



## Enmiendas para la recuperación de suelos contaminados con elementos traza usando árboles de crecimiento rápido (*Paulownia fortunei* Hemsl.)

J. Xiong, F. Cabrera, P. Madejón, J.M. Murillo\*, E. Madejón

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC) Sevilla, España.

\*Autor para la correspondencia: [murillo@irnase.csic.es](mailto:murillo@irnase.csic.es)

Desde hace algunos años se admite que la producción de energía a partir de biomasa vegetal ha de tener un pequeño pero significativo papel en las políticas energéticas locales y globales. De hecho se ha planteado que las zonas marginales (con suelos degradados y/o contaminados) puedan ser recuperadas mediante la aplicación de enmiendas orgánicas de distinta procedencia (RSU, Biosólidos, etc.). Esta es una vía sostenible para la recuperación de los suelos y el reciclaje de los residuos. Para evaluar esta vía de recuperación se estableció un experimento de bloques al azar con tres suelos, tres tratamientos y tres réplicas por tratamiento, utilizando 27 contenedores (90 L) rellenos con aproximadamente 110 kg de cada suelo. Se utilizaron dos suelos con contaminación moderada de elementos traza, procedentes de la zona afectada por el vertido minero de Aznalcóllar (SC1 y SC2) y un suelo sin contaminar (C, pH=7,4) como control. El suelo SC1 es ácido (pH=3) con unos niveles muy bajos de fertilidad química y bioquímica. Las concentraciones de elementos traza (exceptuando el caso del Zn) son superiores a las normales en suelos de la zona. El suelo SC2 es un suelo de bosque con pH neutro (pH=7,2). A pesar de sus niveles de contaminación es un suelo bastante fértil, tanto desde el punto de vista químico como biológico. Los tratamientos fueron: i) NA, sin adición de enmienda; ii) compost de alperujo (CA), adición de 30.000 kg ha<sup>-1</sup> de CA; iii) compost de biosólidos (CB), adición de 30.000 kg ha<sup>-1</sup> de CB. La aplicación de las enmiendas se realizó en octubre de 2011. En cada contenedor se plantó una planta de paulownia (noviembre 2011). Durante el periodo de estudio se realizaron dos muestreos de suelo, uno en noviembre de 2011 y otro en junio de 2012, para determinar las propiedades químicas (pH, MO, nutrientes y elementos traza disponibles) y bioquímicas (actividades enzimáticas). Asimismo, se midió mensualmente el crecimiento de la longitud y el diámetro basal del tronco, así como los niveles de clorofila de las plantas establecidas en los contenedores, mediante medida indirecta (SPAD). Además se determinó el contenido de elementos traza en las hojas de las plantas. En el suelo ácido SC1 la aplicación de las enmiendas aumentó los valores de pH y como consecuencia los valores de elementos traza disponibles disminuyeron. Sin embargo, no se observaron aumentos de la fertilidad bioquímica del suelo a pesar de las altas dosis de enmiendas aplicadas. En los dos suelos neutros, tanto en el contaminado (SC2) como en el control, la presencia de enmiendas no modificó los valores de pH, ni la disponibilidad de los elementos traza, que ya eran bajos inicialmente. En estos casos la aplicación de las enmiendas aumentó ligeramente la fertilidad bioquímica del suelo aunque las diferencias observadas no fueron significativas. El crecimiento de las paulownias se vio favorecido en general por la aplicación de las enmiendas, aunque se observó un menor crecimiento en el suelo SC1. Las medidas de SPAD en las hojas de paulownia mostraron un descenso en los niveles de clorofila en las plantas del suelo SC1, especialmente en aquellas de los suelos no enmendados. En general, las concentraciones de elementos traza en las plantas que crecieron en los suelos neutros fueron inferiores a las de las plantas del suelo ácido. La aplicación de enmiendas disminuyó significativamente la concentración de elementos traza en las plantas del suelo ácido y no afectó a las de los suelos neutros.

# Enmiendas para la recuperación de suelos contaminados con elementos traza usando árboles de crecimiento rápido (*Paulownia fortunei* Hemsl.)

J. Xiong, F. Cabrera, P. Madejón, J.M. Murillo\*, E. Madejón

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), CSIC. Avda Reina Mercedes 10, 41012, Sevilla, España. \* murillo@irnase.csic.es

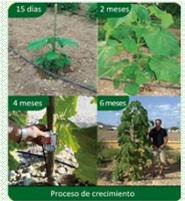
## Introducción

La utilización de enmiendas y de plantas de crecimiento rápido en suelos contaminados por elementos traza constituye una vía de recuperación de los suelos y de producción de biomasa vegetal aprovechable para la producción de energía.

## Objetivos

- Determinar la disminución de la concentración de elementos traza (ET) disponibles y la mejora de la calidad de los suelos por la medidas de fitorreclamación (enmiendas + planta)
- Estudiar el crecimiento y la producción de un árbol de crecimiento rápido (*Paulownia fortunei* Hemsl.) en suelos contaminados enmendados.

Evolución del crecimiento normal de *Paulownia fortunei* Hemsl.



## Materiales y diseño experimental

Experimento de bloques al azar con tres suelos, tres tratamientos (dos enmiendas y un control) y tres réplicas por tratamiento, en 27 contenedores (90 l) rellenos con aprox. 110 kg suelo.

### Suelos

**Vicario (V):** ácido, moderadamente contaminado por ET

**Aznalcázar (A):** neutro, moderadamente contaminado por ET

**Coria (C, Control):** neutro, no contaminado

Parámetro	Vicario	Aznalcázar	Coria
pH	3,68 (0,04)	6,93 (0,08)	7,50 (0,07)
COT	4,54 (1,63)	14,7 (3,99)	5,10 (0,15)
As Total	250 (51)	112 (53)	8,4 (1,9)
Cd Total	1,30 (0,23)	3,82 (1,23)	0,59 (0,05)
Cu Total	180 (18)	166 (43)	19,4 (2,0)
Pb Total	600 (140)	236 (14)	15,7 (0,4)
Zn Total	370 (42)	507 (35)	52,0 (3,3)

Media de diez repeticiones (desviación estándar)

### Enmiendas

Parámetro	Compost de Alpechín (CA)	Compost de Biosólidos (CB)
Humedad %	14,9 (0,8)	15,6 (0,8)
pH	8,10 (0,21)	7,09 (0,28)
MO %	30,1 (1,63)	24,6 (0,4)
K Total %	1,90 (0,04)	0,68 (0,03)
Cu Total mg kg <sup>-1</sup>	94,2 (1,1)	188 (11)
As Total mg kg <sup>-1</sup>	2,45 (0,22)	13,5 (0,60)
Co Total mg kg <sup>-1</sup>	4,11 (0,07)	7,09 (0,10)
Cd Total mg kg <sup>-1</sup>	0,25 (0,00)	1,94 (0,09)
Pb Total mg kg <sup>-1</sup>	9,77 (0,06)	61,4 (3,7)
Zn Total mg kg <sup>-1</sup>	185 (11)	601 (32)

Valor medio (desviación estándar)

### Tratamientos

Suelo Coria (C)	Suelo Vicario (V)	Suelo Aznalcázar (A)
CNA, sin enmienda	VNA, sin enmienda	ANA, sin enmienda
CCA, 30 Mg ha <sup>-1</sup> CA	VCA, 30 Mg ha <sup>-1</sup> + 20 Mg ha <sup>-1</sup> CA	ACA, 30 Mg ha <sup>-1</sup>
CCB, 30 Mg ha <sup>-1</sup> CB	VCB, 30 Mg ha <sup>-1</sup> + 20 Mg ha <sup>-1</sup> CB	ACB, 30 Mg ha <sup>-1</sup>

Aplicaciones en noviembre 2011; La segunda aplicación a los suelos del Vicario, en febrero 2012

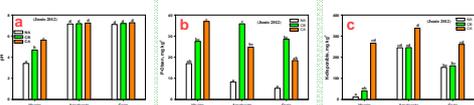
- En febrero 2012 se plantó una planta de *Paulownia* en cada contenedor
- Los suelos se muestrearon en noviembre 2011 y junio 2012
- Mensualmente se midió la longitud, diámetro basal y clorofila de las plantas
- Periódicamente se tomaron muestras de hojas



## Resultados y discusión

### Suelos

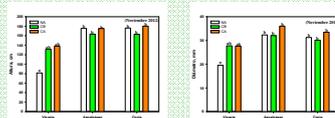
pH, P-Olsen y K disponible



- a. En el suelo ácido (V) el pH aumenta con las enmiendas
- b. En los tres suelos aumenta el fósforo disponible con las enmiendas
- c. El K disponible aumenta en todos los tratamientos con CA. El CB no tiene efecto sobre el K disponible de los suelos neutros.

### Plantas

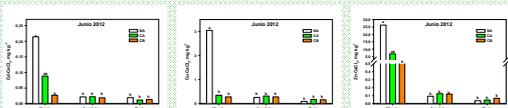
Altura y diámetro basal del tronco de planta



- La aplicación de enmiendas sólo tiene efectos significativos sobre la altura y el diámetro de planta en el caso del suelo ácido contaminado (Vicario)
- Ambas enmiendas aumentan significativamente la altura y el diámetro de las plantas de paulownia plantadas en el suelo Vicario

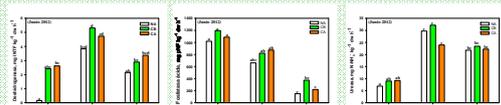


### Concentraciones de ET disponibles (extraíbles con CaCl<sub>2</sub> 0.01M)



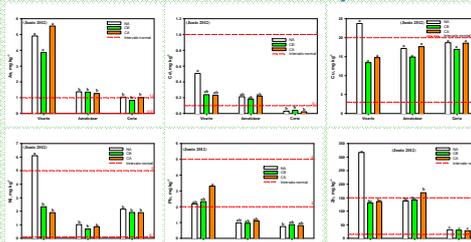
- Las enmiendas no tienen efecto sobre la disponibilidad (conc. en los extractos con CaCl<sub>2</sub> 0,01M) de Cd, Cu y Zn en los suelos neutros (Aznalcázar y Coria)
- Las enmiendas disminuyen la disponibilidad de Cd, Cu y Zn en el suelo ácido (Vicario). La disminución es mayor con el compost de biosólidos (CB)

### Actividades enzimáticas



- De las actividades enzimáticas estudiadas (deshidrogenasa, β-glucosidasa, arilsulfatasa, fosfatasa ácida y ureasa) en los suelos, sólo la deshidrogenasa, fosfatasa ácida y ureasa, mostraron efectos positivos atribuibles a la aplicación de enmiendas.
- Ambas enmiendas son muy eficaces en el aumento de la actividad deshidrogenasa (medida de la actividad microbiana global; indicador del estrés por metales pesados), especialmente en los suelos contaminados (Vicario y Aznalcázar)

### Concentración de ET en hoja



- Muy pocos valores se encontraron fuera de los intervalos normales de ET en hojas
- Las enmiendas no afectan significativamente a las concentraciones de ET en hoja en los suelos neutros (Aznalcázar y Coria)
- En el suelo ácido (Vicario) las enmiendas disminuyen las concentraciones de Cd, Cu, Ni y Zn. No se encontró efecto sobre As y Pb.



## Conclusiones

La conjunción "enmienda orgánica + planta" para la recuperación de los suelos contaminados por elementos traza es especialmente efectiva en el suelo con pH ácido. Esas condiciones tienen efectos positivos sobre las plantas: aumentan el crecimiento y disminuyen la concentración de elementos traza en hojas.