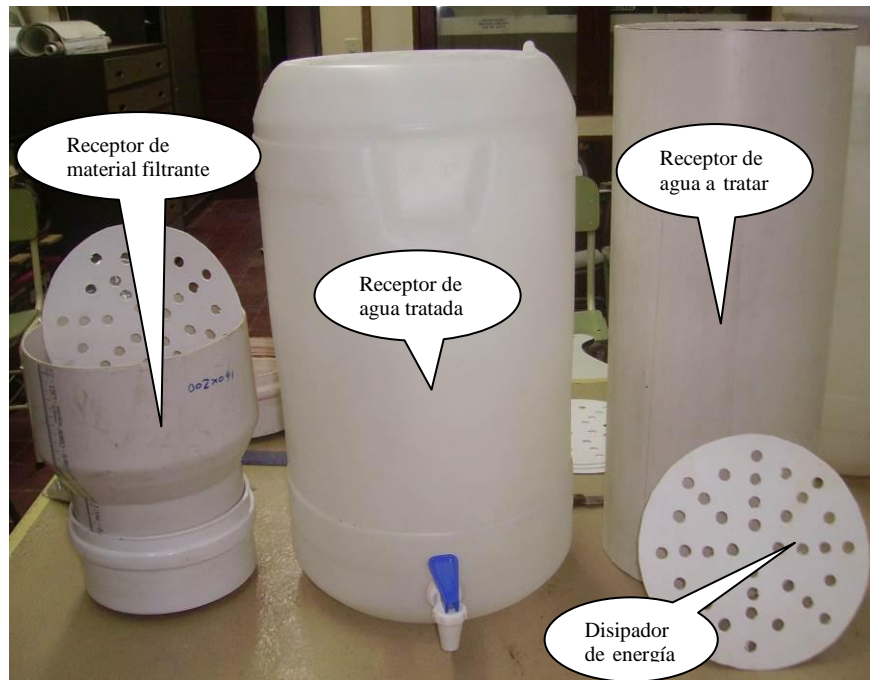


Figura 1: Componentes del Filtro Laterítico de Arsénico, El FLAs3.

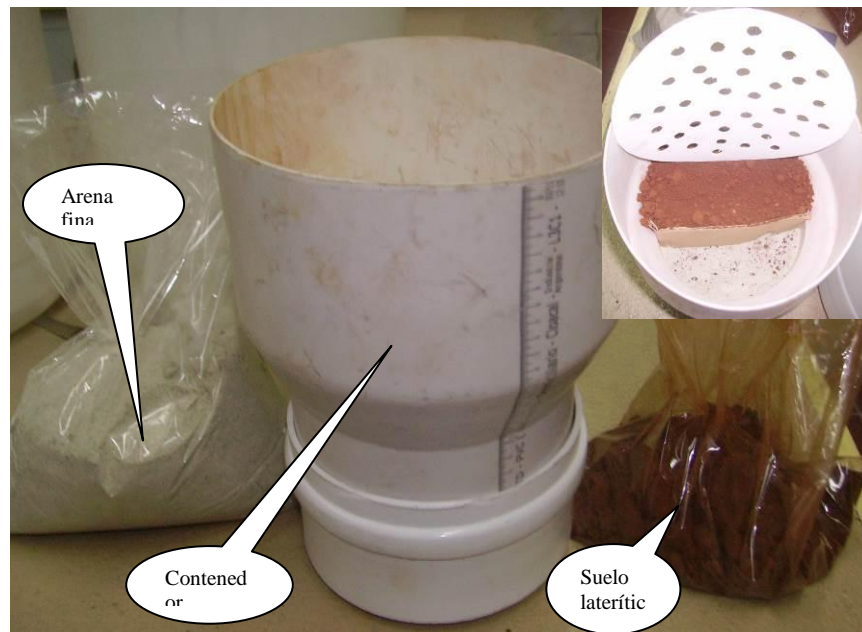


Figura 2: Equipo filtrante, tierra laterita de Misiones y arena fina cuarzosa.

El equipo se completa con un soporte metálico que le da estabilidad y una altura adecuada para el desarrollo de las tareas de filtrado y dos bidones de 20 L para recoger el agua a tratar y para almacenar el agua tratada.

Todo el conjunto se ubica en un lugar seleccionado por el propietario de la vivienda de tal manera que quede incorporado al movimiento habitual y le sea cómodo para ejecutar las tareas de filtrado del agua, Fig. 3.



Figura 3: El FLAs3 armado y ubicado listo para el tratamiento de agua.

Tareas de Filtrado para la remoción del Arsénico en la vivienda de un poblador.

Una vez armado e instalado el filtro se procede al filtrado del agua. El tamaño del receptor de agua cruda es lo suficiente para almacenar 20 L de agua a tratar lo que dará aproximadamente 20 L de agua tratada, considerada cantidad suficiente para beber y cocinar de una familia tipo por día.

El recipiente receptor es de 30 L lo que le permite almacenar el filtrado diario y un poco más que no haya sido consumido del filtrado anterior. Viene provisto de un pico vertedor para disponer del agua tratada la cual puede ser resguardada en el bidón de 20 L.

La tarea de filtrado es muy sencilla, el agua cruda, recogida directamente de la fuente, se deposita, en forma pausada en el receptáculo superior hasta nivel generado por la cantidad de líquido agregado. Se deja que la misma escurra por el dissipador de energía hacia el elemento filtrante propiamente dicho pasando primero a través del suelo laterítico, luego por la arena fina donde se espera sea retenidos los coloides que le confieren color al agua. El agua resultante, tratada, gotea en forma continua y se va acumulando en el recipiente receptor, desde donde se puede extraer y utilizar, Fig. 4



Figura 4: Ensayos de filtrado con el FLAs3 en laboratorio y la vivienda rural.

Los ensayos de filtrados realizados tanto en laboratorio como en las viviendas de algunos pobladores rurales mostraron que el tiempo de filtrado se va incrementando a medida que el suelo laterítico se va saturando y compactando.

En los primeros filtrados el tiempo que tarda en pasar 20 L de agua a través del filtro no supera la hora. En los sucesivos filtrados el tiempo se va incrementando en forma continua, Para las secuencias ensayadas se pudo observar que el filtrado de los 20 L se da en menos de 24 hs. lo que nos asegura la ración diaria de agua tratada.

Las experiencias de filtrados efectuadas en las viviendas de los pobladores rurales dieron como resultado una remoción de arsénico entre el 80 y 95% respecto de la concentración inicial del agua a tratar, (Storniolo et al 2011).

La Tabla 2 muestra los resultados de los ensayos realizados al agua recogida de un pozo hincado en la localidad de Mili, Dpto. Robles. El agua cruda utilizada presento una concentración inicial de Arsénico de 1520 µg/L.

Tabla 1: Resultados de la experiencia de filtrado FLAs3. Agua de Mili (Storniolo et al 2011).

Concentración de As remanente en µg/L					
1° pasada	2° pasada	3° pasada	4° pasada	5° pasada	6° pasada
169	223	302	304	300	304
% de Remoción de Arsénico					
89	85	80	80	81	80
Velocidad de filtrado en horas					
2	3.5	5	7	10	14.5

Como se puede observar los porcentajes de remoción estuvieron en el orden del 80 al 89% y el tiempo de filtrado de 2 a 14 horas y media. Si bien el método no logro situar el agua en valores dentro de lo recomendado por el CAA, en cuanto a la Arsénico, la remoción fue importante. Para estos casos se puede recomendar un doble filtrado de la misma agua.

Tareas de Filtrado para la remoción simultanea de Arsénico y Flúor en la vivienda de un poblador rural.

En la Provincia de Santiago del Estero, como en muchas regiones de la Llanura Chaco Pampeana, es común encontrarse con pobladores rurales que consumen agua de los primeros acuíferos con contenido de Arsénico y Flúor que excede a lo recomendado por el Código Alimentario Argentino para aguas seguras.

Esta realidad nos llevó a pensar si el FLAs3, originalmente diseñado para remover el Arsénico del agua de consumo, podría tener resultados similares respecto del Flúor.

Es así que en el año 2012 se instaló un equipo filtrante FLAs3 en la casa del Sr. Cortez ubicada en la localidad de Villa Robles, departamento Robles de nuestra Provincia de Santiago del Estero, para tratar agua subterránea proveniente de un pozo hincado de 7 m de profundidad, accionado por una bomba de mano, con valores de Arsénico y Flúor por encima de lo recomendado por el Código Alimentario Argentino.

Los análisis preliminares del agua cruda sin tratar mostraron exceso en la concentración de Arsénico (80 µg/L) y de Flúor (1.10 mg/L), de acuerdo a lo aconsejado por el Código Alimentario Argentino, art. 982, Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y 196/2007 que establece para el arsénico 50 µg/L y el flúor 0,7 a 1 mg/L (HCDN 1994,2007).

Se instruyó al propietario de la vivienda en el uso del FLAs3 y se le solicitó realizara un filtrado diario durante 16 días con la correspondiente recolección de una alícuota de muestra tratada al finalizar el proceso de filtrado, Fig. 5.

Se tomaron en total 16 (dieciséis) muestras correspondientes a igual número de filtrados. Las muestras fueron guardadas en recipientes plásticos nuevos de 500 mL y preservada en heladera hasta su retiro para ser llevadas al laboratorio de la DiOSSE donde se le determinaron iones mayoritarios y la cantidad de arsénico y flúor remante. En la Tabla 3 se presentan los resultados de los análisis efectuados (Storniolo et al 2011).

Se puede observar que los porcentajes de remoción de Arsénico no fueron elevados ubicándose entre un 30 y 60%, salvo las muestras 6, 7 y 12, las demás mostraron la suficiente remoción de arsénico como para situarlas dentro de los valores recomendados por el CAA (50 µg/L) para el agua segura.

Respecto del flúor los resultados fueron más alentadores, salvo la primera filtrada que mostro una remoción del 82% en las demás muestras no se pudo detectar la presencia del oligoelemento por lo que se puede considerar su total eliminación.



Figura 5: Ubicación del FLAs3 en la vivienda del Sr. Cortez Villa Robles

Las variaciones registradas en las propiedades fisicoquímicas e iones mayoritarios estuvo dentro de lo esperado, hubo disminución en algunos e incremento en otros los cuales no fueron para nada significativos.

El mayor incremento se dio en el sulfato y alcanzo en algunos casos al 50%. En cuanto a las propiedades físicas y las concentraciones no tuvieron grandes variaciones y se mantuvieron dentro los valores de potabilidad. Si veremos un incremento sostenido del pH, dentro de lo esperado, según los antecedentes.

Los resultados obtenidos en estos ensayos, sobre la remoción del FLUOR, nos alentó a plantear la posibilidad de la utilización del método como una alternativa válida y la necesidad de realizar nuevas pruebas en aras de profundizar su investigación.

Destacaremos la importancia que las propiedades de remoción se mantuvieron más o menos constante durante los 16 filtrados por lo tanto superamos nuestra expectativa de uso del material filtrante que habíamos marcado en no más de 10 pasadas para el recambio. Esto nos permitió tratar 320 L de agua con solo 2 Kg de suelo laterítico.

Tabla 3: Resultado de los ensayos de remoción simultanea de Arsénico y Fluor vivienda Sr. Cortez

Muestra	pH	C.E.	R.Seco	Alcalin.	Dureza	Cationes mg/L			Aniones mg/L				µg/L	mg/L
	Lab.	uS/cm	105 °C	Total	Total	Ca++	Mg++	Na+	CO3=	HCO3-	SO4=	Cl-	As	F
Ag.Cruda	7.4	1266	838	460	389	72	51	110	No det.	561	78	106	85	1.10
1º filtrada	7.4	1124	749	285	289	78	23	126	No det.	348	176	108	40	0.39
2º filtrada	7.72	1215	808	340	257	73	18	159	No det.	414	158	108	38	No det.
3º filtrada	7.73	1196	797	340	252	69	18	159	No det.	414	192	74	40	No det.
4º filtrada	7.91	1227	817	373	204	58	14	186	No det.	454	168	88	50	No det.
5º filtrada	7.99	1247	830	383	199	58	13	191	No det.	468	162	102	50	No det.
6º filtrada	8.12	1232	821	362	142	38	11	214	No det.	441	153	108	60	No det.
7º filtrada	7.98	1230	819	383	151	40	12	214	No det.	441	153	105	60	No det.
8º filtrada	8.10	1222	813	372	248	71	17	166	No det.	454	144	115	40	No det.
9º filtrada	8.14	1237	825	372	266	75	19	159	No det.	454	145	115	38	No det.
10º filtrada	8.18	1232	821	383	257	73	18	159	No det.	468	145	115	35	No det.
11º filtrada	8.28	1261	841	383	217	73	8	184	No det.	468	134	115	40	No det.
12º filtrada	7.92	1242	828	395	177	52	11	200	No det.	454	134	115	60	No det.
13º filtrada	8.29	1278	851	373	239	73	14	184	No det.	454	168	108	40	No det.
14º filtrada	8.42	1281	853	395	279	77	21	166	13	454	145	108	38	No det.
15º filtrada	8.20	1277	852	373	244	71	16	181	No det.	454	168	108	40	No det.
16º filtrada	8.40	1289	861	395	212	62	14	198	13	454	134	122	50	No det.

Otro ensayo de filtrado en otra vivienda ubicada en el barrio Villa del Lago, Termas de Río Hondo.

Con la premisa de buscar lugares donde existan fuentes de agua con exceso de Arsénico y Flúor en concentraciones superiores a las aconsejadas por el Código Alimentario Argentino, se realizaron evaluaciones de antecedentes y registros de análisis de calidad de agua en zonas no muy alejadas a los efectos de buscar una vivienda donde se pueda acceder con facilidad, instalar el filtro y realizar pruebas de filtrado con el objeto de reducir simultáneamente las concentraciones de ambos elementos.

Se estudiaron antecedentes recabados de los registro de datos del Laboratorio de Aguas de la Dirección de Obras Sanitarias de Santiago del Estero y la Dirección Provincial del HACRE, quienes tienen experiencia e información, no solo en la calidad de agua que consumen los pobladores rurales de diferentes regiones de nuestra Provincia, sino también en la necesidad misma de brindar una solución al problema.

La vivienda seleccionada se ubica en el barrio Villa del Lago en la Ciudad de Termas de Río Hondo donde se explota una perforación semisurgente de 218 m de profundidad, entubada en PVC de 75 mm de diámetro.

La extracción de agua se realiza a través de una bomba centrífuga de 1 HP la que otorga un caudal aproximado de 3 m³/h de agua termal la cual es utilizada para abastecer los servicios de la vivienda, llenar una pileta de natación y alimentar un sistema de riego por aspersión para el jardín.

La Tabla 4 muestra los resultados de los análisis efectuados al agua cruda sin tratar, se puede observar la excelente calidad del agua en lo referente a propiedades fisicoquímicas y iones mayoritarios no así en lo referente al Arsénico 180 µg/L y Flúor 4,2 mg/L, que exceden lo recomendado por el Código alimentario Argentino, de 50 µg/L y 1 mg/L respectivamente, (Storniolo et al 2015).

Tabla 4: Resultado del Análisis Físico Químico de la muestra de agua cruda sin tratar.

Color	Incolora	C.E. a 25° C	608 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Olor	Inodora	Residuo Seco a 105°C	397 mg/l
Turbidez	< 2 NTU	Alcalinidad Total	155 mg/l
pH.	9,28	Dureza Total	4 mg/l

Cation	mg/l
Ca ⁺⁺	1
Mg ⁺⁺	0.5
Na ⁺	138
K ⁺	0
Total	

Anión	mg/l	
HCO ₃ ⁻	153	
CO ₃ ⁼	17	
SO ₄ ⁼	96	
Cl ⁻	33	
Total		

Arsénico	0,180	Agua Bicarbonatada Sódica INTERPRETACIÓN: Agua químicamente NO APTA para el consumo humano. Elevado tenor de Flúor y Arsénico.
Flúor	4,2	

Planteadas a los dueños de la vivienda y con su aprobación se resolvió instalar el filtro y realizar las primeras pruebas de filtrado, in situ, con agua problema extraída en el momento. Estos ensayos reemplazarían, por el momento, los que teníamos previstos realizar en el Laboratorio de Geología y Geociencias.

Se instruyó a los propietarios sobre el filtro, se mostró sus partes, la preparación del material filtrante, su ubicación en el recipiente correspondiente, el ensamblado del equipo, como agregar el agua a filtrar y como recoger el agua tratada. También se habló sobre la forma de tomar, preservar, rotular y trasladar las muestras de agua recogidas.

Como primera prueba le solicitamos efectuaran una corrida de 8 filtrados, el primero lo realizamos en conjunto siguiendo los pasos a manera de mostrar el método e instruir al usuario la forma de realizar el filtrado, tomar la muestra, lavar el recipiente receptor y volver a filtrar. Los siete filtrados siguientes se los dejamos para que los efectúe el.

Las muestras tomadas fueron trasladadas por los mismos propietarios a la UNSE, al Laboratorio de Geología y Geociencias donde fueron identificadas clasificadas y enviadas al laboratorio para que se realizaran las correspondientes determinaciones de flúor y arsénico remante.

La Tabla 5 muestra los resultados de los análisis, se puede observar que la remoción de Arsénico osciló entre el 93 y 97%, situando las muestras por debajo del límite aconsejado por el CAA de 50 $\mu\text{g}/\text{L}$, no así para el Flúor los porcentajes de remoción oscilaron entre el 57 y 70%, si bien no se logró situar la concentración por debajo de lo aconsejado (1 mg/L para la zona de Termas de Río Hondo) si una reducción considerable.

Tabla 5: Concentración Remante de Flúor y Arsénico en el agua filtrada (Storniolo et al 2015).

Fecha	Numero	C.E.	pH	As ($\mu\text{g}/\text{l}$)	F (mg/l)	% R. As	% R. F
01/03/2015	Agua s/tratar	608	9.28	180	4,2	0	0
01/03/2015	1 (Tratada)	392	7,90	12	1,80	93	57
02/03/2015	2 (Tratada)	404	7,81	5	1,78	97	58
03/03/2015	3 (Tratada)	412	7,80	8	1,80	96	57

04/03/2015	4 (Tratada)	415	7,80	4	1,65	98	61
05/03/2015	5 (Tratada)	415	7,80	8	1,60	96	62
06/03/2015	6 (Tratada)	418	7,75	12	1,55	93	63
07/03/2015	7 (Tratada)	415	7,70	8	1,50	96	64
08/03/2015	8 (Tratada)	420	7,60	10	1,24	94	70

RESULTADOS

- Respecto de la remoción de Arsénico y según las pruebas de laboratorio y en la vivienda de los pobladores rurales dispersos donde se ensayó el FLAs3, se puede considerar al equipo puede ser considerado una herramienta para reducir la concentración de este oligoelemento del agua de consumo.
- Los ensayos con agua natural proveniente de un pozo hincado en la localidad de Mili, Dpto. Robles dieron como resultado la remoción entre el 80 y 89% del Arsénico presente en el agua, (Storniolo et al 2011).
- En consideración de los ensayos del pozo ubicado en Villa Robles, Dpto. Robles la remoción de Arsénico no fue la esperada solo se ubicó entre el 30y 60%, aunque situó casi todas las muestras el concentraciones por debajo de las recomendadas por el CAA, (Storniolo et al 2011).
- Con referencia a los primeros análisis para ver qué pasaba con el Flúor, sobre las muestras tomadas en Villa Robles los resultados mostraron la posibilidad de considerar el filtro y la técnica para tal fin ya que salvo en la primera filtrada donde la eliminación fue del orden del 75% en las demás, el oligoelemento fue removido totalmente.
- El tratamiento de las muestra de agua recogidas en la vivienda ubicada en Villa del Lago, respecto del Arsénico su remoción fue muy satisfactoria registrando porcentajes entre el 93 y 97%. Respecto del Flúor la respuesta no fue del todo satisfactoria pero si alentadora.
- En todos los casos las variaciones en las propiedades físicas y químicas respecto de los iones mayoritarios no fueron significativas como para variar la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

- En estos momentos se está trabajando para cambiar el diseño del FLAs3 para su adecuación a la nueva función que se está tratando de dar. La modificación propuesta consiste en reducir el diámetro y extender la longitud del depósito donde se ubica el material filtrante (suelo laterítico y arena fina), de esta manera lo que se quiere lograr es un recorrido más largo del agua al momento del filtrado y asegurar un mayor tiempo de contacto suelo-agua. Con esto se espera aumentar los porcentajes e remoción de ambos oligoelementos.
- Una vez modificado el FLAs3 continuar con las experiencias de filtrado en las viviendas de los pobladores. Seleccionar ejemplos con concentraciones de Arsénico y Flúor variadas a los efectos de testear la aplicabilidad del método en diferentes situaciones.
- En los caso de concentraciones muy elevadas de Arsénico y/o Flúor y donde el primer filtrado no situó el agua resultante con valore por debajo de lo recomendado por el CAA, probar con un doble filtrado de la misma muestra.
- Trabajar en conjunto don la Dirección Provincial del HACRE a los efectos de seleccionar los lugares más adecuados donde probar el FLAs3.

BIBLIOGRAFIA

- Argentina, Honorable Cámara de Diputados de la Nación, 1994. Ley 1824:** Código Alimentario Argentino (CAA). Bs. As., editorial Marzocchi.
- Bejarano G. y Nordberg E., 2003,** Mobilisation of Arsenic in the Rio Dulce Alluvial Cone, Santiago del Estero Province, Argentina, TRITA-LWRS Master Thesis, ISSN 1651-064X, LWR-EX03-05.
- Claesson M. y Fagerberg J., 2003.** Arsenic in groundwater of Santiago del Estero, Argentina, TRITA-LWRS Master Thesis, ISSN 1651-064X, LWR-EX03-05.
- Martin R., et al, 2000.** Identification of to Shallow Layer Volcanic Ash and Their Relation whit the Arsenic in the Free Aquifer, Dpto. Robles, County of Santiago del Estero, Argentina Republuic, I Congresso Integrated World cup of Underground Waters. 31/07 at the 04/08/2000, Strength - CEARA Brazil. CD SESSION 6 - PP 1-20.
- Storniolo, A y Martín, R., 2009.** El arsénico en Santiago del Estero, un problema real. Cambios y problemas ambientales, perspectiva para la acción. Editorial Brujas. Córdoba. Pp. 295 a 317. ISBN N° 978-987-22475-8-4.
- Storniolo, A. et al, 2010.** Desarrollo de filtros de bajo costo para la remoción del arsénico en el agua de consumo. VI Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA. Editorial EdiUNju. San Salvador de Jujuy. Jujuy. Capítulo 6 pp 335 a 339. ISSN 3367-5072.
- Storniolo, A. et al 2011.** Filtro laterítico de arsénico (FLAs3), remoción de arsénico del agua de consumo, una experiencia en la vivienda del poblador. VII Congreso Argentino de Hidrogeología, V Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Calidad y Contaminación de Agua Subterránea, Salta, pp 416. ISBN 978-987-23936-7-0.
- Storniolo, A. et al 2015.** El FLAS3 como herramienta para la eliminación simultanea de Arsénico y Flúor en el agua de consumo. X Jornadas de Ciencia y Tecnologías de Facultades de Ingeniería del NOA, Libro Resumen, pg. 133, Salta, ISBN 978-987-633-133-3.