

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO CON SEMILLA DE MORINGA.

POR

HECTOR MENDOZA ACOSTA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

BIOSORCIÓN DE ARSENICO CON SEMILLA DE MORINGA.

POR

HECTOR MENDOZA ACOSTA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA.

VOCAL:


M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ.

VOCAL:


M.C. HÉCTOR ARMANDO DÍAZ MÉNDEZ

VOCAL SUPLENTE:


ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ.


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

BIOSORCIÓN DE ARSENICO CON SEMILLA DE MORINGA.

POR

HECTOR MENDOZA ACOSTA

TESIS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE
ASESORÍA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA.

ASESOR:



M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ.

ASESOR:



M.C. HÉCTOR ARMANDO DÍAZ MÉNDEZ.

ASESOR:



ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ.



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2018



AGRADECIMIENTOS

A mi Madre y Abuelo que me dieron la oportunidad de poder superarme, estuvieron conmigo, y son un pilar de mi vida que me hace querer avanzar no solo por mí, sino por ellos también.

A mis hermanas que se preocupan por mí. La mayor me dio el valor de avanzar, la segunda, dijo que, aunque es difícil el camino no es imposible y la más pequeña me enseñó que todo es posible con dedicación.

A mi tío Guadalupe Acosta Del Valle quien fue como mi segundo padre y me enseñó y mostró todo lo que un padre le diría a su hijo. Gracias a él, adquirí más seguridad en mí mismo.

A mi amigo Abraham Gándara Landero que ha estado conmigo en las buenas y malas que a pesar de la distancia sigue siendo un amigo irremplazable que me ayudó mucho en toda mi carrera. Hubiese pasado muchas dificultades, si el no me hubiese llamado la atención cuando tenía qué hacerlo. Me enseñó que no todo es como parece, que no tome el camino corto sino el que te trae experiencia, y te hace una persona mejor. El es mi hermano, mejor amigo y familia.

A la familia Gándara Landero que a pesar de que no me conocen de mucho tiempo me adoptaron como miembro de su familia.

A mi amigo José Israel Hernández Gómez quien me ayudó en todo mi camino cuando estuve solo. Hubiera sido muy difícil hacerlo sin tu ayuda, gracias.

Al ingeniero José Guadalupe González Quirino quien es un maestro querido y quien me apoyó en mi formación profesional, alguien en el cual podía consultar dudas y siempre me apoyó.

Al Doctor Jorge Luis Villalobos Romero que me apoyó dándome consejos tanto personales como académicos, el cual me enseñó que no hay mejor arma que el cumplimiento, honestidad y siempre dar lo mejor en mi vida profesional.

A la técnico laboratorista Ing. Ma. Lourdes Ortiz Pérez del departamento de riego y drenaje que siempre me brindó su ayuda en el transcurso de mi formación profesional y en especial en el desarrollo en campo de mi tesis apoyándome con el material de trabajo.

Al M. C. Carlos Efrén Ramírez Contreras quien me enseñó que siempre que te fijas un objetivo debes dar por hecho que lo lograras.

A todos los maestros que tuvieron la paciencia para compartirme su conocimiento, quiero dar un agradecimiento especial a todos los maestros del departamento de riego y drenaje, que son con quienes más conviví en el transcurso de mi formación profesional.

A mis asesores

PhD. Vicente De Paul Alvarez Reyna quien fue mi maestro en dos ocasiones y me apoyó como asesor de tesis con el material para llevar a cabo el experimento y la revisión de mi tesis.

M. C. Edgardo Cervantes Alvarez quien me apoyó siendo uno de mis asesores para poder titularme.

M.C. Héctor Armando Díaz Méndez quien me asesoró en el experimento de mi tesis.

Ing. Eliseo Raygoza Sánchez quien me enseñó en toda mi carrera a ser paciente.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	vi
I.INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Hipótesis	2
II.REVISIÓN DE LITERATURA	3
Arsénico (As) en el agua.	3
Toxicidad.	3
Métodos alternativos para la remoción de arsénico.	4
Polímeros.	4
Biosorción.	4
Zeolita tratada con Óxido de Magnesio.	4
Bacterias oxidantes de arsénico.	5
Biosorción con derivados del maracuyá.	5
Retención de arsénico con lana de acero.	5
Sulfato e hidroxiclورو de aluminio en la Coagulacin-Floculacion.	5
Colectores solares.	5
Cloruro férrico.....	6
Coagulación-Microfiltración.....	6
Humedales.	6

Nanoparticulas.	6
Roca caliza soyatal.....	7
Hidrogel de hidróxido de aluminio.....	7
Pellets.	7
Quitosana.	7
Tipos de As.....	8
As (III).	8
As (V).	8
Gas arcina.	8
Origen de la moringa (olifera).....	8
Semilla de moringa (olifera).	9
Propiedades curativas.	9
Riesgos de almacenar semilla de moringa.	10
Hoja de la moringa.	10
III.MATERIALES Y MÉTODOS	11
Descripción del área experimental.....	11
Preparación de la semilla e incorporación al agua con As.	11
Obtención del agua con As.	12
Incorporación de la semilla al agua con As.	12
Medición de As.....	12
Variables evaluadas y análisis estadístico.	13

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Concentracion de As.	14
V.CONCLUSIÓN	15
VI.LITERATURA CITADA	16

RESUMEN

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; se encuentra distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando se encuentra en aguas subterráneas contaminadas. En la comarca lagunera, el arsénico representa el principal contaminante de agua subterránea, debido a la sobreexplotación de mantos acuíferos, por desechos de fábricas metalúrgicas y el uso de agroquímicos como lo dice la OMS. Actualmente se ha dado la preocupación de desarrollar métodos alternativos basados en uso de productos químicos y con alto costo para el control de este problema. La inquietud pública ha llevado a desarrollar la implementación de prácticas de forma sustentable, con menor costo y de forma natural; empleando las semillas de Moringa oleífera como biosorbente para la reducción de arsénico en el agua, ya que la semilla ha demostrado ser un excelente floculante-coagulante en el tratamiento de agua residual, por lo cual se procedió a tratar agua con un nivel de arsénico de 0.207 mg/L, la cual se extrajo del Pozo 75-R de la colonia Ampliación Senderos. La normal de As dada por la OMS es de 0.001 mg/L en el agua.

La preparación de la semilla es simple se saca de la vaina, se pela la semilla y se dejan secar por 24 hrs, después se trituran en el Nutribullet para después agregarse en el agua con As., se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, el estudio con la semilla de la moringa obteniendo resultados favorables en la remoción de As.

Palabras clave: Arsénico, semilla, moringa y biosorción

I. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es la principal fuente de arsénico en el agua. En una zona desértica, escasa de agua potable y con pocas reservas, aunado a un uso inconsciente del recurso del cual depende la vida de una región, representa una problemática importante debido a que la calidad del agua es cada vez más baja. En la Laguna, en el año de 1950, se encontraba agua a 40 metros de profundidad, sin embargo, en la actualidad para acceder a ella se tiene que hacer perforaciones en la tierra de hasta 300, 400 y 600 metros de profundidad, lo que se traduce como un agotamiento en los mantos acuíferos. En la comarca lagunera en el estado de Coahuila y en varios países de América latina, así como a nivel mundial existe problema de hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACER), que es una enfermedad causada por el alto contenido de arsénico en el agua. El arsénico aun en concentración pequeña puede causar daño a la salud a largo plazo como enfermedades neoplásicas malignas, queratosis, atrofia cutánea, conjuntivitis, astenia o trastornos neurológicos y hematológicos (Ghimire et al., 2003).

A lo largo del tiempo, se han desarrollado métodos para la reducción de arsénico en el agua, tales como la destilación solar, osmosis inversa y paso del agua con arsénico por mantos filtrantes de propiedades absorbentes, como alúmina activada y óxido de hierro (Sato et al., 2002, Yan et al., 2002). Siendo los métodos químicos uno de los más usados, pero tienen sus deficiencias (Driehaus et al., 1998, Haron et al., 1999).

El fenómeno de biosorción ha demostrado ser una alternativa con respecto a los métodos fisicoquímicos (precipitación, intercambio iónico, separación con membranas y otras más) (Ghimire et al., 2003). En el proceso de biosorción se utilizan materiales de origen orgánico tales como algas, hongos, restos vegetales y otros más, los cuales son abundantes y fácilmente transformable en biosorbentes. Los iones de metales pesados y metaloides se unen a los centros activos de biosorción del material orgánico mediante la formación de complejos, quelato, intercambio iónico, microprecipitación en la parte interna del material entre otras.

Objetivo

Evaluar la semilla de moringa como una alternativa en la remoción de arsénico (AS) en el agua.

Hipótesis

la semilla de *Moringa oleífera*, es un buen biorsorbente de As.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Arsénico (As) en el agua.

El arsénico es un metal que se puede encontrar en el suelo, agua y aire (Jarüp et al., 2003); el problema en la Comarca Lagunera son los altos niveles de arsénico en el agua subterránea que tienen un contenido de As de hasta $0.250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de agua, lo cual excede la norma dada de la OMS (García-Salcedo et al., 2003).

El humano por la sobre explotación de recursos, la conducta de desechar los metales peligrosos en campo abierto, estos se filtran y se introducen en los mantos acuíferos, la agricultura entre otras más ha afectado la distribución natural del arsénico (Chilver et al., 1987), las principales fuentes de contaminación atmosférica por As., se atribuyen a las fundidoras y a la combustión de combustibles fósiles (Quevedo et al., 2003).

Es uno de los 20 elementos más abundantes en la corteza terrestre y se distribuye de manera no uniforme (Mandal y Zusuki, 2002; Santini y Vandel Hoven, 2004; Heinrich-Salmeron et al., 2011). En la comarca lagunera desde 1963 se han reportado altos niveles de arsénico en el agua superficial como la subterránea (Rosas et al., 1999).

Este puede estar en estado líquido como sólido, también es orgánico e inorgánico siendo el inorgánico el más dañino ya que aparece como Pentóxido de arsénico (As V) o trióxido de arsénico (As III), en su estado orgánico es menos tóxico que el inorgánico. El As. Puede estar combinado con muchos elementos como el cobre, plomo, azufre entre otros (Aragónés Sanz et al., 2001).

Toxicidad.

El arsénico es altamente tóxico y al mezclarse con el agua, puede ser ingerido por personas y animales ocasionando problemas de salud (Gorby et al., 1994). En 1984 la World Health Organization informó sobre los daños que provoca la ingestión de arsénico como daño al sistema respiratorio, gastrointestinal, cardiovascular y nervioso (Geneva et al., 1984).

En la comarca lagunera en el estado de Coahuila y en varios países de América latina, así como a nivel mundial existen problemas de

hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACER), que es una enfermedad causada por el alto contenido de arsénico en el agua. El arsénico aun en concentraciones pequeñas puede causar daños a la salud a largo plazo como enfermedades neoplásicas malignas, queratosis, atrofia cutánea, conjuntivitis, astenia o trastornos neurológicos y hematológicos (Ghimire et al., 2003).

Métodos alternativos para la remoción de arsénico.

Existen diferentes métodos para el tratamiento del As en el agua los cuales se dividen en físicos, químicos y naturales. Los físicos son por medio de mallas u obstáculos, químicos los cuales se les agrega un reactivo como el sulfato de aluminio y los naturales los cuales se puede obtener de plantas o materia orgánica.

Polímeros.

El uso de polímeros para la coagulación y floculación es muy común para el tratamiento de agua, los coagulantes y floculantes más típicos son: alumbre o sulfato férrico e hidróxido de aluminio (Metcalf & Eddy et al., 2003).

Biosorción.

La biosorción ha demostrado ser una alternativa con respecto a los métodos fisicoquímicos (precipitación, intercambio iónico, separación con membranas y otras más) (Ghimire et al., 2003). En el proceso de biosorción se utilizan materiales de origen orgánico tales como algas, hongos, restos vegetales y otros más, los cuales son abundantes y son fácilmente transformable en biosorbentes. Los iones de metales pesados y metaloides se unen a los centros activos de biosorción del material orgánico mediante la formación de complejos, quelato, intercambio iónico, microprecipitación en la parte interna del material entre otras.

Zeolita tratada con Oxido de Magnesio.

La zeolita tratada con óxido de magnesio puede absorber cercas del 90% de arsénico en el agua, el óxido de magnesio es un buen absorbente de arsénico el cual se dispersa en las cavidades de la zeolita dándole a esta una mejor absorción de arsénico, pero tiene el inconveniente de que se puede carbonatar con el dióxido de carbono del medio ambiente disminuyendo su eficiencia de absorción de arsénico (Mejía et al., 2009).

Bacterias oxidantes de arsénico.

Las bacterias quimiolitotroficas y quimioheterotroficas las cuales pueden oxidar el As (III) a As (V). Las bacterias quimiolitotroficas son las más eficientes en la oxidación de As, pero hay que tener en cuenta que las bacterias requieren de un pH de 7.0 y temperatura de 40° para su mejor eficiencia (Rangel et al., 2015).

Algunos organismos procariontes heterótrofos pueden oxidar el As (III) y As (V) en condiciones aerobias o anaerobias (Rangel et al., 2015).

Biosorción con derivados del maracuyá.

Se utiliza la cáscara y fibra del maracuyá, de las cuales la fibra es mejor para la disminución de arsénico, la fibra se obtiene con un tratamiento de vapor a sobre presión, estas se introducen dentro del agua con arsénico y son de reacción inmediata, estas pueden mejorar su efecto con un aumento de temperatura hasta 45°C pero si se supera esa temperatura esta tiende a degradar su efectividad (Iliana et al., 2009).

Retención de arsénico con lana de acero.

La lana de acero retiene favorablemente los arsenitos y arsenatos, al transcurrir 15 minutos esto ya se observa una disminución considerable en el As. Pero tiene la desventaja de contaminar el agua con Fe^{+2} (Ion Ferroso), (Campos & Valquiria et al., 2003).

Sulfato e hidroxiclورو de aluminio en la Coagulación-Floculación.

El sulfato de aluminio demostró ser un coagulante-floculante muy efectivo en el tratamiento del agua, pero se tiene que aplicar gran cantidad para lograrlo lo cual eleva su costo y no es rentable. El hidroxiclورو de aluminio es un gran coagulante y su cantidad es menor que la del sulfato de aluminio, su tiempo de acción es mínima, aunque el costo es elevado es rentable para el tratamiento de agua (Hernández et al., 2013).

Colectores solares.

Los colectores solares trabajan con la radiación solar, son un buen método de remoción de arsénico ya que al transcurrir cierto tiempo, y con los materiales necesarios se puede remover más del 75% de As en el agua, aunque este día soleado o nublado no afecta en su desempeño en la remoción de As (Escalera

Vásquez et al., 2014), si se quiere mejorar la reducción de As se puede introducir 6 gr de alambre de hierro y 1.3 ml de jugo de limón para tener una remoción de As De un 88% (Chávez Quijada et al., 2011).

Cloruro férrico.

El cloruro férrico tiene un ligero olor ácido, es altamente corrosivo al contacto con la piel puede causar quemaduras, reacciona al contacto con el agua produciendo gases que son nocivos. Remueve el As., al estar en un estado de oxidación puede remover entre el 80 y 95% de As. En el agua (Francisca et al., 2014).

Coagulación-Microfiltración.

Los microfiltros son definidos como métodos de flujo transversal, es similar al osmosis inversa, pero con menor presión, los tamaños de sus poros pueden ser de 0.01-10 micra, estos pueden remover el As hasta un 95% en el agua dependiendo del tamaño del poro, para poder remover el As se agrega cloro y cloruro férrico para mejorar la remoción (Calderón et al., 2012).

Humedales.

Los humedales son saturados con agua para no perder humedad, normalmente se mantiene una altura menor de 60 cm, estos tienen tres funciones básicas fijar los contaminantes en la superficie del suelo, transformar los elementos de microorganismos y usarlos en su beneficio, tiene un bajo consumo de energía. Un humedal limoso con tamaño de partícula de entre 0.05-2.0 mm, compuesto en su mayoría de cuarzo, no plantado puede disminuir el As, hasta un 59%, mientras que uno plantado con *E. macrostachyn* y *S. americanus* pueden reducir entre 81 y 92% de As. (Valles et al., 2014).

Nanopartículas.

Es posible sintetizar Nanopartículas con propiedades magnéticas para la remoción de As, las cuales con su propiedad magnética atrae en As en el agua asiendo que se precipiten y formar lodos los cuales se pueden separar con un filtro dejando solo el agua. También juegan un papel muy importante en la biomedicina por sus propiedades magnéticas y son usadas para la obtención de imágenes, y son usadas en las terapias de pacientes con cáncer (Starbird et al., 2015).

Roca caliza soyatal.

La roca soyatal es la que muestra un alto porcentaje de calcita la cual tiene propiedades absorbentes muy destacables, se tritura y se usa como un método filtrante este puede trabajar en circuito cerrado o abierto y es capaz de adsorber el As. En el agua debido a su composición de arcilla, cuarzo y calcita, gracias a esto puede alcanzar hasta un 96.5% de remoción de As.

Esta roca contiene As, pero en cantidades no muy elevadas y no presenta niveles muy bajos de desorción y puede retener muy bien el As. (Flores et al., 2009).

Hidrogel de hidróxido de aluminio.

Este método es barato y fácil de producir y muestra una gran remoción de arsénico en el agua, con su agente clorogeno no es necesario la desinfección natural, también es capaz de remover otros metales pesados además del As como el cromo y molibdeno entre otros. Este hidrogel es económico y muy sencillo de producir, pero todavía no se ha desarrollado un buen método para la remoción de sus residuos, por lo cual es posible que allá residuos de aluminio en el agua si no se tiene cuidado (Luján et al., 2001).

Pellets.

Los pellets son elaborados de biomasa residual: aserrín, paja de trigo y esquilmo de sorgo, se usan los materiales agrícolas porque son de bajo costo. Estos pueden remover el As en el agua. Los Pellets que mostraron una mejor remoción de As fue el aserrín carbonizado, para su preparación se tiene que dejar en una temperatura de 285 °C durante una hora y 45 minutos y se dejan enfriar a temperatura ambiente, este sustituye al carbón activo, su remoción de As en el agua fue de una remoción de 99% con condiciones de PH de 6.5-7, después de ser introducidos en el agua (Muñoz et al., 2016).

Quitosana.

Es un polímero lineal que se puede obtener de artrópodos y zooplancton marino, hongos y en las alas de algunos insectos, es de color blanco amarillento rígido y no elástico, siendo así el segundo polímero más abundante con la más amplia distribución en seres vivos, por lo tanto es fácil de encontrar y extraer de manera natural, es necesario utilizar la hidrólisis para convertir la quitosana

comercial en forma de perlas para mejorar su remoción de As, como también otros metales como lo son el cobre, zinc, plomo, vanadio y hierro. Esta puede remover hasta un 87% de As. Siempre y cuando el pH sea entre 5 y 7 (Montero et al., 2010).

Tipos de As.

As (III).

Se usa como un fármaco para tratar la leucemia promielocítica el cual no es citotóxica (Beyries et al., 2014) es decir, posee la capacidad de destruir células, como la que poseen las células del sistema inmunológico o los linfocitos K. Es aplicado por vía endovenosa en busca de la remoción completa de la leucemia promielocítica (Ramírez et al., 2000), y tiene un efecto del 80 a 100% en tratar la leucemia promielocítica (Padrón et al., 2008)

As (V).

Se encuentra en forma de polvo o grumos de color blanco e inodoro, este puede ser ingerido por la respiración o al contacto con la piel, es un CARCINÓGENO, que puede dañar también los nervios si la exposición es prolongada (NJDHS 2002).

Gas arsina.

Es un gas con olor aliáceo (olor suave a ajo) e incoloro que generalmente no es diagnosticable por médicos o especialistas, la exposición de 250 ppm es letal al instante y entre 25 a 50 es letal si es expuesto por 30 minutos (Bucio Jurado et al., 2005).

Origen de la moringa (olifera).

La moringa es una especie vegetal rica en numerosos nutrientes. Es el árbol más nutritivo en todo el planeta. Aunque es originaria del continente asiático, crece en todo el mundo y en casi cualquier condición, es originaria de los Himalayas (Dwivedi et al., 2015). Como especie para consumo, fue introducida en América en el siglo XIX (Falasca & Bernabe et al., 2008), o también pudo ser introducida en la época colonial por las Filipinas por los tripulantes de la Nao de China (Fahey et al., 2011), se puede producir este árbol por semilla o estaca, la semilla germina después de 10 días de haberse sembrado (Padilla et al., 2012).

Es un árbol longevo que puede vivir hasta 20 años, aunque algunas variedades de la india son anuales (Pérez et al., 2010).

Es usado en África como alimento principal en aldeas donde se escasea la comida dado su gran cantidad de proteínas y minerales puede satisfacer las necesidades alimenticias (Gómez et al., 2014).

Todas las partes del árbol de la moringa son comestibles como la vaina, tallo, flor, raíces, hojas y semillas por su alto grado de proteínas (Benítez et al., 2012).

Semilla de moringa (*oleifera*).

La semilla de moringa es uno de los mejores floculantes naturales y es empleada en la depuración y purificación de aguas fluviales y aguas turbias (Gassensschmidt et al., 1995), es un excelente coagulante en el tratamiento de agua (Pereira et al., 2011), tiene propiedades clarificadoras en aguas turbias, y puede remover la turbidez en un 100% (Arantes et al., 2015), con un efecto de sedimentación en 30 minutos, es igual al sulfato de aluminio que también es un clarificador de aguas turbias (Díaz et al., 2014), siendo la semilla mejor por el hecho que el sulfato de aluminio puede ser tóxico para la salud y reduce el pH en el agua siendo la semilla mejor clarificador que el sulfato de aluminio (Arreola et al. 2013), para su mejor efecto se recomienda moler la semilla en un mortero (Arantes et al., 2014), sus lodos pueden ser utilizados como un mejorador en las propiedades del suelo por el contenido de materia orgánica (Díaz et al., 2016).

Se puede extraer un aceite con alto contenido de ácidos grasos principalmente el ácido oleico, este puede ser usado en fármacos, cosméticos y biodiesel (Fernández et al., 2015)

La semilla es la parte del árbol con un mayor contenido de proteínas y ácidos grasos (Gallão et al., 2006).

Propiedades curativas.

Ayuda a disminuir el asma, reduce las placas de aterosclerosis, el daño miocárdico y baja los lípidos en la sangre, puede ser un buen antidiarreico, ayuda a los daños hepáticos causados por el paracetamol y es un excelente coagulante (Bonal Ruiz et al., 2012).

Almacenaje de la semilla de moringa.

Cuando la semilla de la moringa es almacenada por mucho tiempo se pueden desarrollar alrededor de 708 aislados fúngicos, debido a que, si no se tiene en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, ya que es muy delicada después de ser pelada o sacada de la vaina, y puede afectar la germinación y hasta matar la planta de moringa puesto que la semilla puede contraer enfermedades o paracitos (Martínez et al., 2013).

Hoja de la moringa.

Esta contiene un alto contenido de fibra, hierro, calcio y compuestos fenológicos (Guzmán et al., 2015), es la que presenta una gran actividad antioxidante que en otras partes del árbol (Torres et al., 2013), también tiene propiedades clarificadoras (Costa et al., 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental.

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio del departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en el semestre Agosto-Diciembre del 2016.

El experimento consistió en evaluar la reducción de arsénico mediante con uso de la semilla de moringa oleífera a partir de una muestra de agua, con alto nivel arsénico de 207 mcg L⁻¹ de agua.

Para encontrar la dosis de polvo de la semilla de Moringa oleífera que se requiere para tratar el agua se establecieron tratamientos que consistieron en cuatro diferentes dosis: 0.937 (T1), 1.407 (T2), 1.974 (T3) y 3.948 (T4) en gr L⁻¹ de agua. Distribuidas en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. A cada unidad experimental se le agrego la semilla triturada manualmente según su tratamiento asignado.

Preparación de la semilla e incorporación al agua con As.

La semilla se recolecto en estado fenológico de fructificación, almacenándose en bolsas de nylon a temperatura ambiente. La preparación de la muestra de semilla se llevó acabo en el mes de noviembre de 2016, las semillas fueron separadas de la nuez y de la cáscara manualmente, y se dejó secar a temperatura ambiente en un periodo de 24 horas y posteriormente fueron trituradas en una licuadora de la marca Nutrubullet, hasta obtener muestra de polvo.

La cantidad de semilla de moringa fue definida personalmente con dosis confirmadas más elevadas cada una de la otra. Las cantidades de semilla por litro de agua se detallan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de semilla de moringa por tratamiento. UAAAN-UL. 2016.

Tratamiento	Dosis de Semilla (grL ⁻¹)
T1	0.937
T2	1.407
T3	1.974
T4	3.948

Obtención del agua con As.

Para llevar a cabo el experimento se extrajo agua del pozo 75-R de la colonia ampliación Senderos ubicada en la ciudad de Torreón Coahuila la cual mostraba altos contenidos de As.

Incorporación de la semilla al agua con As.

Obtención de solución madre, en un vaso precipitado con un volumen de 1000 mm, que contenía agua contaminada de As, se agregó gramos de muestra molida (moringa), al agua contaminada (AS), dejándola diluida y homogenizada completamente y se dejó reposar durante 24 horas. Las dosis fueron agregadas según la dosis que corresponda a cada tratamiento. Las cantidades indicadas del polvo de semilla trituradas fueron obtenidas su peso en una báscula analítica (HOAUS Explorer).

Medición de As.

Se usó el Arsenator modelo PT981 para medir el contenido de As. Para tomar la lectura de cada tratamiento, se procede a lo siguiente:

Se coloca el filtro de sulfuro de hidrogeno en la parte inferior del tapón, se colocan el papel filtros rojo y negro en su porta filtro del mismo nombre y se colocan en las ranuras del tapón, el porta filtros negro va de bajo del rojo y es el que nos dará la lectura de As en microgramos, de la solución madre obtenida en vaso precipitado (1000 mm), se tomó 50 ml de solución y se colocó en un matraz Erlenmeyer graduado, con una dilución de X10.

Posteriormente se agrega un sobre de yoduro de potasio (A1) y se agita el matraz hasta que se diluya por completo, se deposita una pastilla de ácido clorhídrico (A2) con las pinzas y se procede a tapar el matraz con el tapón con los porta filtros y el filtro de sulfuro de hidrogeno, para calibrar el medidor se necesita el papel filtro negro con su porta filtros correspondiente y se pone en la ranura del medidor y se saca, se deja transcurrir 20 minutos se quita el tapón del matraz y se toma el porta filtros negro y se introduce en el medidor y nos da la lectura de As, los materiales se tienen que lavar con jabón y agua destilada después de cada medición.

Variables evaluadas y análisis estadístico.

Las variables evaluadas fueron: Cantidad de arsénico en el agua y cantidad de semilla por litro de agua.

Se utilizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por medio de Tukey ($p \leq 0.05$), con la ayuda del programa SAS versión. 9.4.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de As.

Los resultados de la aplicación de diferentes dosis de semilla de moringa, (Cuadro 1), con la cantidad de As en el agua contaminada tendió a disminuir significativamente, al concentrar mayor cantidad de semilla por gramos de moringa (Cuadro 2), efectuó mayor asimilación en reducción de As con el tratamiento de 3.948 gr L⁻¹ de agua, que contenía más concentración de semilla, según la cantidad de semilla se reduce el As en el agua este en concentraciones correctas podría igualar al sulfato de aluminio que es usado para la remoción de arsénico según Hernández et al. (2013). Esto se explica porque al entrar en contacto con sus propiedades de coagulante de la moringa oleífera que se trata de proteínas catiónicas divalentes con una masa molar de 13 kDa y puntos isoeléctricos entre 10 y 11 y está vinculados en la absorción y neutralización de coloides (Chuang et al. 2009 y Santos et al. 2009).

Cuadro 2. Cantidad promedio de As tratada con semilla de moringa. UAAAN-UL. 2016.

Tratamiento (gr L ⁻¹)	Media De As (mcg L ⁻¹)
0.937	176.50 a
1.407	158.00 a
1.974	135.00 a
3.948	72.50 b

Prueba de Tukey α 0.05, medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

V. CONCLUSIÓN

La mejor remoción de As en el agua tratada se obtuvo agregando una dosis de 3.948 gr L^{-1} de semilla de moringa (13 semillas).

La semilla de moringa es un buen biosorbente de As, por lo tanto se recomienda seguir estudiando los efectos de la semilla de moringa como un biosorbente de As.

VI. LITERATURA CITADA

Chuang, P.H. et al. 2007. Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*. 98:232.

Santos, A.F.S et al .2009. Isolation of a seed coagulant *M. oleifera* lectin. *Process. Biochem.* 44:504.

Flérida Mejía-Zamudio; Jesús L. Valenzuela-García; Salvador Aguayo-Salinas; Diana Meza-Figueroa. 2009. Adsorción De Arsénico En Zeolita Natural Pretratada Con Óxidos De Magnesio. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 25(4), 217-227.

Rangel-Montoya, Edelweiss A.; Balagurusamy, Nagamani. 2015. Bioprospecting Arsenite Oxidizing Bacteria In The Soil Of The Comarca Lagunera. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, Febrero-Sin Mes, 41-56.

Iliná, Anna; Martínez-Hernández, José L.; Segura-Ceniceros, E. Patricia; Villarreal-Sánchez, Juan A.; Gregorio-Jáuregui, Karla M. 2009. Biosorción De Arsénico En Materiales Derivados De Maracuyá. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, Sin Mes, 201-216.

Campos, Valquiria. 2003. Estudio De Un Método Alternativo Para La Purificación De Arsénico Del Agua. *Journal Of The Mexican Chemical Society*, Julio-Septiembre, 283-286.

Hernández, Israel; González, Ranulfo O.; Sandoval, Francisca; Galván, José L.; Contreras, Raúl E. 2013. Evaluación De Cal, Sulfato E Hidroxicloruro De Aluminio En La Coagulación-Floculación Del Lixiviado Del Relleno Sanitario De Poza Rica, Veracruz. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, Julio-Septiembre, 1-10.

Rangel Montoya, Edelweiss Airam; Montañez Hernández, Lilia E.; Luévanos Escareño, Miriam P.; Balagurusamy, Nagamani. 2015. Impacto Del Arsénico En El Ambiente Y Su Transformación Por Microorganismos. *Terra Latinoamericana*. 103-118.

Escalera Vásquez, Ramiro, Ormachea, Mauricio, Ormachea, Omar, & Heredia, Miguel. 2014. Presencia De Arsénico En Aguas De Pozos Profundos Y Su

Remoción Usando Un Prototipo Piloto Basado En Colectores Solares De Bajo Costo. *Investigación & Desarrollo*, 2(14), 83-91.

M. Francisca, Franco; Carro Pérez, Magalí Evelín. 2014. Remoción De Arsénico En Agua Mediante Procesos De Coagulación-Floculación. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*. 177-190.

Calderón-Mólgora, César; Quezada-Jiménez, María Laura; Segura Beltrán, Norberto; Hernández Yañez, Carlos. 2012. Remoción De Arsénico Mediante Procesos De Membrana. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, Febrero-Marzo, 37-51.

Chávez Quijada, Mary Luz; Miglio Toledo, María. 2011. Remoción De Arsénico Por Oxidación Solar En Aguas Para Consumo Humano. *Revista De La Sociedad Química Del Perú*, Octubre-Diciembre, 307-314.

Valles-Aragón, María Cecilia; Alarcón-Herrera, María Teresa. 2014. Retención De Arsénico En Humedales Construidos Con *Eleocharis Macrostachya* Y *Schoenoplectus Americanus*. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, . 143-148.

Starbird-Pérez, Ricardo, & Montero-Campos, Virginia. 2015. Síntesis De Nanopartículas Magnéticas De Óxido De Hierro Para La Remoción De Arsénico Del Agua De Consumo Humano. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(3), 45-54.

Flores, Erasmo, Armienta, Aurora, Micete, Silvia, & Valladares, María R. 2009. Tratamiento De Agua Para Consumo Humano Con Alto Contenido De Arsénico: Estudio De Un Caso En Zimapán Hidalgo-México. *Información Tecnológica*, 20(4), 85-93.

Luján, Juan Carlos. 2001. Un Hidrogel De Hidróxido De Aluminio Para Eliminar El Arsénico Del Agua. *Revista Panamericana De Salud Pública*, 9(5), 302-305.

Serafín Muñoz, Alma Hortensia; Medina García, Melina Guadalupe; Vido García, Francisco Agustín; Noriega Luna, Berenice; Zamorategui Molina, Adrián; Li, Yanmei; Rodríguez Castrejón, Ulises Emiliano. 2016. Uso Potencial De Pellets Para El Tratamiento De Aguas Contaminadas Con Arsénico En Comunidades De Xichú, Gto., México. *Acta Universitaria*. 22-32.

Montero-Álvarez, J. A.; Paredes-Bautista, M. J.; Rivera-Morales, M. C. 2010. Utilización De Quitosana Para La Remoción De Arsénico (As) Del Agua. Superficies Y Vacío, Agosto-Sin Mes, 136-139.

Bucio Jurado, Wilfrido. 2005. Intoxicación Por Arsina. Información Y Presentación De Un Caso. Revista Médica Del Instituto Mexicano Del Seguro Social. 57-60.

NJDHS. 2002. Pentóxido De Arsénico. New Jersey Department Of Health And Senior Services. <http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0158sp.pdf>.

Suárez Beyrís, Lidia Clara, Noa Tamayo, Yadirka, Rodríguez Reyes, Inocente, Hernández Galano, Geldris, & De La Uz Ruesga, Beatriz O. 2014. Tratamiento Con Trióxido De Arsénico En Pacientes Con Leucemia Promielocítica Aguda. Medisan, 18(1), 25-33.

Hernández Ramírez, Porfirio. 2000. Renacimiento De Un Viejo Medicamento: Empleo Del Arsénico En El Tratamiento De La Leucemia Promielocítica. Revista Cubana De Hematología, Inmunología Y Hemoterapia, 16(1), 67-69.

Padrón, Carlos Hernández, Espinosa Martínez, Edgardo, Losada Buchillón, Rafael, Ávila Cabrera, Onel, & Hernández Ramírez, Porfirio. 2008. Trióxido De Arsénico: Una Nueva Luz En El Tratamiento De La Leucemia Promielocítica. Revista Cubana De Hematología, Inmunología Y Hemoterapia, 24(2), 1-9.

Aragón Sanz, Nuria; Palacios Diez, Margarita; Avello De Miguel, Antonio; Gómez Rodríguez, Pilar; Martínez Cortés, Mercedes; Rodríguez Bernabeu, María José. 2001. Nivel De Arsénico En Abastecimientos De Agua De Consumo De Origen Subterráneo En La Comunidad De Madrid. Revista Española De Salud Pública, Septiembre-Octubre, 421-432.

Campo Fernández, Mercedes, Adames Fajardo, Yuliamny, Bello Alarcón, Adonis, Scull Lizama, Ramón, Bracho Granado, Gustavo, & Baeza Fontes, Alen Nils. 2015. Análisis Farmacognóstico Preliminar De Las Semillas De Moringa Oleífera Lam Cosechadas En Cuba. Revista Cubana De Farmacia, 49(2), 360-373.

Magaña Benítez, Wilberth. 2012. Aprovechamiento Poscosecha De La Moringa (Moringa Oleífera). Revista Iberoamericana De Tecnología Postcosecha, Sin Mes, 171-174.

- Farias Pereira, Daiane; Amaral Araújo, Nicolis; Menezes Santos, Tayanara; Ramos Santana, Claudia; Silva, Gabriel Francisco Da. 2011. Aproveitamento Da Torta Da Moringa Oleifera Lam Para Tratamento De Água Produzida. *Exacta*, Sin Mes, 323-331.
- Gallão, Maria Izabel; Fernandes Damasceno, Leandro; Sousa De Brito, Edy. 2006. Avaliação Química E Estrutural Da Semente De Moringa. *Revista Ciência Agronômica*, Sin Mes, 106-109.
- Guzmán-Maldonado, Salvador Horacio; Zamarripa-Colmenares, Alfredo; Hernández-Duran, Lesly Guadalupe. 2015. Calidad Nutrimental Y Nutraceutica De Hoja De Moringa Proveniente De Árboles De Diferente Altura. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, Febrero-Marzo, 317-330.
- Pérez, A.; Sánchez, Tania; Armengol, Nayda; Reyes, F. 2010. Características Y Potencialidades De Moringa Oleifera, Lamark. Una Alternativa Para La Alimentación Animal. *Pastos Y Forrajes*, Diciembre, 1-16.
- Arantes, Camila C., Paterniani, José E. S., Rodrigues, Danielle S., Hatori, Patrícia S., & Pires, Marta S. G. 2015. Diferentes Formas De Aplicação Da Semente De Moringa Oleifera No Tratamento De Água. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 19(3), 266-272.
- Padilla, C.; Fraga, Nidia; Suárez, M. 2012. Efecto Del Tiempo De Remojo De Las Semillas De Moringa (Moringa Oleifera) En El Comportamiento De La Germinación Y En Indicadores Del Crecimiento De La Planta. *Revista Cubana De Ciencia Agrícola*, Sin Mes, 419-421.
- Feria Díaz, Jhon Jairo, Bermúdez Roa, Sixto, & Estrada Tordecilla, Ana María. 2014. Eficiencia De La Semilla Moringa Oleifera Como Coagulante Natural Para La Remoción De La Turbidez Del Río Sinú. *Producción + Limpia*, 9(1), 9-22.
- Feria Díaz, Jhon J.; Polo-Corrales, Liliana; Hernandez-Ramos, Elvis J. 2016. Evaluation Of Coagulation Sludge From Raw Water Treated With Moringa Oleifera For Agricultural Use. *Ingeniería E Investigación*, . 14-20.
- Martínez De La Parte, Einar; Cantillo Pérez, Taimy; García Rodríguez, Dariel. 2013. Microbiota Asociada A Lotes Importados De Semillas De Moringa (Moringa Oleifera). *Fitosanidad*, Diciembre-, 125-129.

Torres-Castillo, Ja, Sinagawa-García, Sr, Martínez-Ávila, Gcg, López-Flores, Ab, Sánchez-González, Ei, Aguirre-Arzola, Ve, Torres-Acosta, Ri, Olivares-Sáenz, E, Osorio-Hernández, E, & Gutiérrez-Díez, A. 2013. Moringa Oleifera: Detección Fitoquímica, Antioxidantes, Enzimas Y Propiedades Antifúngicas. *Phyton* (Buenos Aires), 82(2), 193-202.

Sandoval Arreola, María Martha; Laines Canepa, José Ramón. 2013. Moringa Oleifera Una Alternativa Para Sustituir Coagulantes Metálicos En El Tratamiento De Aguas Superficiales. *Ingeniería*, Mayo-Agosto, 93-101.

Bonal Ruiz, Rolando; Rivera Odio, Regina Mercedes; Bolívar Carrión, María Emilia. 2012. Moringa Oleifera: Una Opción Saludable Para El Bienestar. *Medisan*, Octubre-Sin Mes, 1596-1599.

Villarreal Gómez, Alejandro; Ortega Angulo, Keila Johana. 2014. Revisión De Las Características Y Usos de La Planta Moringa Oleífera. *Investigación & Desarrollo*, Julio-Diciembre, 309-330].

Costa, Gustavo Henrique Gravatim, Masson, Igor Dos Santos, Freitas, Lidyane Aline De, Roviero, Juliana Pelegrini, & Mutton, Márcia Justino Rossini. 2014. Use Of Moringa Oleífera Lamarck Leaf Extract As Sugarcane Juice Clarifier: Effects On Clarified Juice And Sugar. *Food Science And Technology*, 34(1), 204-209.

Arantes, Camila C., Ribeiro, Túlio A. P., Paterniani, José E. S., Tateoka, Marina S. S., & Silva, Gabriela K. E. 2014. Uso De Coagulantes Naturais À Base De Moringa Oleifera E Tanino Como Auxiliares Da Filtração Em Geotêxtil Sintético Não Tecido. *Engenharia Agrícola*, 34(4), 780-788.

Quevedo, Odalys; Luna, Bárbara; Carballeira, Eleydis; Rodríguez, Ana Cecilia. 2003. Determinación De As (lii) Y As (V) En Aguas Naturales Por Generación De Hidruro Con Detección Por Espectrometría De Absorción Atómica. *Revista Cenic. Ciencias Químicas*, Septiembre-Diciembre, 133-147.

Ghimire K.N., Inoue K., Yamaguchi H., Makino K. Ymiyajima T. 2003. Adsorptive Separation Of Arsenate and Arsenite Anions From Aqueous Medium By Using Orange Waste. *Water Res.* 37, 4945-4953.

Sato Y., Kang M., Kamei T. Y Magara Y. 2002. Performance of Nanofiltration For Arsenic Removal. *Water Res.* 36, 3371-3377.

Yan T., Hu J.Y., Ong S.L., Luo Q.F. Y Ng W.J. 2002. Arsenic Removal From Household Drinking Water Byadsorption. J. Environ. Sci. Health. Part A. 37, 1721-1736.

Driehaus W., Jekel M. Y Hildebrandt U. 1998. Granularferric Hydroxide - A New Adsorbent For The Removal Of Arsenicfrom Natural Water. J. Water Srt - Aqua 47, 30-35.

Haron M.J., Wan-Yunus W.M., Yong N.L. Y Tokunaga S. 1999. Sorption Of Arsenate And Arsenite Anions Byron (Iii)-Poly (Hydroxamic) Acid. Chemosphere 39, 2459-2466.

García-Salcedo, J. J., G. Olivas-Meza, M. C. Hernández-Serrano, M. F. Sanmiguel-Salazar Y N. González-Díaz. 2003. Alteraciones Electroneuromiográficas En Pacientes Con Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico En La Comarca Lagunera. Rev. Mex. Med. Fís. Rehab. 15: 75-78.

Järup, L. 2003. Hazards Of Heavy Metal Contamination. Br. Med. Bull. 68: 167-182.

Gassenschmidt, U. Kd, Jany, B. Tauscher, And H. Niebergall. 1995. Isolation And Characterization Of A Flocculating Protein From Moringa Oleifera. Lam. Biochimica Biophysica Acta 1243:477 --- 481.

OMS 2011. Guidelines For Drinking Water Quality. Orga-Nización Mundial De La Salud [Http://Whqlibdoc.Who.Int/Publications/2011/9789241548151_Eng.Pdf](http://Whqlibdoc.Who.Int/Publications/2011/9789241548151_Eng.Pdf) [01/01/2013](#).

Gorby, S. M. Arsenic In Human Medicine. In Nriagu, J. O. Arsenic In Environmental. John Wiley & Sons, New York. 1994. 430 P.

World Health Organization. Guidelines For Drinking Water Quality. Geneva, Who, 1984. 13-21.

Mandal, B. K. And K. T. Suzuki. 2002. Arsenic Round The World: A Review. *Talanta* 58: 201-235.

Rosas, I., R. Belmont, A. Armienta, And A. Baez. 1999. Arsenic Concentrations In Water, Soil, Milk And Forage In Comarca Lagunera, Mexico. *Water Air Soil Pollut.* 112: 133-149.

Olson, M. E., & Fahey, J. W. 2011. Moringa Oleifera: Un Árbol Multiusos Para Las Zonas Tropicales Secas. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 82, 1071-1082.

Falasca, S., & Bernabé, M. A. 2008. Potenciales Usos Y Delimitación Del Área De Cultivo De Moringa Oleifera En Argentina. *Revista Virtual Redesma*, 3, 1-16.

Sanjay, P., & Dwivedi, K. N. 2015. Shingru (Moringa Oleifera Lam.): A Critical Review. *International Journal Of Ayurveda And Pharmaceutical Chemistry*, 3(1), 217-227.