

## Effect and evolution of organic amendments application on the functionality of metallic mine tailings soils in environments under Mediterranean climate

## Efecto y evolución de la adición de enmiendas orgánicas en la funcionalidad de suelos de depósitos de minería metálica en ambientes de clima Mediterráneo

A. Peñalver-Alcalá\*, J. Álvarez-Rogel, M.N. González-Alcaraz

Área de Edafología y Química Agrícola, Departamento de Ingeniería Agronómica, ETISA, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

\*antonio.penalver@upct.es

### **Abstract**

**Metallic mine tailings present unfavorable soil conditions that hinder soil functionality and plant colonization. The aim of this study was to assess if the addition of organic amendments (compost of urban solid waste + biochar from pruning trees) improved the functionality of bare tailing soils under Mediterranean climate and favored spontaneous plant colonization. A series of soil parameters were seasonally evaluated after organic amendments addition during one year (e.g., pH, salinity, soluble organic carbon, soluble metals, carbon from microbial biomass and decomposition of organic matter). Organic amendments addition improved soil conditions. This enhanced soil microbial functionality, which persisted seasonally, and favored spontaneous plant colonization.**

**Keywords:** mine wastes; soil biogeochemical cycles; soil functioning; soil ecology.

### **Resumen**

**Los depósitos de minería metálica presentan condiciones desfavorables que dificultan la funcionalidad del suelo y la colonización vegetal. El objetivo de este trabajo fue evaluar si la adición de enmiendas orgánicas (compost de residuos sólidos urbanos + biochar de restos de podas) mejora la funcionalidad de suelos desnudos de un depósito bajo clima Mediterráneo y si favorece la colonización espontánea de la vegetación. Se evaluaron diversos parámetros estacionalmente durante un año tras la adición de las enmiendas (p.e. pH; salinidad; carbono orgánico soluble; metales solubles; carbono de la biomasa microbiana y descomposición de la materia orgánica) La adición de enmiendas orgánicas mejoró las condiciones del suelo. Esto mejoró la funcionalidad microbiana del suelo, que persistió estacionalmente, y favoreció la colonización espontánea de la vegetación.**

**Palabras clave:** residuos mineros; ciclos biogeoquímicos del suelo; funcionalidad del suelo; ecología de suelos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los depósitos de residuos de minería metálica presentan condiciones desfavorables para la biota edáfica (p.ej. pHs extremos, elevada salinidad, elevados niveles de metales, escasez de materia orgánica y nutrientes, etc.), dificultando, en la mayoría de casos, la colonización y el establecimiento de las plantas (1). Tales suelos sin vegetación presentan un elevado riesgo de erosión y, por consiguiente, suponen una fuente de contaminación para las zonas de alrededor

(1). Entre las distintas técnicas de remediación de estos ambientes se encuentra el fitomanejo (uso combinado de enmiendas y plantas) (2). La aplicación de enmiendas orgánicas (p.ej. compost, biochar) a los depósitos mineros puede llevar a un incremento del contenido de materia orgánica y nutrientes del suelo, lo que a su vez puede estimular la actividad microbiana (3) y mejorar, entre otros, la funcionalidad de estos ambientes. Los objetivos del presente trabajo fueron: i) evaluar si la adición de enmiendas orgánicas a un suelo desnudo de un depósito minero bajo condiciones de clima Mediterráneo semiárido conducía a una mejora de la funcionalidad edáfica y favorecía la colonización espontánea de plantas nativas de áreas circundantes; ii) evaluar si la mejora en la funcionalidad edáfica se mantenía estacionalmente.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en un depósito de residuos de minería metálica del antiguo distrito minero de La Unión-Sierra de Cartagena (SE de España). Se establecieron ocho parcelas de 4 m<sup>2</sup> en zonas desprovistas de vegetación. A inicios de 2017 todas las parcelas fueron labradas manualmente y, en cuatro de ellas, se adicionó una mezcla de compost de residuos sólidos urbanos (RSU) y biochar de restos de podas (13 y 65 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) a una profundidad de ~10 cm. Se establecieron dos tratamientos (n=4): suelo sin adición de enmiendas (SE) y suelo con adición de enmiendas (E). Tras dos meses de adición de las enmiendas orgánicas se llevó a cabo un muestreo inicial de suelo para la caracterización de los tratamientos de estudio. A continuación, se realizó una monitorización estacional (verano, otoño e invierno de 2017 y primera de 2018) de determinados parámetros edáficos.

Inicialmente, en los suelos de cada tratamiento, se analizó el contenido de carbono orgánico total (COT) y nitrógeno total (NT) (analizador TOC-VCSH Shimadzu) y las concentraciones totales de metales (fluorescencia de rayos-X, analizador Bruker S4 Pioneer). Estacionalmente se analizaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico soluble (COS) (analizador TOC-VCSH Shimadzu), metales solubles (ICP-MS, Agilent 7500A), carbono de la biomasa microbiana (CBM) (4), y tasa de descomposición de bolsas de té (TBI) (5). Además, durante el periodo de estudio, se realizaron inventarios de vegetación en las parcelas de estudio.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adición de las enmiendas orgánicas aumentó el contenido inicial de COT (significativamente) y NT del suelo, como era de esperar, y disminuyó la concentración de metales totales (significativamente para el Pb) (Tabla 1). Así mismo, la adición de las enmiendas orgánicas condujo a un aumento del pH y a una disminución de la salinidad del suelo, efectos que se mantuvieron en el tiempo (Tabla 2). El pH mostró variaciones significativas para ambos tratamientos relacionadas con cambios estacionales, observándose el valor más elevado para SE en primavera (~6,4) y en E en invierno (~8,0). La salinidad en E no mostró cambios estacionales mientras que en SE fue significativamente mayor en verano (~6,6 dS m<sup>-1</sup>). La adición de las enmiendas orgánicas indujo un aumento inicial de la concentración de COS del suelo (SE ~18 mg kg<sup>-1</sup> vs. E~31 mg kg<sup>-1</sup>) (Tabla 2). La concentración de COS en el tratamiento E tendió a disminuir tras el aumento inicial, alcanzando niveles similares al tratamiento SE en las dos últimas estaciones (~18-19 mg kg<sup>-1</sup> en invierno y ~10-11 mg kg<sup>-1</sup> en primavera). La concentración de metales solubles (Pb y Zn) disminuyó significativamente con la adición de las enmiendas al suelo (Tabla 2). Los valores más altos en E se encontraron para ambos en verano (Pb~41 y Zn~2200 µg kg<sup>-1</sup>), mientras que en SE no hubo cambios significativos entre estaciones.

En relación al CBM y TBI (Fig. 1), se observaron diferencias significativas entre tratamientos y entre estaciones para ambos tratamientos. El mayor valor de CBM se observó en el tratamiento E en verano (~56 mg C kg<sup>-1</sup>). Sin embargo, esta mayor presencia inicial de microorganismos no se

vio reflejada en una mayor TBI (~0,002). Las poblaciones microbianas presentes en las enmiendas pudieron tener mayor preferencia por el consumo de fuentes de carbono aportadas por las enmiendas y más fácilmente disponibles que las presentes en estos suelos. Sin embargo, con la disminución de estos recursos en el tiempo, las comunidades microbianas pudieron comenzar a consumir otro tipo de fuentes de carbono. Esto se reflejó en valores más elevados de TBI (~0,004-0,0134), incluso con valores de CBM más bajos que al inicio (~30 mg C kg<sup>-1</sup>). Por otro lado, a partir de otoño, se registró la presencia de ejemplares de la especie vegetal *Zygophyllum fabago* en las parcelas con adición de las enmiendas.

#### 4. CONCLUSIONES

La adición de enmiendas orgánicas mejoró las características físico-químicas de suelos sin vegetación de depósitos de minería metálica bajo condiciones de clima Mediterráneo semiárido. Dicha mejora indujo un aumento de la funcionalidad microbiana del suelo, persistente estacionalmente, además de favorecer la colonización espontánea de la vegetación.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España a través de fondos FEDER (Proyecto RESCLICONT- CGL2016-80981-R).

#### 6. REFERENCIAS

1. Conesa HM, Schulin R. The Cartagena-La Unión mining district (SE Spain): A review of environmental problems and emerging phytoremediation solutions after fifteen years research. *J Environ Monit.* 2010;12(6):1225–33.
2. Burges A, Alkorta I, Epelde L, Garbisu C. From phytoremediation of soil contaminants to phytomanagement of ecosystem services in metal contaminated sites. *Int J Phytoremediat.* 2017;20(4):384–97.
3. Zama EF, Reid BJ, Arp HPH, Sun GX, Yuan HY, Zhu YG. Advances in research on the use of biochar in soil for remediation: a review. *J Soils Sediments.* 2018;18(7):2433–50.
4. Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol Biochem.* 1987;19(6):703–7.
5. Keuskamp JA, Dingemans BJJ, Lehtinen T, Sarneel JM, Hefting MM. Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods Ecol Evol.* 2013;4(11):1070–5.

**Tabla 1.** Caracterización inicial de los tratamientos de estudio (media±error estándar, n=4). Tratamientos: sin adición de enmiendas (SE); con adición de enmiendas (E). COT (carbono orgánico total). NT (nitrógeno total).

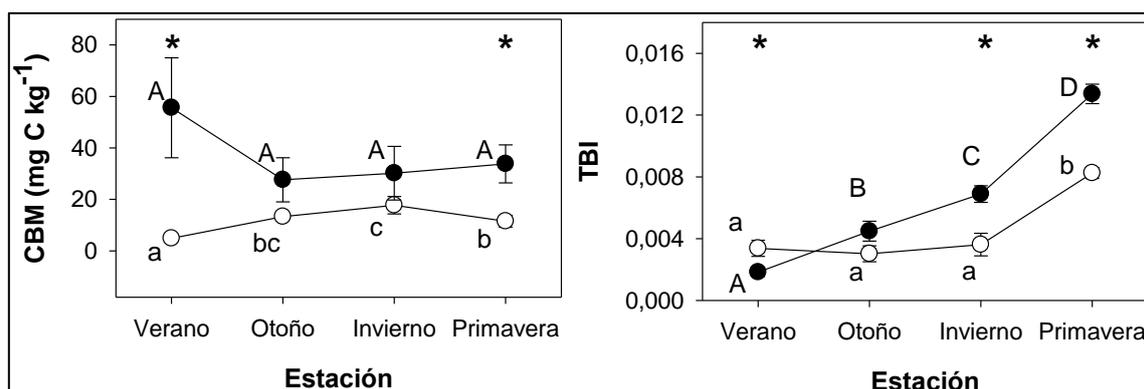
Parámetro	SE	E
COT (g kg <sup>-1</sup> )	2,72±0,17 *	39,7±10,2
NT (g kg <sup>-1</sup> )	0,31±0,08	0,55±0,09
Pb <sub>total</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	5345±373 *	4099±299
Zn <sub>total</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	8596±2213	6182±1168

\*indican diferencias significativas entre tratamientos (t de Student, p<0,05).

**Tabla 2.** Evolución estacional de los parámetros de la solución edáfica (media±error estándar, n=4). Tratamientos: sin adición de enmiendas (SE); con adición de enmiendas (E). CE (conductividad eléctrica). COS (carbono orgánico soluble).

Parámetro	Tratamiento	verano	otoño	invierno	primavera
pH	SE	5,52±0,22 a	5,67±0,26 a	5,99±0,17 ab	6,37±0,35 b
	E	7,62±0,07 a*	7,86±0,10 b*	8,01±0,10 b*	7,70±0,07 ab*
CE (dS m <sup>-1</sup> )	SE	6,55±1,37 b	3,79±0,59 a	4,59±0,82 ab	6,28±1,29 ab
	E	3,92±0,48 a	2,71±0,20 a	2,88±0,25 a	2,81±0,27 a*
COS (mg kg <sup>-1</sup> )	SE	18,0±2,3 ab	11,9±0,9 a	18,8±1,8 b	10,9±3,0 a
	E	30,8±5,5 c	16,5±2,9 b	18,4±2,3 bc	9,9±1,1 a
Pb <sub>soluble</sub> (µg kg <sup>-1</sup> )	SE	3755±1576 a	2092±823 a	2200±736 a	1891±1089 a
	E	41,1±8,1 b*	10,9±3,5 a*	19,6±5,1 ab*	13,6±1,4 a*
Zn <sub>soluble</sub> (µg kg <sup>-1</sup> )	SE	206913±50067 a	103985±10104 a	106292±9217 a	119161±41229 a
	E	2172±1017 c*	1062±404 ab*	1499±733 bc*	576±253 a*

\* Diferentes letras indican diferencias significativas entre estaciones para un tratamiento (ANOVA de medidas repetidas con test post-hoc de Bonferroni, p<0,05). \* indica diferencias significativas entre tratamientos por estación (t de Student, p<0,05).



**Figura 1.** Evolución del carbono de la biomasa microbiana (CBM) e índice de las bolsas de té (TBI) (media±error estándar, n=4). Tratamientos: sin adición de enmiendas (SE, puntos blancos); con adición de enmiendas (E, puntos negros). \* indica diferencias significativas entre tratamientos por estación (t de Student, p<0,05). Diferentes letras (minúscula para SE, mayúscula para E) indican diferencias significativas entre estaciones para un tratamiento (ANOVA de medidas repetidas con test post-hoc de Bonferroni, p<0,05).