

RESIDUOS DE PODA COMPOSTADOS Y SIN COMPOSTAR: USO POTENCIAL COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN SUELO

NILDA M ARRIGO*¹; MARÍA DE LA PAZ JIMÉNEZ²; ROSA M PALMA¹; MARTA BENITO³ y MARÍA F TORTAROLO²,

¹Cátedra de Edafología; ²Cátedra de Química General e Inorgánica, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires; ³Universidad Politécnica de Madrid (España). *arrigo@agro.uba.ar

Recibido: 07/01/05

Aceptado: 05/07/05

RESUMEN

La aplicación de materiales orgánicos al suelo es una práctica habitual en sistemas de agricultura sostenible. El objetivo de este trabajo fue: i) estudiar el efecto de la incorporación al suelo de material orgánico obtenido en diferentes etapas del proceso de compostaje sobre el crecimiento de raygrass; ii) determinar el efecto que causa el material orgánico incorporado sobre la nutrición nitrogenada en las plantas. Se armaron 4 pilas integradas por el mismo material inicial las cuales fueron monitoreadas en las siguientes etapas del proceso de compostaje: a- material inicial (T1), b- al final de la fase activa, 2 meses (T2), c- al promediar la fase de maduración, 7 meses (T3) y d- al finalizar la fase de maduración, 12 meses (T4). Se sembró raygrass sobre estos materiales y los mismos mezclados con suelo. La producción de materia seca de raygrass en los materiales T1 y T2 fue significativamente menor que en los restantes tratamientos. Resultados similares fueron cuantificados cuando los mismos materiales se incorporaron al suelo. El contenido de N en planta fue menor al incorporar al suelo los materiales T1 y T2 indicando inmovilización de este nutriente. Al adicionar los materiales T3 y T4 al suelo se comprobó que no hubo diferencias significativas entre ellos, en consecuencia, el empleo del material T3 puede considerarse una buena opción ya que puede utilizarse anticipadamente lográndose beneficios económicos y medioambientales.

Palabras clave: residuos de poda, compostaje, absorción de N, raygrass

PRUNING WASTE AND ITS POTENTIAL USE AS AMENDEMENT TO AGRICULTURAL SOIL

ABSTRACT

Land application of organic materials is a common practice in sustainable agriculture. Our aim was i) to study the effect of the incorporation of organic material at different maturity stages on the ryegrass (*Lolium perenne* L.) growth, and ii) to estimate the stage capable to produce the product more efficient in providing nitrogen to the plant nutrition. Four compost samples consisted of pruning waste, leaves and grass clippings were selected from four different piles at different stages of the composting process: initial non-decomposed material, 2 months old at the end of the bio-oxidative stage, 7 months old during the maturation phase, and 12 months old at the end of the maturation phase. These compost samples were used to ryegrass growing assays, and they were also added to a clay silty soil. Dry matter values were lower in T1 and T2 than in T3 and T4. Similar results were quantified when the same materials were incorporated to a soil. Nitrogen leaf content revealed that soil N immobilization had occurred in T1 and T2 treatments. A compost, which had 7 months old during the maturation phase, did not cause any negative effect on the evaluated parameters. This compost seems to be sufficiently stable and its use would save time in compost process, compared with a compost 12 months old.

Key words: pruning waste, composting, N absorption, ryegrass

INTRODUCCIÓN

El uso de materiales orgánicos como enmienda a los suelos agrícolas es beneficioso no sólo para la producción de cultivos sino también para mantener la calidad del suelo (Levanon & Pluda, 2002; van Heerden *et al.*, 2002). La importancia de restablecer los niveles de materia orgánica en el suelo que compensen las pérdidas por mineralización, sumado a criterios medioambientales que tienden a la revalorización de residuos, hace que en las últimas décadas la incorporación de éstos, compostados o no, se haya incrementado considerablemente (Rogers *et al.*, 2002).

La mineralización de la materia orgánica depende de las interacciones entre los componentes orgánicos del suelo, los niveles de oxígeno, la temperatura, el pH, el tipo de suelo y la cantidad de la materia orgánica incorporada (Ajwa & Tabatabai, 1994). Estos factores unidos al tamaño y actividad de la biomasa microbiana regulan la tasa de descomposición y la liberación de nutrientes.

Los materiales compostados constituyen un aporte importante de materia orgánica, que recompone las propiedades del suelo tales como estructura, el estado nutricional del mismo y muchas otras características (Pasqual *et al.*, 1998). Sin embargo, la aplicación al suelo de

un compost inmaduro puede causar problemas tales como inmovilización de N por parte de los microorganismos (Bernal *et al.*, 1998), condiciones anaeróbicas, elevación de la temperatura del medio y la acumulación de sustancias fitotóxicas que pueden impedir la germinación de semillas o inhibir el crecimiento radicular (Zucconi & de Bertoldi, 1987). Estos inconvenientes destacan la importancia de cuantificar el efecto producido por el agregado al suelo como enmienda orgánica de un producto parcialmente compostado.

En el compostaje de restos de poda el tiempo necesario para obtener un compost maduro es de aproximadamente un año, dependiendo de la metodología utilizada, pero hasta ahora ha sido poco investigada la posibilidad de los usos del producto con adecuada calidad obtenido en un período de tiempo menor.

El objetivo de este trabajo fue: i) estudiar el efecto de la incorporación al suelo de material orgánico obtenido en diferentes etapas del proceso de compostaje sobre el crecimiento de raygrass; ii) determinar el efecto que causa el material orgánico incorporado sobre la nutrición nitrogenada en las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los residuos orgánicos, compuestos por hojas, ramas y césped, se compostaron en un establecimiento de la localidad de Francisco Alvarez, Prov. de Buenos Aires, Argentina. Se armaron 4 pilas integradas por el mismo material inicial, se voltearon cada semana a fin de garantizar las condiciones de aerobiosis necesarias y se regaron para mantener constante la humedad en aproximadamente 60% en peso. De las 4 pilas se tomaron muestras compuestas constituidas por 6 submuestras extraídas en forma vertical desde el tope hasta la base de la pila. Se realizaron muestreos en las siguientes etapas del proceso de compostaje: a) material inicial; b) al final de la fase activa, 2 meses; c) al promediar la fase de maduración, 7 meses y d) al finalizar la fase de maduración, 12 meses.

Para estudiar el efecto de la maduración del compost sobre la producción vegetal y su eficiencia como fertilizante nitrogenado se llevó a cabo un ensayo en macetas bajo condiciones controladas, empleando raygrass (*Lolium perenne* L.) como planta indicadora.

La mitad de las macetas contenían 200 g de material orgánico y los tratamientos fueron: T1 material al inicio del compostaje; T2 material al final de la fase activa; T3 material en la mitad de la etapa de maduración; T4 compost maduro.

Las restantes contenían 500 g de suelo a las que se adicionaron 10 g del material orgánico en las diferentes etapas del proceso de compostaje, secado al aire y tamizado por 4 mm para favorecer la germinación. Los tratamientos fueron: T5 suelo sin enmendar; T6, T7, T8 y T9 suelo enmendado con material correspondiente a las etapas inicial, al final de la fase activa, promediando la maduración y compost maduro, respectivamente.

En todos los tratamientos se sembraron 0,5 g de semillas de raygrass por maceta y para facilitar la germinación éstas se colo-

caron dentro de una capa de arena fina de aproximadamente 0,5 cm. Las macetas se regaron diariamente ajustando el contenido de humedad a 60% de su máxima capacidad de retención hídrica.

A los 14, 28 y 42 días después de la siembra se cosechó el material vegetal que, posteriormente a cada corte, se secó a 60 °C, se pesó y se tamizó por 0,5 mm para medir el contenido de N total en planta según la técnica de Bremner & Mulvaney (1982). El N total absorbido por la planta y expresado como mg de N por maceta se calculó utilizando el peso seco total por maceta y la concentración de N en la planta. Esta determinación se realizó solamente para los dos primeros cortes, ya que el peso aéreo obtenido en el tercer corte fue muy escaso.

El suelo se obtuvo de un horizonte superficial (15 cm) de una zona de producción hortícola, próxima a la ciudad de Luján, Prov. de Buenos Aires, Argentina, clasificado como Argiudol típico, el mismo se secó al aire y se tamizó por 2 mm para posteriormente ser colocado en las macetas.

Sobre el material orgánico inicial se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: pH relación material orgánico:agua 1:5 (UNE-EN 13037, 2001). Conductividad eléctrica del extracto (UNE-EN 13038, 2001). Carbono orgánico total medido con un Analizador Carlo Erba Modelo 1106. N total método de Kjeldahl (Page *et al.*, 1982). Fracciones solubles (N- NH_4^+ , N- NO_3^- y carbono soluble) en el extracto acuoso (Avnimelech *et al.*, 1996) y cuantificado N- NH_4^+ y N- NO_3^- según la técnica de Bremner (1965) y el C soluble por el método de Nelson & Sommers (1982). Capacidad de Intercambio catiónico determinada por Cl_3Ba -Trietanolamina siguiendo el método de Lax *et al.* (1986). Carbono de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Sanchez-Monedero *et al.*, 1996).

A las muestras de suelo y suelo enmendado se le realizaron las siguientes determinaciones analíticas:

pH relación suelo:agua 1:2,5 y Conductividad eléctrica (Jackson, 1964). N total por el método de Kjeldahl (Page *et al.*, 1982). N- NH_4^+ y N- NO_3^- método de du Preez *et al.* (1987). P extraíble técnica de Bray & Kurtz N° 1 (1945). Capacidad de intercambio catiónico método de Richter *et al.* (1982). Materia orgánica por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982). Carbono soluble según la técnica de extracción de Davidson *et al.* (1987) y determinación volumétrica de Tinsley (1950). Carbono de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Richter, 1979).

Metodología estadística

El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con cinco repeticiones, totalizando 45 macetas. Los datos se analizaron mediante un ANVA y para detectar diferencias entre medias de tratamientos se empleó el test de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del material orgánico en las diferentes etapas del proceso de compostado

Al inicio del compostaje (T1) la temperatura se elevó bruscamente alcanzando valores cercanos a los 70 °C, cuando la misma se estabilizó con valores próximos a la temperatura ambiental (30 ± 2 °C) se consideró finalizada la etapa biooxidativa, este estado se alcanzó después de

Tabla 1. Características del material en las diferentes etapas del proceso de compostaje.
Table 1. Characteristics of material at different composting time.

| | T 1 | T 2 | T 3 | T 4 |
|---------------------------|-------|--------|--------|-------|
| pH | 6,8 | 7,1 | 7,2 | 7,4 |
| | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 |
| CE | 0,2 | 0,08 | 0,11 | 0,15 |
| (dS m ⁻¹) | ±0,01 | ±0,001 | ±0,001 | ±0,02 |
| COT | 437 | 338 | 315 | 300 |
| (g kg ⁻¹) | ±12,6 | ±13,8 | ±10,5 | ±11,4 |
| N total | 8,95 | 10,1 | 12,3 | 15,5 |
| (g kg ⁻¹) | ±1,2 | 1 | ±1,4 | ±1,4 |
| C/N | 48,8 | 33,4 | 25,6 | 19,3 |
| C soluble | 0,68 | 1,12 | 0,90 | 0,72 |
| (%) | ±0,06 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 |
| N-NO ₃ | 2,4 | 2,8 | 3,9 | 5,8 |
| (mg kg ⁻¹) | ±0,7 | ±0,4 | ±0,4 | ±0,6 |
| N-NH ₄ | 720 | 314 | 105 | 40 |
| (mg kg ⁻¹) | ±33,8 | ±31,2 | ±28,5 | ±6,4 |
| CIC | 47,6 | 58,7 | 69,6 | 81,4 |
| (cmolc kg ⁻¹) | ±5,4 | ±6,2 | ±7,1 | ±8,9 |
| C-Ac. Húmico | 38,2 | 47,8 | 60,3 | 78,5 |
| (g kg ⁻¹) | ±5 | ±5,6 | ±8,2 | ±8,3 |
| C-Ac. Fúlvicos | 45 | 37 | 20 | 16 |
| (g kg ⁻¹) | ±4,7 | ±4,1 | ±2,3 | ±1,9 |

CE: conductividad eléctrica, COT: carbono orgánico total ±: desvío estándar.

2 meses de iniciado el proceso (T2). Posteriormente transcurrió un periodo de 5 meses (T3) donde se produjo la estabilización progresiva del compost con reducción de la actividad microbiana y una humificación neta con un aumento significativo del contenido del C-Acidos húmicos y la CIC (Tabla 1). La madurez (T4) se caracterizó por continuar el proceso de humificación mediante reacciones de policondensación y polimerización incrementándose el contenido de C-Acidos húmicos (Tabla 1), produciéndose la estabilización de la materia orgánica resultante, que llega a una relación C/N menor a 20 (Golueke, 1981). Además se produjo una drástica reducción de la concentración de NH₄⁺, que indica la ausencia de materia orgánica inestable, asegurando la calidad del producto final.

Caracterización del suelo enmendado con compost

Las características principales del suelo (T5) y de éste enmendado con los materiales orgánicos (T6, T7, T8, T9) se detallan en la Tabla 2.

Como consecuencia de la aplicación al suelo del material orgánico, el pH disminuyó ligeramente siendo esta disminución más notable en el tratamiento (T6) y se incrementaron los valores de la conductividad eléctrica,

manteniéndose en niveles considerados bajos. Comparando el suelo (T5) con el suelo enmendado con compost maduro (T9) se comprueba que se incrementó el contenido de N total y de materia orgánica. Por el contrario, el contenido de ácidos fúlvicos disminuyó y el de N- NH₄⁺ aumentó bruscamente por el agregado de material orgánico inicial (T6) descendiendo en los otros tratamientos y alcanzando en T9 un valor superior al del suelo solo.

Ensayo con raygrass en macetas

El mayor rendimiento de materia seca de raygrass en las macetas con material orgánico sin suelo (Figura 1a) se produce en el primer y segundo corte (14 y 28 días después de la siembra) no existiendo diferencias significativas entre ambos, seguido por el del tercer corte. La menor producción de este último puede explicarse por el agotamiento de los nutrientes a través del tiempo.

La producción de materia seca en los materiales en el estado T1 y T2 fue en todos los cortes y en el total significativamente menor que en los dos restantes. Estos resultados se deben a la falta de madurez del material en esos estadios corroborada por la elevada relación C/N y el alto contenido de N-NH₄⁺ (Tabla 1).

La producción de peso seco para los tratamientos de

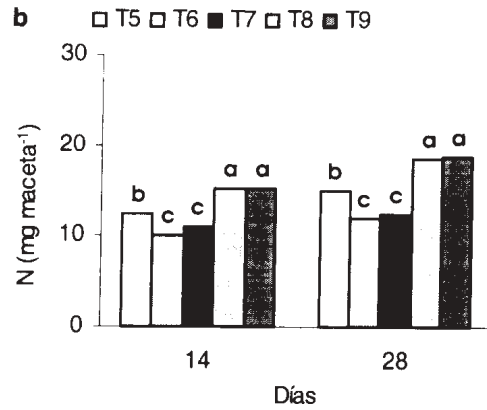
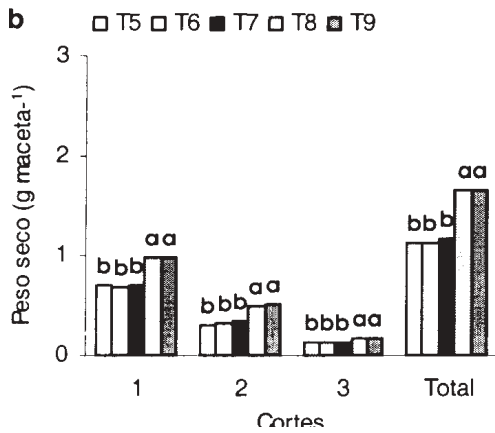
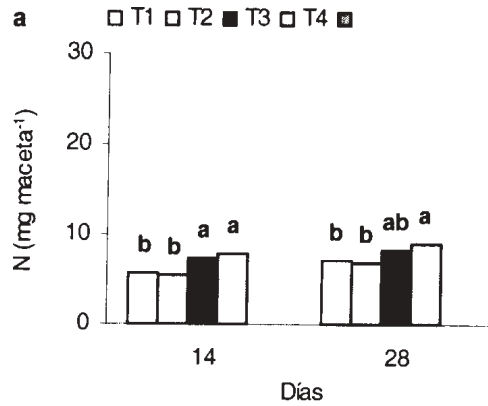
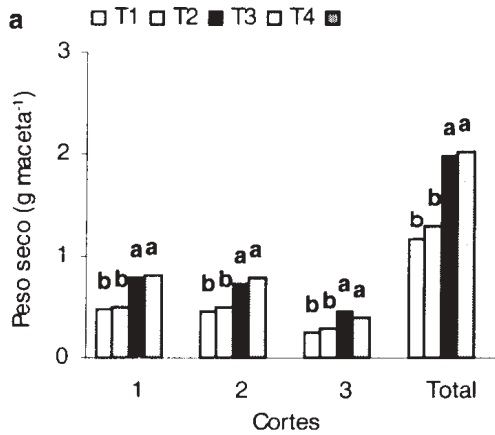


Figura 1. Peso fresco de raygrass en tres cortes, a: tratamientos con compost y b: suelo enmendado con compost.

Figure 1. Ryegrass harvest weight at three times, a: compost treatments and b: amended soil.

T1 material al inicio del compostaje, T2 compost al final de la fase activa, T3 compost en la mitad de la etapa de maduración, T4 compost maduro, T5 suelo, T6, T7, T8 y T9 suelo enmendado con compost en los estados: inicial, final de la fase activa, promediando la fase maduración y maduro. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos para cada uno de los cortes.

Figura 2. Nitrógeno absorbido por el cultivo en dos cosechas, a: tratamientos con compost y b: suelo enmendado con compost.

Figure 2. Nitrogen contents in plants in two harvests, a: compost treatments and b: amended soil.

T1 material al inicio del compostaje, T2 compost al final de la fase activa, T3 compost en la mitad de la etapa de maduración, T4 compost maduro, T5 suelo, T6, T7, T8 y T9 suelo enmendado con compost en los estados: inicial, final de la fase activa, promediando la fase maduración y maduro. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos para cada uno de los cortes.

suelo enmendado con material orgánico (Figura 1b) muestra que a medida que se producen los cortes disminuye la masa vegetal como consecuencia del agotamiento de nutrientes. En todos los cortes existieron diferencias significativas entre los tratamientos suelo sin enmendar (T5) y enmendado con el material orgánico en el estadio inicial y al final de la fase activa (T6 y T7) con

respecto a los dos estadios más avanzados del compostaje (T8 y T9).

Para todos los tratamientos el valor de N en la planta superó el de 2,5% establecido por Goh & Kee (1978), siendo considerado adecuado para el raygrass.

En el primer corte, el contenido de N en los tratamientos con material orgánico (Figura 2a) fue significativa-

Tabla 2. Características del suelo y del suelo enmendado con compost en diferentes grados de maduración.
Table 2. Characteristics of soil and soil amendment with compost at different stages of maturity.

| | T 5 | T 6 | T 7 | T 8 | T 9 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| pH | 7,1 ±0,2 | 6,6 ±0,2 | 6,8 ±0,1 | 6,9 ±0,2 | 6,8 ±0,2 |
| CE (dSm ⁻¹) | 0,12 ±0,01 | 0,24 ±0,01 | 0,18 ±0,01 | 0,22 ±0,01 | 0,17 ±0,01 |
| Materia orgánica (g kg ⁻¹) | 18,50 ±1,7 | 20,16 ±2,3 | 19,18 ±2,1 | 18,83 ±1,7 | 21,31 ±2,1 |
| N total (g kg ⁻¹) | 0,92 ±0,06 | 0,94 ±0,09 | 0,98 ±0,08 | 1,03 ±0,1 | 1,01 ±0,1 |
| C/N | 10,05 | 10,77 | 9,78 | 9,14 | 10,55 |
| C soluble (g kg ⁻¹) | 0,30 ±0,04 | 0,70 ±0,09 | 0,58 ±0,08 | 0,60 ±0,08 | 0,50 ±0,07 |
| N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹) | 18,55 ±2,1 | 20,64 ±3,2 | 22,62 ±2,9 | 23,60 ±3,2 | 24,55 ±3,1 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹) | 6,96 ±0,7 | 15,84 ±1,7 | 11,45 ±1,2 | 10,82 ±1,1 | 9,68 ±1,1 |
| P extraíble (mg kg ⁻¹) | 11,23 ±2,1 | 11,98 ±1,9 | 11,81 ±1,8 | 11,13 ±1,9 | 11,97 ±2,1 |
| CIC (cmol _c kg ⁻¹) | 12,25 ±1,3 | 12,54 ±1,3 | 12,74 ±1,1 | 13,14 ±1,2 | 12,77 ±1,3 |
| C-Ac. Húmico (g kg ⁻¹) | 4,10 ±0,5 | 4,80 ±0,6 | 5,52 ±0,6 | 6,93 ±0,8 | 7,27 ±0,9 |
| C-Ac. Fúlvico (g kg ⁻¹) | 2,10 ±0,3 | 1,98 ±0,3 | 1,90 ±0,2 | 1,50 ±0,3 | 1,10 ±0,2 |

CE: Conductividad Eléctrica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico

T5 suelo sin enmendar, T6, T7, T8 y T9 suelo enmendado con compost en los estados: inicial, final de la fase activa, promediando la fase maduración y maduro.

mente menor en T1 y T2 que en los restantes, una tendencia similar se cuantificó en el segundo corte.

El N absorbido por el cultivo en los tratamientos de suelo enmendado se presenta en la Figura 2b, donde el contenido de este nutriente en el suelo sin enmendar (T5) fue significativamente menor que en los otros tratamientos T8 y T9 en los dos cortes. En estos tratamientos aumentó la producción de peso seco total (Figura 1 b) y los niveles de absorción nitrogenada. Por otra parte, los tratamientos T6 y T7 fueron los que tuvieron la menor cantidad de N, indicando una inmovilización de este nutriente por parte de los microorganismos existentes en el medio. Resultados coincidentes fueron hallados por Bernal *et al.* (1998) comprobando que la utilización de un material orgánico a partir de lodos de depuradora y residuos de algodón sin compostar implicaba una inmovilización de nitrógeno en el suelo y como consecuencia de ésta, una menor producción de raygrass durante la primera semana de crecimiento.

La incorporación de material en etapas tempranas del proceso (fase biooxidativa o inicial) puede activar la

masa microbiana del mismo y del material incorporado, provocando disminución en el contenido de materia orgánica (Pascual *et al.*, 1998). Este efecto fue cuantificado por Benito *et al.* (2003) quienes determinaron que durante la etapa biooxidativa hubo un 76% de pérdida de materia orgánica, mientras que en la fase de maduración sólo se perdió el 4% de la misma.

De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento T8, con la incorporación de compost promediando la fase de maduración, puede considerarse como la mejor opción ya que permitiría utilizarse anticipadamente con los consecuentes beneficios económicos y medioambientales.

Un aspecto que no se ha tenido en cuenta y que puede ser el responsable de las mejores producciones del suelo enmendado frente al suelo sin enmendar es la mejora de las características físicas. Aunque estos efectos no han sido cuantificados, la incorporación de material orgánico (compostado o no) permite un mejor enraizamiento del cultivo, especialmente importante en un suelo con textura arcillo limosa como fue el utilizado para este ensayo.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. José Félix Albarracín F. de la Empresa Agrosuelo.
A la Universidad de Buenos Aires por el Subsidio AG 036.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajwa, HA & MA Tabatabai. 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biol.Fertil.Soils* 18: 175-182.
- Avnimelech, Y; M Bruner; I Ezrony; R Sela & A Kochba. 1996. Stability indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science & Utilization* 3: 25-37.
- Benito, M; A Masaguer; A Moliner; N Arrigo & M Palma. 2003. Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and maturity of pruning waste compost. *Biol.Fertil. Soils* 37:184-189.
- Bernal, MP; AF Navarro; MA Sánchez-Monedero; A Roig & J Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.*30:305-313.
- Bray, R & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Bremner, JM. 1965. Nitrogen availability indices. Pp. 1324-1341 *En: A Black et al.* (Eds). *Methods of soil analysis. Part II.* 2nded. Agron. Monogr. 9 ASA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Bremner, JM & CS Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. Pp. 595-624 *En: Methods of soil analysis.* AL Page; RH Miller; DR Keeney (Eds). *Chemical and microbiological properties*, 2nd ed. Agronomy series N°9ASA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Davidson, EA; LF Galloway & MK Strand. 1987. Assessing available Carbon: comparison of techniques across selected forest soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 18: 45-64.
- du Preez, CC; T du Burger & DJ Laubscher. 1987. Evaluation of steam distillation procedures for the routine determination of inorganic soil nitrogen. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18(5): 483-493.
- Goh, KM & KK Kee. 1978. Effects of nitrogen and sulphur fertilization on the digestibility and chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Soil* 50:161-177.
- Golueke, CG. 1981 Principles of biological resource recovery. *BioCycle* 22:36-40.
- Jackson ML. 1964. *Análisis químico de Suelos.* 3^a. Ed. Omega. Barcelona, Pp. 622.
- Lax, A; A Roig & F Costa. 1986. A method for determining the cation-exchange capacity of organic materials. *Plant and Soil* 94: 349-355.
- Levanon, D & D Pluda. 2002. Chemical, physical and biological criteria for maturity in compost for organic farming. *Compost Sci. Util.* 10:339-347.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 539-579 *En: AL Page; DH Miller & DR Keeney* Eds *Methods of Soil Analysis*, ASA, SSSA, Madison, Wis.,
- Page, AL; DH Miller & DR Keeney (Eds) 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd edn *Chemical and microbiological properties.* Agronomy Series 9 ASA SSSA, Madison, WI. USA.
- Pascual, JA; T Hernández; C García & M Ayuso. 1998. Carbon mineralization in an arid soil amended with organic wastes of varying degrees of stability. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 835-846.
- Richter, M. 1979. Un método rápido para la determinación de ácidos húmicos, fúlvicos y huminas en suelos. *RIA. Serie Suelo y Clima* 14: 25-36.
- Richter, M; M Conti & G Maccarini. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Rev. Fac. Agronomía.* 3: 145-148.
- Rogers, BF; LS Boyles; WJ Bamka & JR Heckman. 2002. Guidelines for land application of non-traditional organic wastes (Food processing by products an dmunicipal yard wastes) on farmlands in New Jersey. Pp. 36 en *Bulletin E-281.* New Jersey Agricultural Experiment Station.
- Sanchez-Monedero, MA; A Roig; C Martinez-Pardo; J Cegarra & C Paredes. 1996. A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances. Relationships between total organic carbon and oxidable carbon. *Biores. Technol.* 57: 291-295.
- Tinsley, J. 1950. The determination of organic Carbon in soils by dichromate mixture. *Trans. 4th Int. Cong. Soil Sci. Amsterdam* 1: 292-298.
- Van Heerden, I; C Cronjé; SH Swart & JM Kotzé. 2002. Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. *Bioresour. Technol.* 81:71-76.
- Zucconi, F de & M Bertoldi. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. Pp. 30-50. *En Compost: production, quality and use.* M de Bertoldi, MP Ferranti, PL Hermite, F Zucconi (Eds.). Elsevier Applied Science, Essex.