

# FITORREMEDIACIÓN AL PLOMO ASIMILABLE, UNA BIOTECNOLOGÍA PROMISORIA

Méndez A. Sheda<sup>1,a</sup>, Amachi F. Felipe S.<sup>2,b</sup>, Vera Z. Marco<sup>3,c</sup>, Espinosa R. Isabel<sup>4,d</sup>

## RESUMEN

La actividad minera, agrícola y otros, genera metales pesados como el plomo que pueden estar biodisponible ambientalmente y causar daño a los organismos vivos (biota) de los ecosistemas expuestos. El objetivo de la investigación es proponer una alternativa de mitigación al daño ambiental ocasionado por la hiperacumulación de plomo en el ser humano, debida a la actividad antropogénica a través de la fitorremediación del plomo asimilable, usado en países en vías de desarrollo como una tecnología tendiente a descontaminar el medioambiente. La fitorremediación se basa en la utilización de algas, plantas silvestres o introducidas, para la reducción, remoción, degradación o inmovilización de toxinas, descontaminando ecosistemas impactados. Por ello, se hace necesario indagar exhaustivamente más acerca de esta tecnología con el propósito de aplicar en nuestro medio, sus bondades y mitigar los problemas ambientales que vivimos actualmente en Moquegua.

**Palabras clave:** Fitorremediación; Plomo asimilable; Daño ambiental; Impacto ambiental.

## FITORREMEDIATION TO ASIMILABLE LEAD, PROMISING BIOTECHNOLOGY

## ABSTRACT

The activity mining, agricultural and other activities generate lead-heavy metals that may be environmentally bioavailable and cause damage to living organisms (biota) of exposed ecosystems. The objective of the research is to propose an alternative of mitigation to the environmental damage caused by the hyperaccumulation of lead in the human, due to the anthropogenic activity through the phytoremediation of the assimilable lead, used in developing countries as a tending technology to decontaminate the environment. Phytoremediation is based on the use of algae, wild or introduced plants, for the reduction, removal, degradation or immobilization of toxins, decontaminating impacted ecosystems. For this reason, it is necessary to exhaustively investigate more about this technology with the purpose of applying in our environment, its benefits and mitigating the environmental problems that we currently live in Moquegua

**Keywords:** Phytoremediation, Lead assimilable, Environmental damage, Environmental impact.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú.

<sup>c</sup> Ingeniero pesquero. Abogada. M.S. en Economía, con especialidad y mención en Proyectos de Inversión.

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

<sup>d</sup> Doctor en Ciencias en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo

<sup>3</sup> Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua, Perú.

<sup>e</sup> Ingeniero agrónomo con especialidad en Tecnologías de Protección Ambiental

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú.

<sup>f</sup> Bióloga

## INTRODUCCIÓN

Los metales pesados no pueden degradarse ni destruirse con facilidad y constituyen contaminante estables y persistentes en el medioambiente, pueden cambiar su estado de oxidación representando cierta movilidad hacia los seres vivos <sup>(1)</sup>.

Bernal *et al.* mencionan que la permanencia de metales pesados en el suelo es peligrosa para la biota por su tendencia a la bioacumulación y a la biomagnificación a través de la cadena trófica. Por ello, se han desarrollado diferentes tecnologías para eliminar los contaminantes de los suelos afectados como la fitorremediación, cuya base fundamental está en las plantas hiperacumuladoras, las cuales poseen capacidad de tolerancia y alta absorción de metales pesados <sup>(2,3)</sup>, como el *Alopecurus magellanicus bracteatus* (Poaceae) "pasto plomizo" hierba perenne nativa de la puna de Sudamérica <sup>(4)</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Investigación de diseño no experimental, con un enfoque explicativo, analítico, de tipo descriptivo, en el cual se utilizó la observación documental y revisión bibliográfica.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Segura y Soto (citadas por Guillén Núñez <sup>(5)</sup>), buscaron determinar los niveles séricos de plomo, cadmio, arsénico, aluminio y cromo en Torata Alta, que se encuentra más cerca de un yacimiento minero de Southern y Yacango. Tomaron muestras de sangre y, a través de una metodología precisa con técnicas reconocidas a nivel internacional, encontraron metales pesados como plomo, aluminio y cadmio, que son perjudiciales para los habitantes.

El uso del plomo se ha incrementado considerablemente en este siglo, por ello, es importante valorar el efecto que esta desproporcionada movilización del metal está teniendo en sus niveles ambientales, ya que a pesar de las medidas tomadas para evitar o controlar la polución con plomo, los seres humanos siempre han estado expuestos a este elemento, pero los récords de envenenamiento se han incrementado sustancialmente en décadas recientes, debido a su uso como producto del proceso industrial.

En consecuencia, existe la necesidad de reducir significativamente el contaminante del ambiente y controlar la exposición de los seres humanos a su toxicidad <sup>(6)</sup>.

El Pb es el metal tóxico más extendido y presente en casi todos los compartimentos ambientales. En el caso del reino animal, los estudios en mamíferos muestran que bloquea la transmisión del impulso nervioso y la liberación de acetilcolina, posee gran afinidad por las mitocondrias e inhibe la fosforilación oxidativa. Su exposición produce anemia como resultado de dos efectos básicos relacionados con la disminución de la longevidad de los glóbulos rojos y la inhibición de enzimas que intervienen en la síntesis de hemoglobina.

Según Martín <sup>(7)</sup>, cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como disminución de las poblaciones microbianas del suelo. Una vez que los metales se encuentran en el suelo, estos pueden quedar retenidos en el mismo, pero también pueden ser movilizados en la solución del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos <sup>(8)</sup>, como la fitorremediación, cuyo fundamento consiste en las plantas hiperacumuladoras, las cuales poseen reconocida capacidad de tolerancia, alta absorción, acumulación, así como concentración de metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos <sup>(9)</sup>.

La dinámica de metales pesados en el suelo, según Navarro, Vargas, Alvarez, & Alguacil <sup>(10)</sup> incluye cuatro vías: a) movilización a las aguas superficiales o subterráneas; b) transferencia a la atmósfera por volatilización; c) absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas, y d) retención de metales pesados en el suelo.

El plomo se ubica en el grupo IVA (metales) en la tabla periódica. Es un metal gris azulino que se presenta en forma natural y en pequeñas cantidades (0,002%) en la corteza terrestre. Este elemento es generalmente obtenido de la galena (PbS), la anglesita (PbSO<sub>4</sub>) y la curosita (PbCO<sub>3</sub>).

El Pb es tóxico para el sistema nervioso y se asocia con la depresión de muchas funciones endócrinas,

aunque no hay evidencia de efectos teratogénicos o carcinogénicos. El uso más amplio del Pb elemental es para la fabricación de acumuladores, también es usado para la fabricación de tetra-etilo de plomo, pinturas, cerámicas, forros para cables, elementos de construcción, vidrios especiales, pigmentos, soldadura suave y municiones. El Pb en el suelo, se encuentra principalmente en forma de Pb<sup>2+</sup>, también es conocido su estado de oxidación +4. Algunos de los compuestos insolubles son Pb(OH)<sub>2</sub>, PbCO<sub>3</sub>, PbS, PbSO<sub>4</sub> <sup>(11)</sup>.

Según EPA <sup>(12)</sup>, en la fitorremediación las sustancias químicas pueden pegarse o absorberse a las raíces de plantas metalofitas. La acción de microorganismos que viven en las raíces de las plantas pueden transformar las sustancias químicas en menos dañinas, remediando de esta forma el lugar donde viven y ello va a depender de varios factores tales como cantidad de sustancias químicas tóxicas presentes, dimensión y profundidad del sitio contaminado, tipo de suelo y condición ambiental. La fitorremediación contempla seis procesos básicos a través de los cuales las plantas pueden aplicarse a medios contaminados con sustancias orgánicas e inorgánicas: (a) fitoextracción; (b) fitoestabilización; (c) fitoinmovilización; (d) fitodegradación; (e) fitovolatilización, y (f) rizofiltración <sup>(13)</sup>.

La fitorremediación posee las siguientes ventajas: (a) Los metales absorbidos por las plantas pueden ser extraídos de la biomasa y se pueden reciclar; (b) Se pueden usar para limpiar una gran variedad de contaminantes, por la capacidad de las raíces para absorber metales, y (c) Reduce la entrada de contaminantes al ambiente, disminuyendo su salida a los sistemas de aguas subterráneas, las plantas atrapan los contaminantes <sup>(14)</sup>.

En su mayoría, las plantas poseen un potencial para absorber una amplia variedad de metales del suelo, pero la mayor parte de las plantas tienden solamente a absorber los que son esenciales para su supervivencia y desarrollo. Existe una notable excepción de esta regla para un pequeño grupo de plantas que pueden tolerar, absorber y trasladar altos niveles de ciertos metales, estas plantas reciben el nombre de hiperacumuladoras <sup>(15)</sup>.

Una definición propone que si una planta contiene más de 0,1% de Ni, Co, Cu, Cr y Pb o 1% del Zn en sus hojas sobre una base del peso seco, esta puede ser llamada

una hiperacumuladora, independientemente de la concentración del metal en el suelo <sup>(16)</sup>. El entorno de las hiperacumuladoras revela la necesidad de impulsar mayores conocimientos multidisciplinarios que aumenten la rentabilidad y eficacia de dichas plantas, sus aplicaciones son interesantes en muchas áreas, y particularmente importantes en la protección del ambiente <sup>(17)</sup>.

Desde el punto de vista fitogeográfico, las mayores biodiversidades de metalofita se encuentran en América Latina. Sin embargo, las plantas hipermetalofitas están distribuidas, según Ortiz Romero & Aranibar Aranibar <sup>(18)</sup>, en todos los continentes.

Trabajos sobre fitorremediación se han desarrollado en el distrito de Ilo, departamento de Moquegua, Loma de Carrizales, investigadores de la Universidad Nacional de Moquegua buscaron identificar condiciones a las que se puede introducir una especie costera tolerante a metales como es tabaco cimarrón (*Nicotiana glauca*), la misma que en suelos altamente contaminados logró conseguir plántulas estables y viables <sup>(19)</sup>.

Las técnicas de fitorremediación se pueden dividir en: fitoextracción (absorción de metales pesados o sustancias tóxicas a partir de suelos contaminados); rizofiltración (absorción de metales o sustancias tóxicas a partir de aguas contaminadas); fitoestabilización (utilización de plantas que secretan sustancias que inmovilizan las sustancias tóxicas en el suelo); fitodegradación (implica la absorción, metabolización y transformación de las sustancias tóxicas de la naturaleza orgánica); fitovolatilización (comprende la absorción de sustancias tóxicas y sus liberación en forma no tóxica) y remoción de polutantes desde el aire. El éxito de un sistema de fitorremediación dependerá de su capacidad de hiperacumular o acumular sustancias tóxicas. Asimismo, la resistencia a los agentes tóxicos dependerá del desarrollo de mecanismos de evitamiento que involucra cambios morfológicos (raíz, tallo y hojas) y tolerancia, que comprende respuestas del protoplasma, produciendo cambios metabólicos, bioquímicos y moleculares. En conclusión, el manejo de estas características y el diseño de este biosistema permitirán la eficiencia de esta biotecnología en la descontaminación de suelos, agua, sedimentos y aire, a costos menos onerosos y más prácticos.

## CONCLUSIONES

De la observación documental se deduce que los habitantes del distrito de Torata Alta que pertenecen al departamento de Moquegua, se encuentran contaminados con metales pesados como plomo, aluminio y cadmio.

La planta tabaco cimarrón (*Nicotiana glauca*) se puede utilizar en el proceso de fitorremediación, ya que esta planta se ha reportado viable en suelos contaminados con metales pesados en Loma de Carrizales del distrito de Ilo, departamento de Moquegua.

La fitorremediación y su efecto potencial para la absorción de metales pesados es una alternativa potencial para la descontaminación de ecosistemas contaminados con metales pesados.

## RECOMENDACIONES

Se deben realizar investigaciones acerca de las causas de la contaminación con metales pesados de las personas afectadas.

Buscar alternativas de mitigación de la acumulación de metales pesados en seres humanos, a través de la descontaminación del suelo, agua y aire por el proceso hiperacumulación de los mismos en plantas.

Se debe promover investigaciones que busquen especies de plantas nativas o introducidas potenciales fitorremediadoras que se adapten al clima. Aunque falta discriminar el origen de los minerales, porque también se encuentran en la naturaleza y en el mismo CO<sub>2</sub> que expulsan los vehículos. A nivel de las regiones del sur no existen estudios anteriores para contrastar los resultados actuales<sup>(20)</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Vullo DL. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medioambiente. *Química Viva*. 2003 diciembre; 2(3): p. 93-104.
- Barceló J, Poschenrieder C. Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science*. 2003; 2(3): p. 333-344.
- Saad I, Castillo J, Rebolledo D. Fitorremediación: estudio de inteligencia tecnológica competitiva. *Sinnco*. 2009; p. 1-15.
- Dogan M. A Concise Taxonomic Revision of the Genus *Alopecurus* L. (Gramineae). Investigación. Ankara: Middle East Technical University, Department of Biology - Faculty of Arts and Science; 1999.
- Aranguren Z. F. El plomo en el medio geográfico: una amenaza silente. *Geoenseñanza*. 1999 enero-junio; 4(1): p. 121-155.
- Martin CW. Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill, River Lahn, Germany. *Catena*. 2000 febrero 28; 39(1): p. 53-68.
- Pagnanelli F, Moscardini E, Giuliano V, Toro L. Sequential extraction of heavy metals in river sediments of an abandoned pyrite mining area: pollution detection and affinity series. *Environmental Pollution*. 2004 noviembre; 132(2): p. 189-201.
- Padmavathamma PK, Li LY. Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. *Water Air Soil Pollut*. 2007 setiembre; 184(1): p. 105-126.
- Navarro P, Vargas C, Alvarez R, Alguacil FJ. Cementación de oro con polvo de conc en soluciones de lixiviación con amoniaco-tiosulfato. *Revista de Metalurgia*. 2005; 41(1): p. 12-20.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Online].; 2015. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/about/index.html>.
- EPA. Guía del ciudadano para la Fitorcorrección. United States Environmental Protection Agency. 2001 diciembre; p. 542-F-01-002.
- Vazquez S, Clemente R, Walker DJ, Bernal MP. Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. *Ecosistemas*. 2007; 16(2): p. 1-14.
- Agudelo Betancur LM, Macias Mazo KI, Suárez Mendoza AJ. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Lasallista de Investigación*. 2005 enero-junio; 2(1): p. 57-60.
- Chen B, Christie P, Li X. A modified glass bead compartment cultivation system for studies on nutrient and trace metal uptake by arbuscular mycorrhiza. *Chemosphere*. 2001 enero 21; 42(2): p. 185-192.
- Robinson BH, Lombi E, Zhao FJ, McGrath SP. Uptake and distribution of nickel and other metals in the hyperaccumulator *Berkheya coddii*. *New Phytologist*. 2003 mayo; 158(2): p. 279-285.
- Lasat MM. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanisms. *Journal of Environmental Quality*. 2001 noviembre; 31(1): p. 109-120.
- Ortiz Romero R, Aranibar Aranibar MJ. Plantas acumuladoras de metales en relaves mineros del altiplano de la Región Puno. *Investigación Andina*. 2015 diciembre; 15(2): p. 96-107.
- Espinoza Reynoso IDC, Chávez Delgado JC. Introducción de *Nicotiana glauca* en suelos

- provenientes de Loma Carrizales  
– Ilo. In XX Congreso Nacional  
de Biología - CANABIOL 2016;  
2016; Puno. p. 47.
19. Domínguez E, Marticorena C,  
Elvebakk A, Pauchard A.
- Catálogo de la flora vascular del  
parque nacional Pali Aike, XII  
Región, Chile. Gayana Botánica.  
2004; 61(2): p. 67-72.
20. Han FX, Banin A, Kingery WL,  
Triplett GB, Zhou LX, Zheng  
SJ. New approach to studies of  
heavy metal redistribution in  
soil. Advances in Environmental  
Research. 2003 octubre; 8(1): p.  
113-120.

---

**Correspondencia:** Marco Vera Zuñiga

Dirección: Urb. 7 de mayo E-1 , Ilo, Moquegua - Perú

Correo electrónico: mvera\_3@hotmail.com