

# El potencial de la biorremediación

Candy Estefanía Ocampo Hernández

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

oc278125@uaeh.edu.mx

orcid.org/0000-0002-5721-3096

Recibido: 27 de agosto de 2020  
Aceptado: 10 de octubre de 2020

Fotografía: Candy Estefanía Ocampo Hernández

## Resumen

La biorremediación es una alternativa natural y conveniente para mitigar las concentraciones de contaminantes antropogénicos esparcidos de manera accidental (o intencional) en el medio ambiente. Esta importante actividad se lleva a cabo mediante el uso de microorganismos capaces de degradar e incluso de adecuarse a contaminantes introducidos, lo que sucede gracias a la capacidad misma del organismo de convertir un elemento nocivo en un compuesto fácil de procesar y eliminar del medio. Existen diferentes métodos de biorremediación, ya sean sofisticados o sencillos, los cuales pueden realizarse bajo condiciones *in situ* o *ex situ*. Se espera que en años venideros esta área se desarrolle y se le otorgue mayor importancia, ya que es una opción viable y en muchos casos económica.

**Palabras clave:** Contaminantes, microorganismos, degradación.

## Abstract

Bioremediation is a natural and convenient alternative to mitigate the concentrations of anthropogenic pollutants accidentally (or intentionally) dispersed in the environment. This important activity is carried out through the use of microorganisms capable of degrading and even adapting to introduced pollutants, this happens thanks to the ability of microorganisms to convert a harmful element into a compound that is easy to process and eliminate from the environment. There are different bioremediation methods, whether sophisticated or simple, which can be performed under *in situ* or *ex situ* conditions. It is expected that in coming years this area will develop and be given greater importance, since it is a viable and, in many cases, an economic option.

**Keywords:** Contaminants, microorganisms, degradation.

La biorremediación como una alternativa sustentable y natural para tratar elementos contaminados por sustancias dañinas de origen humano, es una actividad que actualmente ha sido preferida sobre otros tratamientos más industrializados, debido al costo y a la facilidad de adquirir los materiales necesarios.



Actualmente, las industrias, productoras y fábricas generan sustancias nocivas para el medio ambiente, pues liberan desechos que llegan a diferentes ecosistemas. Las acciones que toman las autoridades encargadas de controlar este tipo de actividades también tienen efectos en cuanto al alcance del problema, así como las aplicaciones de reglas o multas que son emitidas. Aunado a lo anterior, las normas y leyes de algunos países que tienen que ver con este ámbito son pobres o deficientes, y por supuesto no respetadas (Buendía-Ríos, 2013).

Existen hoy en día varias formas de contaminar los suelos y acuíferos, incluyendo el drenaje, el uso de plaguicidas en los cultivos (ya que las normas de uso y límites permitidos no son respetadas en muchas de las ocasiones), los desperdicios de industrias, la minería, y otras actividades antropogénicas. Es importante mencionar que no todos los suelos son contaminados de la misma manera; por ejemplo, existen suelos en donde los contaminantes penetran fácilmente, es decir que son altamente permeables, además algunas características de los suelos hacen que el contaminante alcance otras áreas, así, en suelos arenosos los contaminantes viajan más fácilmente, debido a su permeabilidad, en comparación con uno arcilloso (Iturbide, 2010).

## Microorganismos limpiadores

Según Rosario Iturbide (2010) en su libro “¿Qué es la biorremediación?”, se trata de una técnica práctica que limpia los suelos contaminados, utilizando los mismos microorganismos que viven en el suelo y subsuelo; estos microorganismos pueden existir en las plantas, en el agua, tierra y aire, incluso en el cuerpo humano. “En el caso de los microorganismos del suelo son en su mayoría bacterias, protozoos, actinomicetos, hongos y algas.”

Entonces, la biorremediación utiliza estos microorganismos para degradar compuestos; por ejemplo, algunos microorganismos del suelo son capaces de alimentarse de compuestos químicos tóxicos para la naturaleza, como los hidrocarburos. Una vez degradados, se convierten en agua y bióxido de carbono. “Para que los organismos puedan degradar eficientemente el compuesto, son necesarias ciertas condiciones: Una temperatura adecuada, agua suficiente, cantidad de nutrientes adecuada y oxígeno suficiente” (Iturbide, 2010).

## Diferentes formas de limpieza

Existe la biorremediación *in situ* y *ex situ*. La primera es la que se lleva a cabo en el lugar contaminado, y la segunda se lleva a cabo en un lugar preparado. La biorremediación *in situ* a su vez se divide en 4 métodos más: La atenuación natural (proceso intrínseco, actúa sin intervención humana), el bioventeo (suministra aire y nutrientes a un área contaminada mediante tuberías), la bioestimulación (aumenta la actividad de las bacterias endógenas de suelos contaminados proveyéndoles de nutrientes, oxígeno, etc.) y la bioaumentación (se añaden microorganismos al ambiente contaminado) (Cota-Ruiz *et al.*, 2018).

En cuanto a la biorremediación *ex situ*, se conocen diversos métodos, por ejemplo, el landfarming que consiste en remover el suelo contaminado y verterlo en una cama preparada, cuyo fondo tendrá una membrana, y a continuación se estimulan los organismos para que degraden el contaminante. El composteo es



Los contaminantes desechados por las industrias pueden llegar a cualquier ecosistema. Fotografía: Candy Estefanía Ocampo Hernández.

otro método más sencillo, ya que degrada residuos orgánicos por medio del metabolismo microbiano anaerobio. Las biopilas, por su parte, mezclan suelos contaminados con suelos tratados para luego airearlos, este método es muy útil en suelos contaminados por petróleo. El uso de la tecnología de biorreactores trata materiales sólidos o aguas contaminadas. Para tratar suelos contaminados se utilizan biorreactores de sólidos en suspensión, los cuales aumentan la actividad microbiana. Estos están compuestos por una batería para el manejo del suelo, el biorreactor, instalaciones para manejo del suelo tratado e instrumentación para el monitoreo y manejo de los flujos del proceso (Cota-Ruiz *et al.*, 2018).

Como se observa, existen varias alternativas para tratar medios contaminados utilizando la biorremediación, que van desde métodos tan sencillos y económicos como una composta, hasta métodos avanzados y de un precio más elevado como las tecnologías de biorreactores. Se sabe que la biorremediación también incluye el tratamiento de medios contaminados con plantas que tienen determinadas propiedades que les permiten absorber y degradar contaminantes como metales pesados.

## Organismos y materiales unidos para actuar

Existen otros materiales que son fáciles de obtener y de utilizar, por ejemplo, se ha utilizado un compost de aserrín y estiércol para aplicarlo en suelos contaminados por hidrocarburos. Buendía-Ríos (2013) observó respuestas positivas en cuanto al tratamiento, además, dependiendo si el estiércol y el aserrín eran aplicados juntos o separados, se podía observar su viabilidad en la biorremediación, reflejándose en el crecimiento de plantas de maíz, y efectivamente los dos elementos juntos fueron los que tuvieron mayor éxito.

Otros de los organismos que tienen un efecto observable para degradar contaminantes son los hongos, un ejemplo de esto se observó en un estudio de Coello y Burgos en el 2012, en el que utilizaron al hongo *Pleurotus ostreatus*, el cual es capaz de producir una enzima que degrada metales pesados. Además, junto con chayote y fibras, fueron capaces de limpiar agua contaminada con colorante, e incluso otros compuestos aromáticos.

Varios materiales son usados para aplicar la biorremediación, de manera que, juntando distintos microorganismos y otros elementos, el resultado es más óptimo. En un estudio llevado a cabo en el año 2004 por García y colaboradores, se empleó un soporte conformado a partir de residuos industriales y urbanos, como “cascos de vidrio, harina de huesos de animales, tierra de diatomeas utilizadas y desechadas de la industria cervecera, lodos de la industria papelera, feldespatos y dolomitas que no cumplen especificaciones para cerámica blanca”, formando una base que tiene alta durabilidad. Además aprovecharon la actividad microbiana de algunos organismos, como es el caso de *Escherichia coli*. Una vez montados la estructura y los microorganismos, se encontró que *E. coli* poseía capacidad para resistir altas concentraciones de cadmio y de plomo, además también era capaz de formar biopelículas (comunidades de microorganismos agregados sobre ciertas superficies). Según Delgado-López y colaboradores (2011) en su



Aguas contaminadas.  
Fotografía: Candy Estefanía Ocampo Hernández.

revisión “Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación”, a la práctica de aprovechar la capacidad de las plantas para “absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes (...)” se le conoce como fitorremediación, y específicamente la acción de absorber metales contaminantes por las raíces que se acumulan en tallos y hojas se conoce como fitoextracción o fitoacumulación. Para aplicar esta técnica es imprescindible seleccionar especies de plantas adecuadas, para que después de su desarrollo en el medio contaminado, estas puedan ser cortadas e incineradas para finalmente ser vertidas en un área especializada.

## El futuro

La biorremediación es un campo muy dinámico y muy adaptable, y cada día se descubren nuevas propuestas para aplicar a distintas áreas contaminadas. Como se pudo ver en los ejemplos anteriores, gran cantidad de organismos y microorganismos son capaces de degradar sustancias nocivas introducidas al ambiente. Es de pensarse y de reconocerse la capacidad de adaptación de estos organismos al ser introducido en su medio un agente extraño, y cómo son capaces ya sea de degradarlo o de mostrar resistencia.

En un futuro se espera que los suelos de todo el mundo reciban más residuos agrícolas, industriales y municipales, contaminándolos con elementos tóxicos y patógenos, esto debido a la alta demanda de alimentación y producción para la sociedad creciente. Por eso, la biorremediación tendrá un papel






En los suelos hay microorganismos que pueden ayudar a limpiar la contaminación. Fotografía: Candy Estefanía Ocampo Hernández.

importante para recuperar las tierras afectadas, por ejemplo, por un exceso de fertilizantes nitrogenados y fosforados. La minería también habrá avanzado, al igual que la urbanización en tierras agrícolas, y esto traerá consigo la introducción de tóxicos como metales pesados o químicos orgánicos, por lo que se requerirá su eliminación (Brutti *et al.*, 2018).

A pesar del gran potencial que tiene la biorremediación, aún falta información sobre factores que tienen que ver con el funcionamiento metabólico de las comunidades microbianas en los ambientes que están contaminados, haciendo que los procesos de biorremediación tengan resultados que son impredecibles. Sin embargo, hay técnicas moleculares que se basan en estudios de DNA, que permiten identificar genes catabólicos, abriendo así nuevas oportunidades.

Como se expresó en los párrafos anteriores, la técnica de biorremediación es fundamental, por eso es importante que varias ramas de la biología se integren e investiguen profundamente los elementos y variantes que existen, para así tener más sustento en cuanto al éxito que se obtendrá. 



Hay plantas capaces de absorber metales pesados. Fotografía: Candy Estefanía Ocampo Hernández.

## Referencias

- Brutti, L., Beltran, M. y García de Salamone, I. 2018. Biorremediación de los recursos naturales. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Buendía-Ríos, H. 2013. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalúrgica y Geografía, (15) 30: 123-130.
- Coello, J. y Burgos, F. 2012. Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Tesis para obtener el grado de biólogo. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, J. A., Delgado-Rios, M. y Martínez-Martínez A. 2018. Biorremediación: actualidad de conceptos y aplicaciones. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Biotecnia, 21(1): 37-44.
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. y Acevedo-Sandoval, O. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(2): 597-612.
- García, A. M., Villora, J. M., Moreno, D. A., Ranninger, C., Callejas, P. y Barba, M. F. 2004. Aplicación de un material vitrocerámico a la biorremediación de metales pesados. Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, 43(1): 59-62.
- Iturbide, R. 2010. ¿Qué es la biorremediación? Ciencia de Boleto, Ciudad de México.



Candy Estefanía Ocampo Hernández.