

The combined use of tree species and biochar amendments for the phytomanagement of mine tailings under semiarid climate

Uso combinado de especies arbóreas y biochar para el fitomanejo de residuos mineros en clima semiárido

D. Martínez-Oró*, I. Párraga-Aguado, H.M. Conesa

Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Área de Edafología y Química Agrícola. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica-UPCT. Paseo Alfonso XIII, 48, Cartagena, 30203 Murcia, Spain.

Abstract

The present PhD Thesis proposal aims to provide technical-scientific solutions for the reclamation of mine tailings in the semiarid area of the Sierra de Cartagena-La Unión, as a strategy for achieving a sustainable environmental restoration. The reduction of risks associated to metal(loid)s will be also considered. In order to achieve this aim, the effects of biochar addition (alone and in combination with other organic amendment) on the biogeochemical behavior and ecotoxicity of the mine tailings will be studied. In addition, the role of *Pinus halepensis* and *Tetraclinis articulata* as key species for the restoration of mine tailings will be discussed. Ecology surveys on the spontaneous communities associated to these two species on mine tailings will be performed. Finally, ecotoxicological bioassays employing seeds, seedlings and edaphic invertebrates will be tested.

Keywords: phytostabilisation; heavy metals; ecotoxicology; organic amendment.

Resumen

La presente propuesta de tesis doctoral busca aportar soluciones científico-técnicas para la revegetación de residuos procedentes de las labores de concentración de mineral (balsas mineras) en el contexto semiárido de la Sierra de Cartagena-La Unión, como una estrategia de restauración ambiental sostenible a medio y largo plazo que incluya la reducción de los riesgos de ecotoxicidad asociados a la presencia de metales y metaloides. Para ello se estudiará el efecto del biochar (sólo y en combinación con otra enmienda orgánica) sobre el comportamiento biogeoquímico y la toxicidad de residuos mineros y si dicho efecto puede favorecer el papel de *Pinus halepensis* y *Tetraclinis articulata* como especies clave para la restauración de balsas mineras. Además, se realizarán muestreos de ecología de las comunidades vegetales asociadas a éstas dos especies que crecen espontáneamente en balsas mineras. Por último, se practicarán bioensayos de ecotoxicidad con semillas, plántulas e invertebrados edáficos.

Palabras clave: fitoestabilización; metales pesados; ecotoxicología; enmienda orgánica.

* E-mail: duli.martinez@upct.es

1. INTRODUCCIÓN

Las balsas de lodos son el resultado de la acumulación sobre el terreno de los residuos producidos durante el proceso de lavado y concentración de minerales. Tras el abandono de la actividad minera en la Sierra de Cartagena-La Unión la mayoría de las balsas quedaron desnudas y expuestas a la acción de los agentes erosivos, originando una serie de impactos sobre el entorno y aumentando el riesgo de transferencia de contaminantes a la biota [1,2]. El empleo de la fitorremediación, en términos de fitomanejo [3, 4] o restauración paisajística, se considera la alternativa más adecuada para estabilizar los residuos mineros. De esta manera, la cubierta vegetal protege al suelo de la erosión eólica e hídrica, fija los metal(oid)es en la rizosfera vegetal y permite mejorar la estética del paisaje [3].

En el proceso de selección de las especies más adecuadas para el fitomanejo de balsas mineras, los aspectos ecofisiológicos son especialmente importantes en territorios áridos y semiáridos como el sureste de España, en los que las especies colonizadoras deben tolerar no sólo la contaminación, sino también el estrés hídrico debido a las sequías extremas, circunstancia que se prevé que se agrave a consecuencia del cambio climático [5]. Por ello la combinación de especies autóctonas adaptadas a las condiciones climáticas locales y con funcionalidades ecológicas complementarias resulta de vital importancia [4, 6]. Así, las especies herbáceas (gramíneas o arbustivas de bajo porte) juegan un papel muy importante durante las etapas de sucesión primaria de colonización [7]. Sin embargo, la sostenibilidad a largo plazo en un proceso de fitomanejo de balsas mineras requiere del desarrollo de comunidades vegetales estables, en las cuales la presencia de especies arbóreas juega un papel crítico [8]. Paralelamente, los organismos y microorganismos edáficos juegan un papel clave en los procesos biogeoquímicos del suelo, fundamentalmente aquellos relacionados con el ciclo de materia orgánica y nutrientes [9].

El empleo de enmiendas orgánicas para mejorar las condiciones edáficas se considera una herramienta de ayuda para la mejora de las propiedades edáficas (incluyendo la microbiología) y la consolidación de la vegetación en las balsas mineras [10]. Numerosos estudios han indicado la idoneidad del biochar para la regeneración de suelos contaminados debido a su elevada capacidad para adsorber y secuestrar metales o a la mejora en la eficiencia en el uso de nutrientes y agua por parte de las plantas [11]. A diferencia de las enmiendas tradicionales, como estiércoles o composts, el biochar es estable en el suelo, lo que en proyectos de restauración a largo plazo contribuye, además, a la lucha contra el cambio climático al secuestrar carbono en el suelo [12].

El objetivo general de la tesis doctoral es estudiar el efecto del biochar (sólo y en combinación con otra enmienda orgánica) sobre el comportamiento biogeoquímico y la toxicidad de residuos mineros y si dicho efecto puede favorecer el papel de *Pinus halepensis* y *Tetraclinis articulata* como especies clave para la restauración de balsas mineras abandonadas.

Los objetivos específicos se concretan en:

1. Valorar en qué medida la presencia de especies arbóreas en residuos mineros mejora las condiciones de éstos, llevando a procesos de facilitación que contribuyan a desencadenar la colonización y sucesión vegetal que conduzcan a la regeneración del ecosistema.
2. Valorar la efectividad del biochar (sólo y en combinación con otra enmienda orgánica) para la mejora de las propiedades edáficas de los residuos mineros y si dichas mejoras contribuyen a reducir la movilización (agua de poro) y dispersión (lixiviados) de los metales/metaloideos presentes en dichos residuos.
3. Valorar en qué medida los cambios provocados en residuos mineros a consecuencia de la adición de biochar (sólo y en combinación con otra enmienda orgánica) pueden modificar

la toxicidad de la solución (agua de poro) y los lixiviados, utilizando semillas, plántulas e invertebrados edáficos como bioindicadores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Trabajo de campo

El objetivo del trabajo de campo es describir la dinámica de metal(oides) asociada al crecimiento de especies arbóreas en balsas mineras. Para ello se llevará a cabo un muestreo estacional de ecología de especies vegetales asociadas a *P. halepensis* y *T. articulata* en balsas mineras. Además se realizará la toma de muestras de suelo, hojarasca y planta para su posterior caracterización analítica.

2.2 Trabajo de invernadero/laboratorio

El objetivo del trabajo del invernadero/laboratorio es determinar los efectos del empleo de biochar, sólo y en combinación con enmiendas orgánicas, en el crecimiento de especies arbóreas y la ecotoxicidad de metal(oides) en residuos mineros.

Por una parte se llevará a cabo el diseño, la preparación y el desarrollo de un experimento en columnas con dos especies arbóreas (*P. halepensis* y *T. articulata*) reproduciendo una situación de adición de enmiendas orgánicas en las balsas mineras para facilitar el crecimiento de las plantas y promover la formación de islas de fertilidad como punto de partida de la colonización vegetal y la recuperación del ecosistema (Fig. 1). Se muestrearán y analizarán periódicamente la solución edáfica mediante sondas Rhizon y los drenajes de cada maceta, así como parámetros de crecimiento de las plantas. Además, se realizarán bioensayos de ecotoxicidad con semillas, plántulas e invertebrados edáficos.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados del proyecto son los siguientes:

- La presencia de especies arbóreas creciendo en las balsas mineras favorecerá unos mayores índices de biodiversidad y mejores propiedades edáficas.
- La adición de biochar a los residuos mineros mejorará sus propiedades edáficas y en consecuencia permitirá un mejor crecimiento de las especies arbóreas.

4. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y FEDER (CGL2014-54029-R) y la Fundación Séneca de la Región de Murcia (19248/PI/14). Obdulia Martínez disfruta de un contrato FPI (BES-2015-075838) del Ministerio de Economía y Competitividad.

5. REFERENCIAS

- [1] Conesa, H.M., Jiménez, F.J. (2007). The Mar Menor lagoon (SE Spain): a singular natural ecosystem threatened by human activities. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 839-879.
- [2] Conesa, H.M., Schulin, R. (2010). The Cartagena-La Unión mining district (SE Spain): a review of environmental problems and emerging phytoremediation solutions after fifteen years research. *J. Environ. Monitor.* 12, 1225-1233.
- [3] Robinson, F.H., Bañuelos, G., Conesa, H.M., Evangelou, M.W., Schulin, R. (2009). The phytomanagement of trace elements in soils. *Crit. Rev. Plant Sci.* 28, 240-266.

- [4] Párraga-Aguado, I., González-Alcaraz, M.N., Álvarez-Rogel, J., Jiménez-Cárceles, F.J., Conesa, H.M. (2013). The importance of edaphic niches and pioneer plant species succession for the phytomanagement of mine tailings. *Environ. Pollut.* 176, 134-143.
- [5] Forzieri, G., Feyen, L., Rojas, R., Flörke, M., Wimmer, F., Bianchi, A. (2014). Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 18, 85-108.
- [6] Párraga-Aguado, I., González-Alcaraz, M.N., Álvarez-Rogel, J., Conesa, H.M. (2014). Assessment of the employment of halophyte plant species for the phytomanagement of mine tailings in semiarid areas. *Ecol. Eng.* 71, 598-604.
- [7] Párraga-Aguado, I., Querejeta, J.I., González-Alcaraz, M.N., Jiménez-Cárceles, F.J., Conesa, H.M. (2014). Usefulness of pioneer vegetation for the phytomanagement of metal(loid)s enriched tailings: grasses vs. shrubs vs. trees. *J. Environ. Manage.* 133, 51-58.
- [8] Bonanomi, G., Incerti, G., Mazzoleni, S. (2011). Assessing occurrence, specificity, and mechanisms of plant facilitation in terrestrial ecosystems. *Plant Ecol.* 212, 1777-1790.
- [9] Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, W., Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W., Dhillon, S. (1997). Soil function in changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159-193.
- [10] Wong, M.H. (2003). Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50, 775-80.
- [11] Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., Gomez-Eyles, J.L. (2010). Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environ. Pollut.* 158, 2282-2287.
- [12] Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature* 447, 143-144.

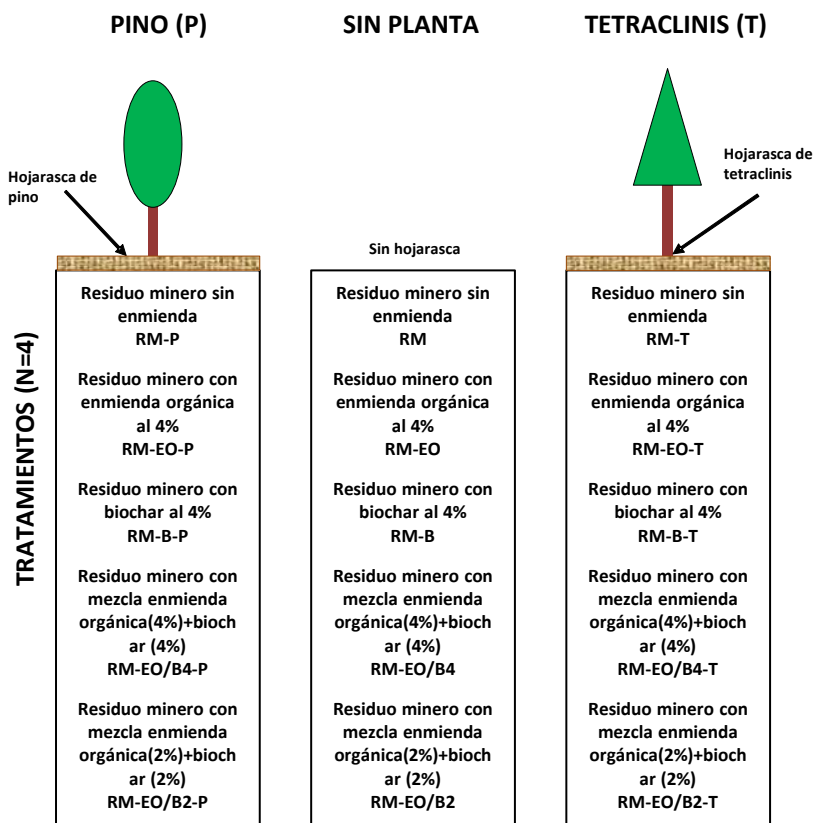


Figura 1. Esquema de tratamientos a ensayar en invernadero.