

# Movilidad Iónica en Tecnosoles Diseñados para la Restauración Edáfica de Canteras de Roca Caliza

/ MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL (1)\* / ERNESTO GARCÍA SÁNCHEZ (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

Las actividades extractivas nos permiten cubrir las necesidades de recursos minerales, áridos para la construcción y otras materias primas imprescindibles para el desarrollo y el progreso de nuestra sociedad. El proceso extractivo comporta toda una serie de afecciones al medio ambiente, que se manifiestan en forma de distintos impactos ambientales desde el comienzo de la explotación. Los impactos más persistentes y visibles sobre el medio ambiente son la modificación del relieve original y la supresión de la cubierta vegetal y del suelo.

Este trabajo es una aportación al conocimiento sobre la eficiencia y el riesgo ambiental asociado al uso de lodos de depuradora aplicados como enmienda orgánica de estériles mineros usados en las labores de restauración de canteras de roca caliza. El principal objetivo es reducir la deficiencia en las propiedades físicas, materia orgánica y nutrientes de los materiales de restauración, con aporte de lodos de depuradora tratados, así como minimizar el riesgo ambiental.

## METODOLOGÍA

El sustrato utilizado (zahorra y suelos decapados) tiene un pH básico. Esto implica que pueden existir problemas de disponibilidad de la mayoría de nutrientes, siendo necesario realizar enmiendas acidificantes para disminuir el pH, facilitar la movilidad de elementos y mejorar la estructura del suelo. El sustrato tiene un contenido relativamente bajo de nutrientes. El  $\text{Ca}^{2+}$  es el elemento que se encuentra en mayor proporción en la disolución del suelo. La concentración de

$\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  es moderada. Esto aparece reflejado en la conductividad eléctrica del suelo ya que estos cationes, especialmente el  $\text{Na}^+$ , son muy solubles y repercuten notablemente en esta medida cuando su concentración es elevada. El contenido en carbonato cálcico equivalente es muy alto como es típico de este tipo de estériles. El contenido de materia orgánica es muy bajo, al igual que el contenido en fósforo asimilable y nitrógeno Kjeldahl comparado con el contenido normal deseado para un suelo de cultivo. Por lo que respecta a la composición de nutrientes asimilables (extracto con acetato amónico y con DTPA), se aprecia que, exceptuando el  $\text{Ca}^{2+}$ , los demás elementos se encuentran en unos niveles bajos o muy bajos, destacando entre otros el hierro.

Para el análisis del lodo se procedió a su mineralización total mediante el uso de radiación electrotermal (micro-ondas) en medio ácido. En la disolución así obtenida se valoran los elementos solubilizados a excepción del nitrógeno. Éste se determinó mediante el método Kjeldahl que cuantifica el contenido de nitrógeno orgánico y amoniacal de la muestra. El carbono orgánico fácilmente oxidable se calculó mediante digestión sulfo-crómica y posterior valoración con sal de Mohr y la materia orgánica fácilmente oxidable aplicando el factor de conversión 1,72 y la total mediante calcinación en horno mufla a  $500^\circ\text{C}$  durante 2-4 h. En cuanto a los macroelementos, el lodo presenta un bajo contenido de fósforo y de potasio, y contenido medio de calcio y magnesio (Tabla 1).

El valor de la relación C/N que es 12, indica que la materia orgánica se encuentra parcialmente mineralizada y,

por tanto, el lodo puede contribuir a mejorar fertilidad del suelo (Hernández Fernández y col., 1986).

Parámetro	Valor
C orgánico (%)	44,4
N Kjeldahl (%)	3,7
C/N	12
P (%)	0,29
K (%)	0,02
Ca (%)	0,09
Mg (%)	0,08
Fe (g/Kg.m.s.)	5,48
Cu (mg/Kg.m.s.)	289
Cd (mg/Kg.m.s.)	0,97
Ni (mg/Kg.m.s.)	18
Pb (mg/Kg.m.s.)	121
Zn (mg/Kg.m.s.)	768
Hg (mg/Kg.m.s.)	1,23
Cr (mg/Kg.m.s.)	21

Tabla 1. Composición del lodo tratado.

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 (Tabla 2).

Cantidad de lodo (kg/ha)	Denominación
0	0
30.000	3
90.000	9

Tabla 2. Cantidad de lodo aplicado en cada tratamiento.

Se sometió a los suelos contenidos en las columnas a un aporte de agua (8 riegos), cada 15 días los 5 primeros riegos y una vez al mes para los 3 últimos riegos. La experiencia tuvo una dura-

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

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

ción de aproximadamente 6 meses. La recogida de las aguas lixiviadas se efectuó 24 horas después de la última aplicación. Con el fin de controlar qué se incorporaba a las columnas de suelo con el riego se recogieron muestras de agua de cada uno de ellos. Se determinaron sus características salinas, es decir, pH, conductividad eléctrica, los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ .

### Aniones

Se determinó el contenido en cloruros mediante la valoración de Mohr. Los sulfatos precipitan en medio ácido en presencia de bario, formando  $\text{BaSO}_4$ . El contenido en nitratos se determina por el método de Sempere y col. (1993). El método para la determinación del fósforo se basa en la formación de un complejo fosfomolibdico, en medio ácido, que se reduce por el ácido ascórbico dando una coloración azul que se mide a 825 nm. El fósforo se mide como ión fosfato.

### Cationes

El método para la determinación de amonio se basa en el desarrollo de azul de indofenol por reacción de los iones amonio tratados con una disolución de hipoclorito sódico y fenol, en presencia de nitroprusiato que actúa como catalizador. Los iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$  se miden directamente en la muestra o en diluciones apropiadas mediante técnica de espectrofotometría de emisión atómica, en el caso de los dos primeros iones, y de absorción atómica en los dos restantes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de lixiviados

#### pH

En el pH no se producen cambios significativos entre tratamientos, solamente en el primer y tercer muestreos se ve una tendencia acidificante en los tratamientos. Con el tiempo se observa que el pH tiene valores más parecidos al que posee el agua de riego antes de ser añadida al suelo. Los valores más bajos de pH coinciden con el inicio de la experimentación (incorporación de la materia residual y comienzo del riego) y con el momento en que parece producirse la mayor degradación de la materia orgánica, entre el segundo y tercer riego.

#### Conductividad eléctrica

Se observa un aumento de esta propie-

dad en las aguas recogidas de las columnas tratadas con lodo con respecto al testigo. Esto es debido al lavado producido de las sales solubles que aporta el lodo aplicado al suelo. Los valores de conductividad eléctrica están íntimamente relacionados con la dosis de lodo aplicado, sobre todo durante los primeros 3 riegos consecutivos.

#### Nitrato

Se observa un aumento de la concentración de este anión en las aguas procedentes de suelos tratados con lodo respecto al suelo control. Los tratamientos con dosis altas de lodo (90.000 Kg./ha) son los que aportan un mayor contenido de  $\text{NO}_3^-$  a las aguas. La mayor concentración de  $\text{NO}_3^-$  en los lixiviados es en los riegos 1, 2 y 3. A partir del cuarto riego el lavado de este anión es mucho más escaso.

#### Amonio

Las cantidades de amonio son muy inferiores a las obtenidas para  $\text{NO}_3^-$  y ello es debido a la mayor fijación del  $\text{NH}_4^+$  en el sustrato mineral y a su participación en el proceso de nitrificación para dar las formas más oxidadas del nitrógeno.

#### Aniones

Se observa una cierta tendencia del fósforo a aumentar con la dosis de lodo aplicado. Los mayores valores se obtienen en columnas rellenas con decapado (D) y con aplicaciones equivalentes a 90.000 Kg./ha de lodo compostado y tratado. En ningún tratamiento se han superado los límites de concentración recomendados. La elevada naturaleza caliza de este suelo ha impedido en parte el desplazamiento y pérdida de fósforo del suelo (precipitación de fosfatos cálcicos). En el anión cloruro aparecen diferencias significativas entre los tratamientos con lodo y el control. Es muy posible que el factor más influyente a la hora de determinar el Cl- de los lixiviados sea el aporte de lodo de depuradora, sin olvidar que los sustratos utilizados contienen abundantes sales. Los cloruros se lavan prácticamente en su totalidad en los tres primeros riegos.

En el caso de los sulfatos sí se aprecia un incremento con el tratamiento que disminuye con el tiempo, alcanzándose los mayores valores en el segundo riego.

#### Cationes

El aporte de  $\text{K}^+$  soluble con el lodo no

parece producir un incremento de este catión en los lixiviados. Es posible que la naturaleza arcillosa de este suelo decapado limite el desplazamiento y pérdida de este nutriente. Para el sodio en el primer y segundo riego se aprecia un claro aumento con el tratamiento que no es significativo en el resto de los muestreos. Hay tendencia a aumentar con el tiempo su lixiviación. El calcio parece aumentar con la dosis de lodo aplicada. Con el tiempo la tendencia es a disminuir. La reacción del suelo con el lodo parece que ha incrementado la presencia de  $\text{Ca}^{2+}$  soluble, apareciendo en los lixiviados en concentraciones considerables. El magnesio aumenta significativamente con el tratamiento, disminuyendo con el paso del tiempo.

## CONCLUSIONES

Evaluated the environmental risk we can conclude that in the lixiviados appear concentrations considerable of nitrates, principally in the first three irrigations, which can suppose an impediment for the use of these technosoles in the restoration of canteras of rocks calizas fissured. From the fourth irrigation the washing of this anion is much more scarce. The nitrates have exceeded the values recommended in the two treatments. In any case, these elevated concentrations of nitrates would decrease with the restoration and the development of the vegetative cover, which would assimilate a large part of the nitrates, decreasing thus the possible risk of contamination of the subterranean waters.

## REFERENCIAS

Hernández-Fernández, M.T., Moreno-Sánchez, J.Y., Costa-Yagüe, F. (1986): *Caracterización y fluctuación del carbono y nitrógeno de lodos de depuradora*, An. Edafol. Agrobiol. 45, 709-720.

Sempere, A., Olover, J., Ramos, C. (1993): *Simple determination of nitrate in soils by second-derivative spectroscopy*. J. Soil. Sci., 44, 633-639.