



## Sistema de remoción de arsénico en agua potable mediante electrocoagulación

Ramírez Rojas, Antonio Isaac

antonio\_oisac@hotmail.com

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

López Ramírez, Varinia

valopez@itesi.edu.mx

Instituto Tecnológico Superior De Irapuato

Álvarez Mejía, Cesar;

### Resumen

El agua es el elemento natural más importante en el mundo, además de ser esencial para la vida de todos los organismos vivos, aprovechamos estas fuentes de agua para diferentes actividades como la agricultura, el arsénico puede estar presente en algunas de estas fuentes de agua como los pozos y ser bastante perjudicial para los seres humanos, al encontrarse este elemento de manera natural y formar complejos inorgánicos tóxicos como el arsenito  $\text{As (III)}$  o arseniato  $\text{As (V)}$  provocando afecciones en la piel o carcinogénesis agresivas en piel u órganos internos. Utilizar métodos de bajo impacto y costo que contribuyan en la remoción de arsénico como lo es la electrocoagulación (EC), que se basa en un sistema de aglutinación de metales por la afinidad hacia otros metales, nos ayudaría a controlar estos problemas considerándose un alto porcentaje de eliminación del contaminante, además de ser rentable, eficaz y fácil de incorporar al sistemas de agua potable hogareños.



## Abstract

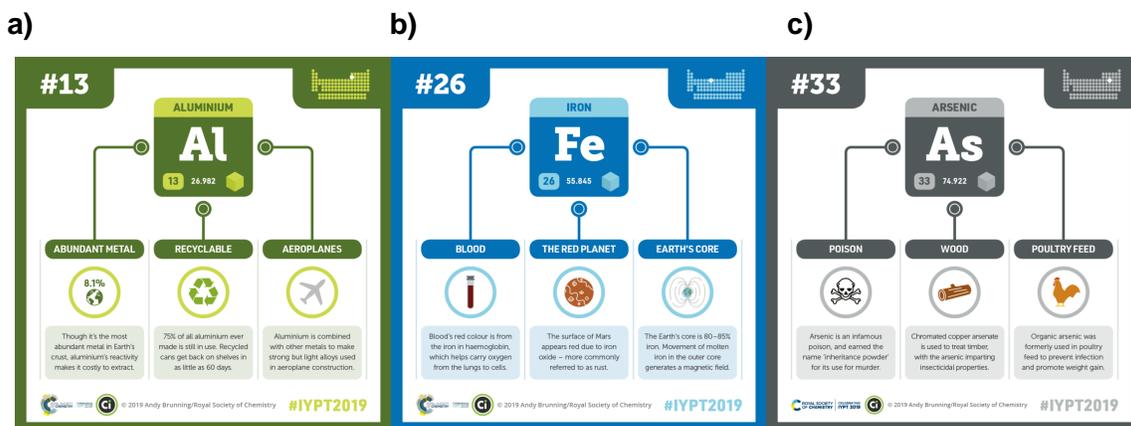
The Water is the most important natural element in the world, in addition to being essential for the life of the living organisms, we take advantage of water sources for different activities such as agronomy, arsenic may be present in some of these water sources as wells and be quite harmful to humans, when this element is found naturally and form toxic inorganic complexes such as As (III) arsenite or As (V) arsenate causing skin conditions or aggressive carcinogenesis in skin or internal organs. Using methods to low impact and cost that contribute to the removal of arsenic such as electrocoagulation, this is based on a metal agglutination system due to affinity for other metals, would help us control these problems considering a high percentage of elimination of pollutant, in addition to cost effective, efficient and easy to incorporate into the water systems in home.

## Descripción del proyecto

El agua es el componente esencial más importante para los organismos, sin el agua simplemente no podríamos vivir, incluso en las regiones donde el agua es escasa, en ésta se centraliza toda la vida y su escasez provoca cambios en los ecosistemas, es por eso que debemos cuidarla y hacerla nuestra prioridad, buscando remediarla y utilizarla solo para las tareas necesarias diarias. Por otra parte, las actividades industriales generan contaminantes que pueden contaminar fuentes pluviales por un escaso o nulo tratamiento en las emisiones, se estima que el 56.9% del agua no es tratada correctamente o simplemente no es tratada y va a mares, ríos, lagos y riego agrícola (CONAGUA, 2017). La remoción y eliminación de este contaminante es de urgencia a nivel mundial, siendo probadas hasta ahora diversas tecnologías para eliminar dicho elemento. Actualmente la Electrocoagulación (EC) es una de las más viables por su efectividad y bajo costo (Song et al., 2017). El arsénico (As) es un elemento natural toxico en diferentes situaciones es conocido regularmente cómo veneno y está comúnmente presente en el agua (Figura 1 panel c), las especies químicas de arsénico con mayor toxicidad son las 3+ y 5+, el uso de agentes que oxiden estos elementos por medio de la descarga eléctrica en un electrodo de algún metal, como el hierro (Fe)



o aluminio (Al) (Figura 1 panel b y a), los compuestos afines a estos iones ayudaría en la remoción de grandes cantidades de arsénico presentes en agua, la EC es uno de ellos, al hacer posible su eliminación a niveles bajos y efectivos, además de poco costosos, siendo esta técnica una de las más óptimas implementarse (Kumar et al., 2003).



**Figura 1 Descripción de los elementos, panel a) aluminio, panel b) hierro, panel c) arsénico, de la tabla periódica y sus usos comunes, obtenida de [www.compoundchem.com](http://www.compoundchem.com)**

## Objetivos

Determinar las condiciones adecuadas de un sistema de electrocoagulación de arsénico con un electrodo de hierro, para implementarse en sistemas potables hogareños.

Identificar los problemas que presente la electrocoagulación y dar posibles soluciones.

Analizar los parámetros del agua antes y después de la electrocoagulación para comparar la calidad del agua antes y después del tratamiento.

## Justificación

La presencia de arsénico en agua potable es recurrente en los pozos de agua en las regiones de México, la industria contribuye a envenenar estas aguas al desechar su agua residual a las coladeras directamente o con un mal manejo de estas para su remoción de metales y otros contaminantes, la presencia y



exposición de estos lleva a presentar afecciones a la salud en la población y a llevar enfermedades a muchos lugares, diseñar e implementar sistemas de eliminación con procesos químicos sencillos y de bajo costo para la remoción de dichos elementos impactará en el acceso de la población a agua de mejor calidad y reducirá el riesgo de padecer enfermedades asociadas a la presencia de arsénico.

### **Metodología**

El sistema de electrocoagulación está conformado por dos contenedores cilíndricos de 20 litros de capacidad, con una llave de salida en la parte inferior de cada uno de los contenedores, se adaptaron a dos superficies de metal rectangulares, una sobre otra para hacer más óptimo el manejo del sistema (Figura 2).



**Figura 2 Soporte y contenedores cilíndricos del sistema de EC**

El electrodo de hierro se diseñó de tal forma que pudiera adaptarse al sistema y que pudiera introducirse fácilmente a uno de los contenedores. El electrodo está conformado por láminas de hierro en forma cilíndrica estos se acoplaron a un regulador de voltaje y amperaje (Figura3).



**Figura 3 Electrodo de hierro para electrocoagulación de arsénico y regulador de amperaje (diseñado y elaborado por el Dr. César Álvarez Mejía).**

El contenedor superior se llenó con 20 litros de agua corriente de uno de los grifos del Laboratorio de Diversidad e Interacción Microbiana del ITESI. El electrodo de hierro se introdujo en el contenedor y se conectó a la corriente directa a 0.2 A por minuto durante 30 minutos, a través de él, el sistema contó con aireación constante suministrado por medio de una bomba (3W, flujo de aire 2x2 L/min, 45 dB).

Una vez concluido el pasó de corriente, el agua se decantó al contenedor inferior, posteriormente se añadieron 20 mg/L de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_2$ ), y se dejó reaccionar la sal durante 30 minutos con aireación y 30 minutos (tiempo de floculación) sin aireación, para flocular las partículas de hierro y no tener un exceso de éste en los contenedores.

Se realizaron análisis generales de calidad del agua (dureza, pH y análisis microbiológico) al inicio y final del tratamiento, así como la determinación de la concentración de hierro y arsénico.

La determinación de arsénico se realizó empleando el kit de prueba de arsénico de bajo rango, Hach Arsénico (2800000) <sup>®</sup>, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

La determinación de hierro se realizó con el kit HI 3834 Test Kit de Hierro HI 3834-0 <sup>®</sup> de la marca Hach, siguiendo las recomendaciones del fabricante.



## Resultados

Los resultados obtenidos de los 8 ensayos a partir del empleo del sistema de electrocoagulación se resumen en las tablas 1, 2 y 3 donde se agruparon los tratamientos similares para su mejor observación. La condición que resultó ser la más eficiente en reducir la cantidad de arsénico en el agua fue en el ensayo número 6, el tiempo de tratamiento fue de 30 minutos, es decir se produjeron más iones de hierro (Fe (II)) que puede reaccionar con las moléculas producidas de arsénico (As (V)) y con ello producir meta arseniato férrico el cual se precipitará y dispondrá de el para la remoción con un floculante.

**Tabla 1 Datos obtenidos de los ensayos 1, 2, 3 y 8 con 10 minutos de EC, 0.2A/min y 20 mg/L de sal de aluminio.**

ENSAYO		TDF (min)	DUREZA (ppm)	PH	As (ppb)	Fe (ppm)	TDS (ppm)	CONDUCTANCIA ELECTRICA (µs)
1	T A	30	105	7.67	150-180	0	354	707
	T D		108	7.11	80	2	358	716
2	T A	30	78	7.81	120-150	0	347	693
	T D		75	7.16	75	2	355	710
3	T A	30	66	7.83	150-180	0	365	727
	T D		81	7.47	90-100	2	369	737
8	T A	90	66	8.05	150-180	0	363	727
	T D		75	7.4	80-110	5	367	735



**Tabla 2 Datos obtenidos de los ensayos 4 y 5 con 20 minutos de EC, 0.1A/min y 20 mg/L de sal de aluminio.**

ENSAYO		TDF (min)	DUREZA (ppm)	PH	As (ppb)	Fe (ppm)	TDS (ppm)	CONDUCTANCIA ELECTRICA ( $\mu$ s)
4	TA	30	63	8.01	150-180	0	364	726
	TD		66	7.78	50-70	1	367	734
5	TA	60	63	8.02	150-180	0	358	716
	TD		67	7.61	50-80	1	362	725

**Tabla 3 Datos obtenidos de los ensayos 6 y7 con 30 minutos de EC y 60 minutos de tiempo de floculación.**

ENSAYO		APM (A)	$Al_2(SO_4)_2$ (mg/L)	DUREZA (ppm)	PH	As (ppb)	Fe (ppm)	TDS (ppm)	CONDUCTANCIA ELECTRICA ( $\mu$ s)
6	TA	0.2	20	78	8.07	150-180	0	351	711
	TD			57	8.01	10-30	1	358	717
7	TA	0.4	25	72	8.03	150-180	0	360	721
	TD			78	7.62	80-100	5	363	729

\*Todos los ensayos fueron realizados con 20 litros de agua tomada de los grifos del laboratorio LDIM en ITESI

\*Tiempo de floculación (TDF)

\*Tratamiento antes de la EC (TA)

\*Tratamiento posterior a la EC (TD)



\*Amperaje por minuto (APM)

## Conclusiones

La concentración de arsénico en los grifos del ITESI, que son utilizados a lo largo de día, los análisis muestran que están contaminados con arsénico, estimándose de 150 a 180 ppb, siendo que en la NOM-127-SSA1-1994 el límite permisible es de 25ppb, la exposición prolongada a altas concentraciones de este elemento podría provocar diversas afecciones a la salud, tan graves como el cáncer, el realizar estrategias sencillas y de bajo costo como la electrocoagulación ayudarían a que estas altas concentraciones dejen de ser un problema, demostrando que en ensayos de diferentes tiempos de amperaje suministrado la concentración de arsénico bajó a lo establecido o menor concentración que en norma, siendo un tiempo de tratamiento óptimo de 30 minutos con un amperaje moderado de 0.2A por minuto y un tiempo de tratamiento de floculación de 60 minutos, donde 30 de estos se suministra aireación para el contacto entre moléculas y el tiempo restante de reposo, siendo así una viable eliminación de este contaminante encontrando hasta 10ppb en los ensayos, se espera encontrar mejores condiciones de esta eliminación y adaptar el sistema a casa habitación o posiblemente en corrientes de salida de pozos contaminados.

## Referencias

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2017). *Estadísticas del Agua en México*, Edición 2017. Coyoacán, México, Ciudad de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gasque Silva, Laura, (2013). Arsénico, el elemento inclasificable. *Educ. quím.*, 24(núm. extraord. 2), 495-500.
- Kumar, Ratna P., Chaudhari, Sanjeev, Khilar, Kartic C. Mahajan, S.P., (2003).Removal of arsenic from water by electrocoagulation. *Chemosphere* 55(2004) 1245–1252
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM- NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a



que debe someterse el agua para su potabilización. Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Salud.

- Song Peipei, Yang Zhaohui, Zeng Guangming, Yang Xia, Xu Haiyin, Wang Like, Xu Rui, Xiong Weiping, Ahmad Kito. 2016. Electrocoagulation treatment of arsenic in wastewaters: A comprehensive review. *Chemical Engineering Journal* 317 (2017) 707–725.