



APLICACIÓN DE LA FITORREMEDIACIÓN A SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS

2015
Año Internacional
de los Suelos

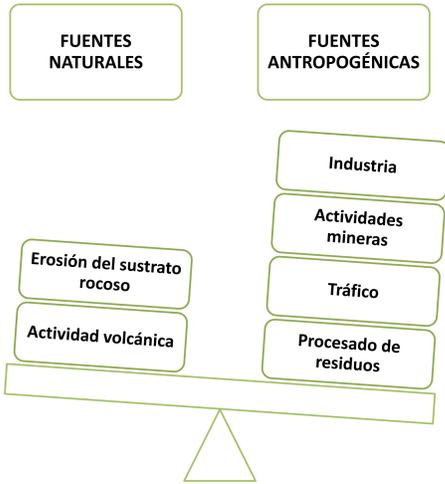


Sara Bayón Sanz

Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
Plaza de Ramón y Cajal s/n, 28040 Madrid. sarabayo@ucm.es

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados, aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm³ o que tienen un número atómico por encima de 20, constituyen uno de los grupos de contaminantes ambientales sujetos a una mayor investigación y preocupación.



EFFECTOS ECOSISTEMA

- Efectos tóxicos a bajas concentraciones
- Acumulación progresiva
- Persistencia
- Transferencia entre medios naturales
- Entrada en la cadena trófica

EFFECTOS SALUD

- Interferencias en procesos celulares
- Cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos, disruptores endocrinos
- Cirrosis hepática, anemia crónica
- Alteración SNC
- Dermatitis alérgica

PROTECCIÓN DEL SUELO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

R.D.13/2005
BOE nº 15, 14 enero: Relación de actividades potencialmente contaminantes
Criterios y estándares → declaración de suelos contaminados
Obligación remediación de suelos contaminados.

REMEDIACIÓN: extraer, controlar, contener, reducir contaminantes.

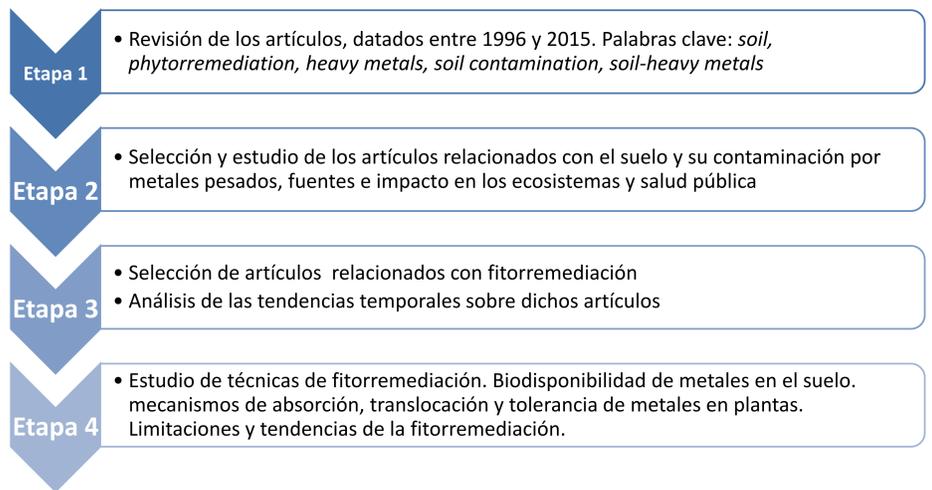
FITORREMEDIACIÓN: empleo de especies vegetales metalófitas o pseudometalófitas con mecanismos excluidores o acumuladores de metales // < coste < alteración medio.

OBJETIVOS

1. Conocer los tipos de **técnicas de fitorremediación** aplicables a la eliminación de metales pesados que pueden contaminar el suelo, sus características y limitaciones.
2. Conocer su relación con la **biodisponibilidad** de metales pesados en suelos.
3. Revisar los mecanismos de **absorción, translocación y tolerancia** de dichos metales en plantas

METODOLOGÍA

Se han utilizado las bases de datos **Science Direct** e **ISI Web of Science**.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

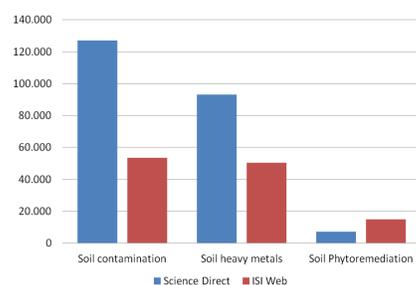


Figura 1. Número de artículos en cada una de las bases de datos por palabras clave.

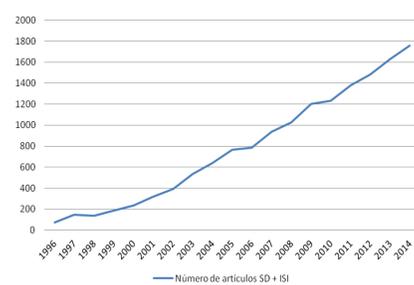


Figura 2. Evolución temporal de investigaciones sobre fitorremediación en las bases de datos.

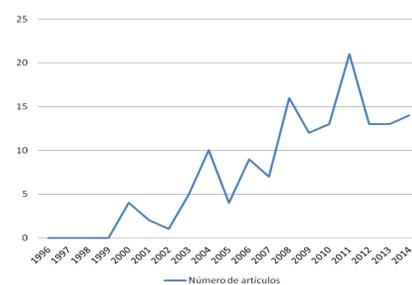


Figura 3. Evolución temporal de las investigaciones sobre fitorremediación filtrando los artículos relacionados con la contaminación de los suelos por metales pesados.

Se observa una disminución en las investigaciones conforme se va refinando la búsqueda bibliográfica, desde soil contamination-soil heavy metals-soil phytoremediation, así como la disparidad en el número de artículos cuando se comparan ambas bases de datos (Figura 1). Desde 1999 se observa una evolución temporal creciente sobre estudios de fitorremediación (Figura 2), que podría atribuirse a la creciente preocupación por la búsqueda de tecnologías menos invasivas para la extracción de metales pesados en los suelos. No obstante, el número de artículos, aunque en aumento progresivo, se reduce al combinar los tres descriptores indicados anteriormente (Figura 3).

↑ BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS EN SUELO

Natural:

- Secreción de fitosideróforos por raíces.
- Excreción de H⁺ → acidificación de la rizosfera.
- Microorganismos rizosféricos (bacterias y hongos micorriza).

Inducida:

- Quelantes: EDTA, ác. cítrico, sulfuro elemental, sulfato amónico. PROBLEMA: contaminación secundaria.

ABSORCIÓN, TRANSLOCACIÓN Y TOLERANCIA

1. Transporte al interior en forma de iones.
2. Los iones son:
 - Almacenados en raíz
 - Translocados: Raíz → Xilema → Tejidos: Vacuolas.

Regulación: fitoquelatinas y metalotioninas - protegen a las plantas de los efectos tóxicos de los iones metálicos.

LIMITACIONES

- Especies vegetales escasas, foráneas o invasivas.
- Escaso crecimiento y producción de biomasa.
- Excesivo tiempo requerido.
- Dificultad de movilización de iones metálicos unidos al sustrato.
- Aplicable a suelos con niveles bajos o moderados de contaminación por metales pesados.
- Riesgo de contaminación de la cadena alimentaria.

TENDENCIAS

- **Actuales:** estudios de laboratorio e invernadero, muy pocos en situaciones reales de campo altamente condicionadas por numerosos factores ambientales.
- **Futuras:** identificación de los genes que codifican la hiperacumulación de metales pesados → creación de plantas transgénicas combinando las características deseadas en una sola especie vegetal.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN

FITOEXTRACCIÓN: emplea la capacidad de las plantas para absorber y extraer el contaminante del suelo y acumularlo en tallos y hojas. (*)

FITOSTABILIZACIÓN: inmovilización y reducción de la biodisponibilidad de los contaminantes en el suelo, previniendo la migración a aguas subterráneas o la entrada a la cadena trófica.

FITODEGRADACIÓN: degradación de contaminantes orgánicos, acumulación de xenobióticos y detoxificación por actividades metabólicas.

RIZODEGRADACIÓN: descomposición de contaminantes orgánicos por microorganismos rizosféricos.

RIZOFILTRACIÓN: absorción de metales en las aguas contaminadas a través de las raíces de algunas plantas acuáticas, de humedales, algas, bacterias y hongos.

FITOVOLATILIZACIÓN: absorción de contaminantes del suelo, conversión a formas volátiles y posterior liberación a la atmósfera. Controversia, puede volver a ser redepositado.

FITODESALINIZACIÓN: plantas halófitas que suprimen el cloruro sódico del suelo.

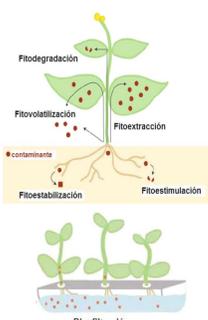


Figura 4. Representación esquemática de los distintos mecanismos de fitorremediación

INTERÉS ADICIONAL (*)

Plantas fitoextractoras ideales:

- ↑ Índice crecimiento
 - ↑ Producción biomasa
 - Sistema radicular muy ramificado y distribuido
 - Capacidad de translocación
 - Tolerancia metales tóxicos
 - Adaptación
 - Fácil cultivo y cosecha
 - Repelencia herbívoros
- Posterior a extracción:
1. Extracción contaminante
 2. Cosecha y tratamiento
 3. Procesamiento como residuo peligroso o reciclaje

CONCLUSIONES

El **carácter emergente y novedoso** de las técnicas de fitorremediación se pone de manifiesto por el reducido número de artículos que relaciona la eliminación de metales pesados en los suelos con dichas técnicas. Son procedimientos lentos y difíciles de llevar a la práctica, resultando poco competitivos con las técnicas de remediación convencionales.

Las últimas tendencias se dirigen a la comprensión de los **mecanismos moleculares** de regulación, haciendo especial énfasis en los procesos de identificación, aislamiento y caracterización de biomoléculas que intervienen en los procesos de acumulación de metales en el tejido vegetal.

Si bien, las técnicas de fitorremediación se encuentran, en gran medida, en **fase experimental**, para asegurar su éxito como técnicas viables de limpieza de metales pesados en el suelo no deben dejarse de lado los estudios de campo con los que validar los resultados obtenidos en laboratorio.