

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA Y EN ALGUNOS MACRONUTRIENTES EN SUELOS CREADOS PARA LA RESTAURACIÓN DE ESCOMBRERAS EN UNA CANTERA DE YESO

R. CASTELLÓ, C. GALARZA, J. PASTOR

Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA), CSIC, Madrid. e-mail: rcastello@ccma.csic.es.

Abstract. Results of %organic matter, %total nitrogen, K, Mg, P and Na after de addition of different amounts of municipal waste compost (as organic enmendation) in a set of experimental plots are presented. The plots were located in gypsum rubble landfill pertaining from quarry “Los Yesares” (Sorbas, Almería). The aim of this study was to determinate the dose of this kind of enmendation bringing the best results to reproduce the properties of the natural soil. These results will give useful information to restore similars gypsum rubble landfills in the future.

Key words: organic enmendation, municipal waste compost, rubble landfills restoration, gypsic soils, macronutrients.

Resumen. En este trabajo se presentan los resultados de contenido en materia orgánica, nitrógeno total, K, Mg, P y Na, obtenidos tras la adición de distintas dosis de compost de RU como enmienda orgánica en una serie de parcelas experimentales. Dichas parcelas se encuentran emplazadas en la escombrera de yesos de la cantera en explotación “Los Yesares” (Sorbas, Almería). El objetivo es determinar la dosis de este tipo de enmienda que proporcione resultados más favorables y que permita reproducir los suelos del entorno natural en la restauración de las escombreras de yeso.

Palabras clave: enmienda orgánica, compost RU, restauración de escombreras, suelos yesíferos, macronutrientes.

INTRODUCCIÓN

En el año 2001 se comenzó un plan de restauración en las escombreras generadas por las actividades extractivas realizadas, durante aproximadamente los últimos 15-20 años, por la empresa IBERPLACO en la cantera de yesos *Los Yesares* en Sorbas (Almería). Dicha explotación se encuentra lindando a la zona denominada *Paraje*

Natural del Karst en yesos de Sorbas (área protegida).

Es conocido el grave impacto ambiental que causan las explotaciones mineras a cielo abierto (voladuras, ruido, polvo, impacto visual y cambios en la fertilidad del suelo natural) esto obliga a la creación de planes de restauración de las zonas explotadas, evidentemente es necesario un conocimiento previo de las propiedades de los suelos naturales del

entorno y la valoración de las mismas tras la explotación (Campillo *et al.*, 2000).

Debido a la falta de un suelo sobre el que pueda desarrollarse cualquier especie vegetal se necesita realizar una actuación sobre las escombreras generadas. Por tanto, el objetivo principal de cualquier restauración de este tipo es la creación de un suelo apto para la implantación de las especies endémicas de yesos del entorno, minimizando el tiempo de restauración natural.

Los suelos del paraje natural presentan una potencia variable entre 50-60 cm. La cantidad acopiada de suelos procedente de los frentes de avance con la que se contó hizo posible el recubrimiento de las escombreras con un espesor de unos 20 cm aproximadamente. Dicho material cumple dos funciones, una como suelo inicial y otra como semillero debido a la falta de semillas de plantas endémicas y autóctonas. Para la creación de la cantidad necesaria de suelo adicional (30-40 cm) se mezcló compost de RU con los materiales de las escombreras recubriéndolos a continuación con los suelos naturales acopiados.

Con el fin de estudiar la dosis adecuada de compost de RU que deberá emplearse en próximas actuaciones y la evolución del suelo en creación, se establecieron 24 parcelas experimentales. Doce de las mismas emplazadas en una escombrera de finos de yeso (con más del 85% de yeso en su composición y $\phi < 5\text{mm}$) y las doce restantes en una escombrera de estériles (de composición y granulometría muy heterogénea). Las dosificaciones empleadas en el experimento fueron de 0 (testigo), 10, 30 y 50 t/ha de compost de RU por triplicado en cada escombrera, constituyendo así el total de 24 parcelas experimentales.

En el presente trabajo se contemplan las parcelas experimentales ubicadas en la escombrera de finos de yeso. Las determinaciones llevadas a cabo en las muestras estudiadas han sido: materia orgánica, nitró-

geno total y K, Mg, P, Na en lo que a macronutrientes asimilables se refiere. Se llevaron a cabo tres muestreos en el año 2002 en los meses de enero, marzo y julio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Establecimiento de las parcelas, toma de muestras y tratamiento previo

Las parcelas (con dimensiones de 8 x 5 m) se situaron en la zona A (escombrera de finos de yeso) en la parte alta de la escombrera en posición horizontal, alineadas en dirección E-W. Las distintas dosis de compost de RU se distribuyeron homogéneamente sobre cada parcela y posteriormente se araron con un motocultor a una profundidad de reja de aproximadamente 35 cm. A continuación se recubrieron con una capa de suelo natural de 20 cm de espesor.

Se han llevado a cabo un total de tres muestreos durante el año 2002 en los meses de enero, marzo y julio. En cada uno de ellos se han tomado dos muestras por parcela, una de los primeros 15 cm de la capa superior (capa de suelo procedente de los acopios) y otra de los primeros 15 cm de la segunda capa (finos de yeso con compost de RU). Las muestras se secaron al aire y se tamizaron en primer lugar a 2 mm y a continuación, se molió una fracción de dicha muestra y se tamizó a 0.050 mm.

Métodos analíticos

El pH de las muestras se determinó en H₂O (relación 1:2.5) con un pHmetro CRISON microPH 2001. De igual manera se obtuvo el valor de pH en H₂O (relación 1:5) correspondiente al compost de RU empleado en la enmienda. La conductividad eléctrica se realizó tanto para las muestras de suelo como para el compost de RU, en el extracto acuoso 1:5 y empleando un conductímetro CRISON micro CM 2001.

El nitrógeno total se determinó siguiendo el método Kjeldahl (Hinds & Lowe,

1980). Los elementos totales se analizaron realizando una digestión de la muestra molida con una disolución nítrico-perclórica. La medida de los macronutrientes asimilables (Ca, Mg, Na, y K) se realizó mediante una extracción 1:10 de muestra de suelo seco con acetato amónico 1M (pH=7). El extracto se midió por espectrofotometría de emisión de plasma (Perkin Elmer ICP/-5500). El P se determinó mediante el método de Burriel y Hernando (1950) midiéndose en este caso por colorimetría. Para la cuantificación del carbono orgánico total se empleó el método de oxidación por vía húmeda propuesto por los Métodos Oficiales de Análisis (M.A.P.A., 1994). El contenido en materia orgánica se estimó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico total obtenido por el factor de Van Bemmelen.

Para el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA, 2 vías) para cada capa existente en las parcelas (suelo y yeso + compost de RU) así como el análisis de la varianza (ANOVA, 1 vía) para cada capa y para cada muestreo efectuando un test de pares de Bonferroni ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados de los diferentes parámetros determinados para el compost de RU empleado en la enmienda. Si se evalúa la madurez del compost de RU según la normativa francesa sobre madurez del compost (AFNOR U 44051), el compost de RU empleado para este estudio podría calificarse como maduro puesto que presenta una relación M.O./N de 31,95 (< 50) (Costa *et al.*, 1991). En cuanto al contenido máximo en metales pesados permitido, se encuentra dentro de los valores recogidos en la *Orden Ministerial de 28 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines* (BOE 131, 1998) que regula los contenidos máximos de metales pesados en los com-

TABLA 1: Propiedades del compost de RU empleado en la enmienda.

pH (H₂O)	6.6		
%M.O.	63.9		
%N	2.0		
Elementos Totales (mg kg⁻¹)			
Ti	161	Sr	265
Cu	167	Ba	10,2
Cr	25,1	Zn	416
Pb	143	Mn	106
Cd	<2	Fe	8538
Ni	30,9	Mg	6360
P	4171	K	8925
Al	10412	Ca	80325

post procedentes de residuos orgánicos destinados al consumo agrícola.

Dado el escaso tiempo transcurrido desde el inicio del experimento la evolución en los suelos formados no se define claramente pero es posible apreciar pequeñas variaciones en la analítica en función de la dosis de compost añadida. Las medias de los valores de pH de los tres muestreos oscilan, en las muestras superficiales, entre 7,76 y 7,90 y en las más profundas, en cambio, son más básicas variando de 8,04 para las parcelas enmendadas con 50 t/ha de compost y de 8,12 para las parcelas testigo (sin enmienda). La conductividad eléctrica también marca algunas variaciones, siendo el valor mínimo 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras superficiales de las parcelas testigo. Se aprecia un ligero incremento en las muestras más profundas principalmente en las enmendadas con 50 t/ha en las que se observa un valor medio de 2070 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la Tabla 2 se encuentran recopilados los datos analíticos correspondientes a los tres muestreos realizados a lo largo del año

2002, tanto los relativos a la capa superficial de las parcelas experimentales (suelo) como los pertenecientes a la capa inferior (finos de yeso + compost de RU).

Para cada parámetro el apunte es la media de los valores analíticos de las tres réplicas con igual dosificación de enmienda orgánica. Es previsible que, con el tiempo, se llegue a una homogeneización entre la capa superior y la inferior. Las diferencias entre los datos observados para todos los parámetros y muestreos entre las capas superior e inferior son estadísticamente significativas (Tabla 2). Todos los valores analizados, obtenidos del nivel inferior, a excepción del P que presenta valores muy parecidos entre dichas capas, están por debajo de los representativos del suelo natural (capa superior). Este hecho pone en evidencia la falta de nutrientes que presenta la capa de finos de yeso aún a la dosis máxima de enmienda. Esta evolución vista es lógica al tener en cuenta que la aportación proveniente del compost de RU al sistema no es inmediata sino que es paulatina a partir del momento de su incorporación al mismo (García-Gil, 2001).

Todavía no se ha logrado una homogeneización en las propiedades de las dos capas debido al escaso tiempo transcurrido desde el establecimiento de las parcelas experimentales.

Los diferentes parámetros analizados en cada muestreo para la capa superior (Tabla 2) no presentan diferencias estadísticamente significativas que puedan achacarse a las distintas dosis de compost de RU añadidas en la capa inferior de las parcelas.

Sin embargo, en dicha capa inferior (yeso + compost de RU) sí se encuentran diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2) que pueden deberse a la enmienda orgánica llevada a cabo, las detallamos a continuación.

En el caso de la materia orgánica, el aumento llega a ser estadísticamente signifi-

cativo (Tabla 2) en el tercer muestreo, entre las parcelas testigo (0 t/ha) y 50 t/ha. El K asimilable presenta un aumento estadísticamente significativo (Tabla 2) en el segundo muestreo entre las parcelas testigo (0 t/ha) y las parcelas de 30 y 50 t/ha. Finalmente, tanto el N como el Mg y el P asimilables presentan valores ligeramente crecientes con la dosis de enmienda aunque no llegan a ser estadísticamente significativos (Tabla 2).

Prestando atención a los valores de Na y P (Tabla 2), en la capa inferior de algunas de las parcelas enmendadas con dosis de 30 y 50 t/ha de compost de RU, se alcanzan valores algo superiores a los correspondientes a las capas superiores de las mismas. Aunque hasta el momento no son estadísticamente significativos, hay que prestar atención a su evolución en los muestreos siguientes con el fin de estudiar los posibles efectos de acumulación de dichos elementos en las parcelas con las dosis máximas de enmienda.

En resumen, en las capas enmendadas de las parcelas experimentales los contenidos de materia orgánica, K y Mg sufren un aumento gradual que no excede de los valores correspondientes al suelo natural. Un comportamiento similar sigue el N, obteniéndose para las capas enmendadas datos algo mayores en el tercer muestreo mientras que en los dos primeros son muy bajos. El caso del P y el Na es algo diferente, el P en las capas no enmendadas (testigo) posee valores que ya exceden al correspondiente a las muestras superficiales y el Na aumenta al aumentar la dosis de compost de RU en las capas enmendadas llegando a superar, en las parcelas con 30 y 50 t/ha, los valores correspondientes a las capas superficiales (suelo natural).

CONCLUSIONES

Aunque el experimento se encuentra en un estado temprano (ver Fig. 1) para valo-

TABLA 2: Análisis del suelo correspondientes a los tres muestreos realizados en 2002 (enero, marzo y julio). Valores en la misma columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,5$). Los valores en cursiva presentan diferencias aunque no llegan a ser significativas estadísticamente (p ligeramente superior a 0,5).

			Macronutrientes (mg kg ⁻¹)			
Muestra	%M.O.	%N	K	Na	Mg	P
Capa superior(suelo)						
1^{er} muestreo						
Superf. A-0 t/ha	1,44 a	0,073 a	9,50 a	3,17 a	4,50 a	4,00 a
Superf. A-10 t/ha	1,61 a	0,075 a	9,33 a	3,17 a	4,00 a	4,00 a
Superf. A-30 t/ha	1,66 a	0,076 a	9,17 a	3,00 a	4,67 a	3,83 a
Superf. A-50 t/ha	1,55 a	0,076 a	9,67 a	3,50 a	4,83 a	4,00 a
2^o muestreo						
Superf. A-0 t/ha	1,11 a	0,073 a	9,33 a	3,17 a	3,67 a	3,33 a
Superf. A-10 t/ha	0,97 a	0,065 a	9,00 a	3,33 a	3,50 a	3,00 a
Superf. A-30 t/ha	1,13 a	0,071 a	9,67 a	3,67 a	4,67 a	3,00 a
Superf. A-50 t/ha	1,15 a	0,079 a	10,17 a	3,67 a	4,67 a	3,00 a
3^{er} muestreo						
Superf. A-0 t/ha	1,53 a	0,077 a	6,50 a	3,67 a	4,83 a	4,17 a
Superf. A-10 t/ha	1,57 a	0,078 a	9,50 a	3,50 a	4,50 a	4,00 a
Superf. A-30 t/ha	1,55 a	0,083 a	8,33 a	4,00 a	4,83 a	4,00 a
Superf. A-50 t/ha	1,64 a	0,091 a	7,50 a	4,33 a	5,17 a	4,00 a
Capa inferior (yeso + compost de RU)						
1^{er} muestreo						
Superf. A-0 t/ha	0,16 a	0,001 a	1,67 a	1,50 a	1,67 a	4,33 a
Superf. A-10 t/ha	0,23 a	0,006 a	2,83 a	2,00 a	1,67 a	4,33 a
Superf. A-30 t/ha	0,31 a	0,005 a	3,17 a	2,67 a	1,50 a	4,00 a
Superf. A-50 t/ha	0,33 a	0,008 a	4,67 a	4,17 a	2,00 a	4,33 a
2^o muestreo						
Superf. A-0 t/ha	0,11 a	0,001 a	1,50 a	1,50 a	1,00 a	3,67 a
Superf. A-10 t/ha	0,22 a	0,001 a	2,33 abc	2,33 a	1,83 a	4,67 a
Superf. A-30 t/ha	0,24 a	0,006 a	3,67 b	5,00 a	2,33 a	4,00 a
Superf. A-50 t/ha	0,28 a	0,001 a	4,00 c	4,83 a	2,00 a	4,67 a
3^{er} muestreo						
Superf. A-0 t/ha	0,21 a	0,005 a	1,67 a	1,83 a	1,67 a	4,17 a
Superf. A-10 t/ha	0,36 ab	0,025 a	3,00 a	3,17 ab	2,00 a	4,33 a
Superf. A-30 t/ha	0,48 ab	0,025 a	4,00 a	4,00 ab	1,83 a	5,17 a
Superf. A-50 t/ha	0,81 b	0,041 a	4,83 a	5,33 b	2,67 a	5,50 a



FIGURA 1: Evolución de la vegetación en parcelas experimentales enmendadas con 50 t/ha de compost de RU (Izq. mes de marzo y dcha. mes de mayo 2002).

rar la influencia de la adición de compost de RU en las propiedades del suelo en creación, ya se pueden apreciar tendencias en cuanto a las propiedades objeto de estudio. Los datos pertenecientes al tercer muestreo dan una imagen del estado al finalizar el primer año de estudio de los suelos de las parcelas con distintas dosis de compost de RU. En el análisis de los datos se percibe una evolución en el asentamiento del “suelo creado” mediante la actuación llevada a cabo. Hasta el momento sólo se puede hablar de tendencias, que en el seguimiento que se está llevando a cabo deberán corroborarse. No parece que se haya obtenido todavía una comunicación eficaz entre el suelo incorporado en la superficie de las parcelas experimentales y la capa más profunda con distintos porcentajes de enmienda orgánica, aunque los parámetros estudiados se modifican en los tres muestreos en dicha capa enmendada.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la empresa BPB IBERPLACO S.A. por la financiación de este estudio, el cual forma parte del proyecto titulado “Restauración y revegetación de escombreras actuales en la cantera de yesos “Los Yesares”,

Sorbas (Almería)”. Igualmente expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Alfredo Polo del C.C.M.A. del C.S.I.C., así como a su equipo de trabajo, por la ayuda prestada en la toma de muestras en campo y al permitirnos la utilización de su laboratorio para realizar algunas de las determinaciones analíticas presentadas en este trabajo.

REFERENCIAS

- AFNOR norme U 44-051. (1974). Amendments organiques: dénominations et spécifications *SP A.F.N.O.R.*, París, La Défense.
- B.O.E. 131, de 2 de junio (1998). Orden ministerial de 28 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines.
- Burriel, F. y Hernando, V. (1950). El fósforo de los suelos españoles. V. Nuevo método para determinar el fósforo asimilable en los suelos. *An. Edafol. Agrobiol.*, 9: 611-622.
- Campillo, N., Martín, F., Simón, M. e Iriarte, A. (2000): Cuantificación de la degradación de las propiedades de los suelos en explotaciones mineras a cielo abierto. *Edafología*, 7(3):31-42.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., Polo, A. (1991): Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Ed. CSIC, Centro

- de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia.
- García-Gil Gallego, J.C. (2001): Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Tesis doctoral.
- Hinds, A. y Lowe, L.E. (1980): Ammonium-N determination. Soil Nitrogen. Berthlot reaction. *Soil Sci. Plant Anal.*, 11: 469-475.
- M.A.P.A. (1994): Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Secretaría General de Alimentación. Dirección General de Política Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.