

# EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS SOBRE EL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO DEL SUELO EN PRADERAS EN GALICIA

M.J. BANDE<sup>1,2</sup>, M.J. SAINZ<sup>2</sup>, M.E. LÓPEZ-MOSQUERA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL), Apartado 10, 15080 A Coruña (España). <sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo (España).  
Correspondencia: mariabande@ciam.gal

## RESUMEN

Se realizó un ensayo en Villalba-Lugo (NO España) durante cuatro años, en parcelas experimentales de 3,9 m<sup>2</sup>, para estudiar los efectos en el contenido de C, total y lábil, y de N total en suelo, de la aplicación de distintos materiales orgánicos como fertilizantes en una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco. Los tratamientos aplicados fueron: lodos de depuradora de industria láctea, purín de vacuno, estiércol deshidratado y granulado de pollo y abonado mineral (NPK 5-15-13, nitrato amónico y superfosfato). Los resultados mostraron que la aplicación de lodo de depuradora láctea y del estiércol determinó un enriquecimiento del suelo en materia orgánica, carbono lábil y nitrógeno total.

**Palabras clave:** purín, lodo, estiércol de pollo, carbono lábil, calidad del suelo

## SUMMARY

A field trial was conducted for four years in Villalba-Lugo (NW Spain), in experimental plots of 3.9 m<sup>2</sup>, to study the effect of different organic materials applied as fertilizers on the soil total and labile C content and total N content of sown meadows of perennial ryegrass, hybrid ryegrass and white clover. The treatments were: control, fertilization with dairy sludge, with cattle slurry, with dried pelletized broiler litter and with mineral fertilizers. The results showed that the application of dairy sludge and dry pelletized broiler litter determined a soil enrichment in organic matter, labile carbon and total nitrogen.

**Key words:** cattle slurry, dairy sludge, broiler litter, labile carbon, soil quality

## INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo es un indicador fundamental de su calidad, ya que, además de los efectos beneficiosos en la fertilidad de los suelos y en la productividad de los cultivos, constituye uno de los mayores reservorios de carbono terrestres (Ciais *et al.*, 2013). En un suelo mineral no cultivado, el contenido en materia orgánica depende del tipo de vegetación que mantiene, de los aportes vegetales y animales que recibe, y de ciertas propiedades del suelo, como textura, acidez, temperatura, aireación, cantidad y mineralogía de arcillas y actividad biológica (FAO, 2005). Cuando todos los factores que le afectan cambian poco a lo largo del tiempo, la materia orgánica de un suelo no cultivado alcanza un equilibrio estable al cabo de un período más o menos largo, dependiendo de las condiciones climatológicas (Stevenson y Cole, 1999).

En los suelos agrícolas, la aplicación de fertilizantes aumenta la producción de los cultivos y, por lo tanto, tiene efectos sobre el contenido en materia orgánica del suelo (Bauer y Black, 1994). Cuando se aplican fertilizantes orgánicos, éstos sufren un proceso de mineralización, llevado a cabo

por los microorganismos del suelo (principalmente bacterias y hongos), que permiten que los nutrientes (N, P, S) que contienen, sean disponibles para las plantas. El mantenimiento del contenido en materia orgánica de un suelo depende de que haya un balance adecuado entre la adición de los materiales orgánicos y su descomposición (FAO, 2005). La rapidez con que se produce la descomposición de la materia orgánica añadida al suelo viene determinada por los organismos del suelo, las propiedades físicas del mismo y la calidad de la propia materia orgánica (Brussaard, 1994).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la aplicación de distintos materiales orgánicos como fertilizantes en el contenido de C, tanto total como lábil, y de N total en praderas cultivadas en Galicia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un ensayo en una parcela situada en el municipio de Villalba (Lugo), donde se evaluó, durante cuatro años, el efecto en el contenido de carbono y nitrógeno del suelo de una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco, comparando el uso de lodos de depuradora de industria láctea y de estiércol deshidratado y granulado de pollo, con los dos fertilizantes más utilizados en Galicia en este cultivo: el purín de vacuno y la fertilización mineral.

El lodo de depuradora se obtuvo de la industria Leche de Galicia, S.L., ubicada a pocos km de la parcela. El estiércol de pollo fue suministrado por la empresa Aviporto, S.L.. El purín procedió de la explotación del propietario de la parcela que tenía una ganadería de vacuno de carne con manejo en pastoreo.

El suelo en el que se estableció el ensayo era un Umbrisol húmico sobre esquistos con una vegetación arbórea y arbustiva, que se transformó mediante laboreo convencional para ganar terreno agrícola para la explotación. Las características de partida eran: textura franco-arenosa, pH fuertemente ácido (5,5), alto porcentaje de saturación de aluminio (33%), alto contenido en materia orgánica (16,2%), bajo contenido en fósforo disponible (7,4 mg kg<sup>-1</sup>) y buena provisión en potasio (253 mg kg<sup>-1</sup>).

Después de la preparación del terreno, se encaló el suelo con 3 t ha<sup>-1</sup> de caliza (60% CaO). Se delimitaron 20 parcelas de 3,9 m<sup>2</sup> (3x1,3 m) en las que se establecieron al azar 4 tratamientos de fertilización con 4 repeticiones. En la fertilización de fondo para el establecimiento de la pradera en octubre de 2001, los tratamientos fueron: BIOF®

En la Tabla 1 se muestran las principales características de los fertilizantes orgánicos usados en el ensayo. Se sembró la siguiente mezcla: 20 kg ha<sup>-1</sup> *Lolium perenne* L. cv Tove, 20 kg ha<sup>-1</sup> *Lolium hybridum* Hausskn cv Texy y 6 kg ha<sup>-1</sup> *Trifolium repens* L. cv Huia.

El manejo del forraje fue de dos cortes de siega (para silo en mayo y para heno en julio) y un corte simulado de pastoreo. Este último se hizo solo en noviembre del primer año de producción, en el momento en que el ganado vacuno de la explotación iba a entrar al pasto para aprovechar el rebrote de otoño; en los siguientes tres años no se pudo hacer debido a una severa sequía estival. El esquema de fertilización anual se hizo en función del N y consistió en una aplicación de fertilizantes a la salida del invierno para el corte de silo aportando 60 UF de N, y otra aplicación tras el corte de ensilado para el corte de heno aportando 30 UF de N, excepto en el caso del Biof que se aportó en su totalidad en la primera aplicación (4500 kg ha<sup>-1</sup>). La fertilización de N mineral en cobertera se realizó aplicando nitrato amónico (20,5%) Las dosis de purín, lodo y Biof fueron

calculadas para que el N aportado fuese equivalente al del tratamiento mineral (50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de purín fraccionado en dos aplicaciones (40 y 10) y 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de lodo también fraccionado (80 y 40).

**Tabla 1.** Principales características de los fertilizantes orgánicos utilizados en el ensayo. Resultados expresados en materia seca.

Parámetro	Materia seca	pH	CE	MO	N <sub>T</sub>	C/N	P	K	Ca	Na	Cu Cd Cr Pb Zn Ni					
	%		(dS m <sup>-1</sup> )	(%)			(%)				(mg kg <sup>-1</sup> )					
Purín (n=9)	0,9	7,2	7,3	55,6	2,5	12,9	1,6	11,5	1,1	3,3	22	0,3	1,9	0,9	98,9	4,2
Lodo láctea (n=9)	2,3	6,7	4,7	74,5	6,8	7,3	1,9	1	1,8	2,6	21,6	0,2	10	4,3	119,8	7,3
Biof (n=4)	86,4	6,7	10	69	3	13,3	1,8	2,4	1,9	0,8	93,6	0,1	7,8	0,8	250,4	11
Límites legales*											300	2	250	150	500	90

\*Establecidos por el Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes (BOE, 2005) y por el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes (BOE, 2013) para los elaborados con materias primas de origen vegetal o animal, de clase B.

Cada año, en marzo, antes de aplicar los fertilizantes y después de los diferentes cortes, se tomaron muestras de suelo a 15 cm de profundidad, que se secaron y tamizaron para determinar los diferentes parámetros (240 muestras). El carbono y el nitrógeno totales fueron determinados por combustión seca de las respectivas muestras mediante un autoanizador CNS 2000 de LECO, expresándose los resultados como porcentaje en peso. La cantidad de materia orgánica se obtuvo multiplicando la cantidad de carbono por el factor de Van Bemmelen (1,724). El carbono lábil se determinó mediante oxidación con permanganato potásico 0,02 M y posterior medida de la absorbancia del exceso de KMnO<sub>4</sub> a 550 nm (Blair *et al.*, 1995). Para el análisis estadístico se usó el paquete estadístico SPSS versión 10.0.

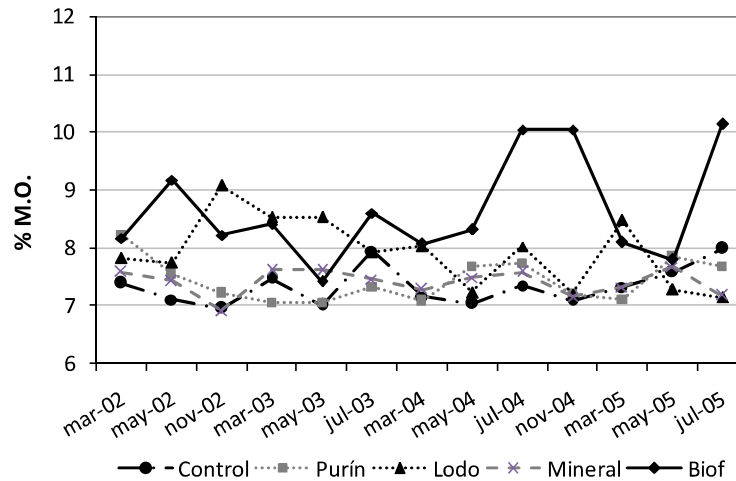
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido en materia orgánica del suelo se mantuvo estable, tanto en las parcelas control como en las que recibieron fertilizantes minerales y purín, a lo largo de los cuatro años de estudio (Figura 1). Sin embargo, como mostraron los datos de la mayoría de los muestreos en todos los años del ensayo, la aplicación anual de 4500 kg ha<sup>-1</sup> del abono Biof dio lugar a un aumento de 1-2 unidades porcentuales de la materia orgánica del suelo respecto al control y al resto de los tratamientos fertilizantes, un efecto que también tuvo la aplicación de 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anuales de lodo de depuradora láctea en el primer año de producción (2002) pero que ya no se observó en los últimos años de estudio.

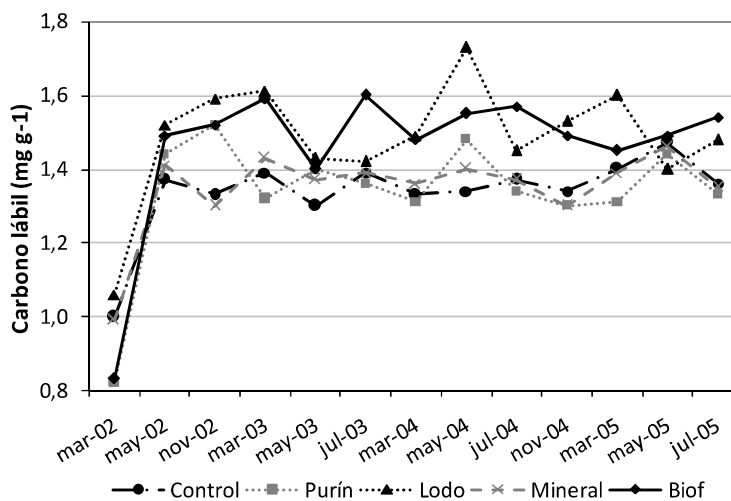
Por tanto, el producto comercial Biof fue el único fertilizante orgánico que tuvo un efecto significativo en el contenido de materia orgánica del suelo a lo largo de los cuatro años de estudio. Estos resultados pueden explicarse por las diferencias en materia seca de los fertilizantes orgánicos empleados y el aporte de materia orgánica al suelo que cada uno de ellos hizo. Hay que tener en cuenta que el contenido de materia seca del abono Biof era mucho mayor que el del lodo y el purín: 86,4% en el Biof, y tan solo 2,3% en el lodo y 0,9% en el purín (Tabla 1). Dado que su contenido en materia orgánica era de un 69% y considerando la dosis empleada, el aporte anual de materia orgánica del Biof fue de más de 2682 kg/ha, muy superior a lo que aportó la aplicación de lodo y sobre todo la de purín.

El carbono lábil representa sólo una pequeña proporción del total de la materia orgánica y es la más dinámica y sensible a través del tiempo. Además está fuertemente

vinculada a la productividad y fertilidad del suelo debido a su capacidad para suministrar nutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y micronutrientes (Biederbeck *et al.*, 1994, Stevenson y Cole, 1999). La evolución del carbono lábil a lo largo del tiempo, en este estudio, experimentó ligeros incrementos en todos los tratamientos, siendo más variable en las parcelas fertilizadas con Biof y lodo (Figura 2).



**Figura 1.** Comparación del control con los diferentes tratamientos para el contenido en materia orgánica del suelo (%) durante los años del ensayo.



**Figura 2.** Comparación del control con los diferentes tratamientos para el carbono lábil del suelo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) durante los años del ensayo.

En el primer muestreo, se observaron diferencias significativas en el contenido de carbono lábil del suelo entre los tratamientos de lodo, mineral y control y los de Biof y purín, pero en los muestreos posteriores permaneció estable hasta marzo de 2003, donde los suelos de los tratamientos Biof y lodo mostraron valores de carbono lábil significativamente superiores a los de las parcelas que recibieron purín. En julio de 2003, fue el tratamiento Biof el que determinó un valor de carbono lábil significativamente superior al del purín.

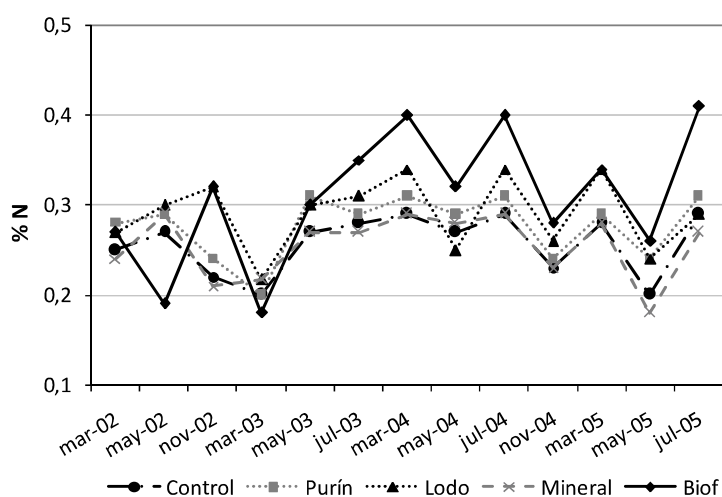
En los muestreos de marzo, mayo y noviembre de 2004, las parcelas del tratamiento lodo presentaron contenidos de carbono lábil significativamente superiores a las parcelas control, purín

y mineral; mientras que el tratamiento Biof llevó a valores estadísticamente más altos que el control y los tratamientos purín y mineral en julio de 2004 y julio de 2005.

Al igual que ocurrió con la materia orgánica, fueron los suelos de los tratamientos Biof y lodo los que presentaron un mayor contenido en carbono lábil, superior al del control, excepto en los muestreos de mayo y noviembre del 2002, mayo del 2003 y marzo y mayo del 2005, en los que no se observaron diferencias entre tratamientos. Las parcelas fertilizadas con purín y mineral mostraron prácticamente el mismo contenido en carbono lábil que el control.

El nitrógeno es el elemento que más limita el crecimiento de las plantas y la producción de los cultivos. El contenido medio de nitrógeno en el suelo es muy variable y depende del contenido de materia orgánica. En general, los suelos pueden contener entre el 0,02 y el 0,4 % de nitrógeno, y de éste, la mayor parte, generalmente más del 98%, está en forma orgánica (Domínguez Vivancos, 1989). En este estudio el porcentaje de nitrógeno total en el suelo estuvo siempre por encima de 0,2 y se mantuvo bastante estable a lo largo de los cuatro años (Figura 3).

No obstante, los datos de los muestreos de noviembre de 2002, julio de 2003, marzo, mayo y julio de 2004 y julio de 2005 mostraron diferencias significativas entre tratamientos, presentando la aplicación del fertilizante Biof un contenido en nitrógeno total más alto respecto al control y a los demás tratamientos fertilizantes, efecto que también tuvo la aplicación de lodo en dos de los muestreos.



**Figura 3.** Comparación del control con los diferentes tratamientos para el nitrógeno total del suelo (%) durante los años del ensayo.

En cuanto a la evolución en el tiempo del nitrógeno total, los suelos de los tratamientos purín y mineral tuvieron un contenido en nitrógeno total similar al control, mientras que los de los tratamientos Biof y lodo presentaron en casi todos los muestreos un contenido mayor que el control. Con respecto al Biof, estos resultados coinciden con los de Brown *et al.* (1994) y Aiegbu y Oikeh (1995) que encontraron que la aplicación de estiércol de pollos de engorde produce un aumento del nitrógeno total del suelo.

En general, el carbono lábil, la materia orgánica y el nitrógeno variaron en función del tiempo, del tratamiento fertilizante y/o de su interacción (Tabla 2). Los valores de F indican que el tiempo fue el factor que tuvo mayor peso en la variación de los tres parámetros.

**Tabla 2.** ANOVA de dos factores (tiempo y tratamiento fertilizante) para tres variables dependientes (carbono lábil, materia orgánica y nitrógeno). Se destacan en negrita los valores de F más altos en cada análisis. Significación: \*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; n.s.:  $p > 0,05$ .

	Tiempo		Tratamiento Fertilizante		Tiempo x Tratamiento Fertilizante	
	F	p	F	p	F	p
C lábil	<b>20,972</b>	***	15,206	***	1	n.s.
% M.O.	<b>24,523</b>	***	17,48	***	17	***
% N	<b>29,74</b>	***	27,42	**	3,89	**

## CONCLUSIONES

La aplicación de lodo de depuradora láctea y del abono de estiércol deshidratado y granulado de pollo, Biof, durante cuatro años en parcelas cultivadas con una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco determinó un enriquecimiento del suelo en materia orgánica, carbono lábil y nitrógeno total.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiegbu J.E. y Oikeh S. (1995) Evaluation of the chemical composition of manures from different organic wastes and their potential for supply of nutrients to tomato in a tropical ultisol. *Biological Agricultural and Horticulture*, 12(1), 47-60.
- Bauer A. y Black A.L. (1994) Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 185-193.
- Biederbeck V.O., Janzen H.H., Campbell C.A. y Zentner R.P. (1994) Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 26 (12), 1647-1656.
- Blair G.J., Lefroy R.D.B. y Lisle L. (1995) Soil carbón fractions base don their degree of oxidation, and the development of a carbón management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46(7), 1459-1466.
- BOE(2005) Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*, 19 de julio de 2005, 171, 25592-25669.
- BOE(2013) Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*, de 10 de julio de 2013, 164: 51119-51207.
- Brown J.E., Dangler J.M., Guilliam C.H., Porch D.W. y Shumack R.L. (1994) Comparison of broiler litter and inorganic nitrogen, phosphorus, and potassium for double-cropped sweet corn and broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 17 (5), 859-867.
- Brussaard L. (1994) Interrelation ships between biological activities, soil properties and soil management. En: Greenland D.J. y Szabolcs I. (eds) *Soil resilience and sustainable land use*, pp. 309-329. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Ciais P., Sabine C., Bala G., Bopp L., Brovkin V., Canadell J., Chhabra A., De Fries R., Galloway J., Heimann M., Jones C., Le Quéré C., Myneni R.B., Piao S. y Thornton P. (2014) Carbon and other biogeochemical cycles. En: Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. y Midgley P.M. (eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on*

*Climate Change*, pp. 465-470. Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EEUU. Cambridge University Press.

Domínguez Vivancos A. (1997) *Tratado de fertilización*. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.

FAO (2005) *The importance of soil organic matter*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Stevenson F.J. y Cole M.A. (1999) *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorous, sulfur, micronutrients*. 2ª ed. Nueva York, EEUU. John Wiley & Sons, Inc.