

Mineralización del nitrógeno en el lodo secado térmicamente

El estudio de la mineralización del nitrógeno de un residuo es importante para determinar las dosis aplicables al suelo, dependiendo de las necesidades de los cultivos, evitando el posible impacto negativo por lixiviación sobre los acuíferos por una aplicación excesiva (Barry et al. 1986).

El suelo normalmente muestra unas salidas y entradas constantes de nutrientes y elementos, o complejos transformados de dichos nutrientes y elementos. En el caso del nitrógeno, durante el proceso de mineralización los microorganismos del suelo transforman los compuestos orgánicos de nitrógeno, hidrolizándolos a formas inorgánicas simples (NO_3^- -N y NH_4^+ -N), las cuales son más fácilmente asimilables por las plantas y los propios microorganismos. Los mismos utilizan estas formas en su crecimiento, principalmente en la síntesis de proteínas; en el caso de los microorganismos este fenómeno se denomina inmovilización (Madrid et al., 2001).

Este dinámico sistema ha sido descrito como un intercambio equilibrio mineralización-in-



Lodo secado térmicamente.

movilización (Jansson and Persson, 1982).

El objetivo de este estudio es determinar mediante una incubación en laboratorio, durante 52 semanas, la cantidad de nitrógeno inorgánico que se libera del lodo al suelo en tres tipos de suelos diferentes y con tres dosis de aplicación de dicho lodo.

Con anterioridad, se han realizado varios estudios para evaluar la mineralización del nitrógeno, mediante la incubación, de los residuos en suelos, sobre

todo en compost y lodo fresco o parcialmente digerido. Pero al aparecer nuevos tipos de tratamientos del lodo, como es la estabilización mediante secado térmico, es necesario realizar de nuevo estudios para determinar cómo se comporta este residuo al adicionarlo al suelo ya que, con este nuevo tratamiento, el lodo posee unas características algo diferentes a las del mismo lodo fresco o compostado, ya que la disponibilidad de los compuestos frente a los microorganismos

Se ha realizado un ensayo para estudiar la cantidad de nitrógeno y su velocidad de liberación, por medio de la amonificación y la nitrificación, de un lodo estabilizado térmicamente, procedente de una depuradora de Madrid, al adicionarlo a tres tipos de suelos y a distintas dosis.

Los resultados obtenidos después de 52 semanas de incubación mostraron que las tasas de mineralización son diferentes según los suelos. Para un suelo ácido la tasa fue de 20,38%, seguida del suelo básico con 16,94% y por último la arena, donde la tasa fue de 14,67%.

**José Valero Martín,
M^a del Mar Delgado,
Rosario Miralles de Imperial,
Miguel Ángel Porcel,
Eulalia María Beltrán,
Luisa Beringola.**

Departamento de Medio Ambiente.
INIA.

no es la misma, al igual que ocurre con sus concentraciones.

También hay que tener en cuenta otro aporte importante aparte del nitrógeno, como es la materia orgánica, la cual es muy importante en el caso del lodo secado térmicamente como se verá en el experimento, ya que se llega a aumentar su concentración final en el suelo con lo que ello supone para la mejora de las características del mismo, ya que uno de los mayores problemas de los suelos agrícolas es el descenso en el contenido de esta materia orgánica. (Beltrán et al., 2002).

Se utilizó la capa superficial (0-20 cm) de los suelos que previamente se secaron al aire y se tamizaron a través de una malla de 2 mm.

Los suelos proceden de la zona de Villanueva del Pardillo, que se identifica como suelo V (ácido) areno arcilloso, y de la zona de Alcalá de Henares, como suelo C (básico) franco arcilloso; a este último se le adicionó arena lavada en relación 1:1 para facilitar su aireación. Se usó como control arena.

El residuo a estudiar procede de una depuradora de Madrid. El fango después de salir de la planta depuradora sufre un proceso de secado térmico y granulado, estando posteriormente a la venta para su uso como fertilizante. Este lodo se encuentra dentro de los límites que marca el Real Decreto 1310/90 por el que se regula la utilización de lodos de depuradora en el sector agrícola.

Las propiedades de dicho lodo están reflejadas en el **cuadro I** y en el **cuadro II** se pueden ver las de los suelos del ensayo (V y C).

Proceso de incubación

Los suelos y la arena fueron incubados aeróbi-

camente siguiendo el proceso de Stark S.A. y Clapp C.E. (1980). Las mezclas fueron colocadas en embudos de cristal para su incubación y posterior lixiviado. A los embudos previamente se les puso lana de vidrio para evitar el escape de la tierra. La incubación se llevó a cabo en una cámara a temperatura de 35 °C y la humedad fue controlada con un higrómetro. Las muestras se mantuvieron a humedad constante equivalente al 80% de su capacidad de campo mediante una solución nutritiva formada por:

0,002 M $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
0,002 M MgSO_4
0,005 M $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
0,0025 M K_2SO_4

El lodo secado térmicamente fue mezclado con los suelos y con la arena en las cantidades que corresponden aproximadamente a 0, 15, 30 y 60 t/ha.

Previamente a la incubación, se hace un lavado inicial de todas las muestras con una solución de 0,01 M CaCl_2 , que se va añadiendo despacio hasta un total de 100 ml; después de esto se lava con la solución nutritiva descrita anteriormente, con lo que obtiene un lixiviado de cada muestra en el cual se determinará el nitrógeno inorgánico inicial (NO_3^- ; NH_4^+). Este mismo proceso se realizará durante todo el período de la incubación para obtener datos a las 2, 4, 8, 12, 16, 18, 24, 29, 34, 39, 43, 47 y 52 semanas del comienzo de la incubación. Se han realizado tres repeticiones por cada tratamiento y suelo, con lo que se obtienen un total de 36 muestras.

Análisis químico

El nitrógeno total del lodo y de los suelos se de-

terminó utilizando la fórmula:

$$\text{N Total} = \text{Nk} + \text{N-NO}_3^-$$

Nk se analizó por el método Kjeldahl (Hesse, 1971) y N-NO_3^- por destilación.

El nitrógeno inorgánico de los suelos y lodo secado térmicamente, así como del lixiviado de las diferentes muestras, se determinó por destilación por arrastre de vapor, el N-NH_4^+ con MgO y el N-NO_3^- con aleación de Devarda (Bremner, 1965). Los destilados se valoran con H_2SO_4 .

Los siguientes parámetros analizados son:

- pH (suelo/agua 1:2,5).
- Conductividad eléctrica (suelo/agua 1:5).
- Carbono Oxidable(%): método Walkley Black.
- Metales pesados (mg/kg) por espectroscopia de absorción atómica previa digestión ácida (HNO_3/HCl , 1:3).

Proceso de amonificación

En las **figuras 1, 2 y 3** se presenta el nitrógeno amoniacal lixiviado, procedente del lodo secado térmicamente, durante las 52 semanas de incubación.

En todas ellas se observa una rápida amonificación entre la primera y la octava semanas, siendo más rápida en el suelo C básico (**figura 2**) y más lento en el suelo V ácido (**figura 1**) y en la

CUADRO I.

CARACTERÍSTICAS DEL LODO SECADO TÉRMICAMENTE

PH 1:2,5 H ₂ O	N TOTAL %	N-NO ₃ ⁻ MG/KG	N-NH ₄ ⁺ MG/KG	C/N	C.ORGANICO OXIDABLE.%	C.E. DSM-1 25 °C	METALES PESADOS MG/KG					
							CU	ZN	PB	NI	CR	CD
7.78	4.1	10.82	2.234.4	11.11	45.55	1.66	260,3	1.322	130	47,6	140	1.05

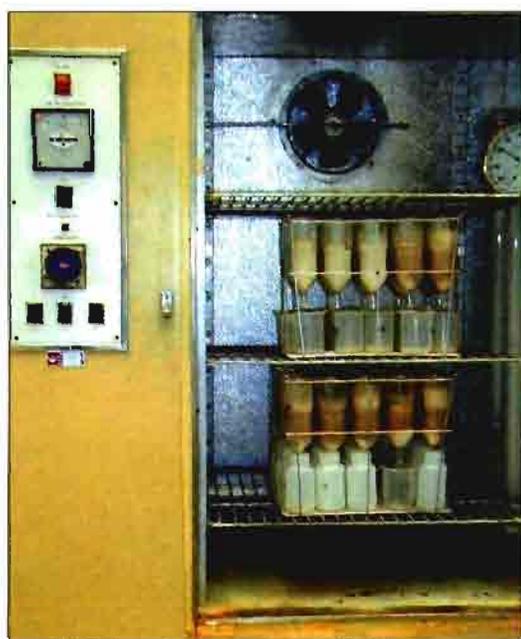
CUADRO II.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

PH 1:2,5 H ₂ O	N TOTAL %	N-NO ₃ ⁻ MG/KG	N-NH ₄ ⁺ MG/KG	C/N	C.ORGANICO OXIDABLE.%	C.E. DSM-1 25 °C	METALES PESADOS MG/KG					
							CU	ZN	PB	NI	CR	CD
Suelo V	6.87	0.045	2.34	2.71	7.33	0.33	7	50	9	3	68	0,005
Suelo C	8.42	0.089	2,27	2.71	4.5	0.4	9	50	9	75	3	0,005
Arena	6.2	—	1,47	5,13	—	—	—	—	—	—	—	—

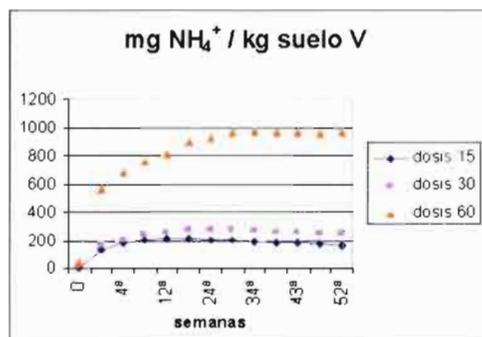
V. Villanueva del Pardillo. Suelo ácido

C. La Canaleja. Suelo básico

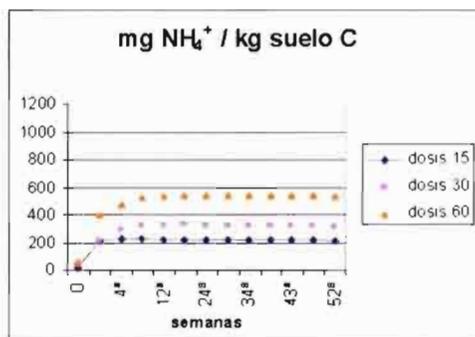


Cámara de incubación con control de temperatura y humedad.

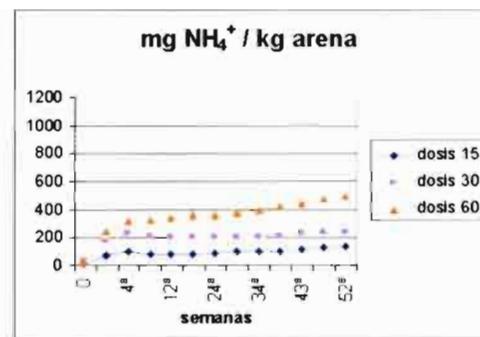
Evolución del amonio liberado en suelo V



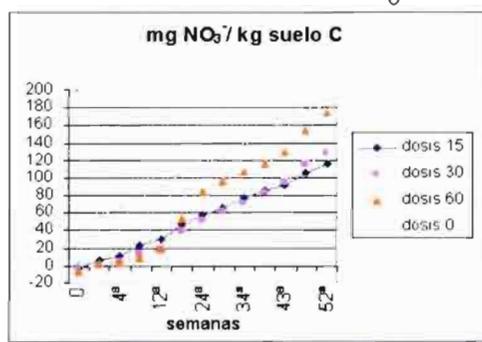
Evolución del amonio liberado en suelo C



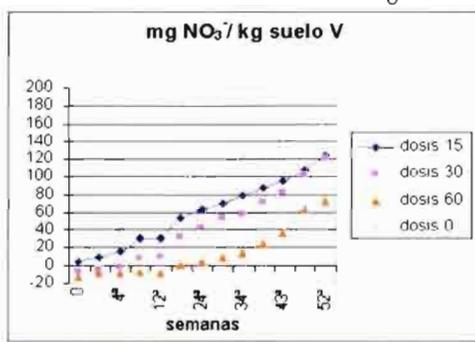
Evolución del amonio liberado en la arena



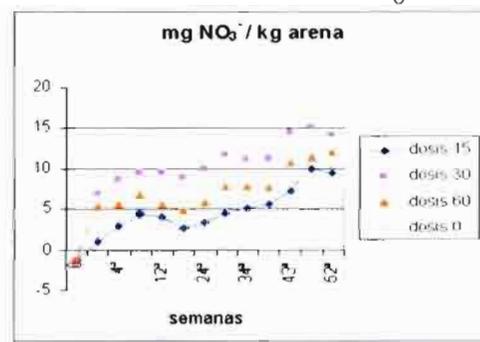
Evolución del nitrato según dosis



Evolución del nitrato según dosis



Evolución del nitrato según dosis



arena (figura 3). Después de la octava semana, en el suelo básico la amonificación es muy lenta, mientras en los otros dos casos dicha amonificación continúa creciendo hasta al final de la incubación, sobre todo con la dosis alta. Estas dos etapas se relacionan con el aporte por parte del lodo de una gran cantidad de materia orgánica. Dicha materia orgánica posee dos fracciones:

- Una fracción fácilmente degradable, responsable de la rápida amonificación entre primera y octava semanas, por el paso de N orgánico a NH_4^+ .

- Otra fracción más compleja, con una lenta degradación y liberación de los compuestos a partir de la octava semana.

Además, en suelos arcillosos la materia orgánica es protegida por complejos arcillo-húmicos que dificultan el ataque de los microorganismos (Herbert et al., 1991).

En la figura 1 se observa que en la dosis de 60 t/ha en el suelo V produce una elevada amonificación hasta la semana 34, al-

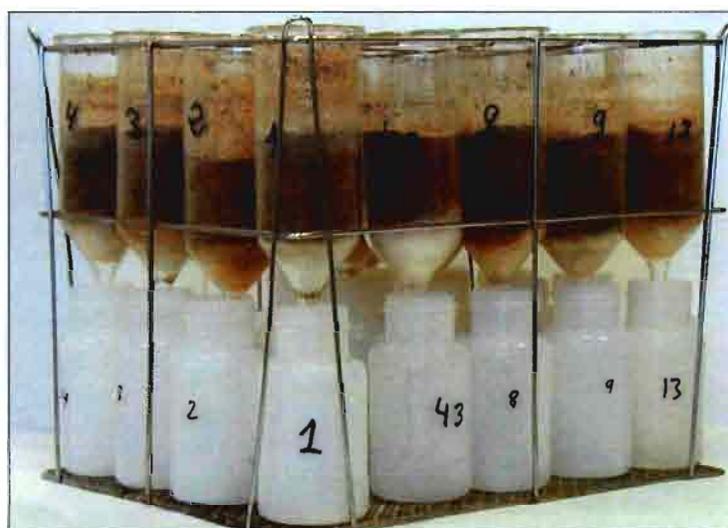
canzándose un valor de 979 mg NH_4^+ /kg de suelo liberado desde el inicio de la incubación.

Liberación de nitrato

En cuanto al nitrato, sus datos se presentan en las figuras 4, 5 y 6, donde se representa la cantidad de NO_3^- liberado en el suelo sin tratar y en los suelos tratados con las diferentes dosis

de lodo secado térmicamente.

Tanto en el suelo C como en el suelo V, las cantidades producidas por los suelos tratados con lodo secado térmicamente están por debajo del suelo sin tratar. En el caso de la arena, la dosis más baja posee un comportamiento igual al suelo sin tratar. Las dosis de 30 y 60 t/ha generan un aporte neto positivo de NO_3^- al suelo.

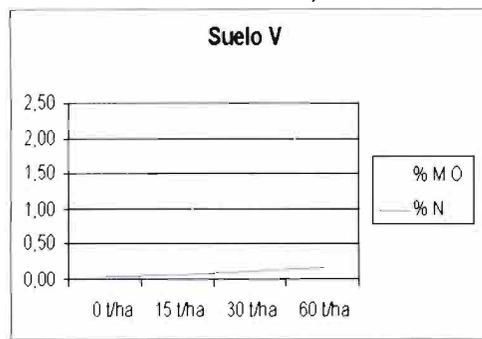
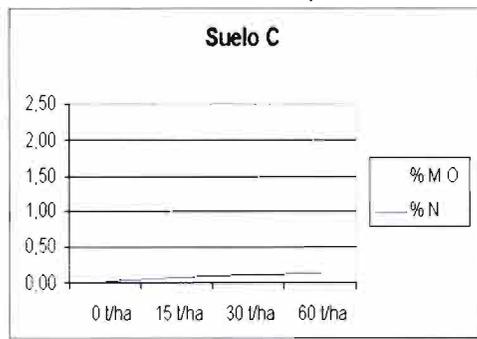
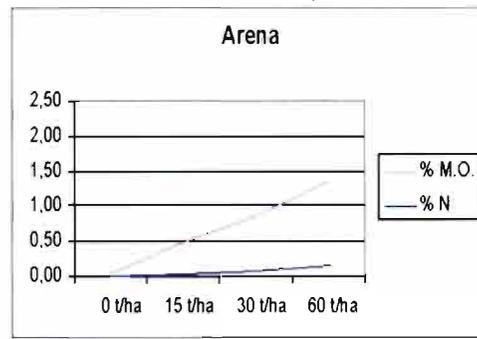


Embudos con suelo y lodo durante la mineralización.

Debido a la gran cantidad de materia orgánica que aporta el lodo al suelo, se genera una actividad microbiana heterótrofa muy elevada, encargada de la degradación de dicha materia por medio de la oxidación. Esta oxidación genera un consumo de O_2 muy elevado, produciendo un déficit de oxígeno en el suelo e inhibiendo el paso de NH_4^+ a NO_3^- ; el cual se realiza por oxidación con O_2 (Stevenson y col., 1999), obteniéndose por ello cantidades de NO_3^- menores en los suelos tratados que en el suelo sin tratar.

Un factor clave es la textura del suelo, la cual influye en la aireación del mismo. Se puede ver cómo la arena mucho más aireada no tiene este problema y dicho problema se va agravando según aumentamos la proporción de arcilla.

En el caso del suelo C se observa una recuperación de los valores de NO_3^- ; sobre todo en la dosis alta, debido a la estabilización de la materia orgánica por los complejos arcillo-húmicos, la

Figura 7
MO y N frente a dosisFigura 8
MO y N frente a dosisFigura 9
MO y N frente a dosis

demanda de O_2 disminuye y el O_2 se puede utilizar para oxidar el NH_4^+ a NO_3^- .

El cálculo de la tasa de mineralización del lodo se ha basado en la fórmula descrita por Grau y Felipo (1984).

Tasa mineralización N % =

$$\left[\frac{N1 - N0}{Now} \right] \times 100$$

- N1 Nitrógeno mineralizado en el suelo tratado con lodo.
 N0 Nitrógeno mineralizado en el suelo sin tratar con lodo.
 Now Nitrógeno orgánico aportado por el lodo.

De esta forma, la mayor tasa de mineralización se obtiene en el suelo ácido, con un valor de 20,38%, seguido del suelo básico, con 16,94%, y por último la arena, con un valor de 14,67%, siendo la tasa de mineralización del lodo de un 17,33%, valor superior al producido en la mineralización de un lodo compostado.

Variación de materia orgánica y nitrógeno en el suelo

En las figuras 7, 8 y 9 podemos observar las variaciones que se producen al adicionar lodo al suelo, respecto a los paráme-

tros de porcentaje de nitrógeno (N) y materia orgánica (MO). Las diferencias entre las dosis 0 y 60 t/ha producen un aumento de nitrógeno del 0,1% en los tres tipos de suelos.

En el caso de la materia orgánica, el mayor aumento se produce en el suelo V ácido con un 1,76%, seguido del suelo C básico con 1,46% y por último la arena con 1,3%.

Estos datos reflejan que con la adición del lodo se produce una mejora en la calidad del suelo frente a los suelos en los que no se adiciona lodo, sobre todo debido a los efectos producidos por el aumento de la materia orgánica en el suelo (Miralles et al., 2003).

La mineralización de este lodo seco térmicamente produce en el suelo un aporte de nitrógeno en las primeras semanas de una forma rápida y un aporte constante a lo largo del año; dicho aporte continuará en el tiempo, según se vaya degradando la materia orgánica y transformando el nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico.



Detalle de las diferentes dosis.

Bibliografía

- AOAC (1995) Official methods of analysis of AOAC. Washington.
- Barry, E. Keefe, O. and Axley, J. 1986. Evaluation of nitrogen availability indexes for a sludge compost amende soil. J. Environ. Quality. 15(2): 121-128.
- Beltrán E.M., Miralles de Imperial R., Porcel M.A., Delgado M.M., Beringola M.L. & Martín J.V. (2002) Effect of sewage sludge compost application on ammonium-nitrogen and nitrate-nitrogen contents of an olive grove soil. 12th ISCO Conference Vol III pp. 395-402.
- Bremner, J.M. (1965) Inorganic form Nitrogen availability indices. In Methos of Soil Analysis (C.A. Black, Ed). Am. Soc. Of Agron. Madison, Wis. 9 pp. 1179-1237.
- Herbert M., Karma A., and Parent L.E. (1991) Mineralization of nitrogen and carbon in soils amended whit composted manure. Biological Agriculture & Horticulture. 7. 349-361.

Existen más títulos a disposición de los lectores en nuestra redacción

LAS VENTAJAS DE LA BIOLOGIA CELULAR

BIOAGA USA CORP.
Cellular Biology Laboratory
Los Angeles, Cal. USA
www.bioaga.com

Rte. BERLIN BIOTEC.
(BIOAGA) Tudela
Fax. 948 82 84 37
Tel. 902 154 531

BIOAGA a la cabeza de la alta tecnología con sus abonos CEN conocidos internacionalmente por sus excelentes resultados: producción y calidad

CEN FERTILIZANTE CIENTÍFICO Óptimo para Producción Integrada Registrado en Usa nº F-1417

RECORDS DE PRODUCCIÓN CON CEN:

- 9.000 kg. de TRIGO por Ha. Peso espe. 82
- 6.500 kg. de AVENA por Ha.
- 11.500 kg. de CEBADA por Ha. Peso espe. 73
- 22.000 kg. de MAIZ por Ha. con 155 mg. por kg. de triptófano
- 14.500 Kg. de ARROZ por Ha. y 2,1 mg/kg Vitamina A más 400% Vitamina E más 4% proteína
- 215.000 Kg. de TOMATE por Ha. con 11% BRIX
- 145 kg. de CLEMENTINA por árbol, 90% 1ª
- 80.000 kg. MARISOL Ha. (80% extra. 18% 1ª)
- 14.000 kg de UVA de viña en secano por Ha 14°
- 80.000 kg. de PATATA por Ha. + 46% Vit. A
- 250 kg. de ACEITUNAS por árbol mas 3° de grasa, + 7° rendimiento menos 1.5° de acidez

VARIAS MEDALLAS DE ORO, PLATA Y BRONCE CONSEGUIDAS EN VINO POR CLIENTES CEN

FERTILIZANTES Y PIENSOS ECOLÓGICOS:

- **EKOLOGIK Fertilizante natural**
 Autorizado en la UE para agricultura ecológica
 - **CEM Pienso natural**
 Registro USA nº583
 Autorizado en la UE para ganadería ecológica
- Carne: conversión: 1,28% • Huevos: aumento 15% • Leche: aumento 23%, 40% menos células somáticas, 4% más grasa

Empresa ganadora de **DOS ESTRELLAS INTERNACIONALES DE ORO**
 Una a la **TECNOLOGÍA** y otra a la **CALIDAD. TROFEO al PRESTIGIO COMERCIAL**