

Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos

Lina Marcela Agudelo Betancur¹/ Karina Isabel Macias Mazo¹/ Alfredo José Suárez Mendoza¹

Líneas de investigación: Tratamiento de aguas y bioindicadores ambientales. Grupo de Investigación Aplicada en Medio Ambiente GAMA. Semillero de Investigación en Gestión y Medio Ambiente SIGMA.

Phytoremediation as an alternative to absorb heavy metals from biosolids

Resumen

Los biosólidos provienen especialmente de los tratamientos de aguas residuales. Como una forma de solucionar los problemas que estos traen al ambiente se tiene la fitorremediación como alternativa eficaz y económica para garantizar que estos biosólidos no contengan cargas tan altas de contaminantes, como metales pesados, y que puedan ser utilizados para abonar el suelo, entre otras tantas alternativas.

Palabras clave: Biosólido. Fitorremediación. Contaminación.

Abstract

Biosolids come from the treatment of waste water. As a special way to solve the problems they bring to environment, phytoremediation becomes an effective and cheap way to guarantee the result of biosolids without high content of contaminants, as heavy metals, and also guarantees that biosolids can be used as manure, among many other uses.

Key words: Biosolid. Phytoremediation. Contamination.

Introducción

Actualmente, en el departamento de Antioquia existen numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales que generan biosólidos, adicionando otro problema en la disposición final de residuos, desconociéndose las concentraciones de metales que tienen en su composición.

A pesar de la existencia de tratamientos para estos biosólidos -deshidratación, incineración, entre otros-, en nuestro país no contamos con la tecnología, ni los recursos necesarios para realizar estas prácticas, por lo que es importante investigar alternativas diferentes, que tengan unos costos menores para la solución de esta problemática. Entre las múltiples alternativas que se presentan están, el compostaje, la fitorremediación, la biorremediación, y el lombricultivo.

Es por esto, que como forma de aprovechamiento, la fitorremediación constituye una alternativa

que puede ser económica y muy eficaz, para el aprovechamiento y tratamiento de este tipo de biosólidos.

Los biosólidos

Los biosólidos son los materiales orgánicos, ricos en nutrientes que resultan del tratamiento de las aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento. Son un recurso beneficioso, pues contienen nutrientes esenciales para las plantas y son materia orgánica, que puede ser reciclada para uso como fertilizante y abono, mejorando y conservando las tierras productivas y estimulando el crecimiento de las plantas.

Muchas ciudades todavía, vierten sus aguas negras sin tratar directamente en los ríos, lagos y bahías del país. Gracias a la regulación de estas descargas, en la actualidad los gobiernos locales tienen la obligación legal de tratar sus aguas

¹ Estudiante de ingeniería ambiental de la Corporación Universitaria Lasallista.

Correspondencia: Karina Isabel Macias Mazo, email: kamacias@epm.net.co

Fecha de recibo: 01/07/2005; fecha de aprobación: 19/07/2005

residuales y tomar la decisión de reciclar los biosólidos como fertilizantes, incinerarlos o enterrarlos en un relleno sanitario.²

El tratamiento de los biosólidos, empieza antes de que las aguas negras lleguen a la planta de tratamiento de aguas residuales. En muchos sistemas grandes de tratamiento de aguas residuales, las disposiciones legales requieren que los centros industriales den tratamiento preliminar a esta agua, para extraer muchos contaminantes peligrosos, antes de enviarlas a una planta de tratamiento.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales monitorean las corrientes de aguas negras entrantes para asegurar la reciclabilidad y compatibilidad con el proceso de la misma planta. Una vez que estas aguas llegan a la planta, pasan por procesos físicos, químicos y biológicos, que las limpian y extraen los sólidos. Si es necesario, los sólidos se tratan a su vez con cal para elevar el nivel de pH y así eliminar los olores desagradables. Los procesos de tratamiento sanean las aguas residuales para controlar los agentes patógenos (organismos que causan enfermedades, como ciertas bacterias, virus y parásitos) y otros organismos capaces de transmitir enfermedades.³

Después de darles tratamiento y procesarlos, los biosólidos pueden reciclarse y aplicarse como fertilizante para mejorar y conservar las tierras productivas y estimular el crecimiento de las plantas. La aplicación controlada de biosólidos a la tierra, completa un ciclo natural en el medio ambiente, en lugar de ocupar espacio en un relleno sanitario o en otro centro de desechos.^{3,4}

La EPA de Estados Unidos, calcula que las 16.000 plantas de tratamiento de aguas residuales generan aproximadamente 7 millones de toneladas de biosólidos. Alrededor de 60% de todos los biosólidos, se usan de manera benéfica como fertilizante en las tierras de cultivo después del tratamiento; 17% termina enterrado en un relleno sanitario; 20% se incinera; y cerca de 3% se utiliza como relleno de tierra o cubierta de recuperación de minas. Sólo un pequeño porcentaje (mucho menos del 1%) del total de la oferta de alimentos se fertiliza con biosólidos, los que también contienen materia orgánica valiosa que mejora la calidad y estructura de la tierra.⁴

Décadas de estudios, han demostrado que los biosólidos pueden usarse sin peligro en los culti-

vos alimenticios concluyendo de esto que «el uso de estos materiales en la producción de cosechas para consumo humano cuando se practican de acuerdo con los lineamientos existentes, presentan muy pocos riesgos para el consumidor, la producción de cultivos y el medio ambiente».³ Los nutrientes que se encuentran en los biosólidos, como el nitrógeno, fósforo y potasio, y los oligoelementos, como el calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, azufre y zinc, son necesarios para la producción y crecimiento de las cosechas. El uso de los biosólidos reduce los costos de producción del agricultor y repone la materia orgánica que se va agotando con el tiempo. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, ya que aumenta la capacidad de la tierra para absorber y almacenar la humedad. Los cultivos aprovechan de manera muy eficiente el nitrógeno orgánico y el fósforo que se encuentran en los biosólidos porque estos nutrientes vegetales se liberan lentamente a lo largo de la temporada de cultivo. Esta eficiencia disminuye las probabilidades de contaminación de nitrógeno y fósforo en los mantos de aguas freáticas.²

Reglas acerca de dónde pueden aplicarse los biosólidos

Para determinar si se pueden aplicar biosólidos en una plantación específica, por lo general la persona que va a llevar a cabo la aplicación realiza una evaluación de la idoneidad del sitio. La evaluación examina los suministros de agua, las características del suelo, las pendientes, vegetación, necesidades de cultivo y las distancias a los mantos de agua superficial y subterránea.

Hay diferentes clases de biosólidos: *los Clase A* no contienen niveles detectables de agentes patógenos, satisfacen los requerimientos estrictos de reducción de atracción de vectores y niveles bajos de contenido de metales y sólo tienen que solicitar permisos para garantizar que estas normas tan estrictas han sido cumplidas. *Los Clase B* reciben tratamiento, pero aún contienen niveles detectables de agentes patógenos; estos tienen restricciones al acceso público. La planeación del manejo de nutrientes garantiza que se apliquen biosólidos a la tierra agrícola en las cantidades y las calidades apropiadas.

La aplicación de biosólidos se calcula específicamente, para que coincida con los requerimientos

de captación de nutrientes del cultivo en particular. Los técnicos en manejo de nutrientes, trabajan con la comunidad agrícola para asegurar la aplicación adecuada a las tierras y el control de los nutrientes.⁴

La fitorremediación

La fitorremediación (*phyto = planta y remediación = mal por corregir*), es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. Los mecanismos de fitorremediación incluyen la rizodegradación, la fito-extracción, la fitodegradación y la fitoestabilización.⁵

La *rizodegradación* se lleva a cabo en el suelo que rodea a las raíces. Las sustancias excretadas naturalmente por éstas, suministran nutrientes para los microorganismos, mejorando así su actividad biológica. Durante la *fitoextracción*, los contaminantes son captados por las raíces (fitoacumulación), y posteriormente éstos son trasladados y/o acumulados hacia los tallos y hojas (*fitoextracción*). En la *fitoestabilización*, las plantas limitan la movilidad y biodisponibilidad de los contaminantes en el suelo, debido a la producción en las raíces de compuestos químicos, que pueden adsorber y/o formar complejos con los contaminantes, inmovilizándolos así en la interfase raíces:suelo. La *fitodegradación* consiste en el metabolismo de contaminantes dentro de los tejidos de la planta, a través de enzimas que catalizan su degradación.

La fitorremediación puede aplicarse eficientemente para tratar suelos contaminados con compuestos orgánicos como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX); solventes clorados; HAPs; desechos de nitrotolueno; agroquímicos clorados y organofosforados; además de compuestos inorgánicos como Cd, Cr(VI), Co, Cu, Pb, Ni, Se y Zn. Se ha demostrado también su eficiencia en la remoción de metales radioactivos y tóxicos de suelos y agua.⁶

Existen varias *limitaciones* que deben considerarse para su aplicación:⁷

- El tipo de plantas utilizado: determina la profundidad a tratar.

- Altas concentraciones de contaminantes pueden resultar tóxicas.
- Puede depender de la estación del año. Y:
- La toxicidad y biodisponibilidad de los productos de la degradación no siempre se conocen y pueden movilizarse o bioacumularse en animales.

Cuando las plantas han absorbido los contaminantes acumulados, pueden ser cosechadas y ser desechadas. Si los contaminantes químicos orgánicos se degradan en las moléculas como el dióxido de carbono, las plantas pueden no requerir ningún método especial de disposición.

La incineración controlada es el método más común para disponer las plantas que han absorbido cantidades grandes de contaminantes. Este proceso produce cenizas, que se pueden desechar en los sitios destinados para tal fin. Para las plantas que han absorbido los metales, la incineración controlada produce las cenizas con altos contenidos de metales.⁸

Ventajas y desventajas de la Fitorremediación

Ventajas

- Los metales absorbidos por las plantas, pueden ser extraídos de la biomasa cosechada y después ser reciclados. La fitorremediación se puede utilizar para limpiar una gran variedad de contaminantes, por su capacidad de absorción de estos metales en sus raíces.
- Puede reducir la entrada de contaminantes en el ambiente, disminuyendo su salida a los sistemas de las aguas subterráneas, por que los contaminantes quedan atrapados en las plantas.

Desventajas

- El metal pesado ó el contaminante emplea el ciclo natural de plantas y por lo tanto toma tiempo.
- La fitorremediación trabaja lo mejor posible cuando los contaminantes están al alcance de las raíces de las plantas, típicamente de tres a seis pies de profundidad para las plantas herbáceas y 10 a 15 pies para los árboles.
- Algunas plantas absorben muchos metales venenosos, lo que implica un riesgo potencial a la cadena alimenticia.⁹

- Para que una tecnología sea sostenible, debe ser económicamente viable y ambientalmente compatible. La fitorremediación utiliza las capacidades existentes de las plantas y de los sistemas que apoyan para limpiar los suelos, siendo más rentable que los métodos usados tradicionalmente para la recuperación de suelos contaminados. La fitorremediación implica menos trabajo y no perturba los alrededores naturales del sitio de la contaminación. Aunque es una técnica que toma tiempo, es una buena manera de hacer uso de los recursos naturalmente existentes.

Conclusión

La fitorremediación constituye una alternativa eficaz y económica para realizar procesos de descontaminación de metales pesados en biosólidos, sin causar deterioro en los suelos en los que son aplicados, disminuyendo la contaminación no solo del suelo, si no también del agua y de los que a partir del suelo, puedan llegar a cualquier organismo vivo.

Referencias

1. CHAUDHRY Q, BLOM-ZANDSTRAM, GUPTA S, JONER EJ .Utilising the synergy between plants and rhizosphere microorganisms to enhance breakdown of organic pollutants in the environment. En: Environ Sci Pollut Res Int. Vol.12, No. 1. (2005) ;p.34-48.
2. GARCIA G, ZANUZZI AL, FAZA. Evaluation of heavy metal availability prior to an in situ soil phytoremediation program. En: Biodegradation. Vol. 16, No. 2 (Marzo 2005); p.187-94
3. LLAMAS A, TREVIÑO ARJONA B. Aprovechamiento de biosólidos como una fuente de energía ecológica. En: Revista transferencia. Monterrey: Tecnológico de Monterrey. Año 17. No. 68. (Octubre 2004). [Citado noviembre 2004] URL disponible en: <http://www.mty.itesm.mx/dire/dire/transferencia/PDF.html>
4. XIA HP. Ecological rehabilitation and phytoremediation with four grasses in oil shale mined land. En: Chemosphere. Vol.54, No. 3 (Enero 2004);p.345-53.
5. STEVEN R. Introduction to phytoremediación. U.S. Environmental Protection Agency. [Citado marzo 22 2005] URL disponible en: <http://www.epa.gov/nrmrl/lrpcd/rcb/introphy.htm> ?
6. USDA. Phytoremediation: Using plants to Clean Up Soils. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture [Citado 8 de junio de 2005] URL disponible en: www.ars.usda.gov/is/ar/archives/jun00/soil0600.htm.
7. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA DE MEXICO. Tecnologías de remediación. [25/03/2003] URL disponible en: http://www.ine.gov.mx/ueajei/publicaciones/libros/372/tecnolog.html?id_pub=372#top.
8. TECHNOLOGY INNOVATIONS OFFICE UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. A Citizen's Guide to Phytoremediation. [Citado: agosto 8 de 1998] URL disponible en: www.cluin.org/download/citizens/citphyto.pdf
9. THE GOVERNMENT OF CANADA'S BIOTECHNOLOGY RESOURCE FOR CONSUMERS, INDUSTRY, SCIENTISTS AND EDUCATORS. Phytoremediation.. [Citado 8 de junio 2005] URL disponible en: <http://www.biobasics.gc.ca/english/view.asp?x=596&all=true>.