



## Evaluación de la remoción del ion cadmio en soluciones acuosas mediante la fitorremediación con el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)

### Evaluation of cadmium ion removal in aqueous solutions by phytoremediation with water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*)

Gladys Maritza Ávila Carhuallanqui<sup>1</sup> / Carmen Rosa Velit Villareal<sup>2</sup> / Jessica Jenifer Mora Velit<sup>2</sup>



0000-0002-4082-1335 / ----- / -----

**Autor corresponsal:** [gavila@uncp.edu.pe](mailto:gavila@uncp.edu.pe)

[crvelit@uncp.edu.pe](mailto:crvelit@uncp.edu.pe) / [jmora@concytec.gob.pe](mailto:jmora@concytec.gob.pe)

#### Cómo citar:

Ávila Carhuallanqui, G. M.; Velit Villareal, C. R. & Mora Velit, J. J. (2021). *Evaluación de la remoción del ion cadmio en soluciones acuosas mediante la fitorremediación con el Jacinto de agua (Eichhornia Crassipes)*. *Prospectiva Universitaria*, revista de la UNCP. 18(1), 139-142. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1421>

#### Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar la fitorremediación del ion cadmio mediante la especie Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en soluciones acuosas que contiene cadmio; para ello, se preparó una solución con cadmio a 4,21 mg/l; la referencia es la descarga de un efluente de aguas residuales mineras, el Jacinto de agua estuvo en la solución acuosa con cadmio durante 15 días, la variable independiente fue el tipo de nutriente, la variable dependiente fue la concentración del ion cadmio. Después de 15 días, se analizó el ion cadmio en las soluciones acuosas, teniendo un porcentaje de 70,55 % como la mayor remoción de cadmio en la solución con nutriente sintético.

**Palabras clave:** fitorremediación, aguas residuales, cadmio, solución acuosa

#### Abstract

The objective of this research work was to evaluate the phytoremediation of the cadmium ion by the species Water Hyacinth (*Eichhornia Crass*) in aqueous solutions containing cadmium, for this, a solution prepared with every 4,21mg / L; The reference is the discharge of influential mining wastewater, the water hyacinth was in the aqueous solution with cadmium for 15 days, the independent variable was the type of nutrient, the dependent variable was the concentration of the cadmium ion. After 15 days, the cadmium ion was analyzed in the aqueous solutions, having a percentage of 70,55 % as the highest removal of cadmium in the solution with synthetic nutrient.

**Keywords:** Phytoremediation, wastewater, cadmium, aqueous solution

## Introducción

La utilización de metales en las diversas actividades industriales ha generado que, gran concentración de esos metales pesados, potencialmente, sean dañinos cuando son emitidos a la atmósfera y vertidos en los ambientes acuáticos y terrestres. En la naturaleza existen diversos elementos químicos, uno de ellos es el cadmio, este llega a los sistemas acuáticos por diversas actividades antropogénicas, cuando este elemento está a concentraciones superiores debido a desequilibrios naturales o actividades antropogénicas, pudiendo ser tóxicos para los seres vivos. El cadmio es un metal pesado debido a su densidad y porque causa un impacto ambiental debido a su toxicidad.

## Marco teórico

### Antecedentes

Víctor Raúl Poma Llantoy, Ana C. Valderrama Negrón- Laboratorio de investigación en biopolímeros y metalofármacos (LIBIPMET), Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo título de la investigación es: Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua)-2014, en el cual se da a conocer estudió la capacidad de sorción de los iones metálicos Cd (II) y Hg (II) de la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). Optimizando concentración de nutrientes, pH y concentración de iones metálicos, a una temperatura ambiente y con soluciones acuosas de Cd (II) y Hg (II). El porcentaje de absorción máxima en *Eichhornia crassipes*, 16,56 % para el Cd (II) y 15,60 % para el Hg (II) en el sétimo día. Se concluyó que la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) es una planta que se puede aprovechar para remover metales en aguas residuales.

### Fitorremediación

#### Definición

Está fundamentada en usar plantar para remediar ambientes contaminados. (Nuñez & Ortega, 2004)

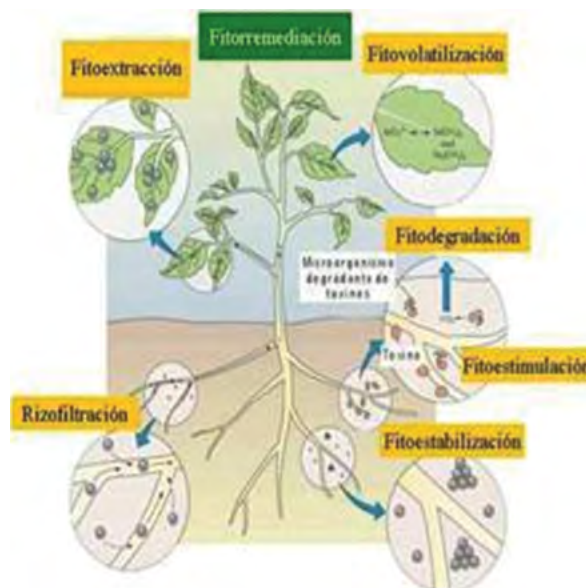
#### Tipos de fitorremediación

Las fitotecnologías están basadas en los mecanismos fisiológicos básicos que tienen lugar en las plantas y en los microorganismos, como: transpiración, fotosíntesis, metabolismo y nutrición. (Delgadillo, Gonzales, & Prieto, 2011)

Según Thangavel y Subharam (2004), dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; esta tecnología de fitorremediación es utilizada como contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización).

## Figura 1

Tipos de fitorremediación, indicando en que zona de la planta es donde ocurre el proceso



Fuente: Núñez (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones.

### Fitoestabilización

La planta desarrolla un denso sistema de raíz y reduce la biodisponibilidad de metales.

Las plantas ejercen un control hidráulico en el área contaminada (Nuñez & Ortega, 2004).

Algunas plantas empleadas con fines de fitoestabilización, son: *Lupinus albus* (Cd, As); *Anthyllis vulneraria* (Zn, Pb, Cd); *Deschampsia cespitosa* (Pb, Cd, Zn); *Cardaminopsis arenosa* (Cd, Zn) y *Brassica juncea* (Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Pb) (Delgadillo, Gonzáles & Prieto, 2011).

Las plantas utilizan la raíz para eliminar contaminantes (Delgadillo, Gonzáles & Prieto, 2011).

### Fitoextracción

Las plantas tienen la capacidad de acumular sustancias contaminantes en las raíces (Nuñez & Ortega, 2004).

### Fitovolatilización

Las plantas absorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos. Llegan hasta las hojas y se volatilizan (Delgadillo, Gonzáles & Prieto, 2011).

### Fitodegradación

Las plantas degradan los diversos contaminantes, especialmente los orgánicos (Nuñez & Ortega, 2004).

### Fitoestimulación

Los exudados de las raíces de plantas van a estimular el desarrollo de microorganismos que degradan contaminantes orgánicos (Nuñez & Ortega, 2004).

## Materiales y métodos

### Materiales y equipos

- Balanza Analítica
- Espectrofotómetro Molecular (UV-VIS)
- Termorreactor
- Tubos de reacción.
- Vasos de precipitación
- Lunas de reloj
- Fiolas
- Frascos lavadores
- Spectroquant® Crack Set 10
- Cubetas descartables 10 mm
- Ácido nítrico 65 % para análisis
- Tiras indicadoras universales pH 0 - 14,
- Hidróxido de sodio 1 mol/l
- Ácido sulfúrico 0,5 mol/l
- Cadmio - solución patrón 1000 mg/l
- Pipetas

### Preparación de las muestras

Se preparó la solución de cadmio a 4,21 ppm; para lo cual, se realizaron lo siguiente:

- Digestión.**- De la muestra inicial se midió un volumen de 1 litro para ser concentrada a 25 ml en una estufa a 100 °C con el fin de aplicar mejor el test de cadmio, siendo su límite de concentración de 0,002 a 0,500 mg/l Cd.

Aforada la muestra a 25 ml se mide 10 ml en un tubo de ensayo resistente al calor y se digesta con Spectroquant® Crack Set 10; se mide el pH de 5 a 8; luego, se agrega una gota de R-1; mezclar, después, una dosis de R-2 y se coloca el tubo con la muestra en el termorreactor durante una hora a 120 °C.

Después de enfriar la muestra se agrega una gota de R-3, para neutralizar la muestra que se encuentra ácida; terminada la digestión, la muestra debe estar completamente clara y transparente.

- Análisis de cadmio por espectrofotometría molecular.**- Se halla la concentración de cadmio en las aguas, utilizando el espectrofotómetro UV-Vis 1202 de Shimatzu y los reactivos de test de cadmio, reactivo Cd-1, reactivo Cd-2 y reactivo Cd-3; previamente, se grafica el espectro de absorción de un estándar de cadmio, hallando a 525 nm la longitud de onda; por medio de estándares de cadmio, a diferentes concentraciones, se elaboró la curva de calibración, que sirvió para hallar la concentración de cadmio.

### Técnica

En un tubo de ensayo, pipetear la muestra digerida 10 ml, luego se añade 1,0 ml del reactivo Cd-1 y mezclar (10 - 40 °C).

Reactivo Cd-2 Añadir 0,20 ml.

Reactivo Cd-3 1 microcuchara, agregar y agitar hasta que se disuelva completamente.

Se deja en reposo 2 minutos, luego introducir la muestra de medición en la cubeta y medir en el fotómetro.

La presencia de un complejo rojo nos determina la presencia de cadmio.

#### Determinación de cadmio

**Principio:** En solución alcalina, los iones de cadmio forman con un derivado de cation (cacion 0 nombre usual de 1-(4-nitrofenil)-3-(4-fenilazo-fenil)(triazeno) un complejo rojo que se determina fotométricamente.

**Técnica:** La muestra debe encontrarse en el intervalo de 3 a 11 de pH; si es necesario, se ajusta con ácido sulfúrico o hidróxido de sodio. Pipetear en un tubo de ensayo 1.0 ml del reactivo Cd-1; añadir 10 ml de muestra con una pipeta y mezclar bien; añadir 0.2 ml del reactivo Cd-2, agitar y; por último, agregar una microcuchara del reactivo Cd-3, agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.

Dejar en reposo dos minutos (tiempo de reacción), luego introducir la muestra de medición en la cubeta y medir la concentración de cadmio en el espectrofotómetro.

#### Cálculos:

Los cálculos correspondientes a la concentración de metal en las muestras, se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración cadmio [mg/l]} = \frac{\text{Concentración cadmio [mg/l]} * 25}{V}$$

Dónde: V = ml de muestra de la muestra

Conocida la concentración inicial de cadmio, se procedió a separar dos muestras con su respectiva réplica de un litro de solución acuosa de ion cadmio, se procedió a colocar el Jacinto de agua; a la primera muestra, se agrega nutriente sintético y; a la segunda muestra, se agrega nutriente elaborado en el laboratorio. Luego de 15 días, se midió el cadmio en las soluciones acuosas de cadmio.

### Diseño de investigación:

**Variable independiente:** Tipo de nutriente

**Variable dependiente:** Concentración del ión cadmio

**Diseño factorial:** 2 x 2 = 4

## Resultados

**Tabla 1**

Concentración de ion cadmio en la solución acuosa de la muestra inicial.

Ensayo	Método	Resultado
Cadmio total	MS-3500- Cd-D-Método Dítizona	4,21 mg/l

**Tabla 2**

Concentración de cadmio en las soluciones acuosas después de 15 días de estar el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en la solución acuosa.

Muestras	Nutrientes	Concentración de Cd en mg/l
MA1	Sintético	1,06
MA2		1,42
MB1	Elaborado	1,86
MB2		1,59

**Tabla 3**

Remoción del ion cadmio.

Muestras	Nutrientes	% remoción de cadmio	Promedio remoción (%)
MA1	Sintético	74,82	70,55
MA2		66,27	
MB1	Elaborado	55,82	59,03
MB2		62,23	

## Discusión

Poma & Valderrama (2014) estudiaron la capacidad de sorción de los iones metálicos Cd (II) y Hg (II) de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). El porcentaje de absorción máxima en *Eichhornia crassipes* fue de 16,56 % para el Cd (II) en el séptimo día. En el presente estudio, el mayor porcentaje de remoción fue de 70,55 % en 15 días, en el cual, también se demuestra la efectividad de remoción del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

## Conclusiones

- El mejor nutriente para el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) es el nutriente sintético.
- El mejor tiempo para la remoción del ión cadmio por Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) fue de 15 días.
- La concentración del ión cadmio en la solución acuosa es de 1,24 mg/l y 1,73 mg/l con nutriente sintético y nutriente elaborado, respectivamente.
- La fitorremediación del ión cadmio mediante la especie Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en soluciones acuosas llegó a remover hasta el 70,55 % de cadmio.

## Recomendaciones

- Utilizar muestras de agua provenientes de la contaminación por cadmio.
- Evaluar otros metales pesados para comprobar la eficiencia de la fitorremediación del Jacinto de agua.
- Comprobar la eficiencia de otras plantas con capacidad de fitorremediación.

## Referencias bibliográficas

- Delgadillo, A.; Gonzáles, C. & Prieto, F. (2011). *Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16.
- Eddy, M. (1999). *Ingeniería de aguas residuales*. 3ra Edición Ed. McGraw-Hil.
- Guillermo, K. R. (2009). *Toxicología fundamental*. Sevilla: 4º Editorial .
- Jorge Martelo, J. A. (2012). *Macrófitas flutuantes no tratamiento de aguas residuales*. España.
- Rodríguez Serrano, M.; Martínez de la Casa, N.; Romero Puertas, M. C.; Del Río, L. A. & Sandalio, L. M. (2008). *Toxicidad del cadmio en plantas*. Ecosistemas 17(3):139-146.
- Díaz Díaz, M<sup>a</sup>. A. (2014). *Concentración de cadmio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores asociados*. Tesis para optar al grado de doctor. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Manuel, J. R. (1995). *Toxicología avanzada*. Madrid.
- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición. McGraw-Hill, 1995.
- Núñez, R. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. Ciencia, 70.
- Núñez, R. & Ortega, R. (2004). *Fitorremediación*. Ciencia, 15.
- Poma Llantoy, Víctor Raúl & Valderrama Negrón, Ana C. (2014). *Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua)*. Laboratorio de Investigación en Biopolímeros y Metalofármacos (LIBIPMET). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Ingeniería