

# Investigación

## *Influencia de la fertilización orgánica sobre la evolución de las propiedades bioquímicas de estériles de minas de lignito*

**Fernando Gil-Sotres<sup>1</sup>, Carmen Trasar-Cepeda<sup>2</sup> y M<sup>a</sup> del Carmen Leirós<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, CSIC; Santiago de Compostela

*El purín de vacuno puede ser utilizado en la recuperación de los suelos de minas. Los estériles tratados con purín adquieren rápidamente propiedades bioquímicas adecuadas, y una comunidad microbiana activa, lo que favorece la colonización de la vegetación en el suelo recién creado. Las propiedades así adquiridas puedan ser más estables que cuando se usan fertilizantes inorgánicos en la recuperación de los estériles.*



**Foto 1.** Vista aérea de la escombrera de estériles de Meirama (Galicia) en vías de recuperación.

### Introducción

Hoy en día es aceptado por muchos investigadores que el grado de recuperación de un suelo degradado debe estimarse examinando en qué medida sus propiedades bioquímicas (actividad microbiana y enzimas hidrolíticos) se aproximan a los niveles característicos de los suelos naturales no degradados de la zona. Esta aproximación fue utilizada por nuestro equipo de investigación para estudiar, desde 1986, la evolución de los suelos desarrollados sobre los materiales estériles de la mina de lignitos a cielo abierto de Meirama, Galicia (**Foto 1**). El estéril producido en esta mina es una mezcla de granitos y esquistos alterados con arcillas caolínicas mal cristalizadas. Tiene una textura franca y un pH en agua de alrededor de 4.5 (Leirós et al. 1993). Su recuperación como suelo se realiza habitualmente sin utilizar el *topsoil*, esto es, sin usar la capa de suelo existente inicialmente en el lugar donde se disponen los estériles, y fertilizando con abonos inorgánicos para generar el rápido desarrollo de un horizonte superficial rico en materia orgánica (**Foto 2**) que tiende a presentar propiedades similares a las de los suelos naturales (Varela et al. 1993).

Dado el alto coste de recuperación que tiene un manejo de este tipo, hemos investigado si el purín de vacuno, un producto orgánico residual abundante en Galicia, podría ser utilizado como sustituto de la fertilización inorgánica y fomentar un desarrollo más rápido de las propiedades bioquímicas de los suelos de minas. Aunque su composición es variada, el purín de vacuno normalmente presenta un pH alto, contenidos elevados en carbono y nitrógeno (la mitad del mismo bajo formas inorgánicas), y niveles moderadamente altos de otros nutrientes, y bajos de metales pesados (Leirós de la Peña et al. 1983).

## Resultados y discusión

La posibilidad de recuperación de los estériles con purín de vacuno se investigó realizando experimentos de laboratorio y de campo. En primer lugar, se realizó un experimento de laboratorio en el que un estéril fue incubado durante 5 meses a 28 °C y al 80% de humedad de capacidad de campo, habiendo sido mezclado con 350 (dosis A) o con 175 ml (dosis B) de purín de vacuno por kg de estéril. La adición del purín promovió el desarrollo de todas las actividades enzimáticas analizadas (**Fig. 1**). Deshidrogenasa y ureasa mostraron concentraciones muy elevadas al inicio del experimento, disminuyendo progresivamente con el tiempo de incubación, debido al agotamiento de sustratos lábiles (que regularían el número de microorganismos presentes) y de la urea. Los restantes enzimas hidrolíticos estudiados mostraron una evolución similar durante el experimento, incrementándose su actividad después de los dos meses de incubación, para luego disminuir o permanecer prácticamente constante. Al final del experimento las actividades enzimáticas fueron muy similares en ambas mezclas, lo que sugiere una estabilización de los enzimas hidrolíticos, es decir, la protección por los coloides del suelo y su consiguiente independencia de la comunidad microbiana (Nannipieri et al. 1990).



Foto 2. Perfil de un suelo de 5 años recuperado con fertilización inorgánica bajo vegetación de trébol y gramíneas.

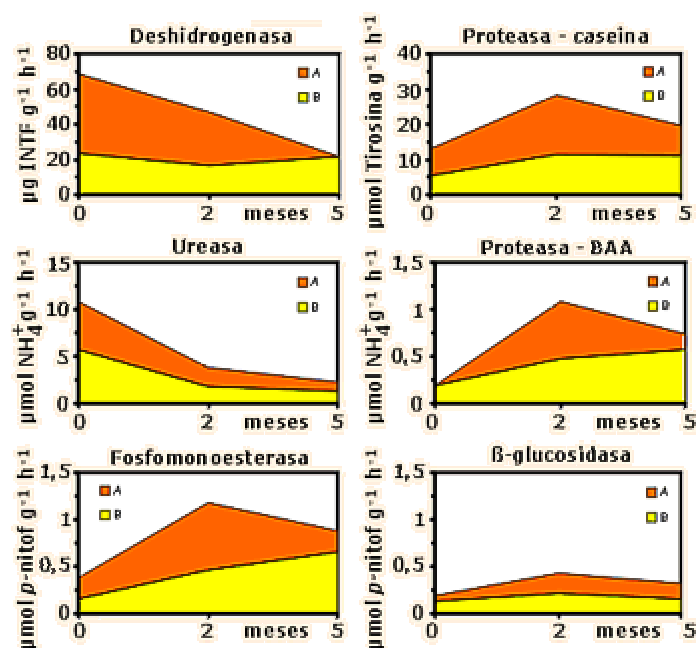


Figura 1. Cambios en las actividades enzimáticas con el tiempo de incubación en las mezclas de estéril y purín de vacuno (A = dosis alta; B = dosis baja).

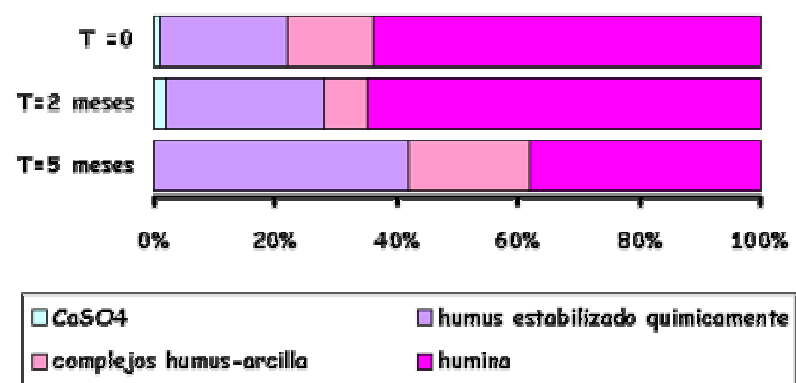
Durante la incubación hubo una transformación de la materia orgánica, como lo refleja tanto la disminución progresiva del carbono total (por término medio, al cabo de los 5 meses desapareció alrededor del 45% del carbono añadido con el purín) como la composición del extracto acuoso obtenido a los diferentes tiempos de incubación, que muestra un incremento en el contenido de monosacáridos y una disminución de fenoles (**Tabla 1**). Estas variaciones reflejan la existencia simultánea de procesos de mineralización y de humificación. El estudio de este último proceso se realizó mediante fraccionamientos secuenciales de la materia orgánica, que pusieron de manifiesto que en las mezclas iniciales de estéril y purín no había prácticamente sustancias húmicas. Con el tiempo de incubación se incrementó la proporción de carbono en la fracción de humus estabilizado químicamente y en la fracción de humus-arcilla (**Fig. 2**). Esta distribución sugiere que la humificación tuvo lugar a través de la vía de neoformación similarmente a como ocurre en los

estériles recuperados con fertilizantes inorgánicos y en los suelos naturales de Galicia (Leirós et al. 1993).

**Tabla 1.-** Cambios con el tiempo de incubación de la concentración de monosacáridos y fenoles en los extractos acuosos de mezclas de estéril y purín de vacuno, con las siguientes dosis: **A** = 350 ml, **B** = 175 ml.

Dosis	Monosacáridos <sup>#</sup>		Fenoles <sup>*</sup>	
	A	B	A	B
0 meses	1130	800	62	38
2 meses	1580	1000	46	32
5 meses	1650	1300	23	29

# mg glucosa kg<sup>-1</sup>; \* mg fenol kg<sup>-1</sup>



**Fig. 2.** Cambios en la distribución de las sustancias húmicas con el tiempo de incubación en las mezclas de estéril y purín de vacuno (valores medios para ambos tratamientos A y B).

Es importante señalar que estas reacciones ocurren muy rápidamente, no sólo debido a las condiciones favorables de la incubación sino también a que el purín proporciona simultáneamente los sustratos orgánicos, los agentes para transformarlos y los nutrientes necesarios para el crecimiento microbiano.



**Foto 3.** Experiencia de recuperación del estéril con purín de vacuno (Tratamiento U de la Tabla 2, un año después de la adición del purín).

En segundo lugar se realizaron experimentos de campo (**Foto 3**) con el fin de comparar dos tipos de protocolos de fertilización: uno, en el que el estéril se fertilizó con una dosis única de 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (tratamiento U) y otro en que esta misma dosis se aplicó durante dos años consecutivos al comienzo de primavera (tratamiento C). Tres años después de esta fertilización, el suelo con el tratamiento C presentó mayores valores de pH, carbono y nitrógeno totales que el tratamiento de dosis única (**Tabla 2**). El tratamiento de dosis anuales provocó, además, un mayor incremento en la biomasa microbiana que el tratamiento único, aunque ambos tratamientos presentaron similares valores de cociente metabólico, lo que sugiere que la población microbiana presenta en ambos suelos una similar eficiencia. En el tratamiento de dosis repetidas se observó una mayor mineralización del nitrógeno y valores más elevados de las actividades fosfomonoesterasa, β-glucosidasa y ureasa. Por otra parte, en la **Tabla 2** se puede ver que, excepto para el contenido en C, N y respiración del suelo, los parámetros bioquímicos del suelo de tres años tratado con dosis consecutivas de purín presentan valores dentro del rango indicado para la capa superficial del suelo enriquecida con materia orgánica humificada (horizonte Ah) de suelos naturales de Galicia. Ese no es el caso de un suelo de tres años recuperado con fertilizantes inorgánicos (I) en el que los niveles de ureasa y de biomasa microbiana están muy por debajo de los de los suelos naturales y casi todos los parámetros bioquímicos por debajo del suelo de la misma edad recuperado con purín.

**Tabla 2.**-Valores de diferentes propiedades en suelos de minas de tres años (U, fertilizado con una dosis única de purín de vacuno, C, con dos dosis consecutivas, I, con fertilizantes inorgánicos) y rango de valores de dichas propiedades en horizontes Ah (capa superficial enriquecida con materia orgánica) de suelos naturales de Galicia.

	Suelos de minas			Suelos naturales
	U	C	I	Ah
% Carbono total	2.72	3.62	2.19	6.50 – 14.60
% Nitrógeno total	0.20	0.27	0.09	0.30 – 0.90
C-biomasa (mg kg <sup>-1</sup> )	113	263	181	250 – 1483
C-CO <sub>2</sub> desprendido (mg kg <sup>-1</sup> )	95	164	163	1245 – 4561
N mineralizado (mg kg <sup>-1</sup> )	15.30	22.90	8.40	1.40 – 69.20
qCO <sub>2</sub> (µg C-CO <sub>2</sub> mg <sup>-1</sup> C biomasa h <sup>-1</sup> )	3.52	2.60	3.75	1.50 – 8.50
Fosfomonoesterasa (µmol PNP* g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	3.10	4.99	3.14	2.33 – 15-76
β-glucosidasa (µmol PNP* g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	2.08	2.56	1.72	0.67 – 4.58
Ureasa (µmol NH <sub>3</sub> g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	3.95	14.46	2.45	3.17 – 49.78

\* PNP, *p*-nitrofenol.

Los resultados obtenidos en experimentos de campo sugieren que la rápida adquisición de propiedades bioquímicas por los estériles tratados con purín se debe básicamente a que éste proporciona una comunidad microbiana activa, y un ambiente apropiado para esta comunidad, lo que favorece la colonización de la vegetación en el suelo recién creado. Esto lleva a considerar que las propiedades así adquiridas puedan ser más estables que cuando se usan fertilizantes inorgánicos en la recuperación. Ello se confirma porque la relación Nc/Nk (un parámetro utilizado para estimar el grado de recuperación de un suelo degradado en relación a los suelos naturales, Trasar-Cepeda et al. 1998) es más cercana al 100% (valor característico de los suelos naturales no degradados) en el suelo de tres años recuperado con purín (85-91%) que en el suelo de la misma edad recuperado con fertilizantes inorgánicos (192%). En otras palabras, los suelos formados con intervención de purín están más cercanos al equilibrio bioquímico que los suelos recuperados con fertilizantes inorgánicos.

## Conclusiones

El uso de purín en vez de fertilizantes inorgánicos permite un desarrollo más rápido de las propiedades que definen la calidad del suelo en los estériles recuperados sin el uso de *topsoil*. Además, el uso intensivo del purín en las grandes plataformas de estériles que genera la minería a cielo abierto podría contribuir a resolver el problema ambiental de almacenamiento de estos productos residuales.

## Referencias

- Leirós, M. C., Gil-Sotres, F., Ceccanti, B., Trasar-Cepeda, M. C. y González-Sangregorio, M. V. 1993. Humification processes in reclaimed open-cast lignite mine soils. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1391-1397.

Leirós de la Peña, M. C., Villar-Celorio, M. C., Cabaneiro, A., Carballas, T., Díaz-Fierros, F., Gil-Sotres, F. y Gómez Ibarlucea, C. 1983. Caracterización y valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia. *Anales de Edafología y Agrobiología* 42: 753-768.

Nannipieri, P., Grego, S. y Ceccanti, B. 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. En *Soil Biochemistry* vol. 6 (eds. Bollag, G.M. y Stotzky, G.), pp. 293-355, Marcel Dekker, New York, USA.

Trasar-Cepeda, C., Leirós, C., Gil-Sotres, F. y Seoane, S. 1998. Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. *Biology and Fertility of Soils* 26: 100-106.

Varela, C., Vázquez, C., González-Sangregorio, M.V., Leirós, M. C. y Gil-Sotres, F. 1993. Chemical and physical properties of opencast lignite mine soils. *Soil Science* 156: 193-204.



