

TECNOLOGIAS DE RESTAURACION AMBIENTAL

Camila Orellana
Claudio Silva
Toxicología

Características de diseño

- Que transformen los tóxicos ambientales en sustancias menos peligrosas para el hombre
- Los riesgos para la salud durante el proceso de limpieza deben de ser tolerables
- Los riesgos remanentes, después de terminada la restauración, deben ser iguales o menores que los establecidos en las metas de restauración.
- Que la transformación se lleve a cabo en el sitio mismo donde se encuentran los tóxicos, de ser posible sin tener que desplazar, dentro del sitio, el medio contaminado (técnicas *in situ*).
- Que logren la disminución o eliminación del peligro para la salud en tiempos y costos razonables.

Tecnologías de restauración

1) Técnicas tradicionales:

Antes de los 80, efectivas y de uso común a escala de campo.

Ejemplo: inmovilización por vitrificación y cementación en instalaciones de confinamiento y la incineración de medios contaminados en hornos de cremación de residuos tóxicos.

2) Técnicas innovadoras:

Métodos biológicos, métodos químicos

- Hay información de más de 100 tecnologías diferentes

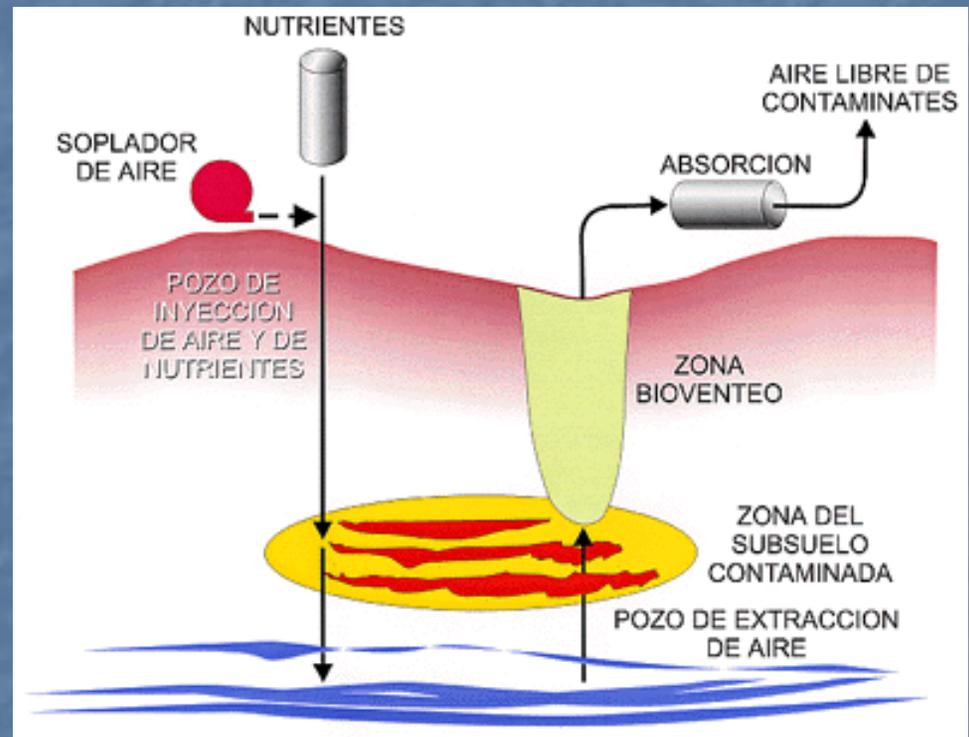
METODOS BIOLOGICOS

I) BIORESTAURACION

- Uso de microorganismos para degradar las sustancias tóxicas, de ser posible, convirtiéndolas en dióxido de carbono, agua y sales minerales.
- Los MO normalmente utilizan los compuestos orgánicos tóxicos como fuente de carbono, aunque existen procesos basados en la degradación sintrófica de los tóxicos.
- Se usa para la eliminación de tóxicos en suelo y agua.
- La biorestauración *in situ* consiste, en modificar las condiciones físicoquímicas en la zona contaminada para que se incremente, tanto el número de MO capaces de degradar los tóxicos presentes, como su tasa metabólica. El propósito es incrementar la velocidad de degradación de los tóxicos. Pueden ser aerobios o anaerobios.
- Se perforan pozos de inyección hasta la zona contaminada por donde se introduce aire o soluciones de peróxido de hidrógeno, así como los elementos nutritivos que necesitan los organismos, principalmente fuentes de nitrógeno y fósforo.

Ventajas (+) y desventajas (-)

- + no producen polvos tóxicos durante el proceso de limpieza, porque no se tiene que excavar y desplazar el suelo contaminado
- + se pueden tratar grandes cantidades de tierra a la vez.
- el tratamiento *in situ* es más lento que los procesos *ex situ* y pueden durar varios años en el caso de compuestos que se biodegradan muy lentamente.
- no se pueden aplicar en suelos muy arcillosos debido a que estas condiciones no favorecen la buena distribución del aire en toda la zona contaminada.

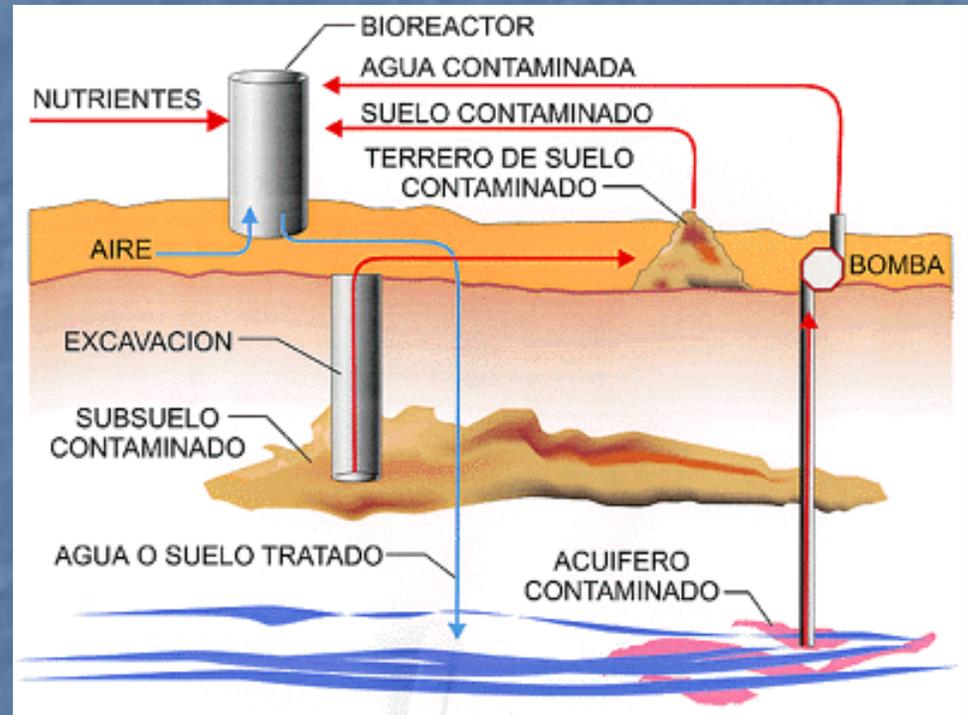


Biore Restauración *in situ* de acuíferos Subterráneos

- Se perfora un pozo hasta el acuífero, se extrae agua contaminada, se le agregan nutrientes y se satura con oxígeno. La solución se inyecta al acuífero donde los microorganismos degradan los tóxicos. El principal problema que se tiene con esta técnica es que el agua inyectada puede no distribuirse adecuadamente en toda la zona contaminada.
- Otra forma de biodegradar compuestos orgánicos volátiles presentes en los acuíferos subterráneos, consiste en inyectar aire por abajo del nivel freático y acarrear los tóxicos volátiles, los cuales son degradados por los microorganismos del suelo a medida que la corriente de aire que transporta los tóxicos pasa a través del lecho de suelo. A este proceso se le conoce como "bioventeo".

Biorestauración *ex situ* de agua subterránea

- Generalmente la biorestauración de agua subterránea contaminada, consiste en extraer por bombeo el agua, tratarla en bioreactores en la superficie y volverla a inyectar al acuífero una vez que se le ha eliminado el tóxico.



Biorestauración *ex situ* de suelo

- Las técnicas *ex situ* se utilizan para tratar contaminaciones que no se pueden eliminar eficientemente *in situ*, ya sea porque la sustancia no se puede degradar o por las características del suelo contaminado, o bien porque el tratamiento se deba terminar en un lapso relativamente corto.
- Se extrae el suelo contaminado y se le somete a tratamientos que pueden ser en fase semisólida o en fase sólida. En el primer caso se prepara un lodo fluido agregando agua, nutrientes y cultivos densos de microorganismos. El tratamiento se hace en bioreactores aireados y agitados en condiciones controladas.
- El tratamiento en fase sólida consiste fundamentalmente en apilar el suelo contaminado en lugares acondicionados para este propósito. Lo que se trata de evitar es que los tóxicos puedan emigrar del sitio de tratamiento, ya sea a la atmósfera (vapores o polvos) o al suelo (por filtraciones). Los terreros se humedecen regándolos con agua con nutrientes, se inoculan con cultivos de microorganismos y se ventean agregándoles aire en la base del montículo de suelo contaminado.

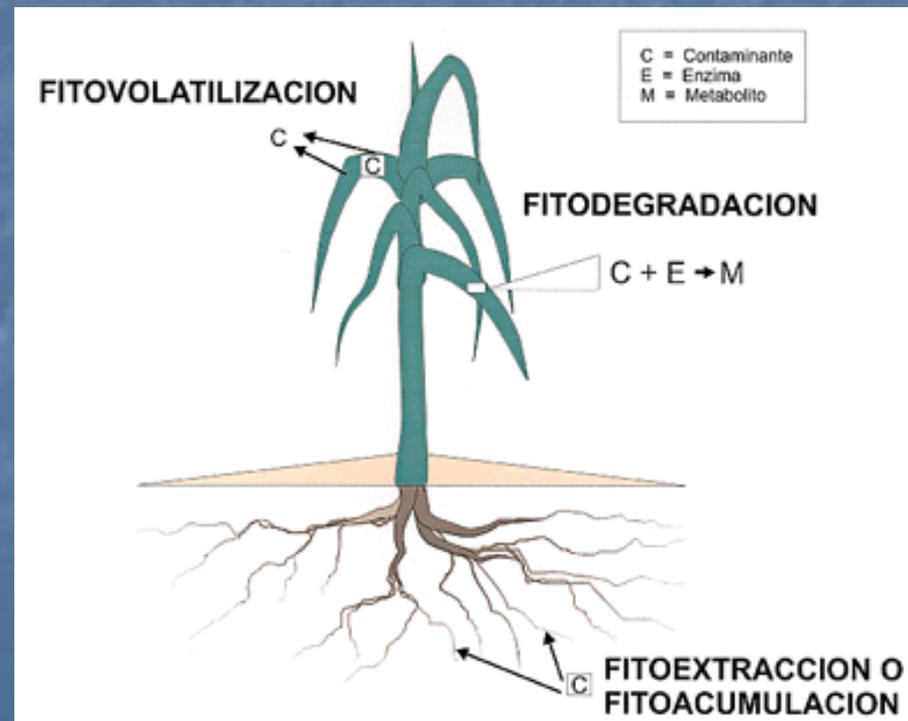
II) FITORESTAURACION

- Consiste en utilizar cultivos de plantas para eliminar tóxicos presentes en agua y suelo. Se han utilizado para eliminar iones metálicos, plaguicidas, disolventes, explosivos, derrames de hidrocarburos (tanto crudos como compuestos poliaromáticos) y lixiviados de basureros tóxicos.
- Las plantas pueden fijar los tóxicos o bien pueden metabolizarlos tal como lo hacen los microorganismos en los procesos de biorestauración.



Fitoextracción

- Es la captación de iones metálicos por las raíces de la planta y su acumulación en tallos y hojas. Hay plantas que absorben selectivamente grandes cantidades de metales acumulando en los tejidos concentraciones mucho más altas que las presentes en el suelo o en el agua. Este proceso se ha utilizado para eliminar hidrocarburos de agua y suelo con cultivos alfalfa, álamos, enebro.
- En la zona contaminada se plantan las especies que se seleccionan. Cuando las plantas crecen se recolectan y se incineran. Las cenizas se pueden lavar para recuperar los metales o bien, pueden confinarse en vertederos de tóxicos, con la ventaja de que ocuparán un espacio mucho menor que el que se usaría si se desechara el suelo contaminado.



Rizofiltración

- Es similar a la fitoextracción, pero en lugar de cultivar las plantas en el suelo, se cultivan en invernaderos por procesos hidropónicos. Las plantas se cultivan en tanques con agua contaminada y los tóxicos quedan fijados en sus raíces. A medida que las raíces se saturan del tóxico se van cortando y eliminando.
- Este método se probó satisfactoriamente para eliminar iones radioactivos en las lagunas contaminadas en el accidente de la planta nuclear de Chernobyl. Usaron plantas de girasol.

Fitodegradación

- Es un proceso por medio del cual las plantas degradan compuestos orgánicos. Los compuestos son absorbidos y metabolizados. Frecuentemente los metabolitos que producen tienen actividad de fitohormonas (aceleran el crecimiento de las plantas). Se han encontrado plantas que degradan residuos de explosivos, disolventes clorados como el TCE, herbicidas, etc.
- Las plantas también favorecen la degradación microbológica en la rizósfera. La flora microbiana del suelo es más abundante en las cercanías de las raíces, por lo que los procesos similares a la biodegradación tienen lugar a una velocidad mayor que en el resto del suelo, sin necesidad de estimular artificialmente la actividad microbiana.

Bombeo biológico

- Cuando las raíces de los árboles llegan hasta el manto freático absorben una gran cantidad de agua. Hay una variedad de álamo (*Populus deltoides*) que absorbe más de un metro cúbico de agua por día. Esta característica de los árboles se puede utilizar para impedir que las aguas superficiales contaminadas lleguen a los acuíferos que se usan para suministro de agua potable, o bien para que se prevenga que aguas contaminadas lleguen a sitios donde pudieran causar problemas.

Fitovolatilización

- Cuando los árboles absorben agua contaminada con compuestos orgánicos volátiles, eliminan la gran mayoría del COV en la transpiración de las hojas. Los álamos transpiran aproximadamente el 90% del TCE que absorben. El resultado neto de este proceso es, el que los árboles transfieren a la atmósfera el TCE que se encuentra en el acuífero.

- **Metodos químicos**
 - Deshalogenación
 - Muros de tratamientos

- **Extracción**
 - Enjuague del suelo *in situ*
 - Extracción de vapores
 - Lavado del suelo
 - Extracción con disolventes

- **Manejo de medios contaminados**

Metodos químicos

■ Deshalogenación

Es un proceso por el medio del cual, se reduce el número de átomos de halógenos que se encuentra en una molécula orgánica. Los compuestos polihalogenados son muy tóxicos y, la disminución del número de halógenos en la molécula disminuye su toxicidad.

Algunos ejemplos que se usan en la industria y en agricultura:
Bifenilos policlorados, DDT, compuestos clorados.

Problema es necesario extraer el suelo contaminado y eliminarle las partículas mayores, por lo que es necesario de un área adecuada para hacer esta tarea

Dentro de la deshalogenación tenemos subgrupos : polietilenglicol-potasa, deshalogenación catalítica.

etilenglicol-potasa

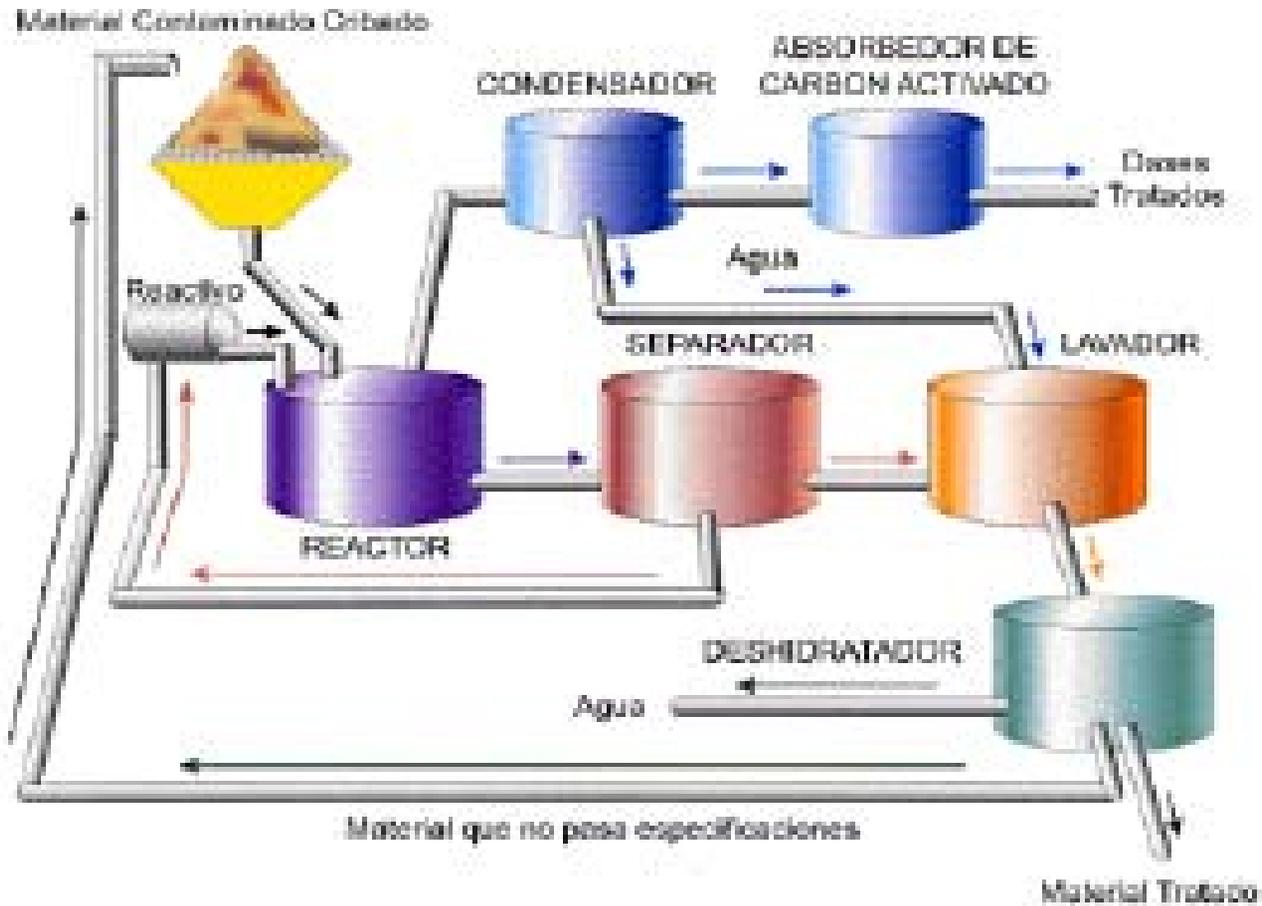
La tierra contaminada con bifenilos policlorados se mezclan con el reactivo APEG (Poli Etilen Glicol Alcano) y se calienta a 150°C durante 4 horas, en la reacción los átomos de cloro son sustituidos por residuos de poli etilen glicol. Los gases y vapores son condensados. El agua condensada se usa en el paso de lavado de la tierra tratada.

Problema no se puede tratar grandes cantidades ni concentraciones de desechos superiores al 5%.

■ Deshalogenación catalítica

Mezcla con bicarbonato de sodio, en relación 5/1 y se calienta 400°C. Los vapores que se producen pasan a un reactor donde tiene lugar la deshalogenación catalítica del tóxico. Ventaja el equipo que se usa es transportable.

Esquema de tratamieto por deshalogenación



Muros de tratamieto

El proceso consiste en pasar la corriente contaminada por una pared reactiva permeable. El tóxico disuelto en el agua, al pasar por el lecho, reacciona con el empaque, transformándose en un compuesto no tóxico o en un compuesto insoluble que queda atrapado en el lecho.

Son tres los mecanismos de eliminación: degradación, precipitación y sorción.

■ Barrera de degradación

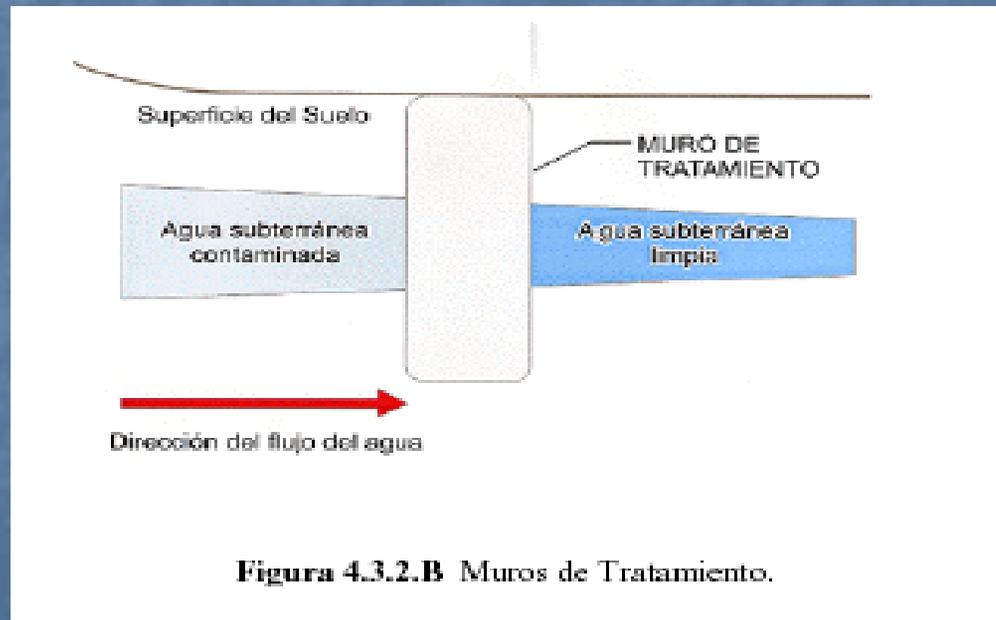
Causan reacciones químicas que descomponen el tóxico presente en el agua del acuífero y lo convierten en una sustancia inocua. Ejemplo un muro de polvo de hierro produce deshalogenación reductiva de compuestos policlorados.

■ Barrera de precipitación

En estas barreras, los iones metálicos presentes en el agua se pueden precipitar y los compuestos insolubles quedan en la barrera.

■ Barreras de sorción

En este caso, el empaque del muro es una sustancia que absorbe o adsorbe el tóxico.



Extracción

Son procedimientos que se pueden hacer *in situ* o *ex situ*, normalmente no degradan el tóxico, sino que lo transfieren del medio contaminado a otro, donde puede ser destruído, utilizando cualquiera de los métodos químicos o biológicos que se describieron o bien pueden incinerarse o confinarse.

■ Enjuague del suelo *in situ*

El procedimiento consiste en disolver los tóxicos absorbidos en las partículas de suelo utilizando soluciones de lavado. Para lograr lo anterior se perforan pozos de inyección y extracción. Por los pozos de inyección puede ingresar ácidos, bases, detergentes, disolventes orgánicos o mezcla de ellos. Por extracción las aguas de lavado.

■ Lavado del suelo

Es un procedimiento *ex situ* en el que el suelo contaminado se remueve y se eliminan las partículas mayores. El suelo se lava con soluciones acuosas. esta técnica se utiliza principalmente en suelos arenosos.

■ Extracción con disolventes

Proceso de lavado *ex situ* en que se usan disolventes orgánicos en vez de soluciones acuosas. El suelo cribado se deja con el disolvente durante el tiempo que sea necesario y se procede al separación de fases.

Manejo de medios contaminados

El propósito es remover el suelo contaminado para transportarlo a una planta de tratamiento o para preparar el sitio para su tratamiento. Los métodos de tratamiento *in situ* no requiere de manejo de grandes cantidades de material sólido y esta es su principal ventaja.

Hay que evitar que el aire transporte los polvos contaminados fuera de la zona de trabajo, prevenir el acarreo de gases y líquidos volátiles y cuidar que los tóxicos no se emitan al ambiente

El movimiento de tierras contaminadas representa una porción considerable del costo de tratamiento de bioremediación, aproximadamente el 25% o mas, si se incluye el costo del muestreo del subsuelo.

Fin