

## EVOLUCION DE FRACCIONES NITROGENADAS Y MATERIA ORGANICA EN COMPOSTAJES DE MEZCLAS DE ESTIERCOLES ANIMALES

J. L. González e I. C. Benítez

Departamento de Química Agrícola y Edafología, Facultad de Ciencias.  
Avda. San Alberto Magno s/n. 14004 Córdoba. España.

### RESUMEN

Se estudia la evolución de algunas variables durante el compostaje de lisier de cerdo mezclado con otros estiércoles animales (estiércol de conejo y cabra) y una tierra arcillosa. El seguimiento de estas variables permite distinguir entre la etapa fermentativa y la de maduración. Por otra parte, se aprecia una mayor intensidad de la mineralización sobre la humificación durante el proceso. Asimismo, los datos confirman la existencia de nitrificación durante el compostaje, sin que se produzca acumulación de nitritos en el producto final.

Palabras clave: Compostaje, lisier de cerdo, materia orgánica.

## EVOLUTION OF NITROGEN FRACTIONS AND ORGANIC MATTER IN COMPOSTING OF ANIMAL MANURES MIXTURES

### ABSTRACT

We have studied the evolution of some variables during the composting of pig slurry mixed with other animal manure (rabbit and goat) and a clayey earth. The monitoring of these variables allowed us to distinguish between the fermentative stage and the maturity stage. Mineralization prevailed over humification throughout the process. The results also confirm the occurrence of nitrification during the composting, with no nitrate of accumulation in the final product.

Key words: Composting, pig slurry, organic matter.

### INTRODUCCION

Muchos suelos agrícolas españoles poseen bajos contenidos en materia orgánica, problema que se ha acentuado por el empleo de fertilizantes sintéticos, la no realización de estercolados y las pérdidas por mineralización. Este problema se trata de solucionar con la adición de distintos tipos de residuos al suelo que, previamente compostados, pueden ser aplicados como fuente de materia orgánica y otros nutrientes.

En el presente trabajo se ensaya el compos-

taje de lisier de cerdo mezclado con varios aditivos, para la obtención de enmiendas orgánicas de fácil manejo y costo favorable para el agricultor.

El lisier de cerdo es la mezcla de deyecciones sólidas y líquidas, así como de las aguas de lavado de las granjas, que comunmente es almacenado en fosas. La depuración de dichos residuos resulta en algunos casos costosa, en otros se prolonga durante excesivo tiempo y hasta llega a ser inviable. Además, estos residuos, aunque constituyen una buena fuente de nutrientes para las

plantas, pueden ocasionar, cuando se aplican en exceso al suelo, diversos problemas en los cultivos tales como: encamado, retraso en la maduración, acumulación temporal de nitritos con el consiguiente problema de fitotoxicidad, mala germinación, contaminación bacteriana, contaminación de las aguas de drenaje, etc. (Duthion y Germon, 1977; Esteban et al., 1980; Pomar, 1984).

En el presente trabajo se ensaya el compostaje, en las propias fosas de almacenaje del lisier, de este producto mezclado con tierra adsorbente y otros estiércoles animales. Así, mientras en un trabajo anterior se comprobó la adición de estiércol de vacuno y gallinaza (González et al., 1989), en éste, se prueba la adición de estiércol de cabra y de conejo. Se pretende, como en cualquier proceso de compostaje, una reducción del volumen de la mezcla fermentada y una mayor estabilidad, madurez y equilibrio de nutrientes en el producto final, evitando en lo posible las contaminaciones de los suelos. Asimismo, durante el proceso se presta especial atención a la evolución de la materia orgánica y de

fracciones nitrogenadas, como indicadores de la maduración de estos productos.

## MATERIALES Y METODOS

Se ensaya por duplicado el compostaje de tres mezclas, cuya composición inicial en peso es:

C-1: 80 % de lisier de cerdo y 20 % de tierra arcillosa. C-2: 80 % de lisier de cerdo, 10 % de tierra arcillosa y 10 % de estiércol de conejo. C-3: 80 % de lisier de cerdo, 10 % de tierra arcillosa y 10 % de estiércol de cabra.

Los estiércoles de conejo y cabra, así como la tierra arcillosa se molieron y tamizaron seleccionando la fracción de diámetro inferior a 2 mm. En las materias primas empleadas se determina: pH (en pasta saturada en agua), humedad (pérdida de peso a 105° C), materia orgánica (pérdida de peso a 540° C), cenizas, carbono orgánico (Sims y Haby, 1975), nitrógeno total como suma de N-Kjeldahl,  $N-NO_3^-$  y  $N-NO_2^-$  (estas dos últimas fracciones según Kempers, 1974) y relación C/N. Los resultados constan en la Tabla 1.

Tabla 1. pH, Humedad, Materia Orgánica, Cenizas, C orgánico, Nitrógeno y Relación C/N de las materias primas empleadas.

| Materias primas     | pH  | Hum. | Cen. * | M. O. * | C *  | N *  | C/N |
|---------------------|-----|------|--------|---------|------|------|-----|
| Lisier de cerdo     | 7.0 | 93.2 | 36.8   | 63.2    | 32.0 | 1.13 | 28  |
| Estiércol de conejo | 7.9 | 9.0  | 23.0   | 77.0    | 36.1 | 2.06 | 18  |
| Estiércol de cabra  | 8.3 | 7.0  | 32.2   | 67.8    | 36.1 | 1.75 | 21  |
| Tierra arcillosa    | 5.9 | 11.7 | 95.1   | 4.9     | 1.2  | 0.12 | 10  |

\* Referidos a materia seca.

La tierra arcillosa empleada posee 22 % de carbonatos y la siguiente composición granulométrica: 52 % de arcilla, 35 % de limo y 13 % de arena (por densimetría). Los minerales mayoritarios de la fracción arcilla son de naturaleza ilítica y esmectítica.

Durante el compostaje se realiza un volteo cada diez días, efectuando adiciones de agua en esas mismas fechas cuando la humedad es inferior al 50 %, salvo a partir del día 50 de iniciada la fermentación en que ya no se realiza esta operación, consiguiendo así un descenso de la humedad y por tanto, mejores condiciones para la nitrificación de los composts. Con la misma periodicidad se determinan por duplicado en los composts, pH, % humedad, % cenizas, % materia orgánica, % C orgánico, % N, y C/N, siguiendo los criterios antes apuntados.

Asimismo, cada 30 días se realiza por duplicado, la extracción y fraccionamiento de las sustancias húmicas, según las técnicas descritas por Kononova y Bel'chikova (1961), obteniendo fracciones correspondientes a ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y un residuo, determinando el carbono por el método de Sims y Haby (op. cit.). Finalmente, y correspondiendo con las fechas en que se realiza el fraccionamiento de las sustancias húmicas, se efectúa la separación y determinación de los contenidos nitrogenados de varias fracciones ( $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$  y  $N-NH_4^+$ ) según el método descrito por Kempers (1974) y N-orgánico por diferencia entre el N-Kjeldahl y el  $N-NH_4^+$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Fig. 1 se muestra la evolución media del

pH, humedad, porcentaje de cenizas y materia orgánica de las mezclas compostadas durante el compostaje.

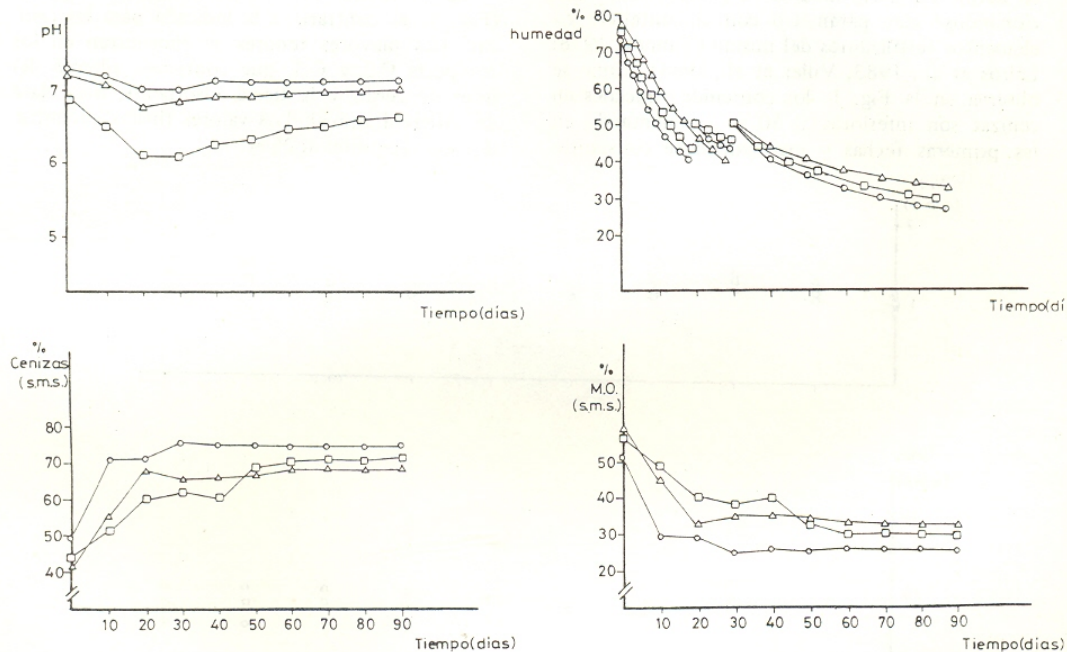


Fig. 1. Evolución de pH, % Humedad, % Cenizas, % Materia orgánica durante el compostaje. (○—○ C-2) (△—△ C-5) (□—□ C-10).

El pH presenta valores iniciales próximos a 7, valores adecuados ya que un pH alcalino en la mezcla de partida provoca durante el compostaje notables aumentos de temperatura y por consiguiente mayor velocidad del proceso, aunque este incremento de temperatura puede provocar la muerte de numerosas bacterias degradadoras. Por el contrario, a pH ácido, sobre todo inferior a 6, se deprime la acción termofílica y además de retrasarse la fermentación, no se consigue una estabilización completa de la masa (Gray et al., 1971). Su evolución muestra un descenso inicial hasta los 20-30 días de comenzado el

proceso, debido a la descomposición de carbohidratos con liberación de ácidos. Posteriormente, se origina una elevación del pH, debida a la degradación bioquímica de proteínas con producción de  $\text{NH}_3$  (Carnes y Lossin, 1970). Por otra parte, la estabilidad de este parámetro en la última etapa del compostaje sugiere la madurez del producto según lo apuntado por Breindenbach (1971).

Respecto a la humedad, se parte de valores iniciales próximos a 75 %, si bien durante los 10 primeros días se alcanzan valores inferiores al

60 %. Como se aprecia, la muestra C-1 y la C-3 recibieron dos riegos, a los 20 y 30 días de iniciado el proceso, mientras que la muestra C-2 sólo recibió uno a los 30 días. Además, a partir del día 50 todos los composts tienen una humedad menor al 40 %, no procediendo a nuevas humectaciones con el objetivo de favorecer la nitrificación.

El contenido en cenizas de un abono orgánico define en cierta medida su composición, relacionándose este parámetro con el contenido en elementos fertilizantes del mismo (Tunney, 1978; Leirós et al., 1983; Villar et al., 1984). Como se observa en la Fig. 1, los contenidos iniciales en cenizas son inferiores al 50 %, aumentando en las primeras fechas y manteniéndose constantes

a partir del día 50 de iniciado el compostaje, alcanzando al final del mismo valores próximos al 70 %, destacando como máximo el valor encontrado para C-1. Además, las diferencias encontradas para este parámetro entre la muestra C-1, que sólo contiene un tipo de estiércol, y las muestras C-2 y C-3, que contienen dos tipos de estiércoles, son menos marcadas en los productos finales que en los iniciales.

La evolución media de la materia orgánica (Fig. 1) es contraria a la indicada para las cenizas. Los mayores tenores se encuentran en los composts C-2 y C-3, que contienen además del lisier de cerdo y la tierra adsorbente, otra clase de estiércol animal. Los valores finales encontrados son superiores al 25 %.

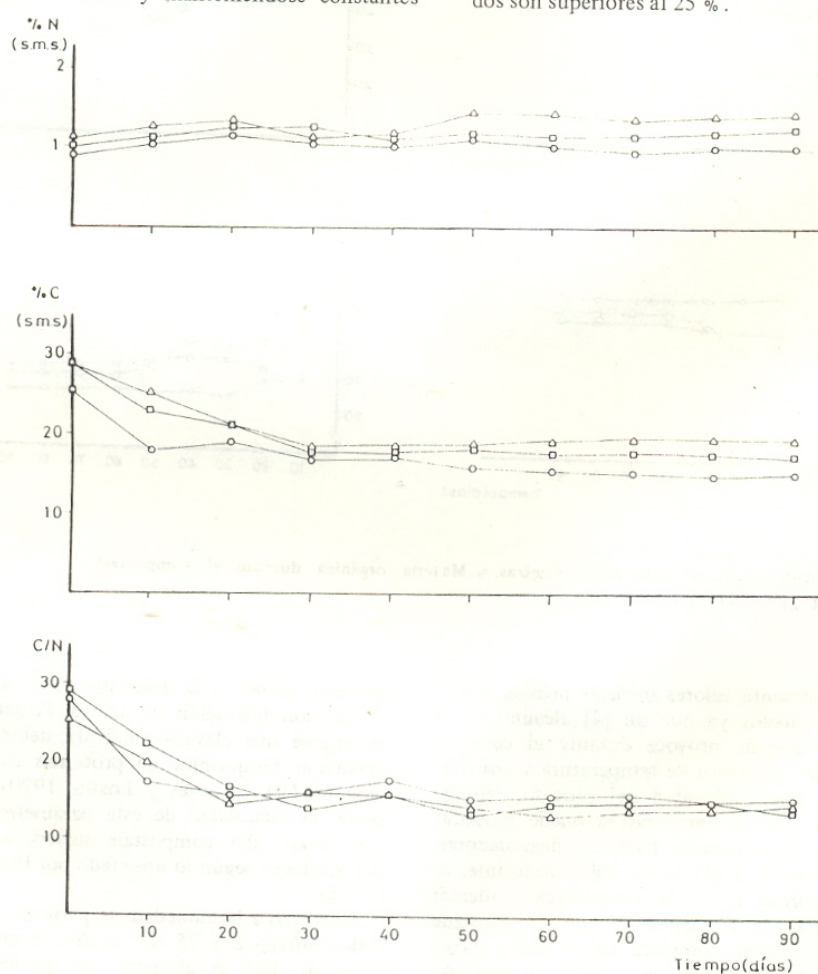


Fig. 2. Evolución de N-total, C orgánico y C/N durante el compostaje (○-○ C-2) (△-△ C-5) (□-□ C-10).

En la Fig. 2 se reflejan los cambios durante el proceso de los contenidos en nitrógeno total y de carbono orgánico, así como de la relación C/N.

Los contenidos medios de nitrógeno total, referidos a materia seca, presentan un pequeño aumento durante los 20 primeros días, etapa en la que se produce fundamentalmente la descomposición de carbohidratos, con un enriquecimiento relativo de la muestra en compuestos nitrogenados. Entre los 20-50 días se comprueban ligeras oscilaciones en los mismos; a partir de dicha fecha se mantienen aproximadamente constantes hasta el final del proceso. Este hecho sugiere que a partir de los 50 días comienza la maduración del compost. Los valores finales encontrados, superiores al 1 % (s.m.s.), así como los contenidos en materia orgánica por encima del 25 %, sugieren su uso como abono orgánico según la legislación de la Comunidad Económica Europea.

La evolución de los porcentajes de carbono orgánico, referidos sobre material seco se presentan en la Fig. 2. Esta variable refleja una evolución análoga a la de la materia orgánica, con un descenso más acentuado durante los 20 primeros días (etapa fermentativa) y una constancia en los valores a partir del día 50 de iniciado el proceso (etapa de maduración). Como ocurría para los porcentajes de nitrógeno y materia orgánica, los

mayores niveles se dan para C-2 y C-3 con valores finales de 19,96 % y 17,52 %, respectivamente, debido a que en la constitución de estas dos mezclas sólo interviene 10 % de tierra arcillosa.

En la Fig. 2 se representa la evolución durante la fermentación de la relación C/N, de la que pueden hacerse análogas consideraciones a las efectuadas para el carbono orgánico. Bhoyard et al. (1979) citan a 30 como valor inicial idóneo de esta relación, si bien otros autores señalan como óptimos, valores comprendidos entre 26 y 35. Valores superiores a esta relación originarían un alargamiento del proceso, mientras que valores inferiores pueden conducir a pérdidas importantes de nitrógeno amoniacal durante el proceso. En nuestro caso se parte de valores iniciales comprendidos entre 26 y 28, considerados apropiados para un buen desarrollo del compostaje. Durante dicho proceso, el contenido en nitrógeno no varía excesivamente; sin embargo, las pérdidas de carbono son considerables, lo que condiciona una disminución de esta relación con valores finales próximos a 15. Dichos valores se pueden considerar idóneos para el empleo agrícola del producto, ya que según trabajos realizados por otros autores dicha relación debe oscilar entre 10 y 20 (Inoko et al., 1979) para abonos orgánicos.

Tabla 2. Evolución de distintas fracciones nitrogenadas durante el compostaje.

| Días | Mezclas | N-org. | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
|------|---------|--------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|      |         | %      | %                              | ppm                            | ppm                            |
| 0    | C-1     | 0.76   | 0.14                           | 5                              | 10                             |
|      | C-2     | 1.01   | 0.10                           | 8                              | 12                             |
|      | C-3     | 0.88   | 0.12                           | 8                              | 10                             |
| 30   | C-1     | 0.95   | 0.10                           | 7                              | 11                             |
|      | C-2     | 1.04   | 0.10                           | 9                              | 11                             |
|      | C-3     | 1.13   | 0.12                           | 10                             | 12                             |
| 60   | C-1     | 0.93   | 0.07                           | 8                              | 32                             |
|      | C-2     | 1.28   | 0.09                           | 10                             | 40                             |
|      | C-3     | 1.10   | 0.07                           | 12                             | 43                             |
| 90   | C-1     | 0.94   | 0.04                           | 9                              | 200                            |
|      | C-2     | 1.24   | 0.08                           | 10                             | 326                            |
|      | C-3     | 1.16   | 0.06                           | 11                             | 234                            |

Resultados expresados sobre materia seca.

En la Tabla 2 se observa la evolución media de algunas fracciones nitrogenadas durante el compostaje. En general, se observa un aumento significativo de los valores de  $N-NO_3^-$  a lo largo del proceso fermentativo, más acentuado a partir de los 60 días de iniciado el mismo, destacando el máximo encontrado en los productos finales de 326 ppm (s. m. s.) para C-2. Por el contrario, los contenidos de  $N-NH_4^+$  tienden a descender, lo que parece lógico si consideramos las pérdidas de amoníaco gaseoso que ocurren durante el compostaje y la evolución hacia formas más oxidadas por nitrificación. Por otra

parte, los valores de  $N-NO_2^-$  permanecen prácticamente constantes, alcanzando valores finales próximos a 10 ppm (s. m. s.), lo que garantiza la no fitotoxicidad del producto debida a los mismos. Los valores de N-orgánico aumentan a lo largo del compostaje, debido al empobrecimiento de la muestra en C por pérdidas de  $CO_2$  y el consiguiente enriquecimiento relativo en nitrógeno de los composts. Estos resultados concuerdan con lo apuntado por los autores (Perea et al., 1987) para otros composts que emplean igualmente lisier de cerdo como material básico.

Tabla 3. Evolución de distintas fracciones húmicas durante el compostaje.

| Días | Mezclas | C org. * | Cres. ¶ § | CAH ¶ | CAF ¶ | CAH/CAF |
|------|---------|----------|-----------|-------|-------|---------|
| 0    | C-1     | 25.84    | 65.32     | 23.33 | 11.35 | 2.06    |
|      | C-2     | 29.33    | 62.15     | 24.65 | 13.20 | 1.87    |
|      | C-3     | 29.33    | 64.26     | 25.12 | 10.62 | 2.37    |
| 30   | C-1     | 17.11    | 68.54     | 18.16 | 13.30 | 1.37    |
|      | C-2     | 18.50    | 65.33     | 19.10 | 15.57 | 1.23    |
|      | C-3     | 18.12    | 67.18     | 20.16 | 12.66 | 1.59    |
| 60   | C-1     | 15.51    | 72.54     | 15.23 | 12.23 | 1.25    |
|      | C-2     | 19.02    | 70.59     | 14.49 | 14.92 | 0.97    |
|      | C-3     | 18.06    | 73.36     | 15.18 | 11.46 | 1.32    |
| 90   | C-1     | 15.68    | 78.19     | 10.35 | 11.46 | 0.90    |
|      | C-2     | 19.96    | 75.12     | 11.06 | 13.82 | 0.80    |
|      | C-3     | 17.52    | 78.82     | 10.87 | 10.31 | 1.05    |

\* Referido a materia seca.

¶ Expresado como porcentaje de carbono orgánico.

§ C orgánico - C extracto húmico.

Como puede apreciarse en la Tabla 3, los porcentajes de carbono del extracto húmico van descendiendo a lo largo de la fermentación, como refleja el aumento del carbono del residuo. Este hecho, junto con el descenso de los contenidos de carbono orgánico durante el proceso, sugieren una mayor intensidad de la mineralización sobre la humificación a lo largo del compostaje. Este mismo fenómeno ha sido apuntado para compostajes a partir de otros residuos (Almendros et al., 1983; Almendros y Martínez, 1987), así como para composts que utilizan lisier de cerdo como material de partida (Perea et al., 1987). Por otro lado, durante el proceso fermentativo se produce

un descenso de los contenidos en  $CAH$ , mientras que los de  $CAF$  aumentan hasta los 30 días para luego descender hasta el final del proceso sufriendo, no obstante, la relación  $CAH/CAF$  un descenso acentuado durante el compostaje. Ello parece indicar que la humificación transcurre, fundamentalmente, a través de una biodegradación de compuestos de mayor peso molecular (AH) a otros de menor peso molecular (AF).

## CONCLUSIONES

El compostaje se da por finalizado a los 90 días,

constituyendo los primeros 50 días la etapa fermentativa y los 40 restantes la etapa de maduración, permaneciendo constantes durante la misma la mayoría de las variables. Durante el proceso fermentativo, fundamentalmente cuando la humedad es menor, se produce una nitrificación acentuada, sin acumulación de nitritos. La humificación transcurre, fundamentalmente, por degradación de compuestos de mayor peso molecular a otros de menor peso, sin bien los procesos de mineralización presentan mayor intensidad.

Según las distintas variables determinadas, el compost C-2 obtenido a partir de lisier de cerdo, estiércol de conejo y tierra arcillosa, parece reunir las mejores cualidades para su uso como enmendante orgánico (pH algo más cercano a la neutralidad, mayor contenido en materia orgánica, mayores niveles de C y N y mayor riqueza en sustancias húmicas), si bien su evaluación definitiva dependerá de otras propiedades agroquímicas, agrobiológicas e hidrofísicas.

#### REFERENCIAS

- Almendros, G.; M. C. Lobo; A. Polo y E. Dorado, 1983. Naturaleza y propiedades de la materia orgánica en dos compost de paja de trigo. *Anal. Edaf. Agrob.* 42: 2083-2093.
- Almendros, G. y A. T. Martínez, 1987. Biodegradación y compostaje de la paja de trigo inoculada con *Ulocladium atrum*. *Agroquímica* 46: 65-80.
- Bhoyard, R. V.; M. S. Olaniya y A. D. Bhide, 1979. Effect of temperature on mineralization of nitrogen during aerobic composting. *Indian J. Environ. Hlth.* 21: 23-25.
- Breidenbach, A. W., 1971. Composting of solid wastes in United States. The Wastes Series, U. S. Protection Agency. 103 p.
- Carnes, R. A. y P. Lossin, 1970. An investigation of the pH characteristics of composts. *Compost Science* 11: 26-32.
- Duthion, C. y J. C. Germon, 1977. Landspreeding of pig manure. III.2. Pig manure composition. En: Gasser, J. K. R. (Ed.). *Effluents from livestock*, 96-108.
- Esteban, P.; A. Moré; M. Ortega y A. M. Sanz, 1980. Estudio de la nitrificación de un lisier de cerdo sobre un suelo agrícola. *Anal. INIA. Serie agrícola* 13: 66-80.
- González, J. L.; M. Medina e I. C. Benítez, 1989. Slurry composting options. *Biocycle* 30: 53-56.
- Gray, K. R.; K. Sherman y A. J. Biddlestone, 1971. A review of composting. II. The practical process. *Process Biochemistry* 6: 22-28.
- Inoko, A.; K. Miyamatsu; K. Sugahara e Y. Harada, 1979. On some organic constituents of city refuse compost produced in Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 25: 225-234.
- Kempers, A. J., 1974. Determination of sub-microquantities of ammonium and nitrates in soils with phenol, sodium nitroprusside and hipoclorite. *Geoderma*, 12: 201-206.
- Kononova, M. M. y N. P. Bel'chikova, 1961. Rapid methods of determining the humus composition of mineral soils. *Pochvovedenie* 10: 75-79.
- Leirós, M. C.; M. C. Villar; A. Cabaneiro; T. Carballas; A. Díaz-Fierros; F. Gil y A. C. Gómez, 1983. Caracterización y valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia. *Anal. Edaf. Agrob.* 42: 753-768.
- Perea, M. D.; I. C. Benítez; J. L. González y M. Medina, 1987. Obtención de enmiendas orgánicas a partir de residuos animales. *Proc. VII Congreso Nacional de Química (Sevilla, España)*, 2: 95-101.
- Pomar, J., 1984. Acumulación de nitritos en el suelo como resultado de la aplicación de estiércol líquido y su efecto sobre la germinación del trigo. *Proc. I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (Madrid, España)*, 1: 379-391.
- Sims, J. R. y V. A. Haby, 1975. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci.* 112: 137-141.
- Tunney, H., 1978. Dry matter, specific gravity and nutrients relationships of cattle and pig slurry. *Problems with effluents from livestock*, 430-447. En: Hawkins, J. C. (Ed.).
- Villar, M. C.; F. Díaz-Fierros; A. Cabaneiro; M. C. Leirós; F. Gil; M. Carballas y T. Carballas, 1984. Métodos rápidos para la caracterización del purín de vacuno. *Anal. Edaf. Agrob.* 43: 195-204.