

## Composición molecular de la materia orgánica de suelos restaurados a corto plazo en una cantera caliza en clima semiárido

Rocío Soria<sup>1,\*</sup>, Raúl Ortega<sup>1</sup>, Natalia Rodríguez-Berbel<sup>1</sup>, José María de la Rosa<sup>2</sup>, José Antonio González-Pérez<sup>2</sup>, Isabel Miralles<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía y CIAMBITAL, Universidad de Almería, España.

<sup>2</sup> Grupo MOSS, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC), Av. Reina Mercedes, 10. Sevilla, España.

\* [rocio.soria@ual.es](mailto:rocio.soria@ual.es); [imiralles@ual.es](mailto:imiralles@ual.es)

### Resumen

En este trabajo se evalúan los efectos de la aplicación de diferentes enmiendas procedentes de residuos orgánicos (compost de podas de jardín, de residuos hortícolas de invernadero y residuos urbanos estabilizados de EDAR) en la composición molecular de la materia orgánica de los suelos restaurados en una cantera mediante un estudio detallado de su fracción pirolizable. Las propiedades químicas previamente estudiadas mostraron que las enmiendas orgánicas incrementaron los valores de carbono orgánico total, nitrógeno total y conductividad eléctrica, y disminuyeron el pH respecto a los suelos sin enmiendas orgánicas y suelos naturales circundantes en la zona de estudio. A partir de pirólisis analítica se obtuvieron compuestos de diferente naturaleza en la materia orgánica en cada uno de los suelos estudiados. Sin embargo, la composición molecular de la materia orgánica de los suelos enmendados con compost vegetales fue muy similar a los suelos naturales cercanos a la zona de estudio tan solo seis meses después de la aplicación de dichas enmiendas. Los resultados derivados de este estudio preliminar sobre la recuperación de suelos severamente degradados por actividades mineras sugieren un efecto claro de las enmiendas orgánicas en la calidad de la materia orgánica de los suelos restaurados y presumiblemente de su funcionalidad.

**Palabras clave:** Restauración, Materia orgánica, Enmiendas orgánicas, Pirólisis analítica.

### 1. Introducción

La minería a cielo abierto tiene graves consecuencias en los ecosistemas áridos y semiáridos (Luna *et al.*, 2017), debido a su fragilidad (Bakra *et al.*, 2012) y su grave riesgo ante procesos de desertificación (Reynolds *et al.*, 2007) siendo, además, muy vulnerables en el escenario actual de cambio global (Maestre *et al.*, 2012). La degradación total de suelos afectados por la minería a cielo abierto supone una pérdida de nutrientes (Bakra *et al.*, 2012) que conlleva al deterioro de la productividad y calidad del suelo (Miralles *et al.*, 2009). Es de sobra conocido el papel de la materia orgánica (MO) del suelo en sus propiedades físicas y químicas, así como en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y el desarrollo de la biomasa microbiana. De hecho, la MO constituye un factor determinante de la calidad y la "salud" de los suelos (Arias *et al.*, 2005; De la Rosa *et al.*, 2008). Por todo ello, una solución apropiada para restaurar suelos degradados

es la adición de enmiendas orgánicas derivadas de residuos (Hueso-González *et al.*, 2018) que previamente se tratan y compostan para reducir riesgos de toxicidad (Pascual *et al.*, 1999). Las enmiendas orgánicas incrementan el contenido en MO total de los suelos, estimulan la microbiota y reactivan los principales ciclos biogeoquímicos del suelo (Pascual *et al.*, 1999), lo que normalmente se traduce en una mejora efectiva tanto de la calidad como fertilidad de los suelos.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar los efectos a corto plazo de la adición de distintos tipos de enmiendas orgánicas en la composición cualitativa de la materia orgánica en suelos degradados de una cantera de roca caliza en una región con clima semiárido

## 2. Materiales y Métodos

Se seleccionó una zona de una cantera caliza en la Sierra de Gádor (Almería, SE España). El clima de la zona es semiárido Mediterráneo ( $P_{\text{anual}} = 242 \text{ mm}$ ;  $T^{\text{a}}_{\text{anual}} = 17.6^{\circ}\text{C}$ ;  $ET_{\text{anual}} = 1225 \text{ mm}$ ) (Luna *et al.*, 2017). Previamente se llevaron a cabo tareas de descompactación y homogeneización por la presencia de margas cementadas, con el fin de mejorar la capacidad de infiltración y reducir la erosión. Se diseñaron 12 parcelas de  $50 \text{ m}^2$ , 3 parcelas por cada tratamiento. Las enmiendas orgánicas que se aplicaron fueron: i) compost vegetal procedente de residuos de poda de jardines, ii) compost procedente de residuos hortícolas de invernadero, y iii) compost de lodo procedente de EDAR (estabilizado mediante digestión mesófila, centrifugado y secado térmicamente a  $70^{\circ}\text{C}$ ). Estas se añadieron y voltearon en los primeros 20 cm superiores, calculado para incrementar el contenido inicial de MO un 3%. Se dispusieron con fines comparativos 3 parcelas control sin adición de enmiendas. Finalmente, se revegetaron con *Stipa tenacissima* L. y *Olea europea* L. var *sylvestris*. Se seleccionó un suelo natural próximo a la zona de estudio sin explotar como ecosistema de referencia. Pasados 6 meses tras la adición de las enmiendas se tomaron 15 muestras (0-10 cm) compuestas de 10 submuestras aleatorias. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron separando tierra fina (2 mm) de gravas y se destinaron al estudio de carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (NT), conductividad eléctrica (CE) y pH (1:2.5 p/v). Para determinar las diferencias de los parámetros químicos estudiados se realizó un análisis permutacional unidireccional de la varianza (PerMANOVA) en función del factor tratamiento (3 réplicas por tratamiento) con un nivel de significación del 95%.

Para el estudio de la pirólisis analítica se obtuvieron 5 muestras compuestas a partir de la mezcla y homogeneizado de 300 gramos de tierra fina de las parcelas con igual tratamiento (1 muestra por tratamiento, 1 para el control y 1 para el suelo natural). La pirólisis analítica (Py-GC/MS) de las muestras (10 mg) se realizó por duplicado a  $400^{\circ}\text{C}$  (1 min) en un pirolizador de microhorno (Frontier Lab. modelo 2020), acoplado con un sistema de CG/MS (Agilent 6890) equipado con una columna capilar de sílice (Hp 5MS;  $30\text{m} \times 250 \mu\text{m} \times 0.25 \mu\text{m}$ ), mientras que el detector utilizado fue un Agilent 5973 (EI a  $70\text{eV}$ ). Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: Se utilizó He como gas portador (flujo  $1 \text{ ml min}^{-1}$ ), el horno fue precalentado a  $50^{\circ}\text{C}$ , calentado hasta  $100^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , de  $100$  a  $300^{\circ}\text{C}$  a  $10 \text{ min}^{-1}$ , y finalmente mantenido a  $300^{\circ}\text{C}$  durante otros 10 min. La identificación de compuestos fue realizada mediante comparación con las bases de datos NIST y Wiley.

## 3. Resultados y Discusión

En general, los suelos restaurados con enmiendas orgánicas mostraron un contenido significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) de COT y NT que los suelos control y que los suelos naturales de referencia, mostrando los valores significativamente más altos ( $p < 0.05$ ) los suelos enmendados con compost de lodo y compost vegetales (Tabla 1). Igualmente, la CE presentó valores significativamente mayores en suelos con enmiendas, seguidos de suelos control y presentado los suelos naturales los valores significativamente más bajos ( $p < 0.05$ ). Los pH fueron alcalinos, en torno a 8.5 en suelos naturales, suelos control y suelos con compost de residuos de

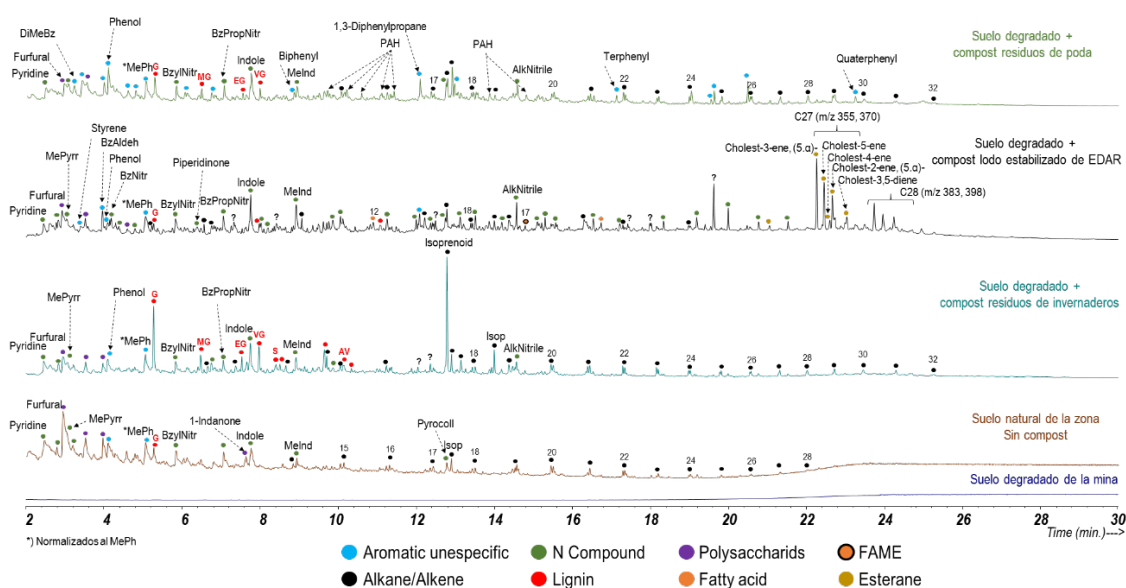
invernadero, mientras los suelos restaurados con lodo y compost de residuos de poda presentaron valores de pH significativamente más bajos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Propiedades químicas de suelos restaurados con diferentes enmiendas orgánicas, suelos control sin enmiendas y suelos naturales de referencia. Valores medios de 3 réplicas (promedio  $\pm$  desviación estándar).

TRATAMIENTO	CE (mS/cm)	pH	COT (%)	N (%)
<i>Compost podas jardines</i>	2.56 $\pm$ 0.63ab	7.97 $\pm$ 0.82ab	1.71 $\pm$ 0.19a	0.32 $\pm$ 0.01a
<i>Lodo EDAR estabilizado</i>	3.42 $\pm$ 0.49a	7.45 $\pm$ 0.35a	2.67 $\pm$ 0.54b	0.60 $\pm$ 0.12b
<i>Compost invernaderos</i>	3.30 $\pm$ 0.70ab	8.50 $\pm$ 0.08b	2.94 $\pm$ 0.67b	0.40 $\pm$ 0.08a
<i>Sin enmienda</i>	1.72 $\pm$ 0.71b	8.59 $\pm$ 0.08b	0.46 $\pm$ 0.17c	0.02 $\pm$ 0.02d
<i>Naturales</i>	0.07 $\pm$ 0.01c	8.64 $\pm$ 0.11b	1.31 $\pm$ 0.14d	0.11 $\pm$ 0.01e

Números con diferentes letras muestran diferencias significativas,  $P < 0.05$  (PERMANOVA)

La figura 1 muestra los resultados de la pirólisis de los cinco suelos analizados. Los suelos sin enmendar procedentes de la zona de la mina resultaron muy pobres en COT (Tabla 1) y no muestran ningún compuesto pirolizable. El suelo natural de la zona, aunque pobre en COT, sí produjo cromatogramas más o menos complejos donde se pueden distinguir compuestos procedentes de materiales lignocelulósicos (principalmente furanos y algún metoxifenol como el guaiacol), polipéptidos y una serie alquílica ( $C_{11}$ - $C_{31}$ ) muy clara, bimodal con máximos en  $C_{15}$  y  $C_{20}$  y sin predominancia impar, procedente probablemente de la actividad microbiana y de ceras vegetales. En los suelos enmendados con los composts de origen vegetal (residuos de podas e invernaderos), la pirólisis analítica mostró una estructura más compleja de la MO del suelo, en parte heredada de los materiales añadidos y en parte probablemente producto de la evolución de dichos materiales en el suelo. La composición molecular de la MO en estos suelos consta de una mezcla de compuestos derivados de la lignina, que incluye unidades guaiacilo y siringilo (G y S), polisacáridos y compuestos alquílicos de cadena larga incluyendo isoprenoides de las cadenas laterales de las clorofilas y compuestos nitrogenados. En los suelos enmendados con el compost de lodos destacó además la presencia de esteroides típicamente derivados de residuos vegetales y animales y de la descomposición bacteriana de los lodos y la presencia de numerosos compuestos nitrogenados.



**Figura 1.** Cromatogramas de ion total (TIC) obtenidos a 400°C de los suelos enmendados con los diferentes compost y suelos no enmendados (control y naturales).

## 4. Conclusiones

La pirólisis analítica aplicada a los suelos restaurados se mostró como una herramienta útil para caracterizar los cambios de la composición molecular de la MO debido a la adición de las enmiendas. Se observa que la composición de la MO de los suelos 6 meses después de la aplicación de las enmiendas producidas a partir de compost vegetales, tiende a asemejarse a la de un suelo natural no degradado, por lo que podemos concluir que a corto plazo ya se observa un efecto positivo muy marcado en la calidad de la materia orgánica de los suelos restaurados con este compost. Este estudio continúa en la actualidad con un seguimiento periódico que permitirá analizar la evolución de la composición de la MO del suelo, la estabilidad de las enmiendas y sus efectos a largo plazo.

## Agradecimientos

A los proyectos BIORESOC (CGL2017-88734-R), RESTAGRO (UAL18-RNM-A021-B), INTERCARBON (CGL2016-78937-R), Proyecto PY18-4112 y a la beca predoctoral (PRE2018-084964), Ramón y Cajal (RYC-2016-21191) y contrato UAL-HIPATIA (Universidad de Almería), así como a la empresa CEMEX ESPAÑA OPERACIONES, S.L.U. propietarios del terreno en el que se realizó el estudio y BIOMASA DEL GUADALQUIVIR S.A. que proporcionó el compost vegetal de restos de poda y lodos.

## 5. Referencias

- Arias, M.E.; González-Pérez, J.A.; González-Vila, F.J.; Ball, A. 2005. Soil Health-a new challenge for microbiologists and chemists. *Int. Microbiol.* 8: 13–21.
- Bakra, N.; Weindorf, D.C.; Bahnassy, M.H.; El-Badawi, M.M. 2012. Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: environmental indicators. *Ecol. Indic.* 15(1): 271–280.
- De la Rosa, J.M.; González-Pérez, J.A.; González-Vázquez, R.; Knicker, H.; López-Capel, E.; Manning, D.A.C.; González-Vila, F.J. 2008. Use of pyrolysis/GC–MS combined with thermal analysis to monitor C and N changes in soil organic matter from a Mediterranean fire affected forest. *Catena* 74: 296–303.
- Hueso-González, P.; Muñoz-Rojas, M.; Martínez-Murill, F.J. 2018. The role of organic amendments in drylands restoration. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 6: 1-6.
- Maestre, F.T.; Salguero-Gómez, R.; Quero, J.L. 2012. It is getting hotter in here: Determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 367: 3062–3075.
- Miralles, I.; Gonzalo Almendros, R.O.; Sánchez-Marañón, M.; Soriano, M. 2009. Soil quality and organic carbon ratios in mountain agroecosystems of south-east Spain. *Geoderma* 150: 120-128.
- Pascual, J.A.; Garcia, C.; Hernandez, T. 1999. Comparison of fresh and composted organic waste in their efficacy for the improvement of arid soil quality. *Biores. Technol.* 68: 255-264.
- Luna, L.; Vignozzi, N.; Miralles, I.; Solé-Benet, A. 2017. Organic amendments and mulches modify soil porosity and infiltration in semiarid mine soils. *Land Degrad. Dev.* 29(4): 1019-1030.
- Reynolds, J.F.; Smith, D.M.S.; Lambin, E.F.; Turner, B.L.I.I.; Mortimore, M.; Batterbury, S.P.J.; Downing, T.E.; Dowlatabadi, H.; Fernandez, R.J.; Herrick, J.E.; Huber-Sannwald, E.; Jiang, H.; Leemans, R.; Lynam, T.; Maestre, F.T.; Ayarza, M.; Walker, B. 2007. Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316: 847–851.