



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  

---

Facultad de Ciencias Agrícolas

# *Fitorremediación*

*Biotecnología*  
*Ingeniero Agrónomo Fitotecnista*

2017

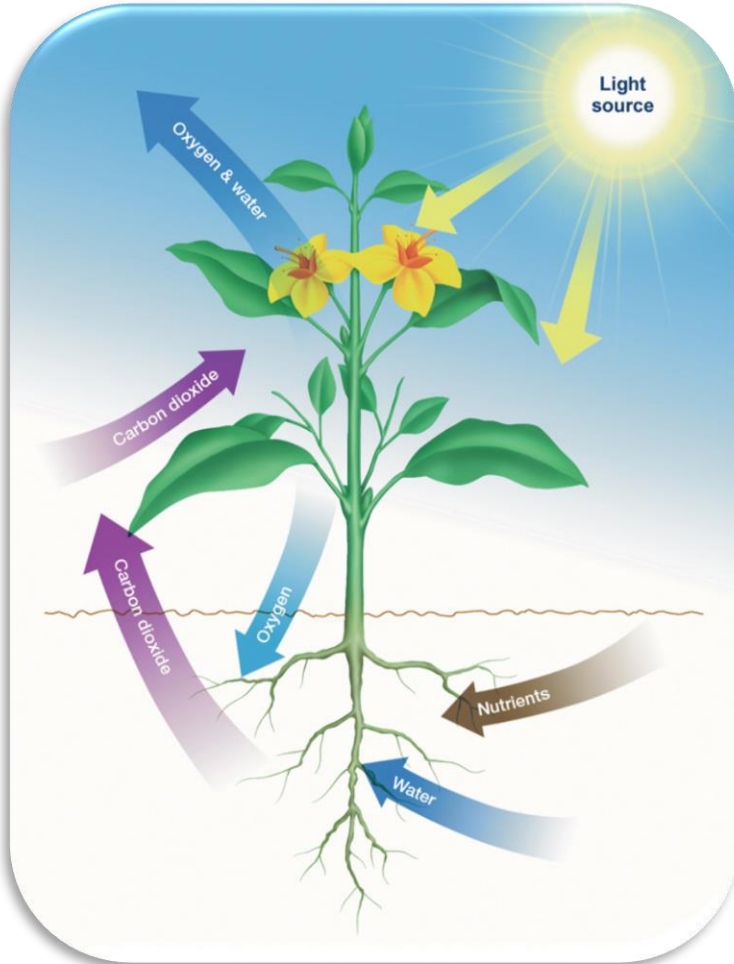
- Objetivo
- Concepto
- Introducción
- Medidas existentes
- Métodos empleados
- Fitorremediación
- Especies vegetales
- Referencias bibliográficas

Comprender el uso de la “fitorremediación” como un método eficiente de descontaminación del medio ambiente

La “fitorremediación” es la utilización de las plantas y de los microorganismos asociados a las mismas con fines de descontaminación del medio ambiente.

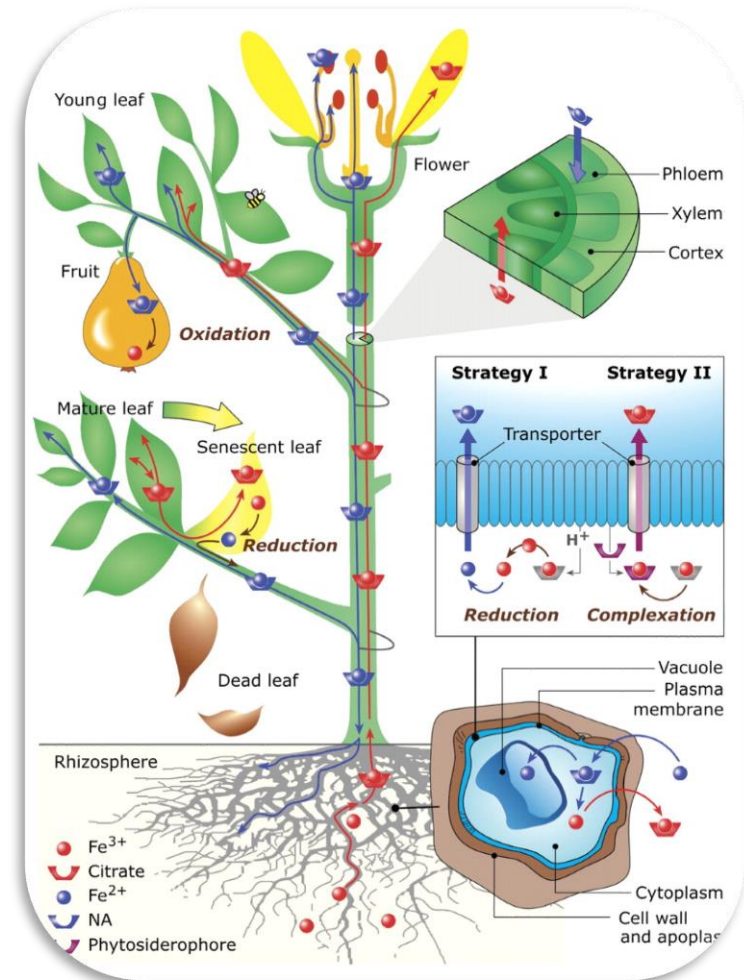
En este contexto, las plantas pueden considerarse como sistemas naturales de extracción y tratamiento de contaminantes.

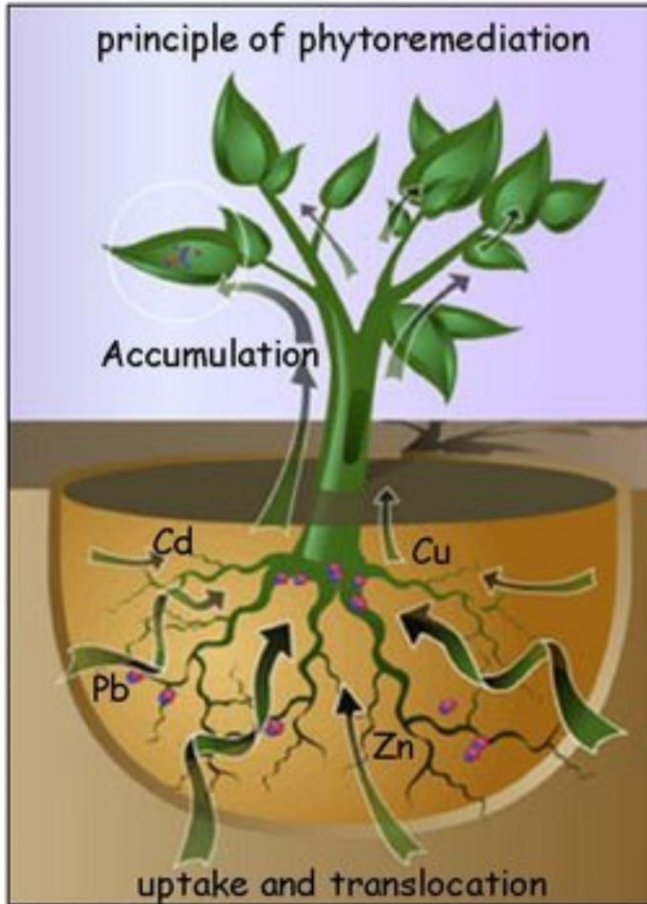




La autotrofia es una de las características más importante de las plantas, dado que les permite utilizar la energía solar y el  $\text{CO}_2$  como fuentes de energía y carbono, respectivamente.

Las mismas dependen de sus raíces para incorporar agua del medio que las rodea y, con ella, compuestos minerales.





Junto con éstos, las plantas absorben compuestos tóxicos (mecanismos de detoxificación), que les permiten sobrevivir en ambientes adversos.



# MEDIDAS EXISTENTES

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

# MEDIDAS EXISTENTES

## PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL

- *Excavación y retiro*: para remover físicamente el sustrato contaminado y disponer de él.
- *Lavado de suelo*: donde se remueve el contaminante por tamaño o separación por gravedad.
- *Tratamiento termal*: para volatilizar el contaminante.



# MEDIDAS EXISTENTES

## PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL

- *Electrosinética*: para movilizar el contaminante como una partícula con carga.
- “*Capping*”: donde el suelo contaminado es cubierto con suelo limpio, arcilla, asfalto y/o un geotéxtil.
- *Vitrificación*: donde la matriz es derretida y convertida en un material cristalino.



# MEDIDAS EXISTENTES

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL

- *Fractura neumática*: aire a presión es inyectado al suelo para ampliar la eficiencia de la extracción.
- *Redox químico*: donde se convierte el contaminante a un estado más estable o menos móvil.





# MEDIDAS EXISTENTES

## PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL



Procesos costosos e impracticables si se trata de grandes superficies de tierra o volúmenes de agua.

# MEDIDAS EXISTENTES

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL



Como consecuencia de ello, muchos terrenos privados se abandonan en lugar de remediarse.

- Altos costos.
- Alto consumo de energía.
- Destrucción del suelo.
- Problemas de logística.
- Incremento en el grado de insatisfacción del público.

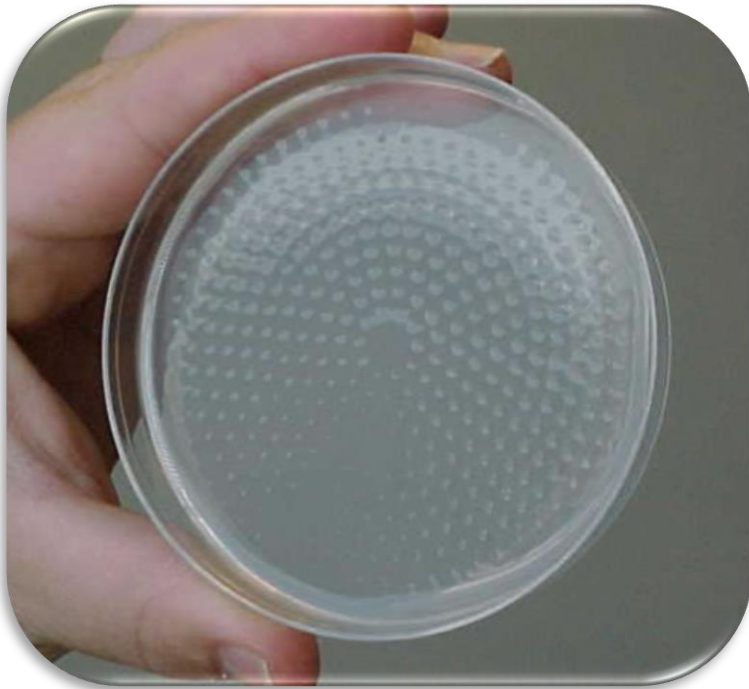
# MÉTODOS EMPLEADOS

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

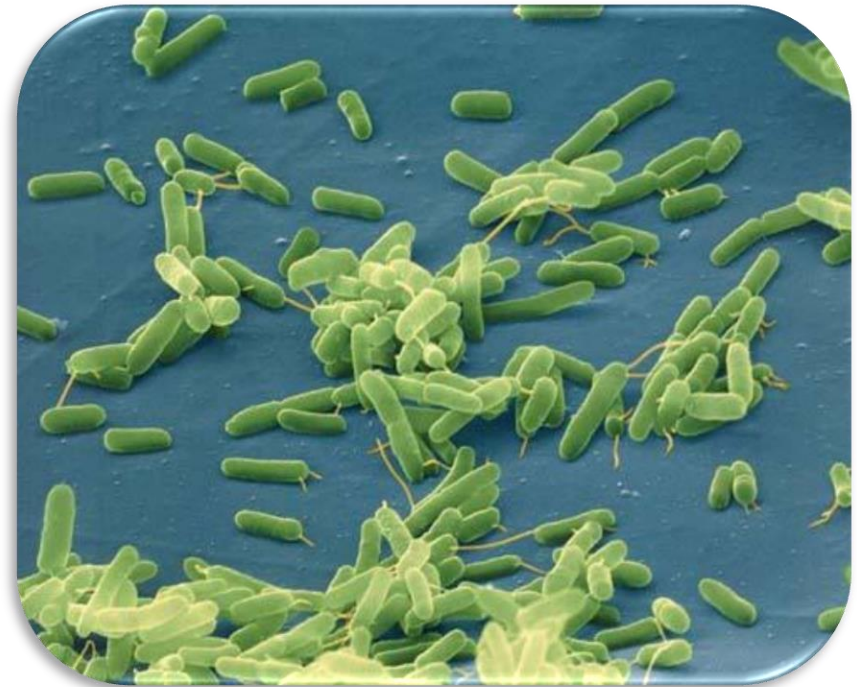
*Biológicos*



Consiste en agregar o estimular el crecimiento de bacterias que degraden o transformen el contaminante a tratar.



Se deben considerar factores tales como la capacidad de supervivencia de los microorganismos, la accesibilidad o biodisponibilidad del compuesto contaminante y la presencia de inductores de las respectivas actividades enzimáticas.



# MÉTODOS EMPLEADOS

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

*Bioabsorción*

- Otra forma de fitoextracción.
- Uso de material biológico como filtrador.



*Ej: Algas cuyas paredes celulares tienen altas cantidades de acumulación de metales pesados*

# MÉTODOS EMPLEADOS

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

*Fisicoquímicos*

# MÉTODOS EMPLEADOS

## PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL



Incluyen la excavación, transporte y lavado de suelos, la extracción, bombeo y tratamiento de aguas contaminadas y el tratamiento de aguas contaminadas mediante precipitación, intercambio iónico, ósmosis reversa y microfiltración.

# MÉTODOS EMPLEADOS

PARA LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

*Fitorremediación*





Permite descontaminar de manera eficiente compuestos tóxicos orgánicos e inorgánicos presentes en sustratos de naturaleza sólida, líquida o gaseosa.



La Fitorremediación es una opción innovadora, costo-efectiva y ambientalmente “amigable”.

**Fitorremediación de Mercurio y organomercuriales en cloroplastos de plantas transgénicas:**

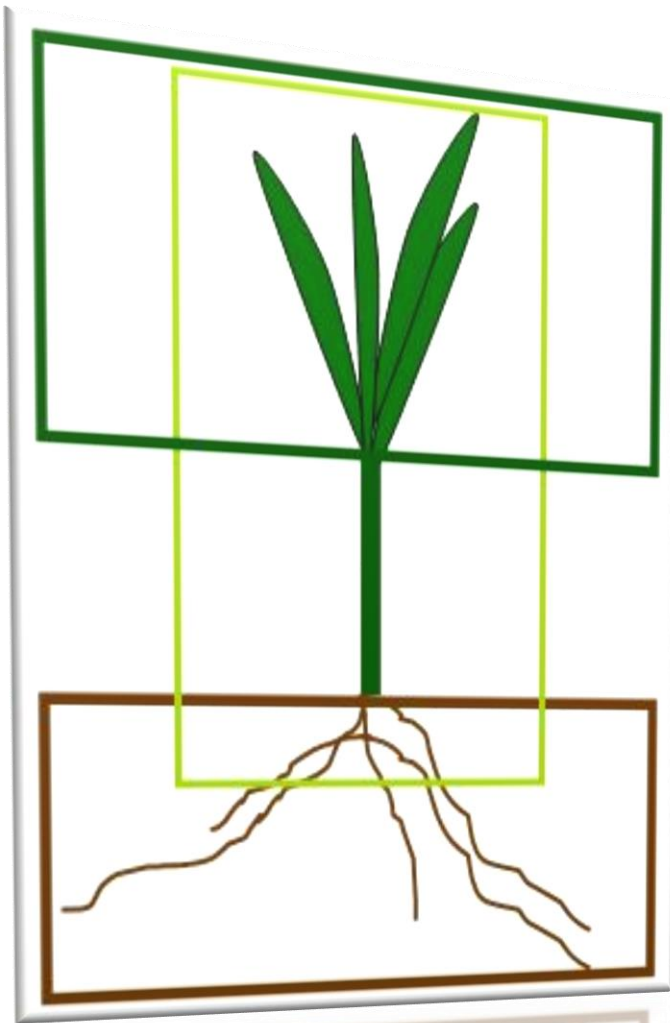
**Mejoramiento de la absorción radicular, la translocación a los brotes y la volatilización .**



**Hussein S. Hussein†, Oscar N. Ruiz‡,§, Norman Terry†, and Henry Daniell†\***

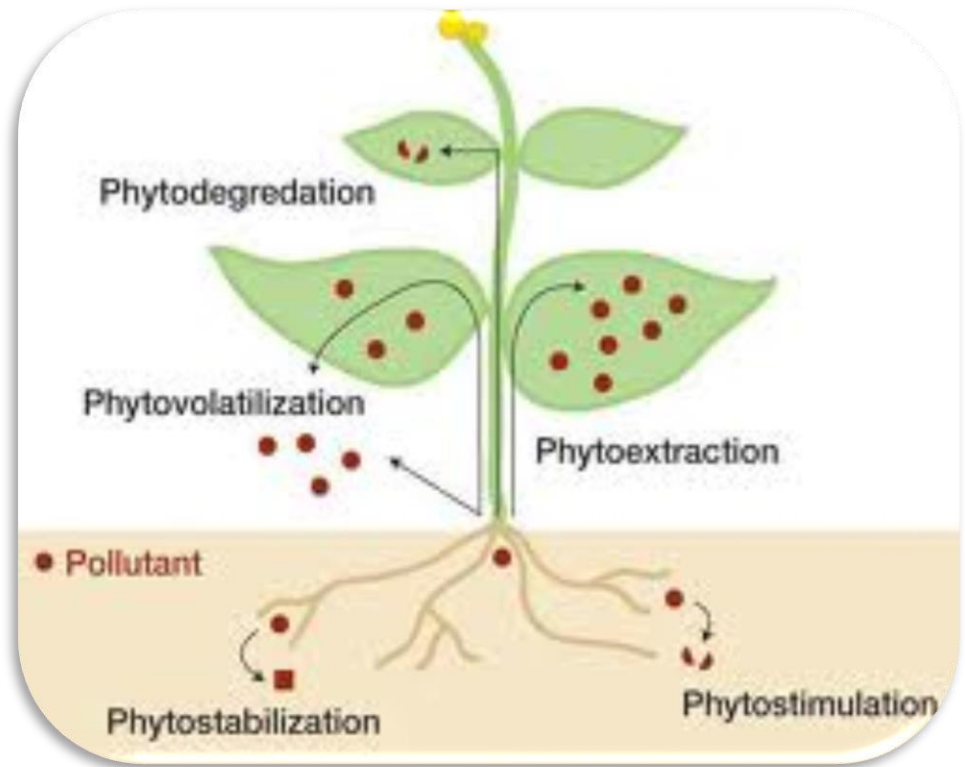
†Department of Plant and Molecular Biology, University of California at Berkeley, 111 Koshland Hall, Berkeley, California 94720-3102 (H.S.H., N.T.)

‡Department of Molecular Biology and Microbiology, College of Medicine, University of Central Florida, Molecular Science Building, Orlando, Florida 32816-2364 (O.N.R., H.D.)



Es el uso de plantas para restaurar o estabilizar terrenos y aguas contaminadas.

Se aprovechan las habilidades naturales de las plantas para extraer, acumular, precipitar, almacenar o degradar compuestos inorgánicos y orgánicos.

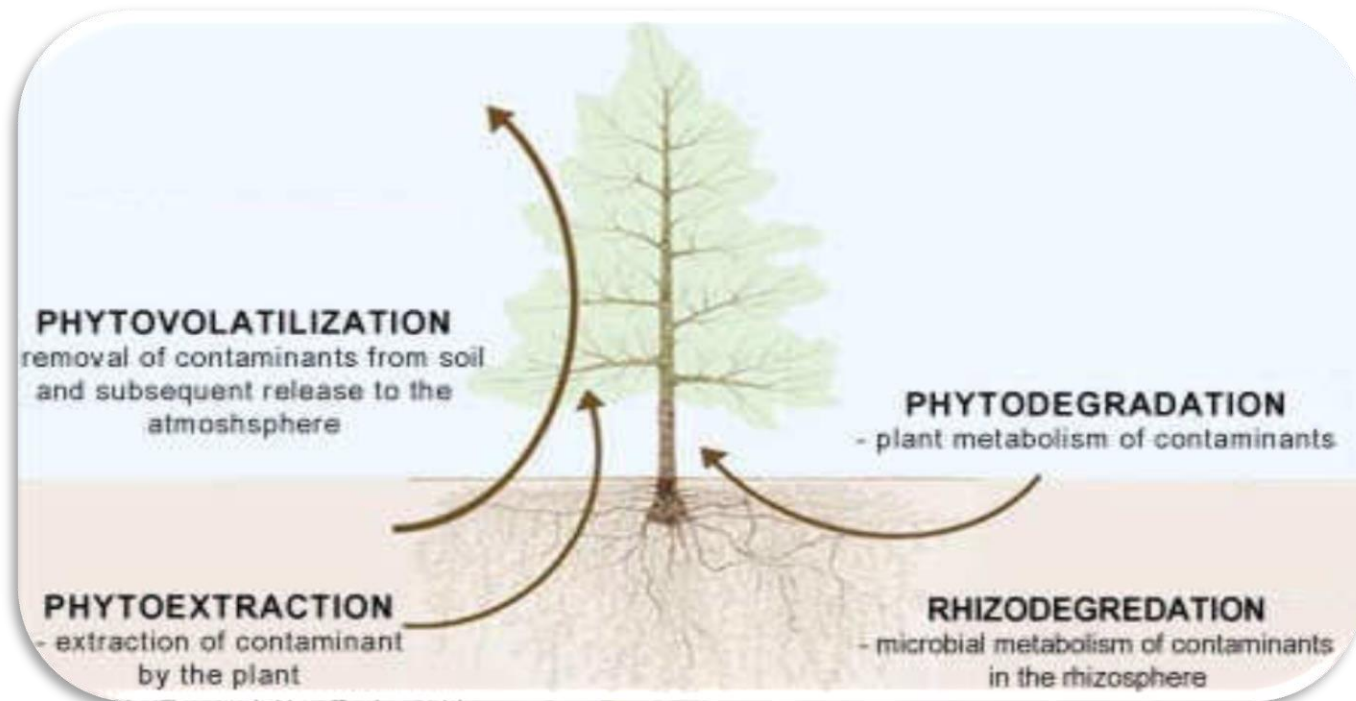


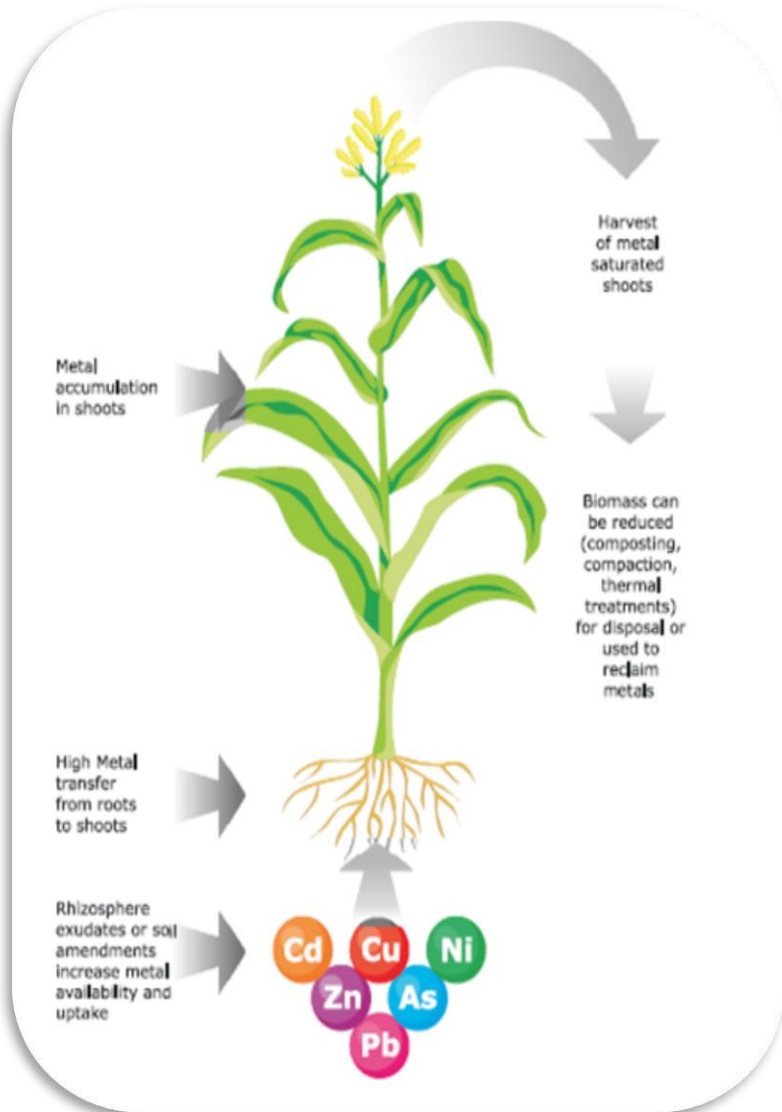
La Fitorremediación incluye:

Fitoextracción.

Fitoestabilización.

Fitovolatilización.



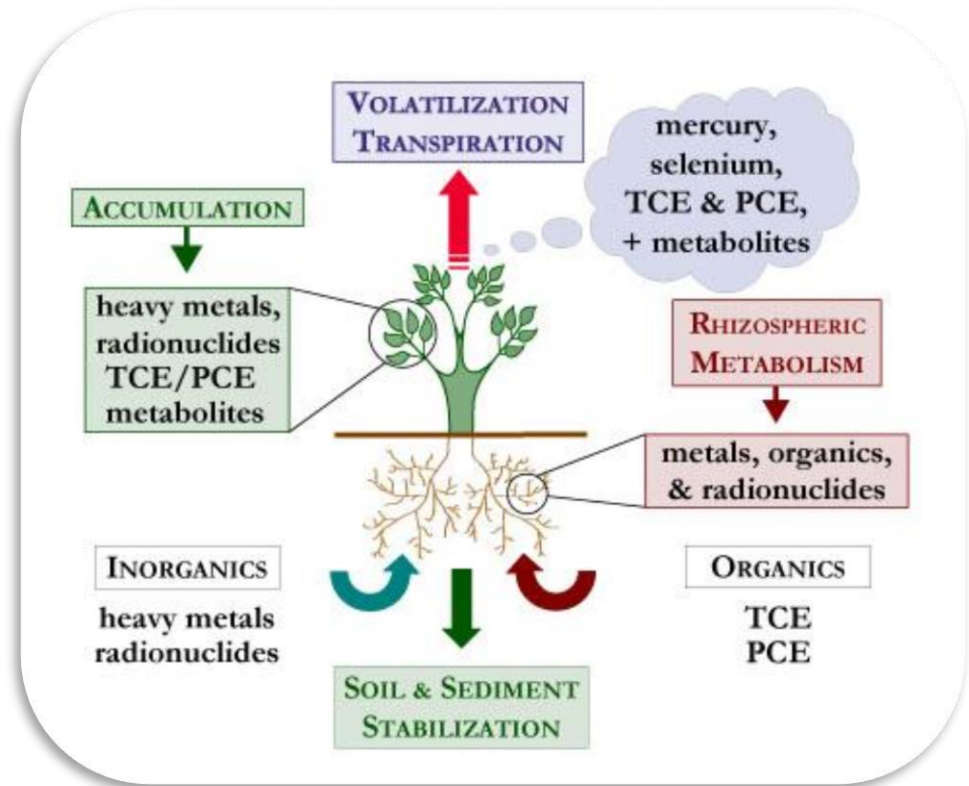


Plantas silvestres o cultivadas que absorben altas cantidades de elementos tóxicos en su parte aérea.

Plantas cosechadas pueden ser desechadas como pequeñas cantidades de ceniza a relativamente bajo costo.

Hiperacumuladoras retienen elementos tóxicos entre 2-5% de su peso seco.

# FITORREMEDIACIÓN



Dependiendo de sus propiedades, pueden ser degradados en la raíz de la planta, o incorporados a tallos y hojas para su degradación, secuestro o volatilización.



Algunos compuestos orgánicos descontaminados por fitorremediación incluyen solventes orgánicos (tricloroetileno), herbicidas (atrazina), explosivos (trinitrotolueno), hidrocarburos derivados del petróleo (gasolina, benceno, tolueno, hidrocarburos aromáticos policíclicos) y bifenilos policlorinados (dioxinas, polietileno), entre otros.



- Potencial de transferir humedad de superficies de suelo contaminado y aguas subterráneas a la atmósfera.
- Producir enzimas degradables.
- Habilidad de sobrevivir bajo un rango de condiciones ecológicas.
- Capacidades impulsadas por energía solar.



- Potencial de penetrar a profundidades significativas y crear una amplia zona radicular.
- Habilidad de acumular ciertos contaminantes.
- Habilidad de producir y metabolizar bastantes toxinas naturales.
- Habilidad de devolverle al lugar contaminado algún nivel de salud ecológica y estabilidad.

- Potencial de penetrar a profundidades significativas y crear una amplia zona radicular.
- Habilidad de acumular ciertos contaminantes.
- Habilidad de producir y metabolizar bastantes toxinas naturales.
- Habilidad de devolverle al lugar contaminado algún nivel de salud ecológica y estabilidad.

- Deben ser hiper acumuladoras de metales o ciertas sustancias.
- Deben estar adaptadas a las condiciones ambientales y de suelo.
- Deben crecer rápido.
- Concentrar tóxicos en sus partes.
- No comestibles.



# ESPECIES VEGETALES

EMPLEADAS EN REMEDIACIÓN AMBIENTAL:

*Fitorremediación*



## *Brassica juncea*

acumula selenio

sulfuro

plomo

cromo

cadmio

níquel

zinc

cobre

*Buxaceae,*  
*Rubiaceae y*  
*Euphorbiaceae*

acumulan níquel



**Familia *Compositae*** – simbiosis con *Arthrobacteria*

acumula cesio y estroncio





## *Solanum lycopersicum*

acumula plomo,  
zinc y  
cobre







Metales y otros elementos comúnmente encontrados en suelos y aguas  
As, Hg, Cd, Ni, Cr, Se, Cu, Ag, Pb, Zn, Al, Mo, Cs, Sr, Co, Mn

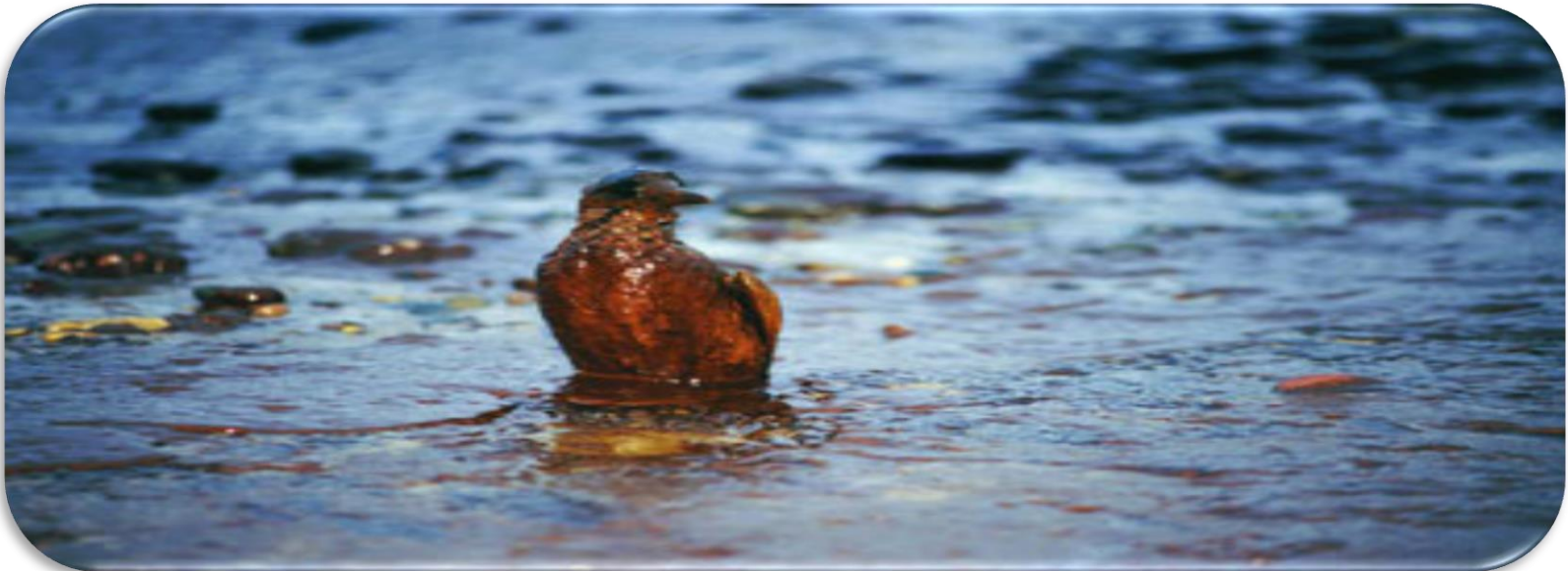
Factores a Considerar para seleccionar opciones de remediación:

- Tamaño, localización, historia del lugar.
- Accesibilidad del lugar.
- Efectividad de la opción de remediación.
- Características del suelo/agua.
- Composición, estado físico y químico del contaminante.



Factores a Considerar para seleccionar opciones de remediación:

- Grado de contaminación (concentración y distribución).
- Uso previsto para el lugar.
- Recursos técnicos y financieros disponibles.
- Conciencia de asuntos públicos, legales y ambientales.



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKORTA, I., HERNÁNDEZ-ALLICA, J., BECERRIL, J.M., AMEZAGA, I. , ALBIZU, I. y GARBISU, C. (2004). Recent Findings on the Phytoremediation of Soils Contaminated with Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 3 (1) 71-90.
- ANTOSIEWICS, D.M., ESCUDE-DURAN, C., WIERZBOWSKA, E., y SKALODOWSKA, A. (2008). Indigenous plant species with potencial for the phytoremediation of arsenic and metal contaminated soil. *Water air soil pollution* 193: 197-210.
- BARCELÓ, J. Y POSCHENRIEDER, CH. (2003). Phytoremediation: Principles and perspectivas. *Contributions to Science*, 2(3): 333-344.
- BECERRIL, J. M., BARRUTIA, O., GARCÍA PLAZAOLA, J.I., HERNÁNDEZ, A., OLANO, J.M y GARBISU, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: *Aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. Ecosistemas*, 2007/2.
- BERNAL, M.P., CLEMENTE, R., WALKER, D.J. (2007). The role of organic amendments in the bioremediation of heavy metal-polluted soils. In: Gore, R.W. (Ed.), *Environmental Research*

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYD, R.S., M.A. WALL, y T. JAFFRÉ. (2006). Nickel levels in arthropods associated with Ni hyperaccumulator plants from an ultramafic site in New Caledonia. *Insect Science* 13:271–277.
- BRADY, N.C. Y WEIL, R.R. (2008). *The nature and properties of soils*, 14th Edición. Prentice Hall, Upper Saddle River, New York.
- CLUIS, C. (2004). Junk-greedy greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination. *Bio. Tech. Journal* 2, 60–67.
- COOK, L., MCGONIGLE, T., y INOUYE, R. (2009). Titanium as an indicator of residual soil on arid-land plants. *J. Environ. Qual.* 38:188-199.
- DEMIREZEN, D. y AKSOY, A. (2004). Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere* 56: 685–696.
- DENG, H., YE, Z.H., WONG, M.H. (2004). Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by twelve wetland plant species thriving in metal contaminated sites in China. *Environmental Pollution* 132, 29-40.
- DENG, H., YE, Z.H., WONG, M.H. (2006). Lead and zinc accumulation and tolerance in populations of six wetland plants. *Environmental Pollution* .141 (69-80).



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAYIGA, A., MA, L., CAO, X., y RATHINASABAPATHI, B. (2004). Effects of heavy metals on growth and arsenic accumulation in the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. *Environment. Poll.* 132 (2). 289-296.
- GARCÍA, I. y ECKSTEIN, D. (2003). Climatic signal of early Wood vessel of oak on a maritime site. *Tree physiology* 23: 497-504.
- GARCÍA, I. y DORRONSORO, C. (2005). Contaminación por metales pesados. En: Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafología.ugr.es/conta/tema15/introd..htm>
- GINOCCHIO, R. y BAKER, A. (2004). Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely know and studied in the region. *Revista chilena de historia natural.* 77: 185-194.
- GRATÃO, P., POLLE, A., LEA, P. y AZEVEDO, R. (2005). Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Functional Plant Biology.* 32 ( 481-494).