

EMPLEO DEL ABEDUL EN LA RECUPERACION DE TERRENOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS

U. ARTETXE (1); O. BARRUTIA (2); M.K. DUÑABEITIA (3); J.I. GARCÍA-PLAZAOLA (4); A. HERNÁNDEZ (5); J.M. BECERRIL(6)

(1, 2, 3, 4, 5, 6) Dpto. Biol. Vegetal y Ecología. Univ. del País Vasco. Apdo 644. 48080 BILBAO

RESUMEN

La reforestación de suelos contaminados por metales pesados se ve limitada principalmente por la falta de nutrientes y la propia toxicidad del metal. El abedul es una especie pionera de crecimiento rápido y tolerante a concentraciones altas de metales, especialmente de Zn. El contenido en materia orgánica en el suelo es un factor que condiciona la disponibilidad de otros metales como el Pb, reduciendo su contenido en hojas. La micorrización con *Scleroderma citrinum* y *Pisolithus tinctorius* no mejoró sensiblemente la tolerancia de esta especie a los metales estudiados. Las elevadas concentraciones de Zn en hojas de abedules crecidos en presencia de suelo contaminado no modificó su crecimiento ni otros parámetros fisiológicos, haciendo de él una especie adecuada para la reforestación de entornos contaminados por este metal.

P.C. *Betula celtiberica*, Abedul, Fitorremediación, Metales Pesados, Acumulación, Toxicidad

SUMMARY

The reforestation of contaminated soils can be restricted by the nutrient status and the heavy metal toxicity. Birch is a fast growing pioneer species able to tolerate high levels of metals, specially Zn. Soil organic matter content reduce metal availability, specially Pb, preventing accumulation in leaves. Mycorrhizal fungi *Scleroderma citrinum* and *Pisolithus tinctorius* not modify the birch tolerance to the metal of the soil. The high Zn concentrations in birch leaves growing in contaminated soils does not reduce growing nor other physiological parameters, so this species can be consider an adequated species in the reforestation programs of Zn contaminated soils.

K.W. *Betula celtiberica*, Birch, Phytoremediation, Heavy metal, Accumulation, Toxicity

INTRODUCCION

El desarrollo industrial de las últimas décadas ha producido la contaminación del medio natural reduciendo la calidad del suelo y del agua, y haciendo imposible su utilización tanto agrícola como urbanística, si no se procede a una descontaminación previa. La fitorremediación o empleo de plantas para la descontaminación *in situ* de suelos contaminados es una estrategia que viene siendo utilizada en los países más industrializados. Los suelos contaminados por metales pesados, procedentes de actividades mineras, tienen otros problemas añadidos, al alcanzar estos contaminantes concentraciones muy elevadas que dificultan el crecimiento de una cubierta vegetal protectora, maxime considerando la deficiencia en elementos esenciales existentes en estos suelos. Esto favorece la erosión del suelo y la dispersión de los contaminantes hacia zonas y acuíferos adyacentes. La reforestación de estas zonas degradadas ayuda a la estabilización del terreno y a su recuperación paisajística, y permite un primer paso en la descontaminación o fitorremediación, que permita eliminar los metales pesados del suelo. En este sentido resultan de gran utilidad el uso de especies forestales pioneras de rápido crecimiento que son capaces de asentarse en suelos pobres como son los procedentes de residuos de minería. Asimismo varios estudios han puesto de relieve la importancia del empleo de hongos micorrícicos (JONES & HUTCHINSON, 1988) aunque su efectividad sea un aspecto controvertido.

En este trabajo se estudia el empleo de abedul como una especie útil en la reforestación de suelos contaminados con metales pesados y el efecto de la micorrización en dicho proceso. Este estudio se ha llevado a cabo sobre un vertedero minero contaminado con Pb y Zn, en condiciones naturales y sobre un suelo agrícola contaminado, en condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se han utilizado plántones de abedules de 2 años de edad y se ha realizado un estudio de campo en un vertedero minero contaminado con Pb y Zn y otro en condiciones controladas de invernadero sobre un suelo contaminado con estos metales.

En campo los abedules se transplantaron a un suelo formado mayoritariamente por escombros de minería con alto contenido en Zn y Pb. Se realizaron tres tratamientos, inoculando dos lotes de plantas con dos hongos micorrízicos diferentes: *Scleroderma citrinum* o *Pisolithus tinctorius*, y un tercero control sin micorrizas.

En el estudio de laboratorio, las plantas se crecieron en maceta en un sustrato formado por 65% de tierra agrícola y un 33% de arena de sílice. Los tratamientos con metales pesados se hicieron añadiendo al suelo anterior (control) un 2% de suelo contaminado del vertedero, hasta una concentración de 3000 ppm de Zn y 2500 ppm de Pb. Las plantas se crecieron en el exterior, bajo cubierta transparente que impedía el lixiviado de los metales por el agua de lluvia. Se hicieron seis tratamientos combinando dos factores. El primer factor tiene tres tratamientos: inoculadas con *S. citrinum* o con *P. tinctorius*, mientras que el control fue fertilizado con un fertilizante comercial de liberación lenta. El segundo factor es la presencia o ausencia de metales pesados en el medio radical. Las condiciones climáticas y estacionales fueron las mismas, aunque las plantas en macetas dependieron del agua de riego y en el experimento de campo de las precipitaciones naturales.

La toma de datos se realizó desde el momento de su transplante a campo. Se realizaron medidas biométricas para determinar el crecimiento de las plantas, la expansión foliar se determinó mediante un medidor de áreas LICOR (LI-3000 A). Para la fotosíntesis se utilizó un medidor de fotosíntesis ADC LCA-4. Los pigmentos fotosintéticos se midieron mediante HPLC (GARCÍA-PLAZAOLA & BECERRIL, 1999). La cuantificación de metales se realizó mediante digestión húmeda (BECERRIL *et al.*, 1989) y posterior determinación en espectrofotómetro de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de metales en las hojas de abedul fue muy elevada comparando con otro tipo de especies no hiperacumuladoras (Tabla 1) (HUANG & CUNNINGHAM, 1996).

Tabla 1: Concentración de metales en hojas (ppm) de abedules crecidos en campo.

	Suelo	Control	<i>S. citrinum</i>	<i>P. tinctorius</i>
Zn	1500	1375 ± 147	-----	1100 ± 137
	2500	1257 ± 235	1547 ± 137	1502 ± 98
Pb	800	165 ± 19	127 ± 0	147 ± 27
	1300	149 ± 33	153 ± 44	145 ± 25

Esta acumulación no aumentó en los plántones que crecieron a concentraciones más elevadas en el suelo, existiendo un límite para estas plantas bajo condiciones experimentales diversas (Tabla 1). Todos los tratamientos acumularon la misma cantidad de metales, con lo cual el papel de las

micorrizas en la tolerancia a los metales es secundario, como ha sido indicado en otros estudios (COLPAERT, 1998). Sin embargo existen varios casos que han descrito que las ectomicorrizas actúan como una barrera física restringiendo la entrada de los metales a la planta (LEPP & DICKINSON, 1998) (JONES & HUTCHINSON, 1988). El crecimiento de los plántones en campo no obtuvo diferencias significativas con distintas concentraciones de metales, aunque, hay una marcada tendencia a un mayor crecimiento de los plántones micorrizados (Fig. 1). El crecimiento del abedul a dosis moderadamente altas de Zn y de Pb indica una elevada tolerancia de esta especie a estos metales.

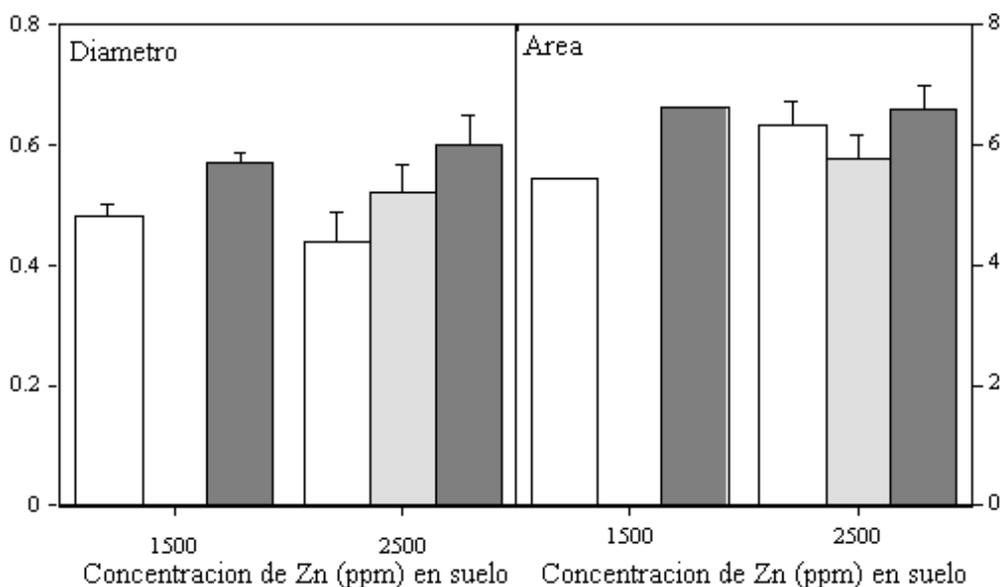


Fig. 1 Crecimiento del cuello del tallo y expansión foliar en función de los metales del suelo

□ Control □ *P. tinctorius* □ *S. citrinum*

Para comprobar el efecto de los metales sobre la toma y la fisiología de las plantas, estas se cultivaron en un suelo agrícola contaminado. La acumulación de Zn en hojas control resultó varias veces superior a la concentración existente en el suelo (Tabla 2). El carácter fitoextractor del abedul se aprecia en las plantas crecidas en suelo con metales, en los que la acumulación en hojas fue muy parecida a la concentración medida en hojas de campo (Tabla 1). A pesar de la gran concentración de Pb añadida al suelo de las macetas, las hojas de abedul no acumularon este metal. Estas diferencias con los datos de campo, en que la acumulación de Pb en hojas era de aproximadamente 10 veces superior, se explica por la mayor inmovilización y por tanto menor disponibilidad del Pb en suelos con una elevada cantidad de materia orgánica (CHEN *et al*, 1997).

Es de destacar el gran crecimiento de las plantas en maceta (Tabla 2) sobre las crecidas en el vertedero (Tabla 1). De nuevo se observa que la acumulación, fundamentalmente de Zn, en hojas no afectó al crecimiento de las plántulas. Así, no existieron diferencias muy acusadas en los parámetros biométricos entre tratamientos, alcanzando incluso valores de asimilación de CO₂ muy similares a los árboles crecidos en suelos no contaminados.

Tabla 2: Acumulación de Zn y crecimiento en abedules crecidos con metales en macetas

Concentración Concentración Diametro Area Fotosíntesis

		de Zn en suelo (ppm)	de Zn en hoja (ppm)	(cm)	(cm ⁻²)	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Fertilización	Control	70.3 \pm 4	445 \pm 41	1.28 \pm 0.05	81.2 \pm 6.54	10.25 \pm 0.9
	Tratamiento	2186 \pm 464	1137 \pm 67	1.314 \pm 0.10	76.8 \pm 3.78	10.30 \pm 0.65
S. citrinum	Control	64.75 \pm 5.76	544 \pm 28	1.082 \pm 0.08	63.72 \pm .98	9.24 \pm 1.71
	Tratamiento	2910 \pm 395	1220 \pm 83	1.28 \pm 0.07	79.77 \pm 6.2	8.70 \pm 0.92

Aunque inicialmente los pigmentos fotosintéticos no fueron afectados, al final de la estación favorable de crecimiento, las plantas tratadas con metales sufrieron una mayor disminución de los mismos, indicando una aceleración de la propia senescencia natural, como lo indica la gran acumulación de α -tocoferol en otoño, especialmente en plantas fertilizadas.

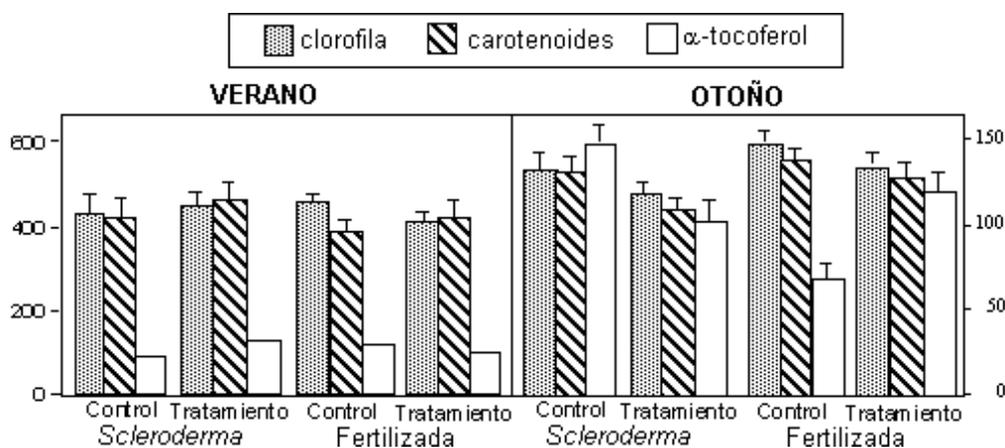


Fig. 2: Contenido en pigmentos en abedules crecidos en macetas

Resumiendo podemos indicar que el abedul es una especie tolerante a altas concentraciones de metales (Zn y Pb) en el suelo y, a pesar del contenido moderadamente alto de metales en las hojas, sus procesos fisiológicos básicos y parámetros biométricos no están muy afectados bajo condiciones ambientales favorables.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por los proyectos: AMB 1997-1171 y AMB 99-0336. Agradecemos, asimismo, al Centro Tecnológico NEIKER el habernos permitido utilizar sus instalaciones y equipamientos.

BIBLIOGRAFIA

- BECERRIL, J.M.; GONZALEZ-MURUA, C.; MUÑOZ-RUEDA, A. & DE FELIPE, M.R.; (1989). *Changes induced by cadmium and lead in gas exchange and waters relations of clover and lucerne*. Plant Physiol. & Biochem. 27: 913-918.
- CHEN, J.; HUANG, J.W.; CASPAR T. & CUNNINGHAM, S. D.; (1997). *Arabidopsis thaliana as a model system for studying lead accumulation and tolerance in plants*. In Phytoremediation of Soil and Water Contaminants. Eds. Kruger, E.L.; Anderson, T.A & Coats, J.R. Ed. American Chemical Society, Washington, D.C.
- COLPAERT, J.V.; (1998). *Biological interactions: The significance of root-microbial symbioses for phytoremediation of metal-contaminated soils*. In Metal-Contaminated Soils. Eds.

- Vangronsveld, J. & Cunningham, S. D. Ed. Springer. Georgetown.
- GARCÍA-PLAZAOLA, J.I. & BECERRIL, J.M.; (1990). *Leaf xanthophyll content and composition in sun and shade determined by HPLC*. In *Phytoremediation of Soil and Water Contaminants*. Eds. Kruger, E.L.; Anderson, T.A & Coats, J.R. Ed. American Chemical Society, Washington, D.C.
- HUANG, J.W.; CHEN, J. & CUNNINGHAM, S. D.; (1997). *Phytoextraction of lead from contaminated soils*. *Photosynthesis Research* 23: 331-343.
- JONES, M.D. & HUTCHINSON, T.C.; (1988). *Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum*. I Effects on growth, photosynthesis, respiration and transpiration*. *New Phytol.* 108: 451-459.
- LEPP, N.W. & DICKINSON N.M. (1998). *Biological interactions: the role of woody plants in phytoremediation*. In *Metal-Contaminated Soils*. Eds. Vangronsveld, J. & Cunningham, S. D. Ed. Springer. Georgetown.