

Artículo No. 08: Chavez, Á., et al (2016). Fitorremediación como un proceso de descontaminación para lodos de lixiviado provenientes de rellenos sanitarios. *Semilleros*, 3 (5), 87-92.

Fitorremediación como un proceso de descontaminación para lodos de lixiviado provenientes de rellenos sanitarios

Phytoremediation as a process of decontamination for sludge of leachate from landfill

Chávez Porras Álvaro¹, Pinzón Uribe Luis Felipe², Casallas Ortega Nicolás³

Resumen. Para la humanidad es, hoy por hoy, una verdad el saber de la obtención excesiva de desechos, conocidos como residuos sólidos, focalizados en los lugares urbanos y causales de propiciar daños al ambiente. Se tiene como opción de manejo, la disposición final en lugares controlados conocidos como rellenos sanitarios. Estos se diseñan, implementan y operan para que minimizar los impactos ambientales y considerar el menguar la creación de pasivos ambientales que terminan deteriorando área propias para cultivos o asentamientos poblacionales. Este sistema de tratamiento, por confinamiento de desechos, genera gran cantidad de líquidos lixiviados, producto procedente de la degradación y digestión química de la materia orgánica. En el proceso de los líquidos, generalmente sistemas de lodos activados, resulta un subproducto, el lodo de lixiviados; el cual es altamente tóxico, capaz de alterar recursos hídricos subterráneos o superficiales, como también suelos circundantes al relleno; razón por la que deben ser sometidos a un proceso para disminuir la concentración contaminante presente. Este estudio se llevó a cabo mediante el tratamiento de lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana Bogotá, D.C., con un proceso de descontaminación por fitorremediación, en el cual buscó la reducción de valor contaminante de metales pesados, como cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb) y mercurio (Hg). Para el sistema piloto se utilizaron dos especies vegetales como lo fueron la yuca (*Manihot esculenta*) y el rábano (*Raphanus sativus*); determinándose la reducción de estos metales, en el sustrato ajustado, por la eficiencia de las especies vegetales usadas.

Palabras clave: *fitorremediación, lodos de lixiviado, metales pesado y relleno sanitario.*

Abstract. For the humanity is, today, a truth the know of it obtaining excessive of waste, known as waste solid, focused in those places urban and causal of lead damage to the environment. It is management, disposal option in controlled places known as landfills. These are designed, implemented and operating to minimize environmental impacts and consider to reduce the creation of environmental liabilities that end up deteriorating for crops or population settlements area. This system of treatment, by confinement of wastes, generates great amount of liquid leachate, product from of the degradation and digestion chemical of the matter organic. In the process of fluids, usually activated sludge systems, is a by-product, the mud leachate; which is highly toxic, capable of altering resources water underground or surface, as also soils surrounding to the filling; reason why it should be subjected to a process to reduce the pollutant concentration present. This study was carried out by the sludge treatment of leachate from the sanitary fill Doña Juana Bogota, D.C., with a process of decontamination by phytoremediation, which sought the reduction of contaminant value of heavy metals, such as cadmium (Cd), chromium (Cr), lead (Pb) and mercury (Hg). Two plant species were used for the pilot system as they were the yuca (*Manihot esculenta*) and radish (*Raphanus sativus*); determining is the reduction of these metals, in the substrate adjusted, by the efficiency of the species plant used.

Key Words: *heavy metals, landfill, leached sludge and phytoremediation.*

¹ Ingeniero Industrial, Ph.D., Profesor Asistente, Líder Grupo PIT, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Cundinamarca, Colombia. alvaro.chavez@unimilitar.edu.co

² Ingeniero Geógrafo, Ph.D., Profesor Asociado, Investigador Grupo PIT, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia. Luis.pinzon@unimilitar.edu.co

³ Ingeniero Ambiental, Esp., Asistente de Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C., Colombia. tmp.nicolas.casallas@unimilitar.edu.co

INTRODUCCIÓN

Los perjuicios generados por los residuos sólidos – RS, en las localidades urbanas, están fundamentados por su cantidad e inexacta gestión, que empobrece y reduce la calidad de vida de los pobladores y los ecosistemas circundantes.

Siendo los RS cualquier objeto o material consecuencia del empleo de elementos de origen orgánico e inorgánico. El malogro de la calidad de vida ocasionada ha adelantado, considerando el acrecimiento poblacional y el proporcional incremento de las cantidades de desechos, lo que hace necesario el conseguir franjas para su acaparamiento. Siendo una intranquilidad los cambios creadores de impactos y pasivos ambientales; como también, la afectación del funcionamiento de los sistemas, por las descontroladas actividades antrópicas, en los cuerpos hídrico y suelos. (USEPA, 1997; Duarte et al., 2006)

El perfeccionamiento de iniciativas que prestan y hacen grato el modo de vida están basadas en la disposición adecuada, como consecuencia del desarrollo tecnológico; estos residuos contaminantes de dispareja composición son estacionados directamente en el suelo para su degradación. Los progresos científicos y tecnológicos velan por averiguar alternativas de tratamiento, por ser más difícil su degradación por medios naturales debido a las cantidades manejadas. Siendo los rellenos sanitarios la forma más manejada con técnicas de gestión sostenibles con el medio ambiente. Éstos han florecido como opción de destino final para los RS.

Durante la actividad se crean subproductos, como lixiviados que demandan tratamiento antes de la eliminación en los cuerpos de agua. En éste se genera el lodo de lixiviado, el cual posee una estructura presenta de altas concentraciones de metales pesados - MP y

una diversidad de compuestos contaminantes, que son acomodados y soterrados en celdas especiales de encapsulamiento. Se entiende como MP elementos perjudiciales para seres vivos y medio ambiente; su valoración establece la calidad de aguas y suelos, basados en su concentración y forma química localizada. Siendo la concentración baja son altamente tóxicos y su degradación poco se logra por medios naturales, bioacumulándose en los organismos vivos del ecosistema.

Estos rellenos técnicamente presentan diferentes formatos o son considerados de varios tipos. El de tipo manual los trata con más operarios y pocas o ninguna maquinaria. Generalmente usado en distritos pequeños generadores de hasta 15 t/día. Los semi-mecanizados que tratan entre 16 y 40 t/día, armonizando la labor manual y maquinaria pesada. Y el relleno mecanizado, con tratamiento de cantidades mayores a 40 t/día, con tecnología para su acopio y clasificación, compactación, formación de celdas, excavaciones y transporte.

En general, en ellos se origina el lixiviado, líquido formado en la putrefacción bioquímica, en un proceso de degradación y percolación de lluvia por las celdas. Tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales especializadas generando un residuo secundario conocido como lodo de lixiviado originario de la precipitación de material particulado.

Para su tratamiento se hacen procesos fisicoquímicos, biológico aerobios y desnitrificación. Se reduce su nivel contaminante para facilitar su manejo, con menos volumen y su poder de fermentación. Proceso basado en la rebaja de la cantidad de materia orgánica – MO, de la eliminación de patógenos y el logro de niveles apropiados

de disposición, posterior a la transformación química con el proceso de lodos activados (espesamiento, estabilización, deshidratación y evacuación). El sustrato final envuelve menor cantidad de MO, transformación de elementos como N, P y K (favorecedores del desarrollo vegetal) y disminución de MP (tóxicos para los seres vivos); razón para desarrollar su tratamiento y poder reutilizarlos en las coberturas del relleno o como enmiendas de suelos degradados. (USEPA, 1997; Jaramillo, 2002; MMAA, 2002; MMAA, 2010; González, 2008)

Uno de estos procesos, la fitorremediación, es una técnica de digestión química que consiste en el uso de especies vegetales con la intención de minimizar agentes contaminantes en el ambiente, por sus procesos de degradación, descomposición y transformación, tanto de hidrocarburos como de MP. Usando microorganismos para la degradación de compuestos orgánicos como sulfuros, ácidos orgánicos e hidrocarburos, como también MP.

Para la fitorremediación existen varias técnicas metodológicas definidas, según las circunstancias técnicas previstas. (Garbisu, Amézaga & Alkorta, 2002; Prasad y Freitas, 2003; Núñez et al, 2004; Pathak, 2009; Sánchez, 2010; Morales, 2007 citado por Gómez, 2012; Gómez y Pinzón, 2012; Maldonado, 2012; Ali, 2013; Bravo, 2014).

-La fitodegradación.- la cual consiste en el proceso mediante reacciones enzimáticas, donde las plantas transforman contaminantes orgánicos en sustancias menos tóxicas, en asociación con microorganismos cercanos al sistema de la raíz;

-La fitoestimulación.- donde las secreciones de las raíces favorecen el crecimiento de microorganismos, hongos y bacterias que mineralizan los contaminantes;

-La fitovolatilización.- desde la raíz, la planta metaboliza y transporta algunos

componentes y elementos que luego libera en la transpiración;

-La fitoestabilización.- las plantas que tienen un sistema de raíz denso reducen la biodisponibilidad de los MP, evitando su paso a mantos freáticos;

-La fitoextracción.- algunas especies de plantas que se cosechan con facilidad acumulan los agentes contaminantes en raíces, tallos o follaje, principalmente extrayendo MP, basados en procesos de oxidación-reducción.

Se usa la especie *Raphanus sativus*, rábano, planta hortense que desarrolla alrededor de 30 centímetros de cuerpo, careciendo de tallo; con raíz (blanca y jugosa) y con cascara (rojiza) de forma redondeada, cónica o de trompa, cuyo extremo inferior termina en punta con pelos absorbentes.

También la especie *Manihot esculenta* o yuca, con raíz cilíndrica y alargada (generalmente de 1 m de largo y los 10 cm de diámetro); cáscara dura, leñosa e incomedible; reportándose su uso en fitorremediación de metales como cobre, níquel y plomo.

El objetivo del trabajo presenta la utilización de estas dos especies vegetales (yuca y rábano) en un proceso de fitorremediación, para la descontaminación - reducción de la concentración de MP, presentes en lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá, D.C., Colombia.

Como alternativa de aprovechamiento y utilización de los lodos tratados, determinando la eficiencia de retención de los contaminantes. Esta propuesta plantea degradar y usarlos en las coberturas de sello del relleno o en suelos degradados, transformarlos en componentes que no sean considerados nocivos para los seres vivos.

Materiales y Métodos

-Se tomaron muestras de lodos de lixiviado del Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá, D.C., Colombia - RSDJ, procesados mediante el sistema de lodos activados.

-Se analizó la presencia y concentración de Metales Pesados:

- . Cadmio (Cd);
- . Cromo (Cr);
- . Plomo (Pb);
- . Mercurio (Hg).

-Se seleccionaron como especies el tubérculo yuca (*Manihot esculenta*) y el bulbo rábano (*Raphanus sativus*), por sus capacidad carnosa y de retención de minerales.

-Se sembraron de cada especie, por un periodo de cuatro meses, 50 individuos.

-Se montaron reactores de fitorremediación o camas elaboradas en láminas de madera,

cubiertas de plástico, con dimensiones de 2,0 x 1,0 m y una profundidad de 0,5 m. - con dos divisiones internas a lo largo.

-Se indicaron áreas de sembrado E1, E2 y E3. En los espacios E1 y E2 se procedió a la siembra de las plántulas.

-El área E3 se reservó como reactor de control (con sustrato del lixiviado - no se sembró ninguna plántula).

-Se evaluó el sustrato inicial, lodo de lixiviado, para determinar la concentración de los metales de las tres áreas (E1, E2 y E3).

-Completo el tiempo de cultivo de cuatro meses.

-Se valoraron los contenidos de concentración metálica del sustrato final.

Resultados y discusión

Se consideró despreciable la modificación para la división E3, presentando variaciones inferiores al 3% (porcentaje considerado como error en el muestreo).

Con los valores para las divisiones E1 y E2, se estableció la eficiencia de remoción en el sustrato.

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos, donde aparecen los datos iniciales del sustrato “lodo de lixiviado” para el cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb) y mercurio (Hg); como también los resultados y porcentaje de remoción evaluada, después del proceso de fitorremediación.

Se redujo la concentración de metales pesados evaluados (cadmio - Cd, cromo - Cr, plomo - Pb y mercurio – Hg).

Estimando una eficiencia de remoción de:

Cd

30% para en yuca

10% en rábano;

Cr

10% para en yuca

40% en rábano;

Pb

50% para en yuca

20% en rábano;

Hg

25% para en yuca

0% en rábano.

Siendo la especie vegetal más eficiente en el proceso de fitorremediación de Lodos de LIXIVIADOS la yuca (*Manihot esculenta*).

Como alternativa de aprovechamiento y utilización, del metal fitoextraído, al tenerlo concentrado en la estructura orgánica de la planta.

Tabla 1. Resultado sustrato “lodo de lixiviado” antes y después del proceso

Parámetros	Valor Inicial	Resultado de sustrato		Resultado de sustrato	
		Yuca (<i>manihot esculenta</i>)	% de Remoción	Rábano (<i>raphanus sativus</i>)	% de Remoción
Cadmio (Cd)	0,350 mg/kg		30		10
Cromo (Cr)	180,5 mg/kg		10		40
Plomo (Pb)	21,4 mg/kg		50		20
Mercurio (Hg)	620 ug/kg		25		10

CONCLUSIONES

La obtención descomunal de residuos sólidos en los focos urbanos ha favorecido el tener daños enormes en el ambiente, tanto en los cuerpos de agua como en los suelos. Aunque los rellenos sanitarios son una opción utilizada para la disposición final en el control de impactos y pasivos ambientales, el acrecentamiento desmedido de basuras se traduce en el aumento en la producción de lixiviados.

Éstos son tratados en su mayoría con sistemas de lodos activados, lo que permite disminuir sus cargas contaminantes. En el proceso se obtiene el lodo de lixiviados, el cual se propone tratar con sistemas de fitorremediación. Para el estudio con lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana Bogotá, D.C. y el uso las especies, yuca (*Manihot esculenta*) y rábano (*Raphanus sativus*).

De esta forma se redujo la concentración de MP (determinados cadmio - Cd, cromo - Cr, plomo - Pb y mercurio - Hg.

Valorando una eficiencia de remoción de: 30% para Cd en yuca y 10% en rábano; 10% para Cr en yuca y 40% en rábano; 50% para Pb en yuca y 20% en rábano; y 25% para Hg en yuca y 10% en rábano.

Presentándose como la especie vegetal más eficiente en el proceso de fitorremediación de Lodos de LIXIVIADOS la yuca (*Manihot esculenta*).

Lo anterior puede considerarse como posibilidad de tener alternativa de aprovechamiento y utilización, del metal fitoextraído, al tenerlo concentrado en la estructura orgánica de la planta.

Adviértase que la concentración de los MP en los lodos de lixiviado, luego del proceso de fitorremediación, sigue siendo considerable, por lo que no se pueden utilizar en procesos agrícolas.

Requiriéndose la complementación con otros tratamientos y/o mezcla con otros sustratos.

Referencias bibliográficas

[1] Gómez, H., Pinzón, G. (2012). Análisis de la mitigación del impacto ambiental en el lago del Parque La Florida, Por Fitorremediación usando buchón de agua.

[2] Galán, Emilio y Romero, Antonio (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. Macla No. 10, pp. 48-60.

- [3] United Nations Environment Programme, Interim review of scientific information on Cd.
- [4] González Ortégón, Elsy (2008). Análisis Comparativo por zonas de la calidad de lixiviado respecto al tiempo de residencia en el Relleno Sanitario Doña Juana. Universidad El Bosque, pp. 25-30.
- [5] Jaramillo, J. 2002. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS /CEPIS). Colombia. 303 p.
- [6] Nuñez, A., Vong, Y., Ortega, R., Olguín, E. (2004) Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Ciencia, pp. 69-82. 14.
- [7] Zawierucha, I., Kozłowski, C., Grzegorz, M., (2013). Removal of toxic metal ions from landfill leachate by complementary sorption and transport across polymer inclusion membranes, vol. 33, pp. 2129-2136.
- [8] Peralta-Pérez M del R., Volke-Sepúlveda, T.L. (2012) "La defensa antioxidante en las plantas: Una herramienta clave para la fitorremediación" Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 11, pp.75-88
- [9] Maldonado, A., Luque, C., Urquiza, D. (2012) "Biosorción de Plomo de aguas contaminadas utilizando Pennisetum clandestinum Hochst (Kikuyo). Revista Latinoamericana Metal. Mat. Vol. S4, 52-57.