



Actividades

Pycnandra acuminata

INDICE de ACTIVIDADES

1. ¿He entendido el video visualizado?
2. Relacionar conceptos.
3. ¿He entendido los mecanismos celulares de tolerancia a los metales?
4. Problemas de fitoextracción.
5. Busca ejemplos de fitominería
6. Problema de fitominería.

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1

¿He entendido el vídeo visualizado?

Visualiza el siguiente video **Plantas para curar suelos contaminados** (5 minutos) del grupo de investigación en fitorremediación de suelos contaminados de la UPV/EHU, <https://vimeo.com/25452197> y responde a las siguientes preguntas.

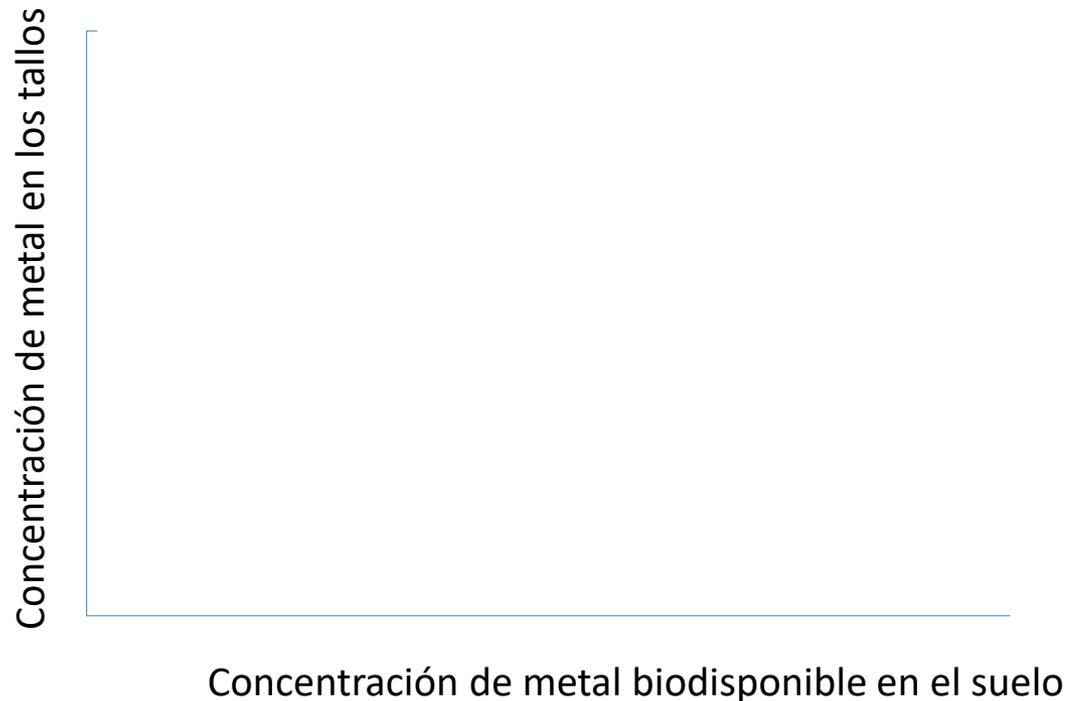
1. ¿Cual es el mejor sitio para encontrar especies que toleran los metales pesados?
2. ¿Qué dos estrategias y tipos de plantas se ven en el video según su reacción a los metales pesados?
3. ¿Para que tipo de fitorremediación serían útiles esos dos grupos de plantas?
4. ¿Cuál es la utilidad de enmiendas ganaderas sobre un suelo contaminado con metales, que beneficios aportan?
5. ¿Qué plantas estudian en el laboratorio y con qué objetivo?

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 2

Relacionar conceptos

Las distintas especies vegetales se pueden clasificar en **tres** grupos o categorías en función de su comportamiento ante los **metales pesados**. Explica cómo pueden ser usados estos tres grupos en los distintos tipos / estrategias de fitorremediación.



ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 3

¿He entendido los mecanismos celulares de tolerancia a los metales?

Existen 6 mecanismos (a nivel celular principalmente) que pueden hacer a las plantas tolerantes o incluso resistentes a los metales pesados en el medio. Algunos mecanismos consisten en mantener fuera los metales. Otros mecanismos sirven para que los metales una vez dentro de la célula pierdan su toxicidad y no causen daño.

Comenta cómo funcionan estos mecanismos. Usa la siguiente figura como ayuda.

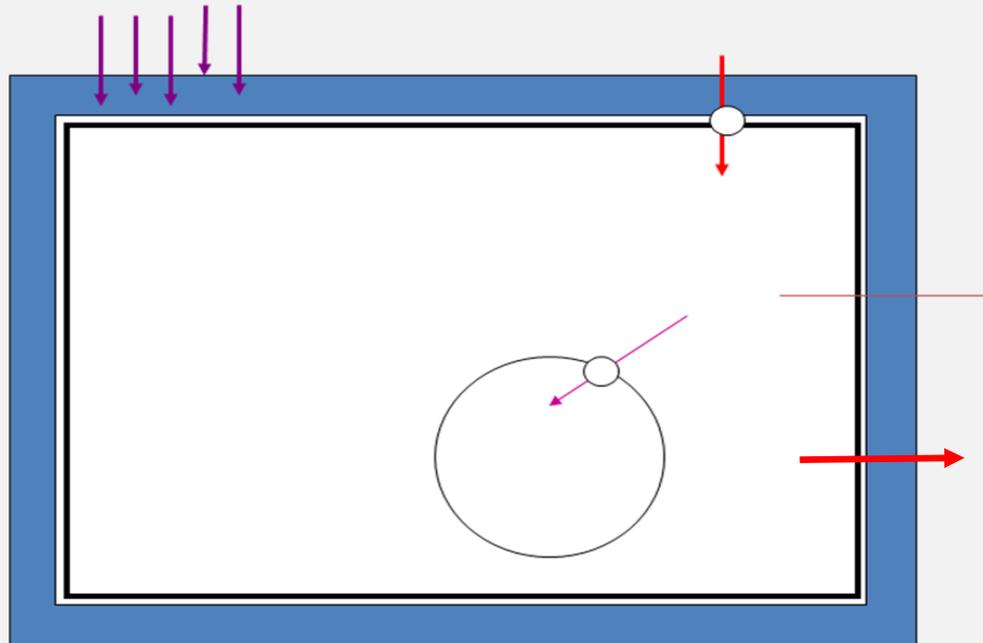


Imagen propia: A. Hernández



ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 4

Problemas de fitoextracción

Usando el ejemplo calcula los kilos de metal que se extraen en los casos siguientes por hectárea de suelo ($100 \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$).

NOTA: En contaminación es muy común para expresar la concentración del contaminante el uso de **ppm**, partes por millón (1 g /millón de g), o lo que es lo mismo 1 mg/kg.

Ejemplo: Fitoextracción continua, biomasa de la cosecha 2.000 kg planta por hectárea, concentración del metal en planta: 20 g de metal por kg de planta. **Metal extraído = B x C = Biomasa x concentración**
→ 2.000 kg planta/ ha x 20 g metal/ kg planta = 40.000 g/ha = 40 kg/ha.

1. Fitoextracción continua: Biomasa de la cosecha de 2.000 kg planta por hectárea, concentración del metal en planta: 1% de metal en planta.
2. Fitoextracción continua: Biomasa de la cosecha de 2.000 kg planta por hectárea. Concentración del metal en planta: 15.000 ppm (partes por millón = mg/kg de planta).
3. Fitoextracción inducida por quelantes: Biomasa de la cosecha de 1 kg planta por m^2 , concentración de metal en planta: 20.000 μg de metal por g de planta.
4. Fitoextracción inducida por quelantes: Biomasa de la cosecha 20.000 kg planta por hectárea, concentración del metal en planta: 5.000 g de metal por tonelada de planta.

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 5

Busca ejemplos de fitominería

Hemos visto la fitoextracción de metal como una tecnología para descontaminar suelo. Pero igualmente a mucha gente se le ha ocurrido sacar un beneficio económico de los metales acumulados en las plantas que lo han extraído. A esto se le llama fitominería. Obviamente la fitominería solo tiene sentido para metales valiosos, o mejor aún, para metales preciosos.

Busca en internet alguna experiencia de fitominería (vídeo, patente, página web, artículo científico, etc.).

Recuerda que para la búsqueda de información es recomendable el uso de fuentes fiables y de calidad (ver indicaciones en <https://www.uma.es/ficha.php?id=78348>)

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 6

Problema de fitominería

Una empresa desea hacer fitominería de Ni usando la planta *Alyssum murale* en Oregón, EEUU cultivándola sobre un suelo rico en Ni. Se ha calculado que el coste de producción de planta y otros gastos son de 1.000 € por cosecha.

Se desea saber cuánto beneficio se podría obtener con una cosecha de planta de 20 toneladas de biomasa/ha y una concentración de metal en planta de 2% Ni en la biomasa. Valor del níquel= 25 €/kg Ni.

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1

¿He entendido el video visualizado?

Visualiza el siguiente video **Plantas para curar suelos contaminados** (5 minutos) de la UPV/EHU, <https://vimeo.com/25452197> y responde a las siguientes preguntas.

1. ¿Cual es el mejor sitio para encontrar especies que toleran los metales pesados?

Las minas de metal, o lugares contaminados por metales, incluso en lugares donde los metales afloran a la superficie de forma natural

2. ¿Qué dos estrategias y tipos de plantas se ven en el video según su reacción a los metales pesados?

Las hiperacumuladoras acumulan mucho metal en sus tejidos sin que les cause daño ya que son resistentes, las exclusoras son más sensibles a los metales, y basan su tolerancia a los metales gracias a que logran reducir la entrada de metales a sus tejidos.

3. ¿Para que tipo de fitorremediación serían útiles esos dos grupos de plantas?

Fioextracción por medio de hiperacumuladoras, o fitoestabilización mediante exclusoras

4. ¿Cuál es la utilidad de enmiendas ganaderas sobre un suelo contaminado con metales, que beneficios aportan?

Incrementan el crecimiento de las plantas exclusoras (gramíneas) sin que aumente el contenido en metales, y mejoran la salud del suelo (actividad de los microorganismos).

5. ¿Qué plantas se estudian en el laboratorio y con qué objetivo?

Estudian el laboratorio *Rumex* para tratar la contaminación por metales y la planta acuática *Lemna* para metales y contaminantes orgánicos, con el objetivo posteriormente de poder aplicar los resultados a campo. También se realizan bioensayos con plantas y se desarrollan biomarcadores de estrés y salud de planta para seguir el progreso de un proceso remediador.

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

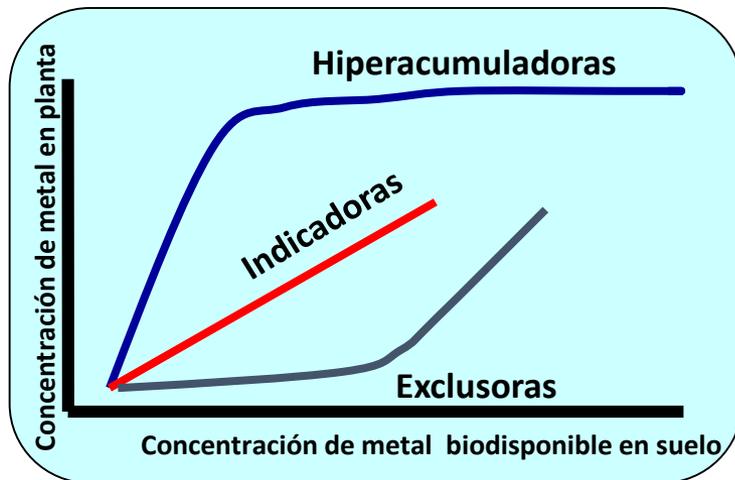
ACTIVIDAD 2

Relacionar conceptos

Las distintas especies vegetales se pueden clasificar en **tres** grupos o categorías en función de su comportamiento ante los **metales pesados**. Explica cómo pueden ser usados estos tres grupos en los distintos tipos / estrategias de fitorremediación.

Las plantas **hiperacumuladoras** acumulan metal activamente sin intoxicarse. Usadas en fitoextracción continua. Las plantas **indicadoras** toman metal proporcionalmente a la concentración en el suelo. Pueden usarse en fitoextracción inducida por metales.

Las **excluseras** restringen la entrada de metal en la planta cuando la concentración de metal en el suelo no es demasiado elevada. Pueden ser usadas en fitoestabilización y rizofiltración.



Todas ellas sirven para la revegetación de terrenos contaminados por metales.

Ninguna sirve para fitodegradación

Alguna especie son capaces de **volatilizar** Se, Hg y compuestos orgánicos (ej. tricloro etano)

Todas ellas pueden usarse para revegetar sitios contaminados y evitar la erosión del suelo

Imagen cedida amablemente por: J M^a Becerril

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 3

¿He entendido los mecanismos celulares de tolerancia a los metales?

Existen 6 mecanismos (a nivel celular principalmente) que pueden hacer a las plantas tolerantes o incluso resistentes a los metales pesados en el medio. Comenta cómo funcionan estos mecanismos.

Usa la siguiente figura como ayuda.

Pista: algunos mecanismos consisten en mantener fuera los metales. Otros mecanismos consiguen que los metales una vez dentro de la célula pierdan su toxicidad y no causen daño.

Explicación en la siguiente página

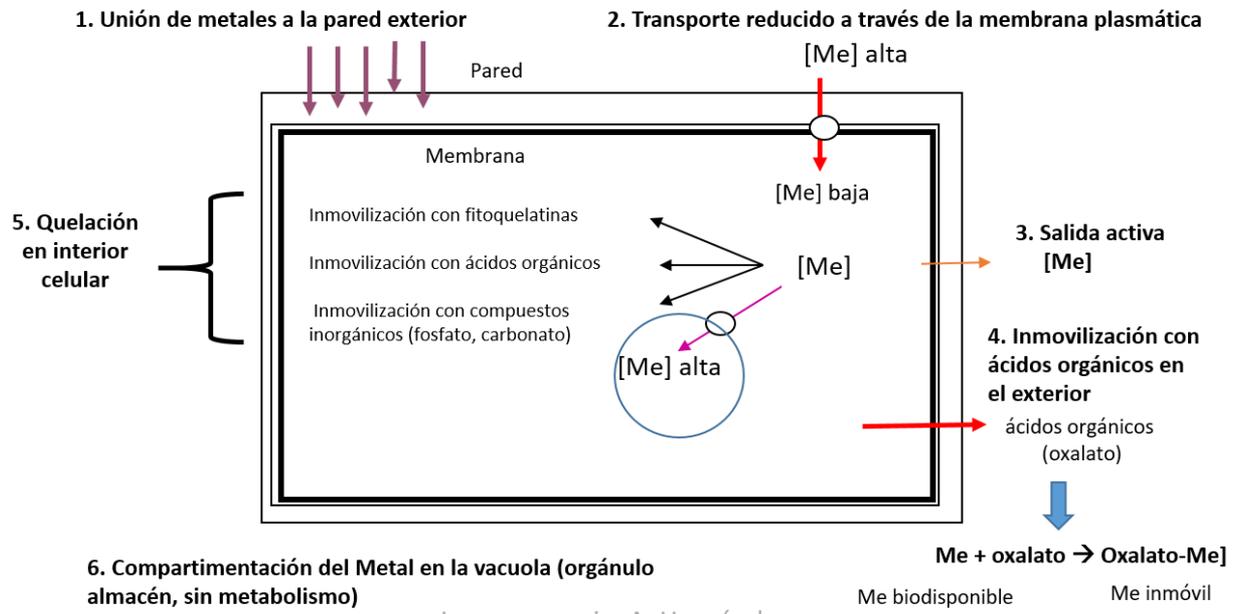


Imagen propia: A. Hernández



RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 3

¿He entendido los mecanismos celulares de tolerancia a los metales?

Algunos mecanismos consisten en mantener fuera los metales:

- 1- Mantener los metales fuera, inmovilizados, pegados a la pared celular, a la celulosa, al xilema.
- 2- Reducir la entrada al interior celular por medio de transportadores selectivos, que no se “equivocan” o confunden cuando transportan al interior celular los nutrientes.
- 3- Expulsar los metales tóxicos al exterior celular.
- 4- Precipitar los metales en el exterior celular por medio de ácidos orgánicos (málico, cítrico) que son expulsados al exterior celular.

Otros mecanismos consiguen que los metales una vez dentro de la célula pierdan su toxicidad y no causen daño.

- 5- Precipitar, hacer insolubles, reducir la biodisponibilidad de los metales por medio de i) fitoquelatinas, ii) con ácidos orgánicos o iii) compuestos inorgánicos (carbonato, fosfato).
- 6- Introducir los metales en la vacuola, incluso unidos a las fitoquelatinas. En la vacuola no resultan tóxicos, al no haber actividad metabólica

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 4

Problemas de fitoextracción

Usando el ejemplo calcula los kilos de metal que se extraen en los casos siguientes por hectárea de suelo ($100 \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$).

NOTA: En contaminación es muy común para expresar la concentración del contaminante el uso de **ppm**, partes por millón (1 g /millón de g), o lo que es lo mismo 1 mg/kg.

1. Fitoextracción continua: Biomasa de la cosecha de 2.000 kg planta por hectárea, concentración del metal en planta: 1% de metal en planta.

$$20.000 \text{ kg planta/ha} \times 1 \text{ kg metal} / 100 \text{ kg planta} = \underline{20 \text{ kg/ha}}$$

2. Fitoextracción continua: Biomasa de la cosecha de 2.000 kg planta por hectárea. Concentración del metal en planta: 15.000ppm (partes por millón = mg/kg de planta).

$$2.000 \text{ kg planta/ha} \times 15 \text{ g metal} / \text{kg planta} = \underline{30 \text{ kg/ha}}$$

3. Fitoextracción inducida por quelantes: Biomasa de la cosecha de 1 kg planta por m^2 , concentración de metal en planta: 20.000 μg de metal por g de planta.

$$1 \text{ kg planta} / 1 \text{ m}^2 \times 10.000 \text{ m}^2 / \text{ha} \times 20 \text{ g metal} / \text{kg planta} = 20.000 \text{ g/ha} = \underline{20 \text{ kg/ha}}$$

4. Fitoextracción inducida por quelantes: Biomasa de la cosecha 20000 kg planta por hectárea, concentración del metal en planta: 5.000 g de metal por tonelada de planta.

$$20.000 \text{ kg planta/ha} \times 0,005 \text{ g metal} / \text{kg planta} = \underline{100 \text{ kg/ha}}$$

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 5

Busca ejemplos de fitominería

Hemos visto la fitoextracción de metal como una tecnología para descontaminar suelo. Pero igualmente a mucha gente se le ha ocurrido sacar un beneficio económico de los metales acumulados en las plantas que lo han extraído. A esto se le llama fitominería.

Busca en internet alguna experiencia de fitominería (vídeo, página web, artículo científico, etc.).

- **Página web de la Academia Mexicana de Ciencias**
<https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/vol-70-numero-3/471-las-plantas-nuevos-mineros-para-recuperar-metales-preciosos>
- **Página web de Campo Galego**
<https://www.campogalego.es/cultivar-plantas-para-extraer-minerales/>
- **Revista científico-divulgativa Ecosistemas 16 (2): 26-43. 2007.**
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/issue/view/17>
- **Revista Científica Trends in Plant Science.**
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138598012837>
- **Video youtube: Phytomining – Innovative Recovery of Metals from Waste Materials.**
<https://www.youtube.com/watch?v=JDx3YXM3x-g>. Es en inglés pero se pueden activar los subtítulos y pasarlos a español con el traductor
- **Video youtube: Gold grows on trees.** <https://www.youtube.com/watch?v=Mp4Umeduhuw> Es en inglés pero se pueden activar los subtítulos y pasarlos a español con el traductor

RESOLUCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 6

Problema de fitominería

Una empresa desea hacer fitominería de Ni usando la planta *Alyssum murale* en Oregón, EEUU cultivándola sobre un suelo rico en Ni. Se ha calculado que el coste de producción de planta y otros gastos son de 1.000 € por cosecha.

Se desea saber cuánto beneficio se podría obtener con una cosecha de planta: 20 toneladas de biomasa /ha y una concentración de metal en planta de 2% Ni en la biomasa. Valor del níquel= 25 €/kg Ni.

¿Cuántos Kg de níquel se extraen del suelo en cada cosecha?

$20.000 \text{ kg planta /ha} \times 2 \text{ kg Ni /100 kg PS} = 400 \text{ kg Ni / ha}$

Ganancia bruta:

$400 \text{ kg Ni / ha} \times 25 \text{ € / kg Ni} = 10000 \text{ € / ha}$

Rentabilidad neta: $10.000 \text{ €} - 1.000 \text{ €} = 9000 \text{ € netos / ha}$