

# I SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CONTROL DE LA EROSIÓN Y DEGRADACIÓN DEL SUELO

---

## Comité organizador

<b>Presidente:</b>	Ramón Bienes Allas
<b>Secretaria:</b>	María José Marqués Pérez
<b>Vicesecretaria:</b>	Carolina Díez Mayáns
<b>Tesorera:</b>	Raquel Pérez Rodríguez
<b>Vocales:</b>	Jesús Alegre Álvaro Nieves Alonso Blázquez Juan de Mata Urbano Luis Jiménez Meneses Silvia García-Ormaechea

## Comité científico

José Aguilar Ruiz. Universidad de Granada  
Juan Albaladejo Montoro. CEBAS-CSIC. Murcia  
Jesús Alegre Álvaro. IMIA. Madrid  
Ramón Bienes Allas. IMIA. Madrid  
Rafael Espejo Serrano. Universidad Politécnica de Madrid  
M<sup>a</sup> Carmen Lobo Bedmar. IMIA. Madrid  
Francisco López-Bermúdez. Universidad de Murcia  
Armando Martínez Raya. CIFA. Granada  
José M. Nicolau Ibarra. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid  
Roque Ortiz Silla. Universidad de Murcia  
Juan Puigdefábregas Tomás. EEZA-CSIC. Almería  
Antonio Rodríguez Rodríguez. Universidad de La Laguna. Tenerife  
Diego de la Rosa Acosta. IRNA-CSIC. Sevilla  
José Luis Rubio Delgado. CIDE. Valencia

# APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RESTAURACIÓN DE SUELOS DE CANTERAS DE PIEDRA CALIZA: EFECTOS SOBRE LA FERTILIDAD QUÍMICA

Hereter, A<sup>1</sup>.; Jorba, M<sup>2</sup>.; Josa, R<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Escola Superior Agricultura Barcelona. UPC. Urgell 187. 08036 Barcelona.

<sup>2</sup>Facultat de Biologia. UB. Diagonal 645. 08028. Barcelona.

<sup>3</sup>Dpt. d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia. UPC. Urgell 187. 08036 Barcelona.

e-mail: agnes.hereter@upc.es

## RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos en el estudio retrospectivo de la aportación de biosólidos (lodos de depuradora) a materiales minerales de reposición en canteras de caliza en las que se realizan restauraciones integrales. Se compara con la evolución de suelos sin tratamiento y con siembras de herbáceas. En la utilización de estos materiales edáficos de baja calidad, la adición de enmiendas orgánicas mejora propiedades críticas del sustrato para el buen desarrollo de la revegetación, como son: mejores condiciones en el rango de pH, incrementos del contenido de materia orgánica y de fósforo asimilable. La utilización de lodos favorece el desarrollo de la vegetación en las primeras etapas de restauración.

Palabras clave: biosólidos, revegetación, canteras de caliza

## ABSTRACT

The results of a retrospective study of biosolids (sewage sludge) application on minerals materials of restored open cut calcareous mines are presented. They are compared with the evolution of soils without any treatment and also with soils sowed with herbaceous species. The organic amendment improves critical properties necessary for the revegetation successful on this edaphic material with low quality: best conditions of the pH values and both soil organic matter and available phosphorus increments. The use of sewage sludge favours the development of the vegetation on the firsts phases of the restoration.

Key words: biosolids, revegetation, open calcareous mines

## INTRODUCCIÓN

La revegetación de las zonas afectadas por actividades mineras después de su fase productiva es una de los objetivos principales para evitar su degradación, como mínimo en las primeras etapas de restauración. El éxito en la revegetación, entre otros factores biogeográficos, depende de la calidad del material mineral de reposición que se va a utilizar como sustrato, y normalmente son necesarias utilizar técnicas de corrección y mejora de estos materiales (Dollhopf, 2002). En Catalunya existe una normativa específica de restauración y se han desarrollado actuaciones de restauración integrada que utilizan como sustrato materiales de diferente origen, generados en la propia explotación o bien de origen externo y diverso. Los tratamientos de revegetación que se han realizado en los diferentes ensayos abarcan desde plantaciones intensivas de especies arbóreas en los primeros años de restauración, a siembras para asegurar la estabilización de los sustratos, además de la aplicación de biosólidos (lodos de depuradora), que es el tratamiento más reciente pero más extendido actualmente en el sector. El uso de esta enmienda orgánica puede mejorar las propiedades físicas y biológicas del sustrato, aumentar la CIC y proporcionar suficiente materia orgánica y nutrientes para soportar la vegetación introducida hasta que se pueda restablecer la vegetación natural del entorno (EPA, 1997).

Se analizan los efectos del aporte de enmienda orgánica, sobre las características químicas de los sustratos de restauración de canteras de Catalunya durante los últimos 13 años, y su influencia sobre la revegetación de estas áreas degradadas.

Tabla 1. Características generales de las parcelas y de las muestras superficiales de los suelos.

Tratamiento	Grupos de parcelas		Propiedades de los suelos				
	Número total	Antigüedad años	Profundidad media cm	Densidad aparente Mg m <sup>-3</sup>	Elementos gruesos %	Tierra fina %	Arc / (L+Are)
Control	14	2-12	17	1.69	44.5	55.5	0.290
Lodos 6	2-6		18	1.31	48.1	51.9	0.292
Lodos + siembra	9	2-4	21	1.49	58.0	42.0	0.259
Siembra	19	2-13	19	1.57	43.8	57.2	0.358

Arc: % arcilla; L: % limo; Are: % arena

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han seleccionado 48 parcelas de 300 m<sup>2</sup> en 15 explotaciones activas (Tabla 1), principalmente taludes con pendientes mayoritariamente superiores a 30°, por ser la situación más habitual en la restauración a cielo abierto. Se ubican en zonas con clima Thornthwaite seco subhúmedo y subhúmedo. Los tratamientos estudiados corresponden a tres actuaciones de restauración: a) Aplicación de lodos de depuradora con dosis entre 150-350 t/ha en peso seco, b) Siembra de herbáceas (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa* y *Onobrichys sp.* son las especies más utilizadas) y c) Aporte de lodos conjuntamente con siembra. Como parcelas control se han utilizado zonas marginales de las mismas explotaciones con materiales de origen diverso, sin aplicación de enmienda ni otros tratamientos y en las que principalmente se ha hecho el seguimiento del proceso de revegetación espontánea.

Como consecuencia de la naturaleza del material mineral aportado, son suelos muy pedregosos en superficie. Presentan texturas USDA mayoritariamente de las clases francas y dominan las partículas con  $\phi$  superior a 0.002 mm. Las parcelas con siembra de herbáceas tienen un contenido medio mayor de arcillas (23 %), aunque no son estadísticamente diferentes a los otros tratamientos (test ANOVA para  $p < 0.05$ ). Los contenidos de CaCO<sub>3</sub> totales son variables en todos los grupos de parcelas, reflejando el origen poco homogéneo de los materiales aportados (Tabla 2). Los valores significativamente superiores de las parcelas tratadas con lodos + siembra, son atribuibles a la naturaleza del material aportado en este tratamiento (rechazo de trituración) que es el más carbonatado (Jorba *et al.* 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de lodos afecta significativamente a los valores de pH, provocando que los suelos de las parcelas donde se han aportado sean los menos básicos, en las dos situaciones climáticas estudiadas. Asimismo, los niveles de fósforo asimilable varían, en este caso produciendo un aumento significativo (para  $p < 0.05$ ) en el contenido de este nutriente respecto a los otros grupos de parcelas (Tabla 2). Cabe destacar sin embargo, la alta variabilidad de este parámetro en los tratamientos control y siembra, en los que el contenido de fósforo oscila entre 1 y 60 mg P/ kg. El incremento de fósforo más acusado se produce en las parcelas con lodos más siembra y en las condiciones más húmedas, aunque los dos tratamientos a los que se han aportado lodos localizados en zonas con clima seco subhúmedo, presentan asimismo diferencias significativas con las parcelas sin esta enmienda.

El porcentaje medio de materia orgánica también mejora con la aportación de lodos a los suelos así como con la siembra de especies herbáceas, aunque en el último caso no de manera estadísticamente significativa respecto a los controles.

Los tratamientos en los que se ha aplicado lodos únicamente o lodos + siembra son los más recientes en las canteras evaluadas (6 años de antigüedad como máximo) y, en el caso de las parcelas con biosólidos, el análisis estadístico las separa de los otros grupos de parcelas cuando se introduce el factor del tiempo transcurrido desde la restauración. Para valorar la influencia de esta variable en los efectos positivos de la aplicación de lodos en el contenido de materia orgánica de los suelos, se necesita un tiempo más prolongado de seguimiento de las intervenciones realizadas. Por el contrario, el tipo de clima no influye en las diferencias encontradas entre los tratamientos estudiados.

Tabla 2. Características químicas de los suelos de las parcelas.

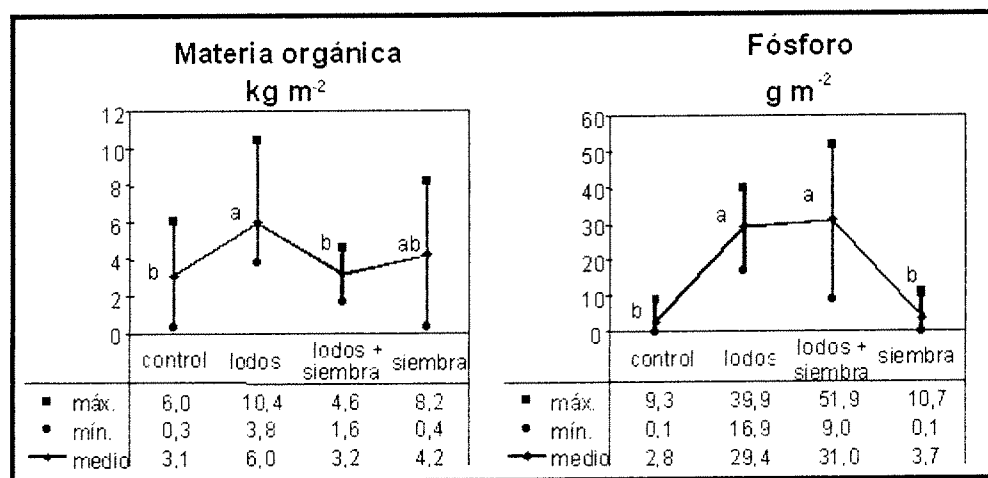
Tratamiento	%CaCO <sub>3</sub>		pH H <sub>2</sub> O		% MO		P mg/kg	
	media	%CV	media	%CV	media	%CV	media	%CV
Control	42 b39	8.4 a	2.9	1.6 b	61.4	20 c	220	
Lodos	29 b	72	7.9 b	1.9	3.9 a	66.8	185 b	46
Lodos + siembra	67 a	25	8.0 b	3.6	2.5 b	53.6	256 a	57
Siembra	35 b	59	8.3 a	2.3	2.2 b	63.2	13 c	128

Para cada parámetro, los valores medios de los tratamientos con distinta letra presentan diferencias significativas, para  $p < 0.05$ , en el análisis de la varianza y el test de Student-Newman-Keals

Dada la importante cantidad de elementos gruesos presentes en estos materiales, se han transformado los niveles de materia orgánica y fósforo a riqueza en la tierra fina por unidad de superficie, considerando el contenido en gravas, la densidad aparente y el espesor del suelo (Figura 1). Los resultados muestran que la aplicación de biosólidos duplica el contenido medio de materia orgánica por unidad de superficie respecto a los sustratos sin tratar. Incluso en las parcelas tratadas con lodo más siembra, que en comparación con las control tienen menor contenido en tierra fina (13% inferiores), no se produce un descenso proporcional.

Las diferencias entre los niveles de fósforo asimilable confirman que los tratamientos de lodos y lodos+siembra, incrementan significativamente los contenidos de este nutriente en la fracción fina cuando se compara con los otros tratamientos.

En el proceso de restauración integrada, se puede evaluar las consecuencias que tiene el incremento de la calidad de los sustratos en el desarrollo de la revegetación, con indicadores como las características de la vegetación y el grado de madurez del sistema creado. En concreto, el aumento del contenido de materia orgánica en estas parcelas se relaciona positivamente con el recubrimiento y la biomasa vegetal, por lo que en los sustratos tratados con lodos se ha observado que el recubrimiento vegetal y los valores de biomasa son superiores al resto de los tratamientos. Sin embargo, la adición de lodos determina un mayor número de especies ruderales y valores menores de diversidad respecto a los controles (Jorba



Para cada parámetro, los valores medios de los tratamientos con distinta letra presentan diferencias significativas, para  $p < 0.05$ , en el análisis de la varianza y el test de Student-Newman-Keals.

Figura 1. Contenidos de materia orgánica y fósforo en la tierra fina de los suelos de los diferentes tratamientos.

*et al.* 2002; Moreno, 2000). Las áreas tratadas presentan todavía así poca similitud con el entorno natural no perturbado, pero se consigue mejorar dos aspectos: disminuir el impacto visual de los taludes si se compara con situaciones en las que no se realizan intervenciones, y contribuir a evitar la degradación del suelo al propiciar mayores cubiertas vegetales en la superficie que protegen el suelo de los procesos erosivos.

Sin embargo, conviene no ignorar los potenciales efectos negativos de la aportación de biosólidos en los sustratos resultantes, que, por lo menos temporalmente, convierten las áreas restauradas en puntos con concentraciones anormalmente elevadas de nutrientes, por lo que es conveniente adecuar las dosis aportadas.

## CONCLUSIONES

La incorporación de enmiendas orgánicas, en forma de lodos de depuradora, fomenta una mejora de las condiciones de fertilidad química del sustrato edáfico utilizado en restauraciones de canteras de caliza a cielo abierto. Los valores de pH de los materiales tratados disminuyen en media unidad y aumenta significativamente los contenidos de materia orgánica y fósforo asimilable en comparación con las áreas donde sólo se repone sustrato. Además de contribuir a mejorar la baja calidad edáfica de los materiales de reposición, estas intervenciones permiten una mejor conservación del suelo ya que favorecen el desarrollo de la vegetación en las etapas más críticas de la revegetación. No obstante, a pesar de los beneficios que supone su aplicación, su uso debe restringirse a favorecer los estadios iniciales de la revegetación dado su riesgo potencial.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto I+D+I 2FD97-1644-CO3-01 del Ministerio de Ciencia y Tecnología y fondos FEDER.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dollhopf, D.J. (2002). Rehabilitation after open cut mines. In: Lal, R. (Ed). *Enciclopedia of soil science*: 1111-1114. Marcel Dekker Inc.
- Environmental Protection Agency. (1997). *Land application of biosolids. Process design manual*. Technomic Publishing Company. Inc. USA, 290 pp.
- Jorba, M.; Romanyà, J.; Rovira, P.; Hereter, A.; Josa, R.; Vallejo, R. (2002). La restauración ecológica aplicada a la minería a cielo abierto en Cataluña. *Ingeopres* 106:56- 63.
- Moreno, R. (2000). *Aplicación de lodos de depuradora en la restauración de canteras: efectos sobre la comunidad vegetal*. DEA. UAB.