

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“CULTIVO DE GERANIO: USO POTENCIAL PARA
REMOVER ARSÉNICO (AS), CADMIO (CD) Y
COBRE (CU) DE SUELOS CONTAMINADOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental



Autora:

Aída del Rosario Obeso Obando

Asesor:

Dr. Ricardo David Vejarano Mantilla

Trujillo - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	12
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
1.4. Hipótesis.....	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	14
2.1. Tipo de investigación	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
REFERENCIAS	27
ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	14
<i>Instrumentos y materiales para el muestreo de identificación de suelos contaminados en el botadero El Milagro.....</i>	<i>14</i>
Tabla 2.....	15
<i>Instrumentos y materiales para la determinación de metales pesados en las muestras de suelo contaminado.</i>	<i>15</i>
Tabla 3.....	21
<i>Concentraciones promedio de As, Cd y Cu (ppm) y porcentajes de remoción (%) con respecto a la concentración inicial de cada metal.....</i>	<i>21</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Botadero El Milagro de la Ciudad de Trujillo.</i>	16
<i>Figura 2. (a) Muestras de suelo contaminado. (b) Procedimiento de homogenización y cuarteado de las muestras de suelo contaminado. (c) Macetas con las respectivas plantas de geranio. (d) Preparación de las muestras para el análisis de metales mediante ICP-OES.</i>	19
<i>Figura 3. Concentración de As (ppm) tras las seis semanas de cultivo de geranio en el suelo contaminado.</i>	22
<i>Figura 4. Concentración de Cd (ppm) tras las seis semanas de cultivo de geranio en el suelo contaminado.</i>	23
<i>Figura 5. Concentración de Cu (ppm) tras las seis semanas de cultivo de geranio en el suelo contaminado.</i>	24
<i>Figura 6. Porcentajes de remoción de As, Cd y Cu en las muestras de suelo contaminado mediante cultivo de geranio.</i>	25

RESUMEN

La fitorremediación es una técnica que se basa en la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, estabilizar o reducir diversos contaminantes del suelo, entre ellos algunos metales pesados. El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad del geranio (*Pelargonium zonale*) para remover arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados. El cultivo del geranio fue realizado en condiciones *ex situ*, durante un periodo de seis semanas, en muestras de suelo obtenidas del botadero El Milagro de la ciudad de Trujillo (Perú). Las concentraciones de As, Cd y Cu en las muestras de suelo disminuyeron significativamente tras el periodo de prueba, mostrando una tolerancia hacia los metales, con una disminución del As y Cd de hasta 74% y 79%, respectivamente, con respecto a la concentración inicial, mientras que para Cu se logró una reducción de hasta 55%. Los resultados sugieren el potencial de remoción de As, Cd y Cu mediante el cultivo de geranio, como alternativa para la recuperación de suelos contaminados con este tipo de metales.

Palabras clave: geranio, remoción de metales, suelos contaminados, arsénico, cadmio, cobre.

Phytoremediation refers to the use of plants to absorb, accumulate, stabilize, or reduce pollutants from contaminated soils, including some heavy metals. The aim of the study was to evaluate the potential of geranium (*Pelargonium zonale*) to remove metals, such as arsenic (As), cadmium (Cd), and copper (Cu), from contaminated soils. For this, geranium plants cultivation was carried out in a system in *ex situ* conditions over a 6-week treatment period, in soil samples extracted from El Milagro dump, of the city of Trujillo (Peru). Concentrations of As, Cd and Cu decreased in soil samples through the cultivation period, showing a significant tolerance of the geranium plants towards these metals, with a decrease of As and Cd, up to 74% and 79%, respectively, with respect to the initial concentration, whereas for Cu decreased of up to 55%. The results suggest the removal potential of As, Cd, and Cu by geranium cultivation, as an interesting alternative for the recovery of contaminated soils with this kind of metals.

Keywords: geranium, metals removal, contaminated soils, arsenic, cadmium, copper.

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

- Bernal, M.P., Clemente R., Vázquez S., & Walker D.J. 2007. Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. Ecosistemas. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 16(2): 67-77.
- Castro, W. 2016. Botadero el Milagro entre los 20 críticos en el mundo. Diario La República. Lima, Perú. Disponible en: <https://larepublica.pe/sociedad/782085-oefa-botadero-de-el-milagro-entre-los-20-criticos-en-el-mundo/>.
- Danh, L.T., Truong, P., Mammucari, R., & Foster, N. 2014. A critical review of the arsenic uptake mechanisms and phytoremediation potential of *Pteris vittata*. *International Journal of Phytoremediation*, 16(5): 429-453.
- Delgadillo-López, A., González-Ramírez, C., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J., & Acevedo-Sandoval, O. 2011. Phytoremediation: an alternative to eliminate pollution. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 597-612.
- Díaz, W. 2016. Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM*, 19(38): 103-110.
- Fernández, S., Poschenrieder, C., Marcenò, C., Gallego, J.R., Jiménez-Gámez, D., Bueno, A., & Afif, E. 2017. Phytoremediation capability of native plant species living on Pb-Zn and Hg-As mining wastes in the Cantabrian range, north of Spain. *Journal of Geochemical Exploration*, 174: 10-20.
- Hernández, A. 2008. *Contaminación por cadmio en suelos aledaños a Met-Mex Peñoles y retención de este metal por el geranio (Pelargonium spp)* (Tesis). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Herrero, Z., Valcárcel, L.A., Montero, A., Estevez, J.R., dos Santos, J.A., Pupo, I., Rodríguez, M., Alberro, N., López, D., & Hernández, D. 2015. Application of Cold Vapor-Atomic Absorption (CVAAS) Spectrophotometry and Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry methods for cadmium, mercury and lead

analyses of fish samples. Validation of the method of CVAAS. *Food Control*, 48: 37-42.

Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V., & Huaranga F. 2012. Contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980-2010, La Libertad-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 3(3): 235-247.

Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in soils and plants. Fourth edition. Boca Raton, United States: CRC Press.

Kim, E.J., & Baek, K. 2019. Selective recovery of ferrous oxalate and removal of arsenic and other metals from soil-washing wastewater using a reduction reaction. *Journal of Cleaner Production*, 221: 635-643.

MINAM. 2012. Quinto Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en el Perú gestión 2012. Ministerio del Ambiente (MINAM). Lima, Perú. Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>.

MINAM. 2014. Guía para Muestreo de Suelos. En el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Ministerio del Ambiente (MINAM). Lima, Perú. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf.

MINAM. 2014. Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. Ministerio del Ambiente (MINAM). Lima, Perú. Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>.

MINSA. 2012. Plan de trabajo de vigilancia y control de riesgos por exposición ocupacional a metales pesados. Dirección General de Salud Ambiental. Ministerio de Salud (MINSA) Lima, Perú. 2012. Disponible en: https://www.minsa.gob.pe/portalweb/06prevencion/prevencion_2.asp?sub5=3.

Moreno-Jiménez, E., Esteban, E., & Peñalosa, J.M. 2012. The fate of arsenic in soil-plant systems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 215: 1-37.

OEFA. 2015. Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Informe 2014-2015: Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Ministerio del Ambiente (MINAM). Lima, Perú. 2015. Disponible en: <http://www.oefa.gob.pe/publicaciones/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-en-gestion-municipal-provincial>.

Orroño, D.I., & Lavado, R.S. 2009. Heavy metal accumulation in *Pelargonium hortorum*: Effects on growth and development. *Phyton*, 78: 75-82.

Patel, A., & Patra, D.D. 2014. Phytoextraction capacity of *Pelargonium graveolens* L'Hér. grown on soil amended with tannery sludge - Its effect on the antioxidant activity and oil yield. *Ecological Engineering*, 74: 20-27.

Prieto, M., Gonzales, C., Román, A., & Prieto, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en las plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 10(1): 29-44.

Sánchez, M. 2010. *Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas* (Tesis). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Squadrone, S., Burioli, E., Monaco, G., Koya, M.K., Prearo, M., Gennero, S., Dominici, A., & Abete, A.C. 2016. Human exposure to metals due to consumption of fish from an artificial lake basin close to an active mining area in Katanga (D.R. Congo). *Science of the Total Environment*, 568: 679-684.