

# FITORREMEDIACIÓN DEL SUELO

Gerardo Besga Salazar  
gbesga@neiker.eus  
NEIKER

Vitoria-Gasteiz, 15 de Julio de 2016





## Proposal for a general Union Environment Action Programme to 2020: *Living well, within the limits of our planet*, COM(2011) 571

Priority objective 1: To protect, conserve and enhance the EU's natural capital:

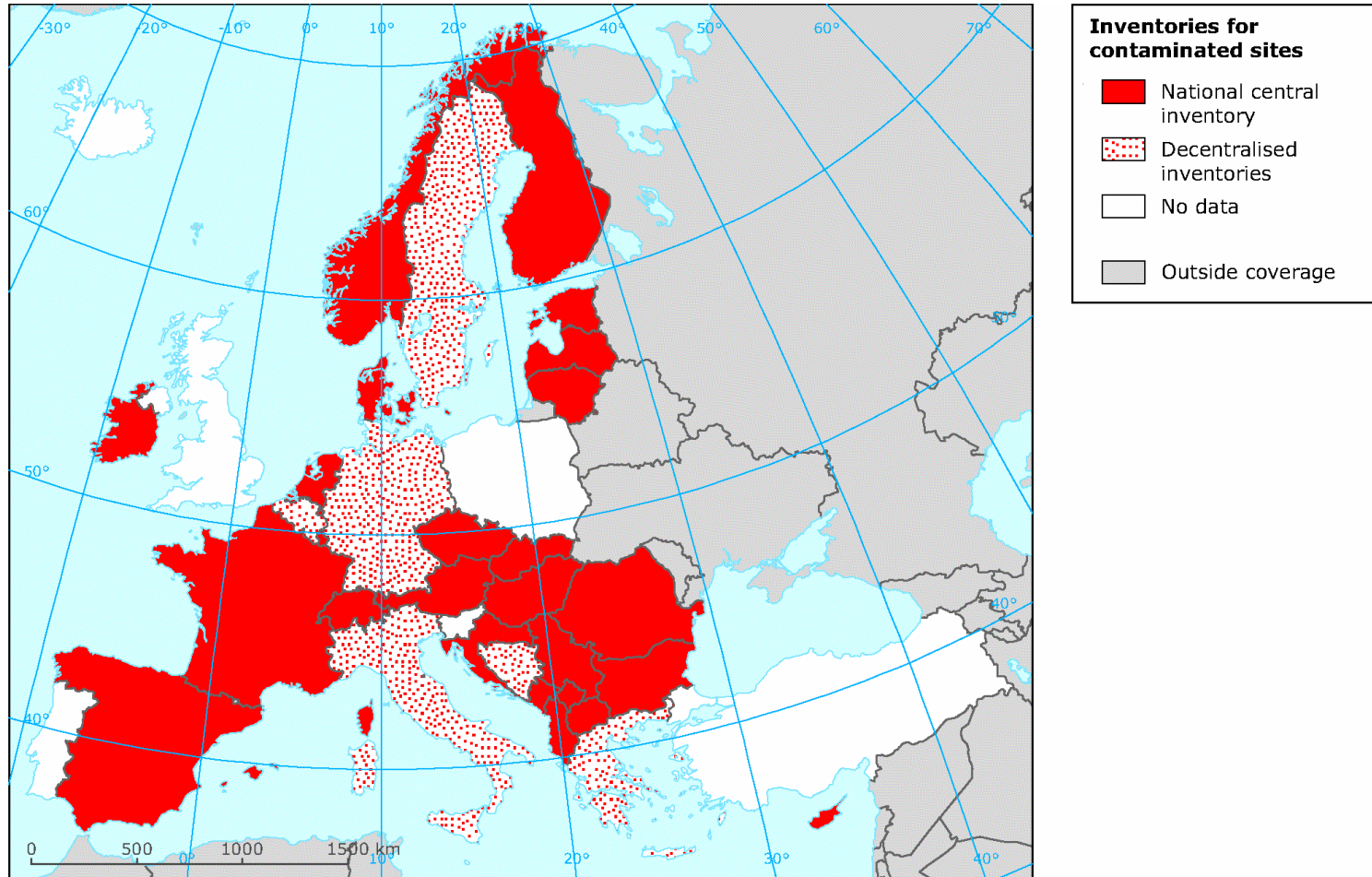
- (23) *To reduce the most significant man-made pressures on land, soil and other ecosystems in Europe, action will be taken to ensure that decisions relating to land use at all relevant levels give proper consideration to environmental as well as social and economic impacts. The Rio+20 Summit outcome called for a 'land degradation neutral world'. The EU and Member States should reflect on how best to make such a commitment operational within their respective competencies as well as to address soil quality issues within a **binding legal framework** (COM(2006) 232). Targets will also be set for sustainable land use and soil.*
- (26) *In order to protect, conserve and enhance the EU's natural capital, the programme shall ensure that by 2020: (e) Land is managed sustainably in the EU, soil is adequately protected and the remediation of contaminated sites is well underway.*
- *This requires, in particular: (e) **Increasing efforts to reduce soil erosion and increase soil organic matter, to remediate contaminated sites and to enhance the integration of land use aspects into coordinated decision-making involving all relevant levels of government, supported by the adoption of targets on soil and on land as a resource, and land planning objectives.***

# Suelos contaminados

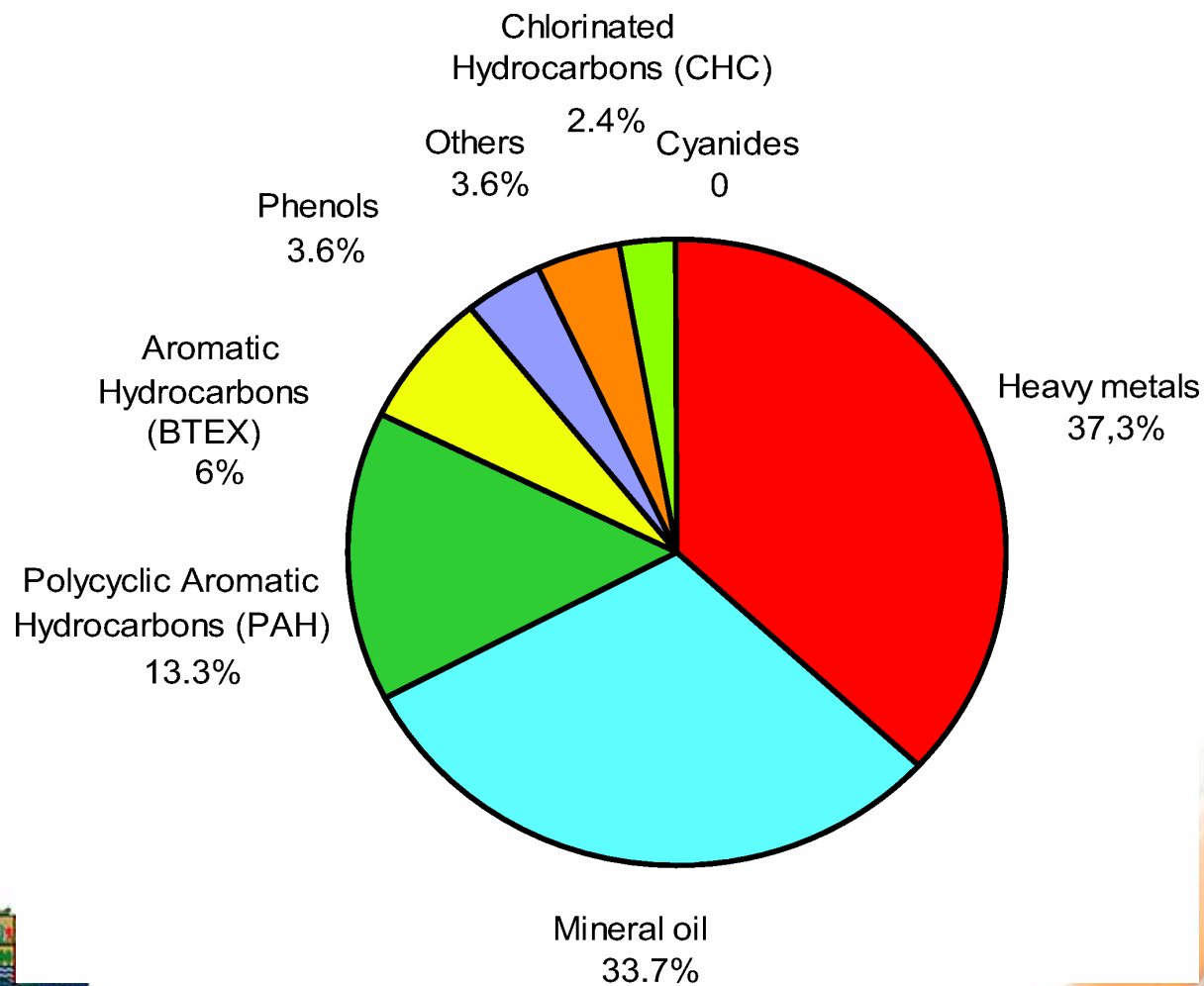
Entre las principales causas de acumulación de compuestos contaminantes en el suelo están:

- Emisiones atmosféricas
- Vertidos procedentes de procesos químicos industriales
- Inadecuado depósito de residuos
- Intensificación de la agricultura
- Intensificación de la minería

# Inventories for contaminated sites



# Overview of contaminants affecting soil and groundwater in Europe



# Funciones y servicios del suelo – Salud del suelo

El suelo proporciona un conjunto de funciones y servicios de excepcional trascendencia económica y medioambiental:

- Producción de biomasa (alimentos, fibra y combustible)
- Descomposición de la materia orgánica
- Reciclaje de nutrientes
- Depuración del agua
- Regulación de la calidad del aire
- Eliminación de contaminantes (incluidos gases de efecto invernadero)

# Contenidos de elementos y compuestos químicos - Calidad del suelo

**Valores indicativos de evaluación:** valores referentes a concentraciones de sustancias químicas que constituyen el sistema de estándares de calidad del suelo. Dichos valores son los que se especifican en el anexo III de la Ley 4/2015, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo; para otras sustancias químicas no recogidas en el mismo, los que se obtengan de acuerdo con el método que se establezca reglamentariamente.

# Calidad del suelo

**Valor indicativo de evaluación A (VIE-A):** estándar que se corresponde con el límite superior del intervalo de concentraciones en que una determinada sustancia se encuentra de forma natural en los suelos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Para las sustancias de origen antrópico, el valor indicativo de evaluación A (VIE-A) se asimilará al límite de detección en aplicación de métodos analíticos normalizados.

# Calidad del suelo

**Valor indicativo de evaluación B (VIE-B):** estándar que indica la concentración de una sustancia en el suelo por encima de la cual el suelo está alterado y existe la posibilidad de que esté contaminado, extremo para cuya confirmación se requerirá la realización de un análisis de riesgos. El VIE-B se define para los distintos usos del suelo.

# Calidad del suelo

## VALORES INDICATIVOS DE EVALUACION (VIE-B)

### Para la protección de la salud humana

Contaminante	Industrial	Parque público	Urbano	Área de juego infantil	Otros usos
Metales pesados (10)					
Otros contaminantes inorgánicos - Cianuro					
Compuestos Orgánicos Volátiles COV (5) BTEX + Fenol					
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) (13)					
Disolventes clorados (24)					
Plaguicidas (11)					
Otros (7)					
Acetona					
p-Cloroanilina					
Estireno					
Cloruro de vinilo					
Heptacloro epóxido					
Cresol					
PCB					

# Calidad del suelo

Las medidas de recuperación de suelos contaminados y alterados tendrán como finalidad restablecerlo a su estado anterior, o, si este no fuera conocido, alcanzar unos estándares de calidad del suelo al menos iguales a los valores indicativos de evaluación B (VIE-B) o los equivalentes para hidrocarburos totales del petróleo (TPH)

# Características ecotoxicológicas de los contaminantes

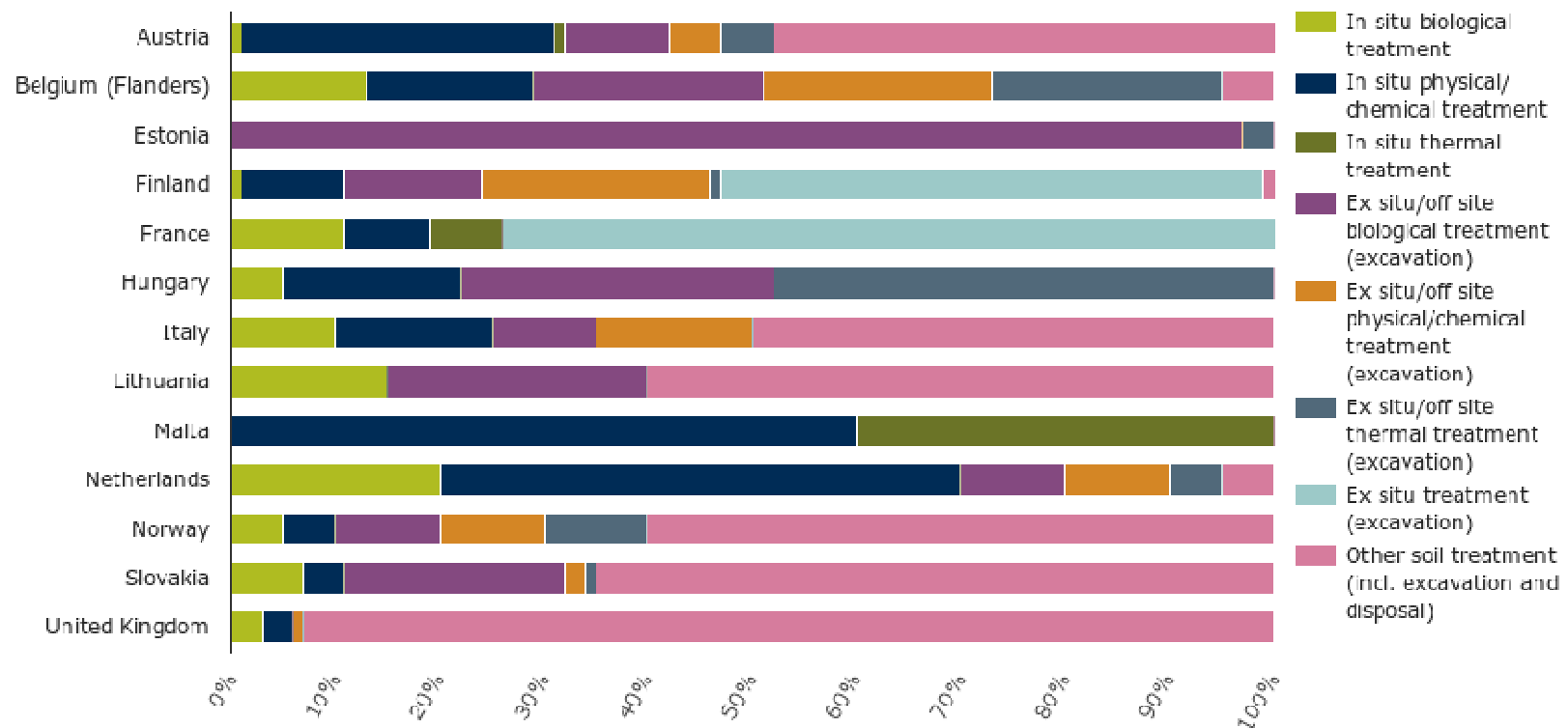
La disponibilidad de los agentes contaminantes en el suelo está afectada por:

- pH y Eh del suelo
- Composición mineral y contenido de materia orgánica del suelo
- Presencia de otros contaminantes
- Presencia de vegetación

En consecuencia, la selección de las técnicas más adecuadas para la recuperación de las áreas contaminadas es un proceso complejo y muy específico.

# Most frequently applied remediation techniques in European Countries

Chart — Most frequently applied remediation techniques for contaminated soil



Fuente: European Environment Agency

European Environment Agency 



# Fitorremediación

La fitorremediación es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes (tanto compuestos orgánicos como inorgánicos).

Ventajas frente a las tradicionales técnicas físico-químicas:

- Menor coste económico
- Aproximación más respetuosa con los procesos edáficos
- No generación de residuos
- Mayor aceptación social, estética y ambiental

# Técnicas de fitorremediación

Atendiendo a los mecanismos implicados en la eliminación de residuos se distinguen varias técnicas:

- Fitoextracción
- Rizofiltración
- Fitoestabilización
- Fitodegradación
- Fitovolatilización



# Fitoextracción

Utilización de plantas para acumular contaminantes en los tejidos aéreos, especialmente para la eliminación de metales pesados de los suelos.

Planta de Amaranto  
Acumuladora de plomo



# Rizofiltración

Utilización de plantas para eliminar contaminantes asociados a la raíz (generalmente metales) del agua, efluentes y corrientes de agua.



Filtro verde en Ibarangelu (BIZKAIA)

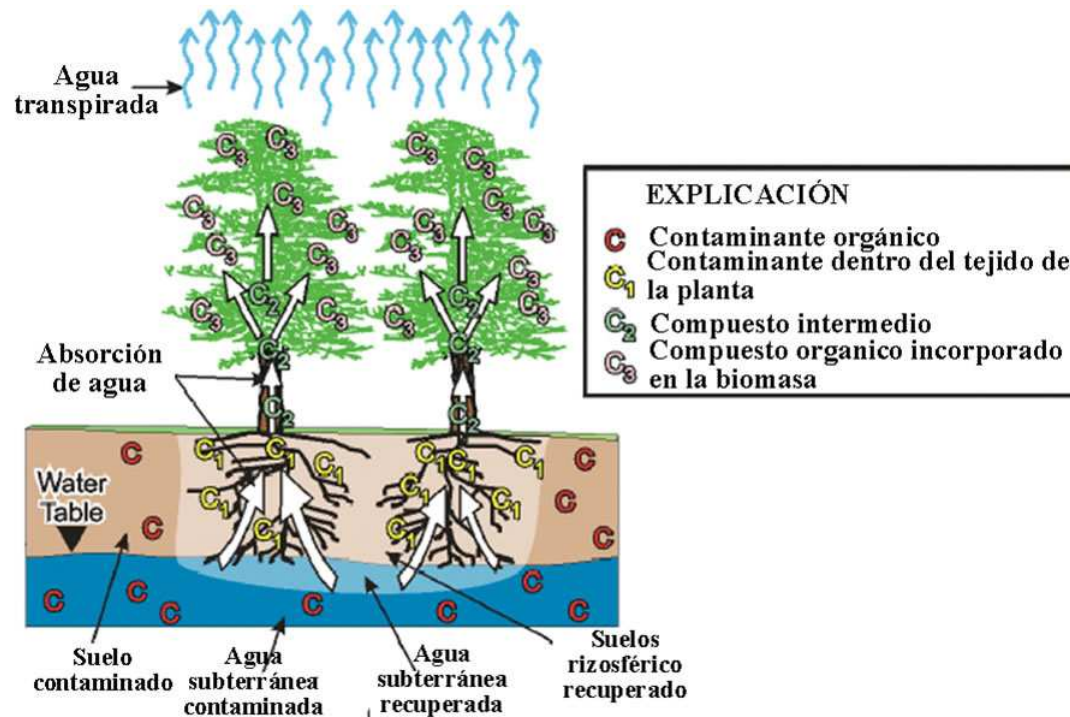
# Fitoestabilización

Utilización de plantas para reducir la disponibilidad de los contaminantes evitando su dispersión o previniendo la erosión del suelo.



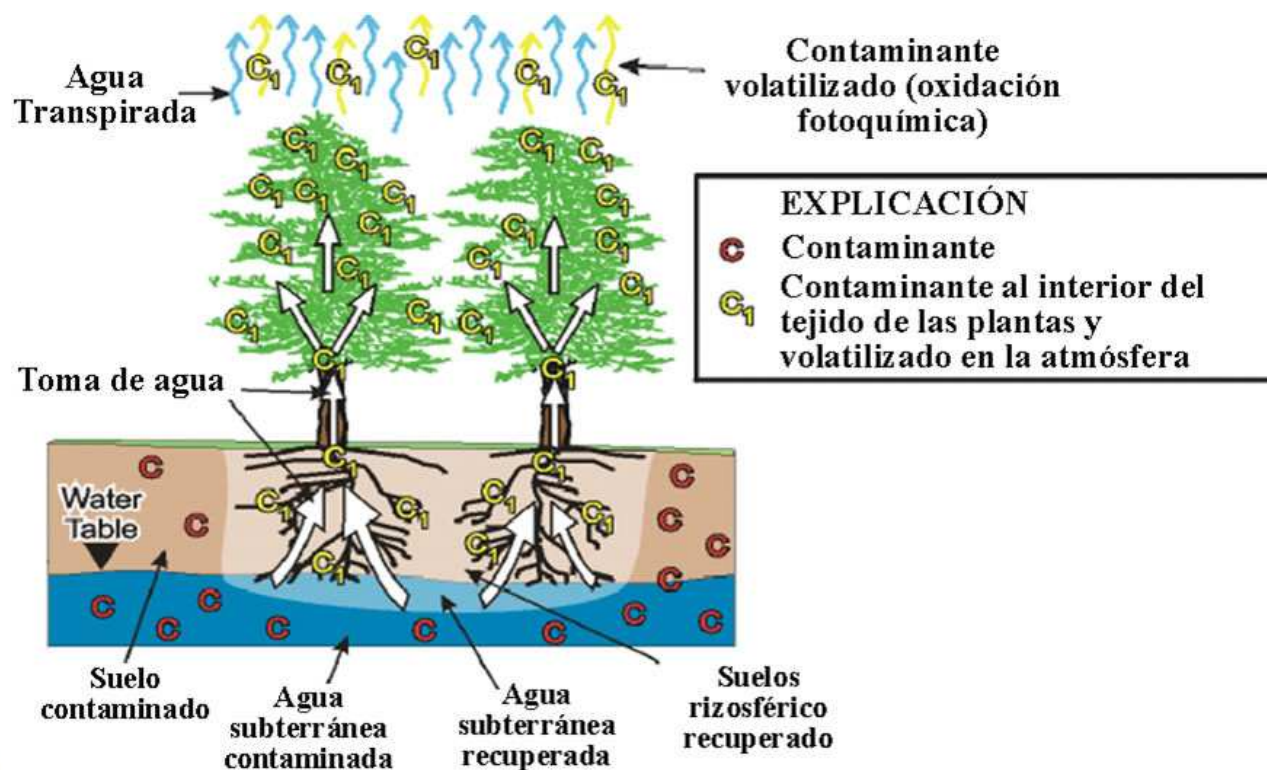
# Fitodegradación

(o biodegradación asistida por plantas, rizodegradación): Utilización de plantas y los microorganismos asociados de su rizosfera para la degradación y eliminación de contaminantes orgánicos.



# Fitovolatilización

Utilización de plantas para la eliminación de contaminantes (orgánicos o inorgánicos a través de la corriente transpiratoria).



# Fitoextracción

Utilización de plantas para acumular contaminantes en los tejidos aéreos, especialmente para la eliminación de metales pesados en los suelos.

Las plantas tienen la capacidad de acumular metales esenciales (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Mo...). Además, las plantas hiperacumuladoras son capaces de tolerar, absorber, transportar y acumular en sus tejidos aéreos elementos no esenciales (Cd, Cr, Pb, Ag, Se, Hg) alcanzando elevadísimas concentraciones, que resultan tóxicas para la mayor parte de las plantas.

# Procesos en la hiperacumulación de MP en plantas

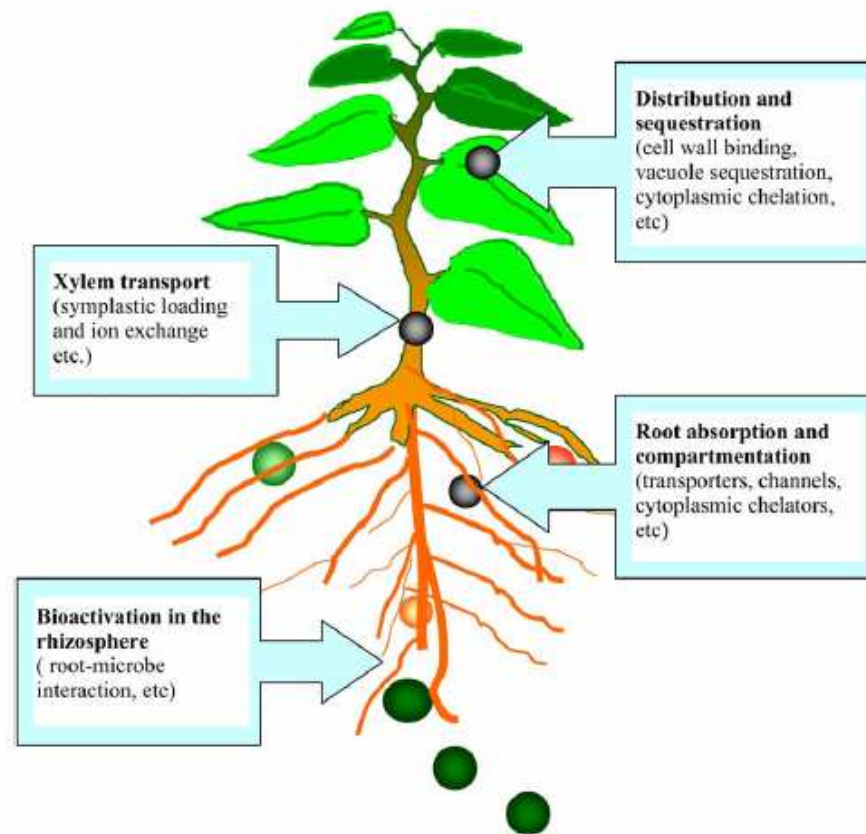
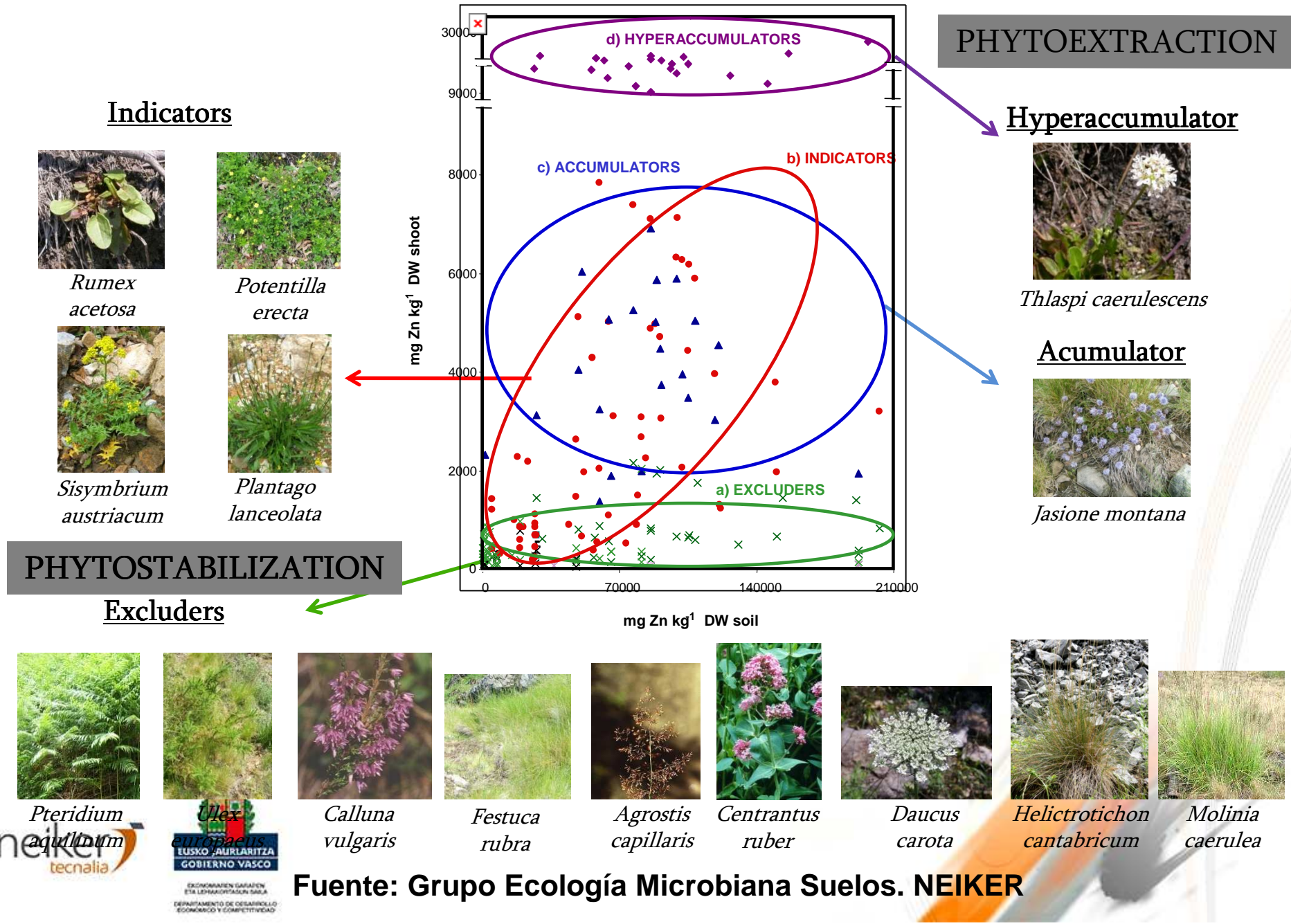


Fig. 1. Major processes proposed to be involved in heavy metal hyperaccumulation by plants.

# Estrategias de tolerancia al Zn



Fuente: Grupo Ecología Microbiana Suelos. NEIKER

# Fitoextracción

**Especies hiperacumuladoras:** Bajas tasas de crecimiento lo que resulta en biomasa 1-2 órdenes de magnitud menor en comparación con cultivares utilizados en agricultura.

Necesidad de encontrar **cultivares de gran biomasa relativamente tolerantes** a metales pesados (p.e., Familia Brassicacea).

**Incremento del conocimiento sobre factores que limitan el proceso fitoextractor:** aumento de la tolerancia de las especies, incremento de la biodisponibilidad y transporte de los mismos hacia la parte aérea de las plantas.

# Fitorremediación de contaminantes orgánicos

La mayor parte de los contaminantes orgánicos pueden ser alterados “in situ” por las plantas y microorganismos asociados: **en los suelos con vegetación la desaparición de los contaminantes orgánicos es mucho más rápida que en los suelos sin vegetación.**

Se basa en la **utilización de la complejidad metabólica de plantas y/o microorganismos de la rizosfera** para secuestrar, acumular, modificar, degradar o volatilizar los agentes contaminantes: **fitorremediación directa y fitorremediación indirecta.**

# Fitorremediación directa

Absorción por parte de la planta de los contaminantes orgánicos.

Los compuestos absorbidos a través de la raíz pueden ser transportados a los tejidos, eliminados a la atmósfera con la corriente transpiratoria, parcial o totalmente degradados, o transformados e incorporados a la materia orgánica del vegetal.

# Fitorremediación indirecta

Degradación de contaminantes orgánicos debido a la actividad microbiana del entorno de la raíz.

Combina la capacidad metabólica de los microorganismos para degradar los compuestos, y las propiedades de modificación de la estructura, composición y relaciones hídricas del suelo debido a las plantas.

Densidad de microorganismos en la rizosfera puede llegar a ser de 2-4 órdenes de magnitud en relación a suelos sin vegetación.

Compuestos degradados: hidrocarburos, PAHs, plaguicidas, solventes clorados, pentaclorofenol, PCBs, etc.



**Gracias por vuestra atención**