

CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS DE PLANTAS POTABILIZADORAS QUE UTILIZAN ÓSMOSIS INVERSA

Yanina El Kassisse¹, Lorena Marquina¹, Marisol Reale¹, Jimena Ávalos¹, Sergio Hanelá y Valentina Olmos²

¹Instituto Nacional del Agua. Subgerencia Centro de Tecnología del Uso del Agua

Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, km 1,62, Ezeiza, Buenos Aires, Argentina

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Toxicología y Química Legal
Junín 954, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

yelkassisse@ina.gov.ar

Introducción

El arsénico (As) es uno de los contaminantes inorgánicos más tóxicos, presente fundamentalmente en agua subterránea, y detectado en una amplia escala de concentraciones en todo el mundo (RSA, 2018) y la exposición humana a este elemento se debe al consumo de aguas con elevado contenido de As y a la ingesta de alimentos preparados y/o cultivados con esas aguas (Navoni y Olmos, 2013) produciendo serias alteraciones en la salud de la población. En Argentina se estima que la población expuesta al consumo de agua con contenido de As superiores a este valor es de 4.000.000 de habitantes (Litter et al., 2010) siendo una de las mayores extensiones del mundo afectadas por esta problemática. El consumo crónico de agua con concentraciones elevadas de As inorgánico (mayores a 10 µg/L) está asociado a numerosos efectos adversos, muchos de los cuales se manifiestan sobre la piel, dando lugar a la enfermedad conocida como Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico o HACRE (Litter et al., 2020).

Su presencia en el agua subterránea compromete enormemente este valioso recurso como fuente segura de suministro de agua de bebida humana, por lo que es necesario gestionar su remoción para poder cumplir con los límites establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA, 2019).

Una de las tecnologías más utilizadas en nuestro país para remover el As del agua subterránea es la ósmosis inversa (OI). Este proceso separa el arsénico del agua tratada y lo concentra en corrientes residuales (agua de rechazo). Para ello se aplica una presión externa que invierte el flujo osmótico natural permitiendo que el agua fluya de una solución salina más concentrada a una más diluida a través de una membrana semipermeable (AWWA, 2007; RSA, 2018) obteniéndose dos clases de efluentes: el agua de permeado (agua de alimentación que pasa a través de la membrana de OI) y agua de rechazo (solución en la cual se concentran las principales sales). La OI tiene una eficiencia de remoción mayor al 90% (EPA, 2000; INTI, 2009) concentrando al As entre 2 y 10 veces en el agua de rechazo. El caudal de rechazo y su composición varían en función del caudal tratado (Fernández Acuña, 2015), de la calidad del agua cruda y del porcentaje de recuperación.

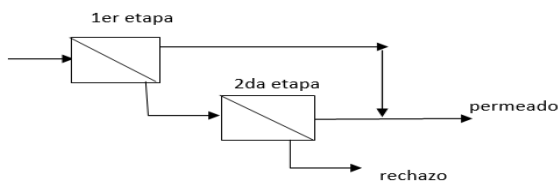


Figura 1.- Módulo de Planta de Ósmosis Inversa

El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de arsénico en el agua de rechazo, en el agua cruda (agua subterránea) y agua de permeado en plantas potabilizadoras

administradas por la empresa Aguas Santafesinas que utilizan la tecnología de ósmosis inversa en las localidades de Cañada de Gómez, Firmat, Gálvez, Rafaela y Rufino.

Materiales y métodos

Para la recolección de las muestras se siguieron las metodologías establecidas en las normas IRAM 29012 y en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition*. Las muestras se recogieron en envases de plástico de 500 mL lavados previamente con una solución de ácido nítrico al 10% y luego enjuagados con agua destilada. Las muestras se recogieron directamente de las canillas de cada módulo de ósmosis inversa y de la canilla de alimentación. Las muestras se preservaron agregando 1 mL de ácido nítrico concentrado alcanzando un valor de pH de 2, se rotularon apropiadamente para su correcta identificación y se almacenaron en conservadoras provistas con geles refrigerantes para mantenerlas a una temperatura de 4°C hasta su llegada al laboratorio para su análisis.

La cuantificación del arsénico se efectuó según el procedimiento de EPA 7060A. Primero se realizó una digestión de las muestras de agua con el propósito de oxidar la materia orgánica y llevar al arsénico a su máximo estado de oxidación. La cuantificación se realizó mediante atomización electrotrémica utilizando el equipo de absorción atómica marca Shimadzu Modelo AA-7000. El límite de detección de esta metodología es de 2 µg/L y el de cuantificación es de 5 µg/L.

Resultados

Se recolectaron veinticuatro (24) muestras de agua en total. La cantidad de muestras por localidad se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Cantidad de muestras recolectadas por localidad

Localidad	Número de muestras de agua		
	Cruda	Rechazo	Permeado
Cañada de Gómez	1	3	3
Firmat	1	2	2
Gálvez	1	1	1
Rufino	1	1	1
Rafaela	2	2	2
Rufino	1	1	1

En Rafaela funcionan dos plantas potabilizadoras, una ubicada en la zona sur (Rafaela S) y otra en la zona norte (Rafaela N) de la ciudad.

En Firmat funciona una sola planta potabilizadora equipada con dos módulos de OI (M1 y M2) alimentados desde una misma fuente de agua cruda. En este caso, se tomaron muestras en los dos módulos, es por ello que se obtuvieron dos resultados diferentes para la concentración de As en el agua de rechazo y de permeado y un único valor para el agua cruda. En el caso de Cañada de Gómez en la planta potabilizadora funcionan tres módulos de OI (M1, M2 y M3).

Los resultados de As en los distintos tipos de aguas mostraron que el As fue no detectable en todas las aguas de permeado. En las aguas crudas las concentraciones de As estuvieron entre 13 y 50 $\mu\text{g/L}$ y en las aguas de rechazo estuvieron entre 34 y 128 $\mu\text{g/L}$. En la tabla 2 se muestra la concentración de As en cada planta y en cada tipo de agua.

Tabla 2.- Concentración de As ($\mu\text{g/L}$) y caudales (m^3/h) en los distintos tipos de aguas de las plantas potabilizadoras

Planta Potab.	Agua cruda		Agua de rechazo		Agua de permeado	
	Conc. de As [$\mu\text{g/L}$]	Caudal [m^3/h]	Conc. de As [$\mu\text{g/L}$]	Caudal [m^3/h]	Conc. de As [$\mu\text{g/L}$]	Caudal [m^3/h]
Cañada de Gomez M1	27	170	70	63	ND*	107
Cañada de Gomez M2	27	100%	62	37%	ND*	63%
Cañada de Gomez M3	27		79		ND*	
Firmat M1	50	290	125	110	ND*	180
Firmat M2	50	100%	128	38%	ND*	62%
Gálvez	43	225 100%	122	75 25%	ND*	150 75%
Rafaela N.	13	Sin datos	34	Sin datos	ND*	Sin datos
Rafaela S.	22	Sin datos	49	Sin datos	ND*	Sin datos
Rufino	33	130 100%	69	70 54%	ND*	60 46%

*ND: No detectable.

Teniendo en cuenta los valores en la concentración de arsénico en estas aguas se calcularon los porcentajes de remoción y de concentrado.

El porcentaje de remoción de arsénico en todas las plantas de tratamiento fue superior al 90% y la concentración de este metaloide en el agua de rechazo fue entre 2 y 3 veces mayor con respecto a la misma en el agua cruda.

Conclusiones

La gestión adecuada de las corrientes residuales tiene mucha importancia ya que su incorrecta disposición puede generar problemas ambientales alterando la calidad del agua del cuerpo receptor y causando impactos negativos sobre la biota acuática (Corroto et al., 2012). La medición periódica de su concentración permite verificar el cumplimiento de los requerimientos normativos para el vertido o, de ser necesario, gestionarla y disponerla adecuadamente.

Históricamente, el objetivo principal de las plantas de potabilización ha sido abastecer a las poblaciones con agua que no afectara a la salud y, solamente en las últimas décadas, se ha comenzado a prestar atención al tratamiento y disposición de los residuos generados. En nuestro país aún no existe una normativa unificada respecto a los límites de arsénico en líquidos residuales que serán vertidos a cuerpo receptor y dada la característica federal de la legislación, las normativas de vertido y gestión de residuos son propias de cada provincia.

En este trabajo las concentraciones halladas en todas las aguas de rechazo mostraron su cumplimiento con el límite máximo previsto en la Resolución N°1089/82 de Líquidos Residuales de

la Dirección Provincial de Obras Sanitarias - Reglamento para el Vertimiento de Líquidos Residuales de la provincia de Santa Fe cuyo valor es de 500 $\mu\text{g/L}$.

Referencias

American Water Works Association (AWWA). (2007). Reverse Osmosis and Nanofiltration. 2° ed. United States.

Código Alimentario Argentino. (2019). Bebidas hídricas, agua y aguas gasificadas. Capítulo XII. [en línea]. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_xii_aguas_actualiz_2021-08.pdf. (Consulta: abril 2023).

Corroto, C.; Pérez Carrera, A.; Calderón, E. y Fernández Cirelli, A. (2012). "Alternativas de Remoción de Arsénico en Aguas de Rechazo de Plantas de Osmosis Inversa". 1er Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, Ezeiza, Argentina, 14 y 15 de junio de 2012.

Fernández Acuña, I. (2015). "Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI QUÍMICA Centro de Investigación y Desarrollo en Química). (2009). Informe "Modelo de Intervención para el Abatimiento de Arsénico en Aguas de Consumo".

Litter, M.I.; Armienta M.A.; Villanueva Estrada, R.E.; Villaamil Lepori; E.C. y Olmos, V. (2020). "Arsenic in Latin America: Part II". *Arsenic in Drinking Water and Food*. pp: 113-182. Ed: Srivastava, S. Springer Nature Singapore.

Litter, M.; Sancha, M. e Ingallinella, M. (2010). "Tecnologías Económicas para el Abatimiento de Arsénico en Aguas". *Iberoarsen*. ISBN: 978-84-96023-74-1.

Navoni, J.A. y Olmos, V. (2013). "Situación en la Argentina. Arsénico: Contaminante natural en agua de consumo humano". *Revista Encrucijadas*, 56: 40-45.

Norma Argentina IRAM 29012-1. (2002). Calidad ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Directivas generales para el diseño de programas de muestreo.

Norma Argentina IRAM 29012-2. (1996). Calidad del medio ambiente. Calidad del agua. Muestreo. Parte 2: Directivas generales sobre técnicas.

Norma Argentina IRAM 29012-3. (1998). Calidad ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la preservación y manipulación de las muestras.

Norma Argentina IRAM 29012-5. (1998). Calidad del medio ambiente. Calidad del agua. Muestreo. Parte 5: Guía sobre muestreo de agua potable y de aguas utilizadas para el procesamiento de alimentos y bebidas.

Red de Seguridad Alimentaria (RSA) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (2018). "Arsénico en agua – Informe final". Grupo AD HOC Arsénico en agua. ISSN 2618-2785.

Resolución N°1089/82 de la Dirección Provincial de Obras Sanitarias - Reglamento para el Vertimiento de Líquidos Residuales. [en línea]. Disponible en: <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/22767/111069/file/Resoluci%C3%B3n%20N%C2%BA%201089-82.pdf>. (Consulta: abril 2023).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2000). Technologies and Costs for Removal of Arsenic from Drinking Water. Washington, D.C., United States.