



ENVIRONMENTAL IMPACT BY THE USE OF REVERSE OSMOSIS IN ARSENIC REMOVAL TO OBTAIN DRINKING WATER

IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL USO DE OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE

Olmos, M.A. , Alarcón Herrera M.T.*

Dr. Mario Alberto Olmos Márquez. Profesor, Maestría en Ecología, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, mario.olmos@cimav.edu.mx

Alarcón-Herrera, M. T*.

Ph.D. Ma. Teresa Alarcón-Herrera, Prof. e Investigadora Titular C, Dpto. Energías Renovables y Protección al Medio Ambiente, CIMAV
Corresponding author: teresa.alarcon@cimav.edu.mx

Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV)

Ave. Miguel de Cervantes 120, C. P. 31109, Complejo Industrial Chihuahua
Chihuahua, Chihuahua, México

Tel: +52 (614) 439 1100, Fax: +52 (614) 439 4884 Ext. 1121

Abstract: More than 300 reverse osmosis systems (POI) have been installed in 273 communities, in the State of Chihuahua. POI, concentrate the contaminant in the wastewater. Inappropriate disposal of such wastes is generating environmental problems in soil and surface water. The present study is aimed to analyze the environmental impact of the wastewater disposal on agricultural land. The study reveals high amounts of As in wastewater and its inappropriate disposition in several villages. Results indicated that 58% of wastewater is discharged in the sewer systems, 18% is used for agricultural irrigation. Disposal in agricultural land concentrates the metalloid on the surface, with a saturation velocities of up to 23 days /m². Constructed wetlands are proposed as alternative for As control and water recovery, henceforth, limiting its impact through the use of constructed wetlands.

Resumen: Para mitigar la exposición de la población al consumo de agua con altas concentraciones de arsénico, se han instalado en el Estado de Chihuahua, más de 300 sistemas de osmosis inversa (POI) en 273 comunidades. Las plantas de osmosis inversa, concentran el contaminante en el agua de rechazo. La disposición inadecuada de dichos residuos, está generando una problemática ambiental en suelo y agua superficial. El presente estudio tuvo como objetivo analizar el impacto ambiental de la disposición del agua de rechazo en suelo agrícola. Se determinó la concentración de As en el agua de rechazo, y su disposición, en las POI de diferentes poblados. Los resultados indican que el 58% de las descargas son en los drenajes, y el 18% son utilizadas para riego agrícola. Para las POI de la zona, la disposición en suelo agrícola, concentra el metaloide en la superficie con velocidades de saturación al límite (NOM) de hasta 23 días/m². Una alternativa de recuperación del agua de rechazo, control del As y con ello limitación de los impactos lo constituye el uso de humedales construidos.

Keywords: Arsenic, reject water, disposal, reverse osmosis, soil.

Palabras clave: Arsénico, agua de rechazo, disposición, osmosis inversa, suelo.



1. INTRODUCCION

Millones de seres humanos son expuestos a niveles excesivos de As a través del agua de consumo humano (Agusaet *al.*, 2006). En México existen diversas zonas afectadas por altas concentraciones de As en el agua subterránea (Alarcón *et al.*, 2001). Resultados obtenidos del análisis de agua de pozo para consumo humano y uso agrícola, recolectadas en Chihuahua durante el periodo comprendido entre 1997 al 2007, muestran que un alto número de municipios del estado, exceden la normatividad mexicana establecida para consumo humano de 0.025 mg/L.(NOM-127-SSA-1994). En Chihuahua, para mitigar la exposición de la población al consumo de agua con altas concentraciones de arsénico, se han instalado mas de 300 sistemas de osmosis inversa en 273 comunidades del estado. Sin embargo uno de los principales problemas generado por las plantas de osmosis inversa, es la generación de grandes volúmenes de agua de rechazo (aprox. 50%) cuyo destino final actualmente es la red de alcantarillado municipal, suelo y riego de áreas verdes. De aquí que el presente estudio tuvo como objetivo, analizar la actual problemática de disposición de agua residual generada por los procesos de osmosis inversa y proponer alternativas de recuperación del agua de rechazo de dichos sistemas, limitando así la contaminación del suelo y agua de las zonas afectadas.

2. METODOLOGIA

2.1. Análisis de Información y determinación del área de estudio.-Se realizo la revisión y análisis de más de 1400 datos de análisis de laboratorio realizados a fuentes de abastecimiento de agua de los 67 municipios del estado de Chihuahua, para determinar cuál es el área más afectada por contaminación con As de las fuentes de

abastecimiento de agua para consumo humano.

2.2. Muestreo y Análisis de Agua de sistemas de osmosis inversa

Se realizo el muestreo y caracterización de 116 plantas de osmosis inversa localizadas en 12 de los municipios del estado de Chihuahua, más afectados por altas concentraciones de As en agua. Un total de 263 muestras de agua fueron tomadas a la entrada, salida y rechazo de los sistemas de osmosis inversa y analizadas para determinar la concentración de Arsénico (As), Flúor (F), Hierro (Fe), el pH y Conductividad Eléctrica (C.E.).

2.3. Determinaciones analíticas.

La determinación del contenido de flúor (F⁻) se llevó a cabo por electrodo de ion selectivo. La determinación de las concentraciones de As y Fe se realizo por medio de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros, previa digestión acida por microondas.

3. RESULTADOS

3.1. Concentración de arsénico en el agua subterránea de la zona de Estudio

La zona de mayor frecuencia en la presencia de As, se localiza en la región sureste del estado de Chihuahua, misma que fue seleccionada como área de estudio (Fig. 1).

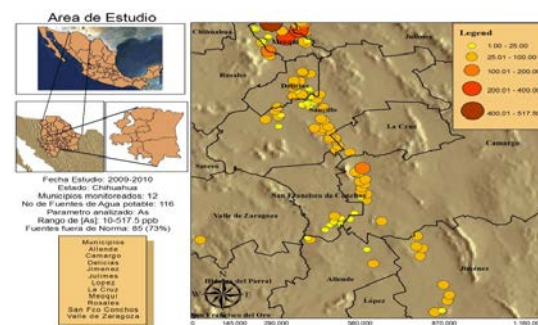


Figura 1.-Area de estudio.



3.2. Concentraciones de As en los sistemas de osmosis inversa

En la **Tabla 1** se presentan las concentraciones promedio de As, obtenidas de las muestras recolectadas en las diferentes etapas de los sistemas de osmosis inversa,. En la **Tabla 2** se presentan los sitios de disposición final del agua de rechazo generada por los 116 sistemas de osmosis monitoreados.

Tabla 1.-Concentración promedio de As en los sistemas de osmosis de los diferentes municipios monitoreados.

Municipio	No. de Plantas	[As] Agua a tratar mg/L	[As] Agua de Rechazo o mg/L	[As] Agua Tratada mg/L
Delicias	17	.034	.063	.002
Camargo	19	.049	.135	.013
Jiménez	9	.048	.050	.000
Julimes	9	.098	.485	.005
Meoqui	20	.074	.138	.008
Saucillo	25	.038	.115	.003

Tabla 2.-Destino del agua de rechazo de los sistemas de osmosis inversa monitoreados.

DESTINO	NUMERO DE DESCARGAS
Drenaje	68 (58%)
Suelo	21 (18%)
Riego Áreas Verdes	14 (12%)
Regreso al Pozo u Otros	14 (12%)

El valor limite para As en descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de 0.1mg/L para protección de vida acuática y uso público urbano y 0.2 mg/L para riego agrícola (NOM-001-SEMARNAT-1996). El agua de rechazo es descargada principalmente (58%) a los sistemas de alcantarillado municipal, los cuales a su vez, son descargados en rios sin ningun tipo de

tratamiento, contaminado el cuerpo receptor.. Así mismo éstas altas concentraciones de As en los ecosistemas acuáticos se biomagnifican a través de las cadenas tróficas e incrementan el riesgo de exposición para la salud humana, por el uso para consumo de agua y preparación de alimentos.

En lo que respecta a la contaminación de suelo por As, el valor limite para uso agrícola/ residencial /comercial, es de 22mg/kg (NOM-147-SEMARNAT-2004). En los sistemas de osmosis inversa, para un promedio de 5000L/día de agua tratada, se tienen aproximadamente: 2500L/día de agua de rechazo con una concentración promedio de As de 135mg/L. Considerando que el 30% de dicha agua se dispone en suelo y riego de áreas verdes, la masa de As adicionada a suelo corresponde a 101mg/día. Considerando un área de 1m², y una profundidad de suelo de 20 cm (cubierta vegetal) y una densidad aparente de suelo de 1.15kg/m³, se estima que en 50 días, la concentración de 22 mg As/kg/m², sería superada. En el caso de las plantas de osmosis inversa localizadas en el municipio del municipio de Julimes, las cuales presentan las concentraciones de As más altas detectadas en la zona, el tiempo para superar la concentración de referencia sería de 14 días. El riego de campos agrícolas con agua contaminada con As ha aumentado su acumulación en el suelo, con la posible subsecuente traslocación del As a los cultivos que crecen en dichos suelos. Estudios recientes, (Dahal et al 2007), reportan que diferentes cultivos regados con agua con concentraciones de As entre .005 y 1.014mg/L, presentaron concentraciones altas del metaloide en las diferentes partes de las plantas, presentando los valores más altos en la raíz de esta y los más bajos en la parte comestible, los valores promedios obtenidos en la parte comestible fueron:



IV SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES

www.unipamplona.edu.co/sima



cebolla (0.55mgAs/kg), coliflor (0.33mgAs/kg), arroz (0.18mgAs/kg), berenjena (0.09mgAs/kg) y papa (≤ 0.01 mgAs/kg). con ello se pone en evidencia el alto riesgo que conlleva el regar cultivos con agua que contiene altas concentraciones de As, ya que éste puede ser retenido o trasladado hacia la parte comestible por las plantas en función del metabolismo de cada cultivar.

Existen diferentes tecnologías a través de las cuales el As puede ser removido del agua de rechazo, como son los sistemas de precipitación química, adsorción a través de óxidos de hierro, y la fitorremediación a través de humedales construidos. Una de las alternativas de mayor viabilidad la constituyen los sistemas de tratamiento de humedales construidos los cuales son sistemas de tratamiento que puede tratar grandes volúmenes de agua contaminada a bajos costos y con mínimos requerimientos de operación y mantenimiento. Diferentes estudios demuestran que ésta tecnología es efectiva también para la remoción de metales y compuestos orgánicos.

Diferentes estudios realizados con prototipos de humedales construidos presentaron eficiencia de remoción de As en agua entre 86 y 99% Buddhawong et al., (2010), Olmos et al., (2011)

4. CONCLUSIONES

En Chihuahua se tienen altas concentraciones de As de origen natural en agua. La mala disposición de los residuos generados por los sistemas de ósmosis inversa (agua de rechazo), está ocasionando un deterioro al ambiente, aportando altas cantidades de As a los diferentes ecosistemas (suelo, agua y plantas), representando un riesgo de biomagnificación e incrementando de la exposición de la población a través de la ingesta de agua y alimentos. Es necesaria la implementación

de tecnologías eficientes y económicas que permitan remover el As del agua de rechazo previo a su disposición final. Los humedales construidos han demostrado ser una opción técnica viable, retener altas concentraciones de As del agua, limitando con ello la dispersión del metaloide y contaminación de suelo, agua y plantas, y la consecuente disminución del riesgo a la salud humana de la gente expuesta a estos ambientes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la realización de los análisis de agua al Ing. Quím. Alejandro Benavides Montoya, Laboratorio de Calidad del Agua del CIMAV.

REFERENCIAS

Agusa. T., Kunito, T., Fujijara, J., Kubota, R., Minh. T. B., Trang. P. T. K., Iwata. H., Subramanian A., Viet. P. H., and Tanabe. S. (2006), Contamination by arsenic and other trace elements in tube-well water and its risk assessment to human in Hanoi, Vietnam, *Environ. Poll.*, 139 (1) 95-106.

Alarcón, M.T., Montenegro F. I., Romero N. P., Martín I. R. and Trejo V. R., (2001). Contenido de arsénico en el agua potable del valle del Guadiana, México. *Ing. Hidr. en México XVI(4)*, 63-70.

Buddhawong, S., Kusch, P., Mattusch, J., Wiessner, J., Stottmeister, U. (2010). Removal of arsenic and zinc using different laboratory model wetland system. *Eng. Life.Sci.* (3).247-252.

Dahal, B., Fuerhacker, M., Mentler, A., Karki, K.B., Shrestha, R.R., Blum, W.E.H. (2008). Arsenic contamination of soil and agricultural plants through irrigation water in Nepal. *Environmental pollution*. 155: 157-163.



IV SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES

www.unipamplona.edu.co/sima



Olmos, M.A., Herrera, M.T., Martin, I.R.
(2011). Performance of *Eleocharis
macrostachya* and its Importance for Arsenic
Retention in Constructed
Wetlands. Environmental Science Pollution Res
earch, 19:763-771.