

## MEJORA DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO DE CULTIVO TRATADO CON MATERIALES ORGÁNICOS

P. BURGOS, F. CABRERA, R. LÓPEZ, E. MADEJÓN

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNASE) (CSIC). Apartado 1052. 41080, Sevilla Spain.  
emadejon@irnase.csic.es

**Resumen.** En un experimento de campo de tres años se estudió el efecto de la fertilización de fondo con tres materiales orgánicos (un compost de alpechín, CA, un compost de residuos sólidos urbanos, CRSU, y un residuo de papelera, RP) sobre la fertilidad química de un suelo arenoso, muy pobre en materia orgánica, cultivado con fresón. A lo largo del experimento se observó un aumento progresivo de los contenidos de carbono orgánico total del suelo (COT), y de N-Kjeldahl, así como de las concentraciones de P, K, Ca y Mg disponibles. Al final del experimento los aumentos de COT y de P-disponible fueron muy notables, especialmente en los suelos fertilizados con CRSU y RP. Asimismo, el aumento del N-Kjeldahl fue especialmente importante en el suelo fertilizado con CRSU y el de K-disponible en el tratado con CA.

**Palabras clave:** materia orgánica, nutrientes disponibles, residuos orgánicos.

**Abstract.** A 3-year field experiment was carried out to study the effect of deep fertilization with three organic materials (an olive mill waste water sludge compost, CA, a municipal solid waste compost, CRSU, and a paper mill waste, RP) on the chemical fertility of a sandy, poor in organic matter soil, supporting strawberry crop. Throughout the experiment it was observed a progressive increase of the contents of total organic carbon of the soil (COT), and Kjeldahl-N, and of the concentrations of available-P, -K, -Ca and -Mg. At the end of the experiment increases of COT and available-P were very noticeable, especially in soils fertilized with CRSU and RP. Also, it was especially remarkable at the end of the experiment, the increase of Kjeldahl-N in the soil fertilized with CRSU, and the increase of available-K in that treated with CA.

**Key words.** available-nutrients, organic matter, organic residues

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresón ha experimentado un extraordinario desarrollo en la Comarca Costa de Huelva en la que gran parte de los suelos son arenosos y suelen presentar valores de materia orgánica muy bajos, consecuencia lógica de las condiciones de oxidabilidad y actividad microbiana que caracterizan a nuestro entorno. Por otra parte, con objeto de conseguir las máximas producciones, estos cultivos son sometidos a prácticas agrícolas intensivas y al uso excesivo

de fertilizantes minerales, lo cual supone la degradación de los suelos y la disminución de su fertilidad como consecuencia del empobrecimiento en materia orgánica (Bullock, 1997).

Es evidente el interés que tiene para la agricultura de la zona la incorporación de materia orgánica a los suelos de cultivo con el fin de mantener y mejorar la fertilidad de los mismos. En este sentido, los residuos orgánicos y los composts constituyen una alternativa como fuentes de materia orgánica para los suelos. Así pues, la obtención de abonos orgánicos a partir

de residuos orgánicos a partir de residuos urbanos, agrícolas e industriales contribuiría a resolver el problema medioambiental de su eliminación, enriqueciéndose paralelamente los suelos en materia orgánica.

Existen numerosos trabajos en los que se han estudiado las posibilidades agrícolas de distintos tipos de residuos, poniendo de manifiesto sus efectos beneficiosos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Giusquiani *et al.* 1995; Entry *et al.* 1997; Madejón *et al.*, 2003) y el aumento de los nutrientes disponibles y de la producción de los cultivos (Bellamy *et al.*, 1995; Chen *et al.* 1996; Madejón *et al.*, 2001).

No obstante, el planteamiento del uso agronómico de los residuos debe realizarse cuidadosamente para evitar la contaminación del

medio natural y los cultivos.

El objetivo fundamental del presente estudio es evaluar el efecto de la adición de tres materiales orgánicos abundantes en la región, como fertilizantes de fondo, durante un período de tres años, sobre la fertilidad química de un suelo de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Suelo y materiales orgánicos*

El experimento se llevó a cabo en un suelo arenoso representativo de la zona fresera de la Comarca Costa de Huelva, Typic Endoaquept (Soil Survey Staff, 1996). La Tabla 1 muestra las características más relevantes del suelo.

TABLA 1. Características químicas y texturales del suelo. (<sup>a</sup> pH en el extracto de pasta saturada, <sup>b</sup>COT Carbono orgánico total).

<b>Arena (g kg<sup>-1</sup>)</b>	915	<b>CaCO<sub>3</sub> (g kg<sup>-1</sup>)</b>	3,0
<b>Limo (g kg<sup>-1</sup>)</b>	57	<b><sup>b</sup>COT (g kg<sup>-1</sup>)</b>	2,7
<b>Arcilla (g kg<sup>-1</sup>)</b>	28	<b>N-Kjeldalh (g kg<sup>-1</sup>)</b>	0,26
<b><sup>a</sup>pH (p.sat)</b>	6,08	<b>P-disponible (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	22,8
<b>C. E. (1:5) (dS m<sup>-1</sup>)</b>	0,03	<b>K-disponible (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	116

TABLA 2. Características de los materiales orgánicos. (<sup>a</sup> los datos son media de 3 replicados por producto, <sup>b</sup>DE Desviación estándar).

	CA	DE <sup>b</sup>	CRSU	DE <sup>b</sup>	RP	DE <sup>b</sup>
<b>Humedad (g kg<sup>-1</sup>)</b>	198	13,0	368	9,88	769	0,82
<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	9,24	0,05	6,59	0,26	8,84	0,03
<b>CE (dS m<sup>-1</sup>)</b>	4,59	0,36	10,7	0,26	2,97	0,57
<b>COT (g kg<sup>-1</sup>)</b>	152	9,47	268	19,8	260	11,5
<b>N-Kjel (g kg<sup>-1</sup>)</b>	9,94	0,56	12,6	0,66	2,74	0,62
<b>C/N</b>	15,3	-	22,3	-	94,9	-
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (g kg<sup>-1</sup>)</b>	8,10	0,28	9,83	0,49	8,67	1,94
<b>K<sub>2</sub>O (g kg<sup>-1</sup>)</b>	34,8	1,17	7,20	0,55	0,83	0,39
<b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)</b>	102	4,51	47,8	11,2	165	13,6
<b>Mg (g kg<sup>-1</sup>)</b>	15,0	4,12	3,48	2,56	23,9	10,2

Se usaron tres materiales orgánicos de distinta procedencia: 1) un compost maduro derivado del lodo del alpechín (CA) procedente de Fertilizantes Orgánicos Montañó S.A., de Gilena (Sevilla); 2) un compost de residuos sólidos urbanos (CRSU) procedente de la Planta de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos de Villarrasa (Huelva); y 3) un residuo de papelería sin compostar (RP) procedente de la industria papelería de San Juan del Puerto (Huelva). La

lidos urbanos (CRSU) procedente de la Planta de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos de Villarrasa (Huelva); y 3) un residuo de papelería sin compostar (RP) procedente de la industria papelería de San Juan del Puerto (Huelva). La

Tabla 2 muestra las características más relevantes de los materiales empleados.

#### *Diseño experimental*

El experimento de campo consistió en 16 parcelas de 45 m<sup>2</sup> en las que se plantaron plantas de fresón de la variedad Camarosa. En cada parcela se establecieron 4 tratamientos (CA, CRSU, RP y un control, C, sin fertilización de fondo) con 4 repeticiones. Las dosis utilizadas fueron 10 Mg ha<sup>-1</sup> de CA, 48 Mg ha<sup>-1</sup> de CRSU y RP. Además se aplicó la fertirrigación normal usada por los agricultores de la zona, que supone una media anual de 190 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 285 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Al final de cada campaña, aproximadamente 8 meses después del abonado, se tomaron muestras de suelos (0-30 cm) para su análisis.

#### *Metodología analítica.*

El pH del suelo se determinó en extracto de pasta saturada y la conductividad eléctrica (CE) en extracto suelo/agua 1:5.

El contenido de carbono orgánico total (COT) en el suelo se determinó mediante oxidación con dicromato potásico y valoración con sulfato ferroso-amónico (Walkley y Black, 1934). La determinación del extracto húmico total (EHT) se realizó extrayendo la muestra de suelo con pirofosfato sódico 0,1 M e hidróxido sódico 0,1 M; el sobrenadante fue acidificado con HCl conc. 1:1 (v/v). Para separar los ácidos fúlvicos (AF) de los ácidos húmicos (AH), se centrifugó la solución y el precipitado con los AH se disolvió con hidróxido sódico (Yeomans and Bremner, 1988). El carbono del extracto húmico total (CEHT) y de los ácidos húmicos (CAH) se determinó por el método de Walkley y Black, 1934.

El N-Kjeldahl se determinó por el método descrito por Hesse (1971) y el P disponible por el método propuesto por Olsen *et al.* (1954). Las concentraciones de K, Ca y Mg disponibles se determinaron en los extractos de suelo con acetato amónico (Bower *et al.*, 1952)

y se analizaron por absorción atómica.

Los datos se sometieron a un análisis estadístico mediante el programa informático SPSS. La comparación de los resultados de los distintos tratamientos se efectuó mediante análisis de varianza ANOVA, considerando como variable independiente los tratamientos y utilizando el test de Tukey para la comparación de las medias y un nivel de significación de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los residuos orgánicos aumentó los valores de pH del suelo con respecto al tratamiento control (Figura 1). Este incremento fue especialmente notable en los suelos tratados con RP, material con un alto contenido de Ca (Tabla 2) dando lugar a un efecto tampón sobre el pH. La capacidad tampón de los lodos de papelera ha sido estudiada por varios autores (Muse and Mitchell, 1995; Rodella *et al.*, 1995), los cuales observaron que la aplicación de estos residuos daba lugar a aumentos importantes de pH en suelos ligeramente ácidos.

Los valores medios de CE de los suelos tratados con los residuos fueron más altos que los del control, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el suelo tratado RP en las dos primeras campañas (Fig. 2). En la última campaña, los valores medios de CE tendieron a igualarse en todos los tratamientos. Por consiguiente, después de tres años de adición de los residuos, la salinidad del suelo no se ha visto afectada. A pesar de la elevada concentración de sales de los productos empleados, en ningún momento se produjo salinización del suelo con las dosis empleadas, debido al efecto de dilución que ejerce el suelo. Por otra parte la naturaleza ligera del suelo y los riegos favorecieron el lavado de las sales.

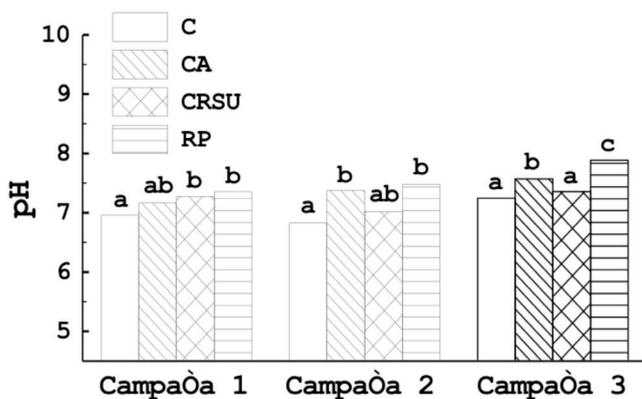


FIGURA 1. Valores medios de pH al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

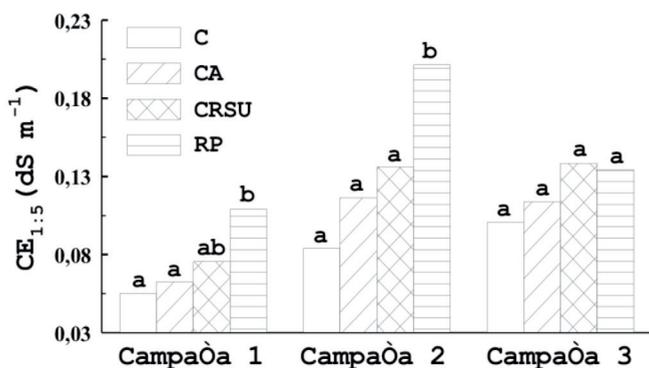


FIGURA 2. Conductividad eléctrica (CE) al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

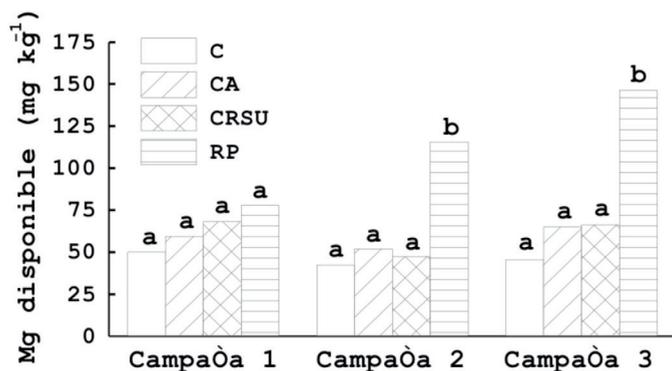


FIGURA 3. Contenido de carbono orgánico total (COT) al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Como era de esperar, desde la primera campaña, los materiales orgánicos incrementaron el contenido de COT de los suelos respecto al control (Fig. 3). Además, los valores medios de C orgánico después de cada campaña aumentaron progresivamente durante el experimento, en todos los tratamientos, incluido el control. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas en los casos de los tratamientos con CRSU y RP, lo cual está relacionado con la mayor cantidad de C orgánico aportado con estos materiales.

Los valores de CEHT y CAH aumentaron considerablemente en los suelos enmendados con los residuos compostados, CA y CRSU (Tabla 3). Estos materiales son ricos en compuestos húmicos, debido a que durante el compostaje parte de la materia orgánica sufre procesos de humificación. La aplicación de RP no aumentó el contenido de sustancias húmi-

cas del suelo, presentando contenidos similares a los del tratamiento control, ya que se trata de un residuo fresco con un contenido de compuestos humificados más bajo que los otros residuos.

En la (Fig. 4) se observa que, al final de cada campaña las concentraciones de N-Kjeldahl en los suelos de las parcelas tratadas aumentaron respecto al control, aunque las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas en el tratamiento con CRSU. Estos resultados están de acuerdo con las cantidades de N orgánico aportadas en cada caso. El aumento de N orgánico en el suelo cuando se aplican materiales ricos en esta fracción de nitrógeno ha sido un hecho constatado por diversos autores en experiencias de fertilización con distintos composts y residuos orgánicos (Madejón *et al.*, 2001).

TABLA 3. Carbono del extracto húmico total (CEHT) y carbono de los ácidos húmicos (CAH) del suelo al final de la tercera campaña.

Parámetro	Tratamientos			
	C	CA	CRSU	RP
CEHT (C, g kg <sup>-1</sup> )	2,60 ab	3,41 b	3,45 b	2,43 a
CAH (C, g kg <sup>-1</sup> )	0,81 a	1,28 ab	1,52 b	1,28 ab

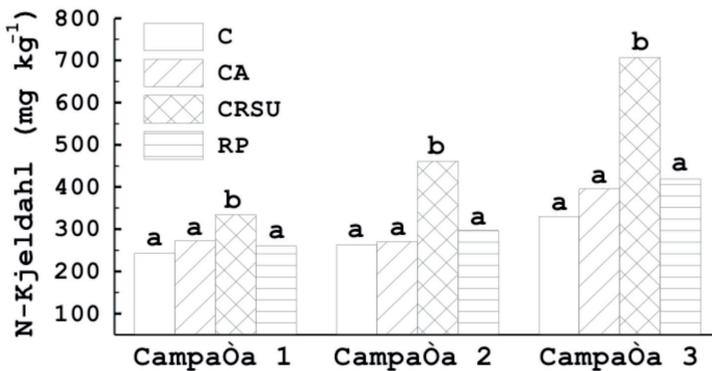


FIGURA 4. Contenido de nitrógeno Kjeldahl al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente (p<0,05).

Las concentraciones medias de P-disponible en el suelo medidas al final de cada campaña tendieron a aumentar a lo largo del experimento (Fig. 5). Asimismo, al final de cada campaña, los valores en las parcelas tratadas, especialmente RP, fueron más altos que en las parcelas control, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas hasta el final de la Campaña 3. El aumento de los contenidos de P-disponible en los suelos tratados con residuos orgánicos ha sido un hecho constatado por numerosos autores (Cabrera *et al.*, 1991; Giusquiani *et al.*, 1995).

En la (Fig. 6) se observa que en las tres campañas, los valores medios más altos de K-disponible se encontraron en el suelo tratado con CA. Incrementos significativos en los contenidos de K disponible en distintos suelos tratados con compost de alpechín, han sido publicados por López *et al.* (1993). Los valores más bajos durante toda la experimentación correspondieron al suelo control, que no recibió aportes de K en fondo, y al suelo tratado con RP, que es un residuo muy pobre en potasio.

En las tres campañas, los valores medios de Ca y Mg disponibles fueron mayores en las parcelas tratadas con RP (Figuras 7 y 8).

En lo que respecta al cultivo (datos no

mostrados), la fertilización orgánica de fondo no dio lugar a diferencias significativas atribuibles a los tratamientos en el estado nutricional de la planta y en la calidad del fruto. Sin embargo, la fertilización orgánica originó valores ligeramente inferiores que los del tratamiento control (Burgos, 2001). Según López *et al.* (1998) la variedad de fresón Camarosa responde negativamente a un exceso de nitrógeno en el suelo, por lo que la aplicación en fondo de productos que aporten nitrógeno orgánico debería acompañarse de una reducción de la fertilización (Burgos, 2001).

## CONCLUSIONES

La aplicación como fertilizante de fondo durante tres años de un compost de alpechín, un compost de residuos sólidos urbanos y un residuo de papelera, aumentó considerablemente los contenidos de materia orgánica y nitrógeno y en menor grado la disponibilidad del fósforo, potasio, calcio y magnesio. Se pone de manifiesto, por tanto, la utilidad de estos productos, para mejorar la calidad de los suelos agrícolas especialmente aquellos que presentan bajos niveles de materia orgánica.

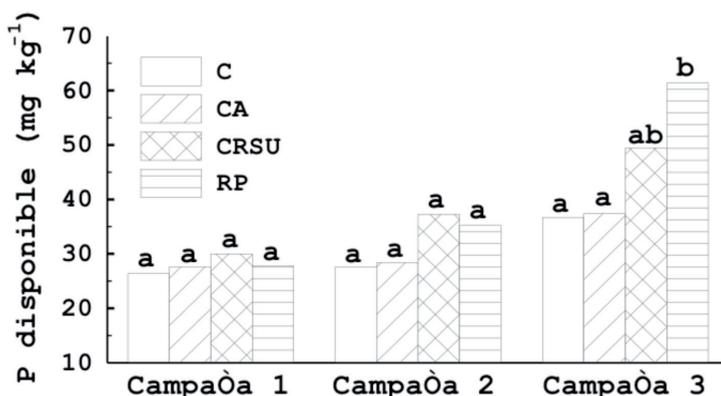


FIGURA 5. Contenido de fósforo disponible al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

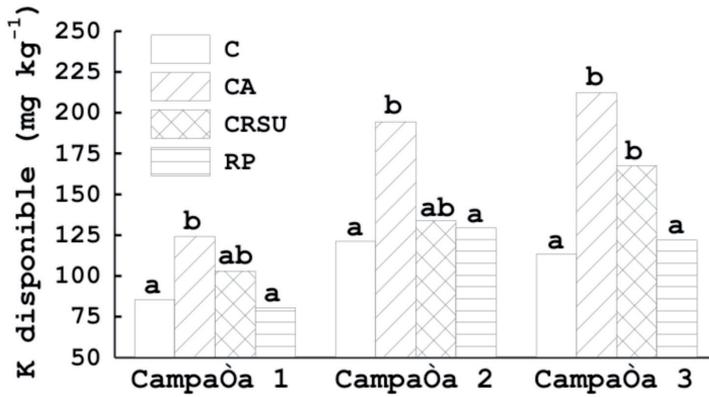


FIGURA 6. Contenido de potasio disponible al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

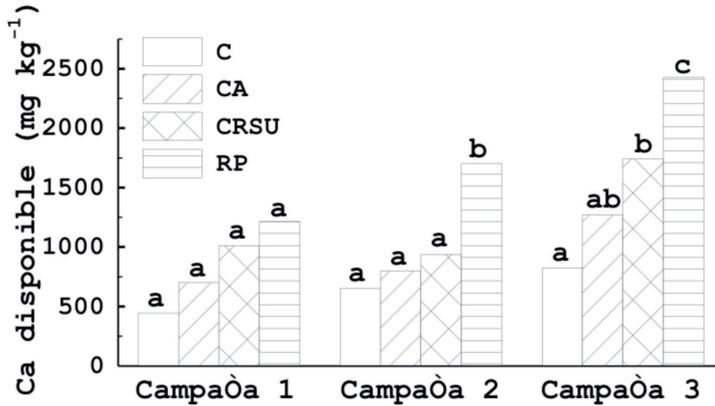


FIGURA 7. Contenido de calcio disponible al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

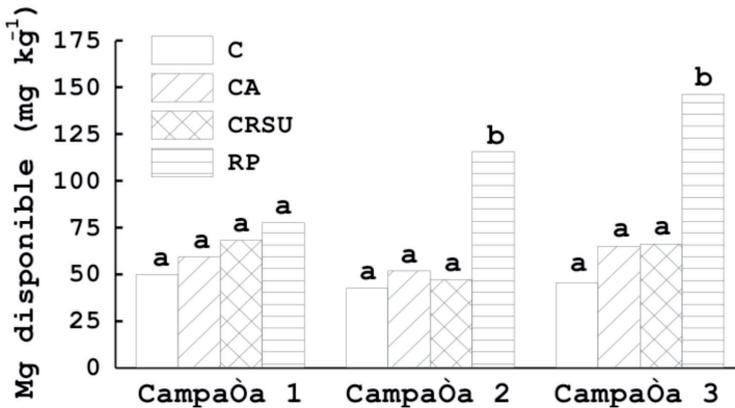


FIGURA 8. Contenido de magnesio disponible al final de las tres campañas de experimentación. En cada campaña los valores con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

## REFERENCIAS

- Bellamy, K.L. & Chong, C. (1995). Paper sludge utilization in agriculture and container nursery culture. *J. Environ. Qual.* 24: 1074-1083.
- Bower, C.A., Reitemeier, R.F. & Fireman, M. (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 73: 251-261.
- Bullock, P. (1997). Sustainable development of soils in western Europe: an overview. *Edafología (Edición especial 50 aniversario de la S.E.C.S. Ponencias)*, pp. 109-123.
- Burgos, P. (2001). Residuos orgánicos en cultivos de Fresón y naranjo: valoración agronómica y medioambiental. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- Cabrera, F., Murillo, J.M., López, R. & Hernández, J.M. (1991). Fate of phosphorus added with urban compost to a calcareous soil. *J. Environ. Sci. Health, B.*, 26 (1): 83-97.
- Chen, L., Dick, W.A., Streeter, J.G., Hoitink, H.A.J., (1996). Ryegrass utilization of nutrients released from composted biosolids and cow manure. *Compost Sci. Util.* 4, 73-83.
- Entry, J.A., Wood, B.H., Edwards, J.H. & Wood, C.W. (1997). Influence of organic by-products and nitrogen source on chemical and microbiological status of an agricultural soil. *Biol. Fertil. Soil*, 24: 196-204.
- Giusquiani, P.L., Pagliani, M., Gigliotti, G., Businelli, D., Benetti, A. (1995). Urban waste composts: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.* 24: 175-182.
- Hesse, P.R. (1971). A textbook of soil chemical analysis. Ed. John Murray, London, UK.
- López, R., Cabrera, F. Murillo, J.M. Fernández, M. Sánchez, M.C. (1993). El compost de alpechín como fertilizante orgánico: Efectos sobre el ryegrass en un ensayo de invernadero. IX Cong. Nac. Quim. ANQUE, Sevilla. Vol 2, 181-188.
- López, R., García, I., Cabrera, F. & Murillo, J.M. (1998). Nitrato en peciolo de fresa. XV Jornadas Agrícolas y Comerciales sobre Fresón y Cítricos de El Monte. Huelva.
- Madejón, E., López, R., Murillo J.M., Cabrera, F (2001). Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse compost: effect on crop and chemical properties of a ambisol soil in the Guadalquivir river valley. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 55-65.
- Madejón, E., Burgos, P., López, R., Cabrera, F. (2003). Agricultural use of three organic residues: effect on orange production and on properties of a soil of the Comarca "Costa de Huelva" (SW Spain). *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 65, 281-288.
- Muse, J.K. y Mitchell, C.C. (1995). Paper mill boiler ash and lime by-products as soil liming materials. *Agron. J.* 87, 432-438.
- Olsen, S.R., Cole, C.W., Watanabe, F.S. & Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dep. of Agriculture. Circular 939.
- Rodella, A.A., Fischer, K.R., Alcarde, J.C. (1995). Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic litter. *Commun. Soil Sci. Planta Anal.* 26, 1961-1967.
- Soil Survey Staff (1996). Keys to Soil Taxonomy. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC.
- Yeomans J.C. y Bremner, J.M. (1988). A rapid and precise method for routine deter-

mination of organic carbon in soil.  
Commun. Soil Sci. Plant Anal. 19,  
1467-1476.

Walkley, A. y Black, J.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38