



# Remoción de arsénico en agua por raíces de cebolla, *Allium cepa*, bajo condiciones de laboratorio

Removal of arsenic in water by roots of onion, *Allium cepa*, under laboratory conditions

Rosa M. Liñán-Abanto

Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna (Perú)

## RESUMEN

Se determinó la capacidad que presentan las raíces de cebolla, *Allium cepa*, embebidas experimentalmente en agua, de remover el arsénico presente en este medio. Se utilizaron tres concentraciones de arsénico: 0,1 mg/L, 0,2 mg/L y 0,4 mg/L para el cultivo de las raicillas de cebolla por periodos de tres y seis días. La concentración final de arsénico se determinó utilizando el Merckoquant Test, Arsénico altamente sensible, del Laboratorio Merck (Método Semi-cuantitativo). Se encontró que las raicillas de *A. cepa* remueven más del 50% de arsénico presente en el agua, cuando la concentración es de 0,1 mg/L.

**Palabras clave:** *Allium cepa*, Arsénico, remoción.

## ABSTRACT

Arsenic removal in water by roots of onion, *Allium cepa*, under laboratory condition was determined. Three levels of arsenic concentration were used: 0.1 mg/L, 0.2 mg/L and 0.4 mg/L in which the onion rootlets were cultivated during 3 and, 6 days. The final concentration of arsenic in the water was measured using the highly sensitive Merckoquant Test Arsenic from the Merck Laboratory (Semi Quantitative Method). It was found that *A. cepa* roots remove more than 50% of arsenic from water, when the concentration corresponded to 0.1 mg/L.

**Keywords:** *Allium cepa*, Arsenic, remotion.

## INTRODUCCIÓN

La presencia de arsénico como contaminante natural en agua subterránea utilizada para bebida humana y animal es un problema que afecta a extensas regiones de América e involucra a países como Argentina, Chile, México, Bolivia, Estados Unidos, Canadá, Nicaragua, El Salvador, Brasil y Perú. Al mismo tiempo, la explotación minera, la refinación de metales y el empleo de plaguicidas arsenicales orgánicos que aumentan los índices de contaminación del agua por arsénico.<sup>1</sup>

Se estima que, en el Perú, el número de personas expuestas a concentraciones de arsénico superior a los niveles recomendados en el agua supera los 250 mil. Aun cuando los casos de contaminación reportados se dan en varias regiones del país, los más relevantes se presentan en los departamentos del sur del país, relacionados con la actividad volcánica de la zona. Otros casos relacionados con la actividad humana, reportados en los últimos años, se asocian principalmente a las actividades minero-metalúrgicas.<sup>2</sup>

Existen pruebas, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer al pulmón<sup>3,4</sup>, la piel y la vejiga.<sup>5,6</sup> Se cree que el arsénico inorgánico trivalente es el cancerígeno por ser más reactivo y tóxico, que la forma pentavalente. Actualmente, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/L, aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida.<sup>6</sup>

Están disponibles alrededor de 14 tecnologías para remover arsénico del agua con eficiencias de 70 a 99%. Los métodos de coagulación-floculación y ablandamiento con cal, son los más usados en grandes sistemas. En pequeños sistemas, en cambio, puede aplicarse los métodos de intercambio iónico, albúmina activada, ósmosis inversa, nano-filtración y electrodiálisis inversa.<sup>1,7,8</sup>

Durante los últimos años se han desarrollado tecnologías que permiten remediar la contaminación del ambiente a través del uso de plantas y sus organismos relacionados. La fitorremediación es una tecnología cuyo objetivo principal es la eliminación de metales tóxicos y contaminantes orgánicos (en suelo, aire, agua y sedimentos) que afectan a los seres vivos.<sup>9</sup> La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta a utilizar, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo de metal a remover. Por lo mismo, para obtener buenos resultados, las plantas a utilizar deben tener las siguientes características: ser tolerantes a altas concentraciones de metales, ser acumuladoras de metales, tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad, ser especies locales y fácilmente cosechables.<sup>10</sup>

Se han realizado investigaciones referentes a la fitorremediación utilizando plantas no acuáticas. Así, por ejemplo, se determinó que las raíces de tomate, *Lycopersicon esculentum*, pueden acumular hasta 1500 ppm de arsénico al tercer día de exposición<sup>11</sup> y se evaluó el potencial del girasol, *Helianthus annuus*, como acumulador de metales pesados habiéndose observado que los elementos más tóxicos (As, Cd y Pb) se acumularon preferentemente en la raíz<sup>12</sup>. Al mismo tiempo se observó que la cebolla, *Allium cepa*, al ser cultivada en suelos contaminados con arsénico puede acumular al metaloide en las raíces (3 mg/kg) en mayor cantidad que en los bulbos y hojas<sup>13</sup>, lo que significa que esta especie puede ser usada como un potencial fitorremediador., tal como se ha establecido que *Pistia stratioides* (lechuga de agua) puede hacer lo propio con el Cobre.<sup>14,15</sup>

Las aguas de los ríos de las tres cuencas de la región Tacna: Locumba, Sama y Caplina son utilizadas por la población para diferentes fines, entre ellas para su uso como agua de bebida; sin embargo, presentan diferentes niveles de contaminación natural y agregada en su recorrido por distintas actividades antrópicas, con arsénico, hierro, boro, entre otros metales pesados. Se sabe que el consumo de agua de beber contaminada con metales pesados, dentro de ellos el arsénico, tiene efectos nocivos contra la salud en diferentes sistemas tales como el circulatorio y respiratorio; por ello, es necesario proponer investigaciones que permitan disminuir las concentraciones de este metal, siendo la tecnología más prometedora, el uso de plantas denominadas fitoremediadoras, dentro de ellas la cebolla, *A. cepa*.

En el presente informe se otorgan los resultados de una investigación que estuvo dirigida a determinar si existe remoción de arsénico en agua por raíces de cebolla, *Allium cepa*, bajo condiciones de laboratorio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño del experimento:

En la investigación se utilizó el diseño experimental con estímulo creciente, con tres repeticiones por nivel: Las soluciones de As de: 0,1 mg/L, 0,2 mg/L y 0,4 mg/L se prepararon a partir de la solución patrón (Merck).

Se utilizaron bulbos de cebolla con un peso promedio de 150 g. Se retiró todo el tejido muerto de la parte basal del bulbo, de tal forma que solo quedo tejido meristemático viable. Los bulbos fueron colocados en recipientes boca ancha con agua destilada y solo la parte basal estuvo en contacto con el agua. Cuando las raíces tuvieron una altura de 2 cm fueron retiradas y colocadas en las unidades experimentales.

Para preparar las unidades experimentales se utilizaron recipientes boca ancha con una capacidad de 250mL. En cada unidad experimental (B, C y D) se colocó 200 mL de las soluciones de arsénico con las concentraciones requeridas, según lo señalado en el diseño experimental. En la unidad A (control) se colocó el mismo volumen de agua destilada, tal como aparece en la Tabla 1. Se colocó un bulbo de cebolla por recipiente. Los bulbos fueron sostenidos mediante palillos de madera de tal forma que solo la parte del tejido meristemático tome contacto con la solución.

### Determinación de la concentración final de Arsénico

Para la cuantificación de arsénico presente luego de la exposición a las raíces de cebolla se tomaron 60 mL de solución de cada unidad experimental y del testigo se utilizó el **Test Merckoquant para arsénico alta sensibilidad** (Merk) con un rango de detección de 0,005-0.5 ppm de arsénico.

### Análisis estadístico

Se determinó los promedios y los valores porcentuales de remoción de arsénico en cada unidad experimental teniendo como referencia la concentración inicial y final de arsénico en las unidades.

**Tabla 1.** Diseño experimental (estímulo creciente) con tres repeticiones para determinar la capacidad de las raíces de cebolla, *Allium cepa*, para remover Arsénico diluido en agua

ANTES DEL ESTIMULO		ESTIMULO (mg As/L)	DESPUES DEL ESTIMULO	
GRUPO	REPETICIONES		GRUPO	REPETICIONES
A (CONTROL)		0	A!	
B	R1	0,2	B!	R1
	R2	0,2		R2
	R3	0,2		R3
C	R1	0,4	C!	R1
	R2	0,4		R2
	R3	0,4		R3
D	R1	0,6	D!	R1
	R2	0,6		R2
	R3	0,6		R3

## RESULTADOS

Se encontró que a los tres días de exposición de las raicillas al metal pesado las unidades que experimentaron una ligera disminución fueron los del grupo B y C, con una remoción del 8% y 8,5% respectivamente (Tabla 2).

La mayor remoción se determinó a los seis días de exposición y fue de 67%, que correspondió a la unidad experimental B con un nivel de concentración de arsénico de 0,1mg/L. En las unidad experimental C se encontró una remoción del 28,5% y en la D la remoción de arsénico fue la más baja 4,25% (Tabla 3). A los 12 días de exposición la remoción casi fue similar a la obtenida a los seis días de exposición al metal pesado.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se corrobora que *Allium cepa* tiene la capacidad de reflejar los niveles de arsénico existentes en el ambiente en el cual son cultivados como: suelos, agua y atmósfera, Puede acumular arsénico en los bulbos, las hojas y las raíces, pero es en las raíces donde se acumula mayor cantidad de arsénico<sup>13</sup>. Entonces, podríamos afirmar que el principal mecanismo de absorción que presento la cebolla fue la rizofiltración. Este mecanismo se basa exclusivamente en hacer crecer en cultivos hidropónicos raíces de plantas

**Tabla 2:** Niveles de arsénico en las unidades a los tres días de exposición de las raíces de cebolla, *Allium cepa*

UNIDADES	Concentración Inicial (mg/L)	Concentración Final (mg/L)	Remoción de As (%)
A (CONTROL)	0,0	0,0	0%
B	0,1	0,1	8%
	0,1	0,09	
	0,1	0,09	
		Prom. = 0.092	
C	0,2	0,2	8.5%
	0,2	0,2	
	0,2	0,15	
		Prom. = 0,183	
D	0,4	0,4	0%
	0,4	0,4	
	0,4	0,4	
		Prom. = 0,4	

**Tabla 3:** Niveles de arsénico en las unidades a los seis días de exposición de las raíces de *Allium cepa* “cebolla”

GRUPOS	Concentración Inicial (mg/L)	Concentr. Final (mg/L)	Remoción de As (%)
A (CONTROL)	0,0	0,0	0%
B	0,1	0,03	67%
	0,1	0,04	
	0,1	0,03	
		Prom. = 0.033	
C	0,2	0,15	28.5%
	0,2	0,2	
	0,2	0,075	
		Prom.= 0,143	
D	0,4	0,35	4.25%
	0,4	0,4	
	0,4	0,4	
		Prom. = 0,383	

terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar metales pesados de aguas residuales contaminadas<sup>9,10</sup>.

Se encontró que a los tres días de exposición de las raicillas de *A. cepa* al metal pesado la remoción de arsénico en las unidades experimentales B y C fue muy baja, y en la unidad experimental D no se evidenció disminución alguna de la concentración. Esto se debería a que las raicillas estaban todavía en proceso de adaptación al medio acuático y por lo tanto todavía no desarrollan al máximo los mecanismos de absorción del metal que ellas presentan. Se debe tener en cuenta que la raíz constituye el tejido de entrada principal de los metales, los cuales llegan por difusión en el medio, mediante flujo masivo o por intercambio catiónico. La raíz posee cargas negativas en sus células, debido a la presencia de grupos carboxilo, que interaccionan con las positivas de los metales pesados, creando un equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular<sup>9</sup>.

A los seis días se determinó que en la unidad experimental B con un nivel inicial de concentración de As de 0,1mg/L la remoción de arsénico fue de 67%. Sin embargo, a los 12 días de evaluación las concentraciones de As en las unidades experimentales eran casi las mismas y por lo tanto el porcentaje de remoción eran los mismos. Esto se explicaría a que si bien es cierto que *A. cepa* puede acumular arsénico, trabajos realizados en otros países evidencian que existe un efecto tóxico del As a nivel celular y subcelular, cuando la concentración en el vegetal sobrepasa los límites de tolerancia, lo que determina que se presenten alteraciones en el metabolismo del vegetal<sup>12,16</sup> y por lo tanto se limite el transporte de agua hacia las células radicales<sup>12</sup>.

En los niveles de concentración de 0,2 mg/L y 0,4 mg/L, que corresponden a las unidades experimentales C y D, respectivamente, prácticamente no hubo remoción del metal. Esto se debería a que altas concentraciones de As en agua pueden interferir con el metabolismo de la planta, perjudicando la absorción de nutrientes o simplemente compitiendo con los nutrientes esenciales de la planta<sup>17</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De Esparza MC. Removal of arsenic from drinking water and soil bioremediation. In: Bundschuh J, Armienta MA, Birkle P, Bhattacharya P, Matschullat J, Mukherjee AB (eds.), Natural arsenic in groundwater of Latin America international congress; 2006 Jun 20–24; Mexico City, Mexico. London: Taylor & Francis; 2008. pp. 16–7. Available from: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd51/arsenic-water.pdf> [cited 2018 January 03].
2. Trelles, JA. Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomásas vegetales inertes. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con Mención en tratamiento de aguas y reúso de desechos. UNI, Perú. 2013.
3. Steinmaus C, Ferreccio C, Yuan Y, Acevedo J, et al. Elevated lung cancer in younger adults and low concentrations of arsenic in water. *Am J Epidemiol*. 2014; 180(11):1082-1087
4. Pavez F, Chen Y, Yunus M, Olapoda C, Segers S, Slawkonich V, et al. Arsenic exposure and impaired lung function, *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 188(7):813-819
5. Hong Y-S, Song K-H, Chung J-Y. Health effects of chronic Arsenic exposure. *J. Rev Med Public Health* 2014; 47(15):245-252
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para la Calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. 3th ed. 2006; pp 259-251.
7. Litter, M.A, Sancha, A.M, Ingallinella, M.A (eds). Tecnologías económicas para el abatimiento del arsénico en aguas [libro electrónico]. CYTED, Buenos Aires, Argentina, 2009 [Consultado: 01 de enero 2018]. Disponible en:<http://arsenico.cimav.edu.mx/2013/wp-content/uploads/2013/03/Libro-IBEROARSE-tecnologias-deremoción-de-arsenico.pdf>
8. Nicomel NR, Leus K, Foleus K, Van Der Vroot P, Laing GD. Technologies for Arsenic removal from wáter. *Int J Environm H*, 2016; 13(1):62
9. Delgadillo-López, A, González C, Prieto F, Villagómez-Ibarra J, Acevedo O. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la Contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14 (2011): 597-612
10. Núñez R, Meas Y, Ortega R, Olguín E. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, julio-setiembre 2004; pp: 69-82
11. Alférez-Chávez J, Araiza-Arvilla J, Hernández-Barnum N., Jáuregui-Rincón J. *Lycopersicum esculentum* roots: A model system for arsenic phytoremediation study. En Sastre I, Macarie H, López G, Ibañez A, Garau C, Luna J. (eds). The third international meeting on environmental biotechnology and engineering, Palma de Mallorca, España. 2008; p.249
12. Madejón Rodríguez P. Elementos traza y nutrientes en plantas y suelos afectados por el vertido minero de Aznalcóllar. Tesis para obtener el grado de Doctor en Biología. Universidad de Sevilla, España, 2004
13. Prieto-García F, Callejas J, Lechuga M, Gaytán J, Barrado E. Acumulación en tejidos vegetales de arsénico provenientes de aguas y suelos de Zimapan. Estado de Hidalgo, México. *Bioagro*, 2006; 17(3): 129-135.
14. Torres G, Navarro A, Languasco J, Campos K, Cuizano N. Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante *Pistia stratioides* (lechuga de agua). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2007, 3 (1):13-20.
15. Barreto Y, Paredes J. Determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa de las especies *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*. *Investigación y Amazonía* 2015; 5 (1 y 2): 9-14
16. Viehweger K. How plants cope with heavy methals. *Botanical Studies* 2014, 55:35
17. Pineda G. Transferencia del arsénico en cultivares de la zona agrícola centro sur del estado de Chihuahua. Tesis para obtener el grado de doctor en Ciencia y Tecnología Ambiental. CIMAV, México. 2016

<p><b>Presentado en:</b> setiembre, 2015 <b>Aprobado en:</b> diciembre, 2015 <b>Correspondencia:</b> romalinaba@hotmail.com</p>
---