

APLICACIÓN DE BIOCHAR PROCEDENTE DE RESIDUOS GANADEROS COMBINADO CON FITORREMEDIACIÓN EN UN SUELOS MINEROS



Maria Luisa Álvarez¹, Gabriel Gascó² y Ana Méndez³.

¹ ETSI Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, (marialuisa.alvarez@upm.es)

² ETSI Agrónomos, Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid, (gabriel.gasco@upm.es)

³ Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, ETSI de Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid, (anamaria.mendez@upm.es)

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO PRINCIPAL

- Los metales pesados se acumulan en los suelos debido a la minería, metalurgia, vertidos industriales y uso indebido de fertilizantes y suponen una amenaza para la calidad de las aguas y suelos, así como un riesgo para la salud humana y el medio ambiente.
- Entre las técnicas de remediación de suelos respetuosas con el medio ambiente, destaca la fitorremediación que se basa en el uso de especies vegetales para la fijación o eliminación de metales. Para mejorar el crecimiento de estas especies es necesario el uso de enmiendas orgánicas.
- Los biochares procedentes de residuos ganaderos presentan propiedades interesantes para su uso como enmiendas gracias a su alto contenido en carbono y nutrientes, elevada capacidad de intercambio catiónico y elevada porosidad lo que permite por un lado, retener los metales pesados en su superficie y por otro, aportar nutrientes y materia orgánica que favorezcan el crecimiento de las especies vegetales.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de combinar la fitorremediación con el uso de dos biochares obtenidos por pirólisis de un residuo ganadero (BEC) a 450 y 600°C y a una velocidad de 3°C · min⁻¹, sobre un suelo contaminado por actividades mineras en la zona sur de España (R III).

METODOLOGÍA

Suelo control (100%) + planta
Mezclas 90% suelo/ 10% biochar (m/m) + planta



Suelo control (100%) sin planta
Mezclas 90% suelo/ 10% biochar (m/m) sin planta



13% Capacidad de campo
21 °C con intervalos 12 h luz/12 h oscuridad

RESULTADOS

Tabla 1. Propiedades del suelo y biochares. (CE: Conductividad eléctrica; C.f.o: C.fácilmente oxidable; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico)

| | pH | CE (dS·m ⁻¹) (10:25 p/v) | CIC (cmolc·Kg ⁻¹ ·seco) | C.f.o. (% en seco) | P Olsen (mg·Kg ⁻¹ ·seco) | K (mg·Kg ⁻¹ ·seco) | C. soluble (% en seco) | Textura |
|----------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------|
| R III | 4.34c ± 0.03 | 0.09c ± 0.00 | 3.64c ± 0.6 | 0.22c ± 0.01 | 1949a ± 220 | 103b ± 19 | - | franco |
| BEC450/3 | 10.59b ± 0.06 | 0.40b ± 0.038 | 151a ± 2 | 11.6a ± 0.2 | 959b ± 21 | 19307a ± 543 | 0.15a ± 0.01 | - |
| BEC600/3 | 10.88a ± 0.06 | 0.47a ± 0.008 | 132b ± 5 | 4.99b ± 1.45 | 751c ± 48 | 18721a ± 270 | 0.04b ± 0.02 | - |

Valores en la misma columna y con misma letra no son significativamente diferentes (P = 0.05) usando el test de Duncan

Tabla 2. Factor de bioacumulación (FBA) en parte aérea y raíces y factor de translocación (FT) en el suelo control y las mezclas tratadas con fitorremediación

| Muestra | Co Cd Cr Cu Ni Zn Pb As Se | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | (mg·Kg ⁻¹ ·seco) | | | | | | | | | |
| BAF Parte aérea | R III | 1.31a ± 0.06 | 15.16a ± 1.17 | 1.54a ± 0.18 | 0.53a ± 0.02 | 2.41a ± 0.11 | 2.79a ± 0.13 | 0.30a ± 0.02 | 0.16a ± 0.00 | 0.93c ± 0.02 |
| | R III + BEC450/3 | 0.90b ± 0.02 | 0.92b ± 0.37 | 0.54b ± 0.17 | 0.12b ± 0.02 | 0.43b ± 0.05 | 0.49b ± 0.19 | 0.03b ± 0.00 | 0.05c ± 0.006 | 1.65b ± 0.15 |
| | R III + BEC600/3 | 0.90b ± 0.03 | 0.86b ± 0.27 | 0.53b ± 0.18 | 0.17b ± 0.04 | 0.47b ± 0.12 | 0.26b ± 0.03 | 0.04b ± 0.007 | 0.14b ± 0.00 | 2.17a ± 0.01 |
| BAF Raíces | R III | 1.23a ± 0.05 | 10.86a ± 2.35 | 1.31a ± 0.05 | 1.30a ± 0.04 | 2.02a ± 0.06 | 0.94a ± 0.02 | 2.04a ± 0.48 | 0.49c ± 0.02 | 1.26ab ± 0.01 |
| | R III + BEC450/3 | 0.87ab ± 0.18 | 1.99b ± 0.10 | 0.83a ± 0.38 | 1.15a ± 0.18 | 1.21a ± 0.35 | 0.93a ± 0.16 | 0.94ab ± 0.36 | 1.13a ± 0.04 | 1.13b ± 0.15 |
| | R III + BEC600/3 | 0.72b ± 0.13 | 2.21b ± 0.73 | 1.07a ± 0.62 | 1.10a ± 0.04 | 1.22a ± 0.72 | 0.89a ± 0.33 | 0.72b ± 0.15 | 0.86b ± 0.10 | 1.50a ± 0.07 |
| TF | R III | 1.07a ± 0.00 | 1.42a ± 0.20 | 1.18a ± 0.09 | 0.41a ± 0.01 | 1.19a ± 0.02 | 2.98a ± 0.06 | 0.15a ± 0.02 | 0.32a ± 0.01 | 0.74b ± 0.02 |
| | R III + BEC450/3 | 0.11b ± 0.05 | 0.61b ± 0.05 | 0.68b ± 0.11 | 0.11b ± 0.03 | 0.37b ± 0.07 | 0.55b ± 0.30 | 0.04b ± 0.01 | 0.05c ± 0.01 | 1.48a ± 0.33 |
| | R III + BEC600/3 | 0.13b ± 0.07 | 0.39b ± 0.01 | 0.54b ± 0.14 | 0.15b ± 0.03 | 0.51ab ± 0.39 | 0.32b ± 0.15 | 0.06b ± 0.00 | 0.16b ± 0.01 | 1.45a ± 0.07 |

Valores en la misma columna y mismo Factor y con misma letra no son significativamente diferentes (P = 0.05) usando el test de Duncan

Tabla 3. pH, CE y contenido en metales totales del suelo y las mezclas tratadas con fitorremediación y sin planta

| | Sin planta | | | Con planta | | |
|--------------------------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|
| | R III | R III + BEC450/3 | R III + BEC600/3 | R III | R III + BEC450/3 | R III + BEC600/3 |
| pH | 4.32c ± 0.13 | 8.16b ± 0.02 | 8.30b ± 0.04 | 4.22c ± 0.06 | 8.20b ± 0.11 | 8.55a ± 0.02 |
| CE (dS·m ⁻¹) (10:25 p/v) | 0.08c ± 0.01 | 1.98b ± 0.03 | 2.26a ± 0.13 | 0.09c ± 0.01 | 2.34a ± 0.03 | 2.27a ± 0.14 |
| Co total (mg·kg ⁻¹) | 3.9a ± 0.1 | 4.1a ± 0.4 | 3.8a ± 0.3 | 2.9c ± 0.12 | 2.6c ± 0.03 | 2.6c ± 0.04 |
| Cu total (mg·kg ⁻¹) | 231a ± 15 | 186b ± 21 | 170c ± 16 | 188b ± 10 | 156cd ± 3 | 151d ± 5 |
| Cd total (mg·kg ⁻¹) | 0.07b ± 0.01 | 0.11ab ± 0.01 | 0.10ab ± 0.04 | 0.06b ± 0.01 | 0.12a ± 0.06 | 0.09ab ± 0.02 |
| Cr total (mg·kg ⁻¹) | 5.8a ± 0.5 | 5.9a ± 0.6 | 4.7b ± 0.4 | 4.4b ± 0.5 | 4.3b ± 0.4 | 3.5c ± 0.1 |
| Se total (mg·kg ⁻¹) | 3.4a ± 0.10 | 2.9b ± 0.1 | 2.6c ± 0.1 | 2.3d ± 0.2 | 2.2d ± 0.1 | 1.9e ± 0.1 |
| Pb total (mg·kg ⁻¹) | 302a ± 22 | 274ab ± 18 | 255b ± 15 | 212c ± 13 | 186c ± 24 | 210c ± 21 |
| Ni total (mg·kg ⁻¹) | 1.8b ± 0.1 | 2.8a ± 0.1 | 2.2b ± 0.2 | 1.4c ± 0.3 | 2.1b ± 0.1 | 2.0b ± 0.3 |
| Zn total (mg·kg ⁻¹) | 180b ± 9 | 262a ± 23 | 258a ± 10 | 133c ± 11 | 204b ± 18 | 200b ± 19 |
| AS total (mg·kg ⁻¹) | 180a ± 5 | 145b ± 6 | 138b ± 10 | 137b ± 10 | 116c ± 6 | 108c ± 6 |

Valores en la misma fila y con misma letra no son significativamente diferentes (P = 0.05) usando el test de Duncan

Tabla 4. Porcentaje de incremento de biomasa vegetal seca de la planta fitorremediadora tras la adición de biochar en el suelo contaminado

| | Mezcla | % incremento de biomasa vegetal con respecto al control |
|-------------|-------------------|---|
| Parte aérea | R III + BEC 450/3 | 1106 |
| | R III + BEC 600/3 | 765 |
| Raíces | R III + BEC 450/3 | 296 |
| | R III + BEC 600/3 | 152 |

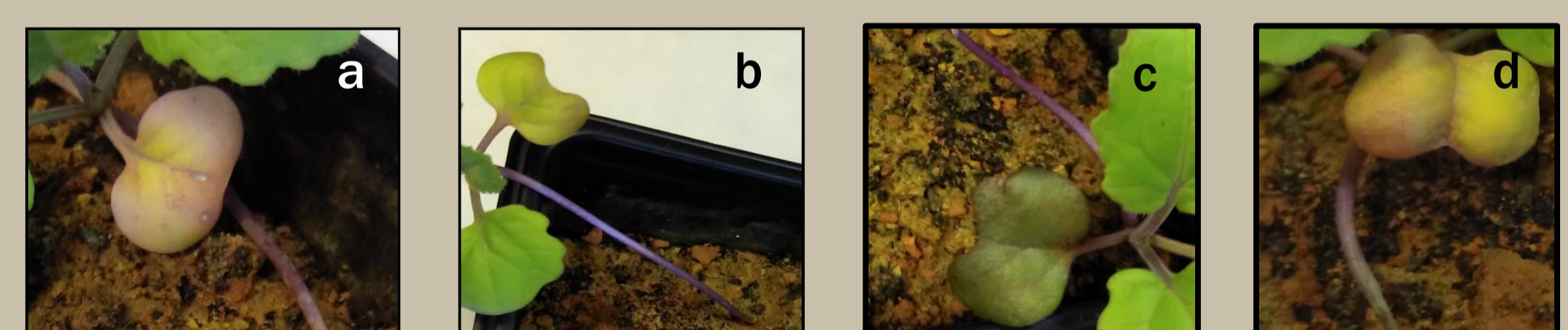


Figura 1. Efectos de la contaminación por metales en los suelos enmendados con BEC 450 (a y b) y BEC 600 (c y d) sobre las hojas y tallos de *Brassica napus*.

CONCLUSIONES

El suelo contaminado tiene un pH ácido, bajo contenido en carbono y baja capacidad de intercambio catiónico

Tras 2 meses de crecimiento de *Brassica napus* la adición de BEC 450/3 y BEC 600/3 al suelo minero seleccionado en este estudio:

- Incrementó la biomasa vegetal de la planta fitorremediadora
- Disminuyó la concentración de metales totales en el suelo
- Disminuyó el FBA de la planta en parte aérea, para ciertos metales.
- La planta mostró síntomas de estrés por metales pesados pero fitoestabilizó As en sus raíces y fitoacumuló Se en la parte aérea.

La combinación de biochar de residuos ganaderos con plantas fitorremediadoras es una prometedora técnica de remediación de suelos contaminados por metales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dan su agradecimiento al Ministerio de Economía y Competitividad por la financiación del proyecto (CGL2014-58322-R).