



Guía del ciudadano: Medidas fitocorrectivas

Oficina de Innovaciones Tecnológicas

Ficha tecnológica

¿Qué son las medidas fitocorrectivas?

Las medidas fitocorrectivas consisten en el uso de plantas y árboles para limpiar agua y suelo contaminados. Cultivar plantas en un lugar contaminado, y en algunos casos cosecharlas, como método correctivo es una técnica pasiva estéticamente agradable que aprovecha la energía solar y se puede usar junto con métodos de limpieza mecánicos o en algunos casos en vez de métodos de este tipo.

Las medidas fitocorrectivas pueden usarse para limpiar metales, plaguicidas, solventes, explosivos, petróleo crudo, hidrocarburos poliaromáticos y lixiviados de vertederos.

¿Cómo funcionan?

Fitocorrección (el prefijo *fito-* significa *planta*) es un término general que se refiere a varios usos de plantas para limpiar o *corregir* sitios extrayendo contaminantes del suelo y el agua. Las plantas actúan como filtros o trampas y pueden descomponer o *degradar* contaminantes orgánicos o estabilizar contaminantes metálicos. En esta ficha tecnológica se describen algunos de los métodos que se están probando.

Medidas correctivas para metales

En lugares contaminados con metales, se usan plantas para estabilizar o retirar los metales del suelo y del agua subterránea por medio de dos mecanismos: *fitoextracción* y *rizofiltración*.

La **fitoextracción**, conocida también como fitoacumulación, es la captación de metales contaminantes

por las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas (figura 1). Algunas plantas absorben cantidades extraordinarias de metales en comparación con otras. Se selecciona una de estas plantas o varias de este tipo y se plantan en un sitio según los metales presentes y las características del lugar. Después de un tiempo, cuando las plantas han crecido, se cortan y se incineran o se deja que se transformen en abono vegetal para reciclar los metales. Este procedimiento se puede repetir la cantidad de veces que sea necesario para reducir la concentración de contaminantes en el suelo a límites aceptables. Si se incineran las plantas, las cenizas deben colocarse en un vertedero para desechos peligrosos, pero la cantidad de ceniza será sólo alrededor del 10% del volumen de los desechos que habría que eliminar si se excavara el suelo contaminado para tratarlo.

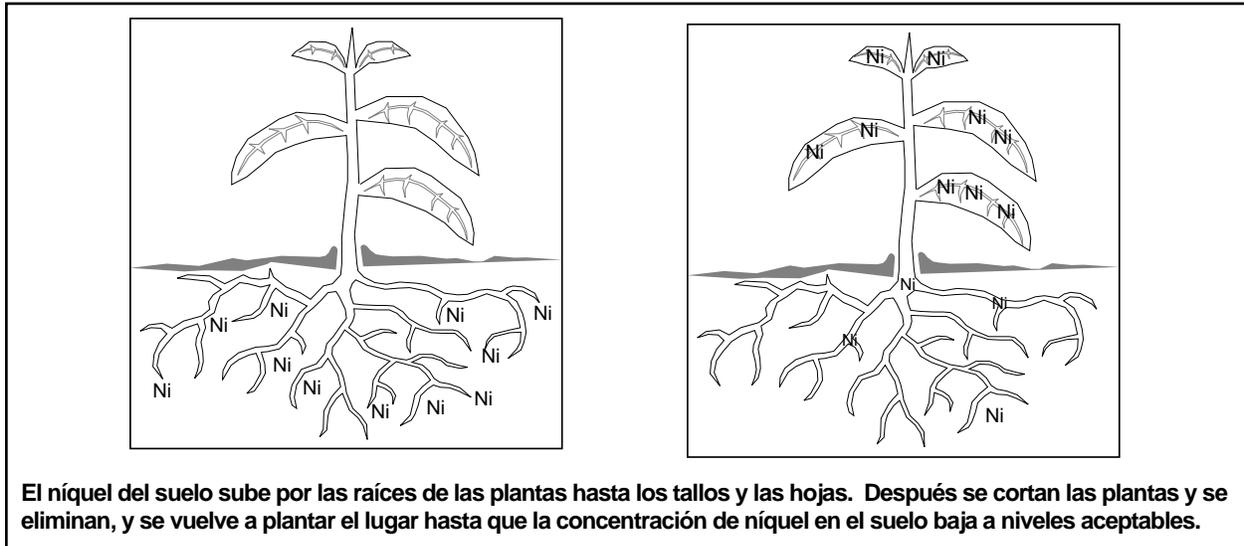
Los mejores candidatos para la fitoextracción son el níquel, el cinc y el cobre porque son los preferidos de las 400 plantas, aproximadamente, que se sabe que absorben cantidades extraordinarias de metales. Se están estudiando y probando plantas que absorben plomo y cromo.

La **rizofiltración** (rizo- significa raíz) es una técnica prometedora para abordar el problema de la contaminación del agua con metales. La rizofiltración es similar a la fitoextracción, pero las plantas que se usan para la limpieza se cultivan en invernaderos con las raíces en agua, en vez de tierra. Cuando las plantas tienen un sistema de raíces bien desarrollado, se recoge agua contaminada de un vertedero, se transporta hasta el lugar donde están las plantas

Perfil de las medidas fitocorrectivas

- Son una técnica de limpieza pasiva, estéticamente agradable, que aprovecha la energía solar.
- Son más útiles en lugares donde la contaminación es poco profunda y no es muy grande.
- Son útiles para tratar una gran variedad de contaminantes del medio ambiente.

Figura 1. Captación de metales (níquel) por fitoextracción



y se colocan las plantas en esta agua. Las raíces absorben el agua junto con los contaminantes. A medida que las raíces se saturan de contaminantes, se cortan y se eliminan. Además de extraer metales del agua, la rizofiltración puede ser útil para descargas industriales, escorrentía de tierras agrícolas, drenaje de minas de ácidos y contaminantes radiactivos. Por ejemplo, las semillas de girasol dieron resultado para retirar contaminantes radiactivos del agua de una laguna en una prueba realizada en Chernobyl (Ucrania).

Tratamiento de contaminantes orgánicos

Los contaminantes orgánicos (es decir, los que contienen átomos de carbono e hidrógeno) son comunes en el medio ambiente. Hay varias formas en que se pueden usar plantas para la fitocorrección de estos contaminantes: *fitodegradación*, *biodegradación mejorada de la rizosfera*, *bombeo orgánico* y *fitovolatilización*.

La **fitodegradación** es un proceso mediante el cual las plantas *degradan* (descomponen) contaminantes orgánicos. En algunos casos, los contaminantes

degradados en moléculas más simples se usan para acelerar el crecimiento de las plantas (figura 2). Las plantas tienen *enzimas*, categoría amplia de sustancias químicas que causan reacciones químicas rápidas. Algunas enzimas se descomponen y convierten desechos de municiones, otras degradan solventes clorados tales como tricloroetileno (TCE) y otras degradan herbicidas.

La **biodegradación intensificada de la rizosfera** se produce en la tierra que rodea las raíces de las plantas (la *rizosfera*). Es un proceso mucho más lento que la fitodegradación. Los microorganismos (levaduras, hongos o bacterias) consumen y digieren sustancias orgánicas, de las cuales se alimentan y obtienen energía. Algunos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas tales como combustibles o solventes, que son peligrosas para los seres humanos, y descomponerlas en productos inocuos mediante un proceso llamado *biodegradación*. Las sustancias naturales liberadas por las raíces de las plantas (azúcar, alcohol y ácidos) contienen carbono orgánico, del cual se alimentan los microorganismos del suelo, y los nutrientes adicionales *intensifican* su actividad. Además, las plantas aflojan la tierra y transportan agua al lugar, facilitando así la biodegradación. En la ficha tecnológica titulada *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas* se describe el proceso de biodegradación en forma pormenorizada (véase la página 4).

Los árboles pueden realizar una acción de **bombeo orgánico** cuando sus raíces bajan hacia la capa freática, formando una masa densa de raíces que absorbe una gran cantidad de agua. Los álamos, por ejemplo, absorben 113 litros de agua por día, y hay una variedad de álamo (*Populus deltoides*) que absorbe hasta 1.325 litros por día.

¿Qué son las técnicas de tratamiento innovadoras?

Las *técnicas de tratamiento* son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para alterar su estado en forma permanente por medios químicos, biológicos o físicos. Las *técnicas de tratamiento innovadoras* son técnicas que han sido ensayadas, seleccionadas o utilizadas para el tratamiento de desechos peligrosos o materiales contaminados, aunque todavía no se dispone de datos bien documentados sobre su costo y resultados en diversas condiciones de aplicación.

La acción de bombeo de las raíces disminuye la tendencia de los contaminantes superficiales a descender hacia el agua subterránea y el agua potable. En zonas agrícolas, los álamos plantados a lo largo de cursos de agua reducen el excedente de fertilizantes y herbicidas que va a parar a los cursos de agua y al agua subterránea. Asimismo, los árboles plantados en vertederos como sustitutos orgánicos de la tradicional capa de arcilla o de plástico absorben agua de lluvia que, de lo contrario, se filtraría por el vertedero y llegaría al fondo en forma de "lixiviado" contaminado.

La **fitovolatilización** se produce a medida que los árboles y otras plantas en crecimiento absorben agua junto con contaminantes orgánicos. Algunos de los contaminantes pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o *volatilizarse* en la atmósfera. Los álamos, por ejemplo, volatilizan el 90% del TCE que absorben.

¿Dará resultado esta técnica en cualquier lugar?

Las medidas fitocorrectivas pueden usarse para limpiar metales, plaguicidas, solventes, explosivos, petróleo crudo, hidrocarburos poliaromáticos y lixiviados de vertederos. La fitocorrección se combina con otros métodos de limpieza en la etapa de "acabado." Aunque las medidas fitocorrectivas son mucho más lentas que los métodos mecánicos y llegan solamente a la profundidad hasta la cual llegan las raíces, pueden eliminar los últimos restos de contaminantes atrapados en el suelo que a veces quedan con las técnicas mecánicas de tratamiento.

Generalmente, las medidas fitocorrectivas se usan en lugares con baja concentración de contaminantes y en

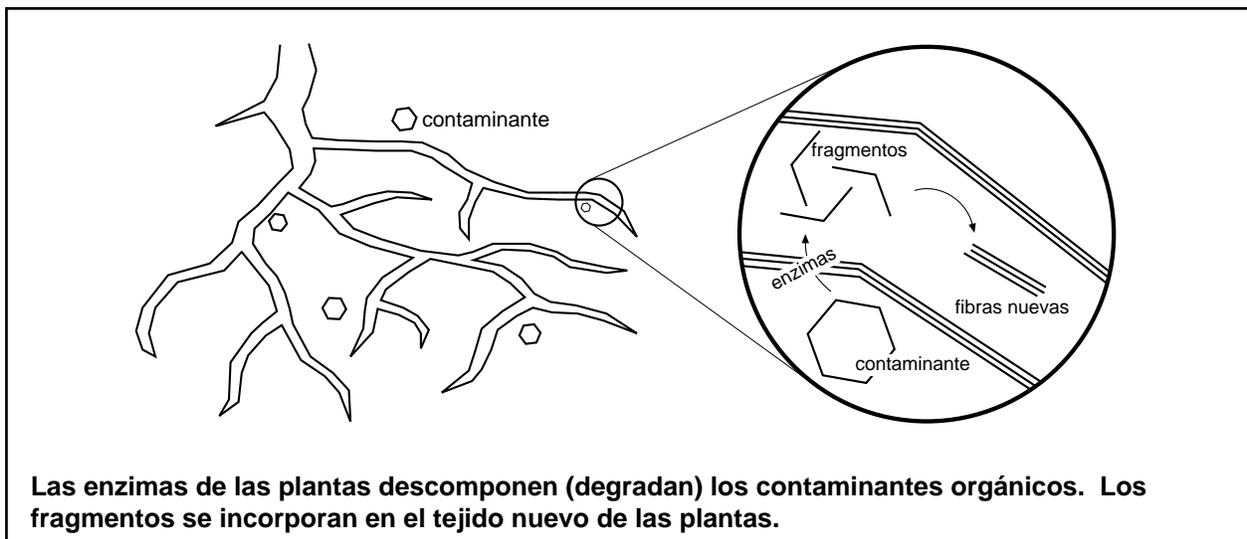
suelos, cursos de agua y agua subterránea poco profundos. Sin embargo, los investigadores han observado que con árboles (en vez de plantas más pequeñas) se puede tratar la contaminación a mayor profundidad porque las raíces de los árboles penetran a mayor profundidad en el suelo. El agua subterránea contaminada a gran profundidad se puede extraer por bombeo y usar para regar arboledas.

Se necesitan más investigaciones para estudiar los efectos en la cadena alimentaria que se producirían si algunos insectos y roedores pequeños comieran las plantas con metales acumulados y fuesen a su vez comidos por mamíferos de mayor tamaño. Además, los científicos todavía no saben si se pueden acumular contaminantes en las hojas y la madera de árboles usados con fines de fitocorrección y ser liberados después cuando se caen las hojas en el otoño o cuando se usa leña o corteza desmenuzada de los árboles.

¿Dónde se ha usado esta técnica?

Las medidas fitocorrectivas han dado buenos resultados en varios lugares. En Iowa se plantaron álamos entre un curso de agua y un maizal, que realizaron una acción de bombeo natural para impedir que llegaran herbicidas tóxicos, plaguicidas y fertilizantes al curso de agua y al agua subterránea. Cuando los árboles cumplieron tres años, se hizo un análisis del agua subterránea al borde del maizal para determinar el grado de contaminación por nitratos y se observó que contenía 150 miligramos por litro (mg/l), pero el agua subterránea entre los álamos a lo largo del curso de agua contenía solamente 3 mg de nitratos por litro, mucho menos que el límite establecido por el EPA de 45 mg/l para el agua potable. En el cuadro de la página 4 se enumeran algunos proyectos de fitocorrección.

Figura 2. Destrucción de contaminantes orgánicos por fitodegradación



Cuadro 1
Ejemplos de sitios donde se están probando técnicas fitocorrectivas*

Lugar	Tratamiento	Contaminantes	Medio	Planta
Ogden (Utah)	Fitoextracción	Hidrocarburos (petróleo)	Suelo Agua subterránea	Alfalfa, álamos Enebro, festuca
Portsmouth (Virginia)	Rizofiltración Fitodegradación	Petróleo	Suelo	Pastos Trébol
Milan (Tennessee)	Fitodegradación	Desechos de explosivos	Sedimentos	Lenteja de agua Pluma de papagayo
Aberdeen (Maryland)	Bombeo orgánico Fitovolatilización Rizofiltración	Tricloroetileno Tricloroetano	Agua	Álamos subterránea

* No todos los tipos de desechos y no todas las condiciones de los sitios son comparables. Es necesario investigar cada sitio y someterlo a pruebas por separado. Se deben emplear criterios científicos y técnicos para determinar si una técnica es apropiada para un sitio.

Para más información:

Las publicaciones que se indican a continuación pueden obtenerse gratis del NCEPI. Para encargarlas, envíe su pedido por fax al 513-489-8695. Si alguno de estos documentos se ha agotado, puede dirigirse a otras fuentes. Si prefiere, escriba al NCEPI a la siguiente dirección:

National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI)
P.O. Box 42419
Cincinnati, OH 45242

- "Tree Buffers Protect Shallow Ground Water at Contaminated Sites," *Ground Water Currents* (boletín), diciembre de 1993, EPA 542-N-93-011.
- *Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils* (se publicará el cuarto trimestre de 1996), EPA 542-R-96-008.
- *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas*, abril de 1996, EPA 542-F-96-023.
- *Soil Stabilization Action Team*, abril de 1996, EPA 542-F-96-010d.
- "Mother Nature's Pump and Treat," de Kalle Matso, en *Civil Engineering*, octubre de 1995, páginas 46-49.
- "The Green Clean," de Kathryn Brown Sargeant, en *BioScience*, octubre de 1995, páginas 579-582.

AVISO: Esta ficha técnica es solamente una fuente de orientación e información. No es su propósito crear derechos que puedan hacerse valer por vía judicial en Estados Unidos, ni se puede recurrir a esta ficha técnica con ese fin. El EPA también se reserva el derecho de cambiar estas pautas en cualquier momento sin avisar al público.