

# Propiedades Físicas de Rechazos Mineros Enmendados con Lodos de Depuradora Tratados

/ MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL (1)\* / FUENSANTA GARCÍA-ORENES (1) / TEÓFILO SANFELIU MONTOLIO (2) / FRANCISCO PARDO FABREGAT (2)

(1) Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Avda de la Universidad s/n. 03202 Elche (Alicante, España)

(2) Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universitat Jaume I. Avda. Sos Baynat s/n. 12071 Castellón (España)

## INTRODUCCIÓN

La experimentación se basó en un estudio controlado usando columnas. Para ello, a partir de tubería de PVC de 10,5 cm. de diámetro interno cortada en trozos de 15 cm. de longitud, se construyeron 15 columnas de 30 cm. de altura. Se realizaron dos tratamientos y un ensayo en blanco o tratamiento testigo, según la cantidad de lodo aplicada. El lodo fue aplicado superficialmente y mezclado con el suelo simulando la acción de arado o mula mecánica, realizando una mezcla homogénea del mismo con los primeros 15 cm. de suelo.

Los lodos utilizados en este experimento proceden de la planta de tratamiento de aguas residuales situada en las proximidades de Aspe (Alicante). De forma previa al proceso de compostaje es necesaria la mezcla del fango con un soporte, un estructurante que favorezca la aireación y absorba la humedad y, además, aporte carbono. La paja triturada y el serrín son utilizados como soporte, existiendo silos para su almacenamiento. La paja favorece la aireación, el serrín absorbe la humedad y ambos materiales constituyen una fuente de carbono. La composición en volumen de la mezcla fango-soporte es un 50% lodo y del 50% restante, el 25% es paja y el 75 % serrín. Esta mezcla fango-soporte avanza a través del túnel de compostaje y simultáneamente se homogeniza gracias a una volteadora, que además de permitir el avance y la homogenización de la mezcla favorece su aireación.

Durante las primeras semanas la mezcla se sitúa sobre una base porosa conectada a un sistema de inyección de aire mediante ventiladores o soplantes, manteniéndose en aireación forzada de

forma discontinua. Después la aireación es pasiva, natural.

Z <sub>0</sub>	Columna de 30 cm. rellena de zahorra (gruesos)
D <sub>0</sub>	Columna de 30 cm. rellena de suelo decapado (finos)
(Z+D) <sub>0</sub>	Columna de 30 cm. rellena de 0-15 cm. con suelo decapado y de 15 -30 con zahorra
D <sub>3</sub>	Columna de 30 cm. rellena con suelo decapado. Dosis de lodo de depuradora (30.000 Kg./ha)
D <sub>9</sub>	Columna de 30 cm. rellena con suelo decapado. Dosis de lodo de depuradora (90.000 Kg./ha)
(Z+D) <sub>3</sub>	Columna de 30 cm. rellena de 0-15 cm. con suelo decapado y de 15 -30 con zahorra. Dosis de lodo de depuradora (30.000 Kg./ha)
(Z+D) <sub>9</sub>	Columna de 30 cm. rellena de 0-15 cm. con suelo decapado y de 15 -30 con zahorra. Dosis de lodo de depuradora (90.000 Kg./ha)

Tabla 1. Diseño experimental y claves identificativas.

Se trabaja con dos rechazos mineros, ambos muy ricos en carbonato de calcio (90-75%). El primero de baja calidad, procede de la obtención de áridos a partir de roca caliza masiva por trituración (Z, zahorra). Se caracteriza por tener un predominio de la fracción "elementos gruesos" (hasta el 75% en peso) y por presentar elevados porcentajes de arena.

Por otra parte se ensayó otro material residual procedente de la extracción de la roca caliza masiva, forma-

do básicamente por los niveles de materiales no calizos intercalados y restos de suelos decapados (D).

Suele presentar texturas más equilibradas pero con elevada pedregosidad heterométrica (hasta 60%) y es más rico en arcillas (25% aprox.). A éstos materiales se les enmendó con los lodos tratados según la metodología de restauración de canteras con lodos tratados (Alcañiz y col., 1997).

## METODOLOGÍA

### Densidad aparente

La determinación de la densidad aparente puede efectuarse por diversos métodos pero se utilizaron dos métodos de referencia. El mejor modo de determinar la densidad aparente es tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco, por calentamiento a 105°C hasta peso constante. Para ello se suele utilizar un cilindro metálico con un volumen cercano a los 100 mL. Una vez lleno y enrasado en ambos extremos, se extrae el suelo contenido, cuyo volumen corresponde con el del cilindro y que es conocido, se deseca y se pesa. La densidad viene determinada por la relación entre el peso obtenido y el volumen correspondiente. El principal inconveniente de este sistema es la presencia de piedras, por lo que solo puede utilizarse en suelos no pedregosos. Por ello, se utilizó otro sistema, menos preciso. Consiste en tomar un agregado del suelo, lo más grande posible, desecarlo y pesarlo para conocer su masa. Se ata con un hilo y se

**palabras clave:** Lodo, Movilidad Iónica, Lixiviados.

**key words:** Sewage Sludge, Ionic Mobility, Leachates.

sumerge en parafina fundida para impermeabilizar su superficie, y una vez solidificada ésta puede volver a pesarse. El agregado parafinado se introduce en una probeta graduada y llena de agua en la que se mide el incremento de volumen sufrido por el agua como consecuencia de la introducción del agregado, que corresponde con el volumen de éste. De esta forma conocemos los dos parámetros necesarios para el cálculo de la densidad. Aunque la capa de parafina es muy tenue y su volumen despreciable, puede estimarse en función de su densidad y del incremento de peso sufrido por el agregado tras el proceso de impermeabilización. El principal inconveniente de este método es que no puede precisarse el volumen de las grietas y de los huecos interpedales.

### Estabilidad de agregados

Los agregados que se resisten a las fuerzas del agua son denominados agregados estables en agua (AEA). La determinación del porcentaje de agregados estables en el suelo se ha llevado a cabo mediante un simulador de lluvia artificial, según el método descrito por Roldán y col. (1994).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han determinado la densidad aparente y el porcentaje de agregados estables como propiedades físicas que pueden modificarse tras la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo como es el lodo de depuradora.

Con respecto a los sustratos sin enmienda, zahorra ( $Z_0$ ), decapado ( $D_0$ ) y mezcla de zahorra y decapado ( $Z+D_0$ ), los resultados indican que es el sustrato  $Z_0$  el que menor densidad aparente tiene, lógicamente por su textura mucho más gruesa que va a favorecer la disposición de huecos ocupados por aire en la columna, disminuyendo la relación masa/volumen.

Como se observa en la Figura 1, la aplicación de lodo disminuye la densidad aparente en los distintos sustratos ensayados con respecto al control, siendo mayor esta disminución cuando mayor es la dosis de lodo aplicada. El contenido orgánico del residuo aplicado va a mejorar la estructura del sustrato (Clapp y col., 1986) favoreciendo la formación de poros que contribuyen a la disminución de la densidad aparente. Con dosis altas de lodo (90.000

kg./ha) se consigue una densidad aparente inferior a  $1,4 \text{ g/cm}^3$ , valor recomendado por la USDA (1999) para suelos franco-arenosos y francos. Valores de densidad aparente superiores a  $1,6 \text{ g/cm}^3$  pueden afectar al crecimiento radicular o bien lo restringen.

La Figura 2 muestra que los sustratos

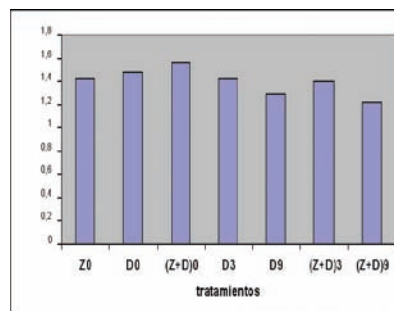


Fig. 1. Densidad aparente de los distintos sustratos utilizados en este experimento.

control utilizados tienen un porcentaje relativamente bajo de agregados estables. La aplicación de lodo incrementa de forma importante el porcentaje de agregados estables, siendo este incremento mucho mayor para la dosis de aplicación mayor (90.000 Kg./ha). El aumento de materia orgánica en el suelo va a mejorar numerosas propiedades del mismo entre las que cabe destacar todas aquellas relacionadas con la estructura como densidad aparente, estabilidad de agregados, porosidad, etc. La mejora en la estructura del suelo disminuye la vulnerabilidad del mismo a procesos degradativos como la erosión y la compactación.

No obstante, no se alcanza en ningún caso los valores recomendados por la USDA (1999) para suelos con un porcentaje de fracción arcilla de alrededor del 15% que se sitúa entre el 65-70%.

Atendiendo al porcentaje de materia orgánica de los sustratos el porcentaje de agregación debía situarse en el 53% para el caso  $D_3$  y en el 70% en el caso de  $D_9$  (USDA 1999). En el tiempo de duración de nuestra experiencia estos valores no se han alcanzado (Figura 2). No obstante, hay que tener en cuenta que la estabilidad de agregados debería mejorar con el paso del tiempo.

### CONCLUSIONES

En el experimento se aprecia una disminución de la densidad aparente y un aumento de la estabilidad de agregados, mejorándose así la estructura del suelo tras la adición de lodos de depuradora tratados.

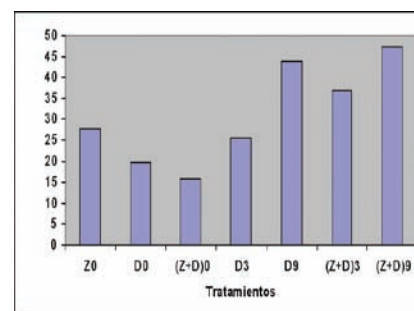


Fig. 1. Densidad aparente de los distintos sustratos utilizados en este experimento.

### REFERENCIAS

Alcañiz, J.M., Comellas, I., Pujola, M. (1997): *Manual de restauración de actividades extractivas con lodos de depuradora: recuperación de terrenos marginales*. Ed. Junta de Sanjament, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Clapp, C.E., Stark, S.A., Clay, D.E., Larson, W.E. (1986): *Sewage sludge organic matter and soil properties. The role of organic matter in modern agriculture*, cap. 10. Ed. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht (Holanda).

Roldán, A., García-Orenes, F., Lax, A. (1994): *An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse*. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1699-1707.

USDA (1999): *Criterios para la evaluación de la calidad ambiental del suelo. Manual de trabajo de campo en Edafología*. Informe Técnico.