

# Calidad del suelo en huertos de cítricos ecológicos

**G. Rocuzzo<sup>1</sup>, F. Pomares<sup>2</sup>, M. Estela<sup>2</sup>, F. Tarazona<sup>2</sup>, M. O. Sala<sup>2</sup>, R. Albiach<sup>2</sup>, T. Campos<sup>2</sup>, C. Diego<sup>3</sup>, V. Borrás<sup>3</sup> y D. Yuste<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Istituto Sperimentale per l'Agrumicoltura, Corso Savoia 190, 95024 Acireale, Italia.

<sup>2</sup> Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.) Apartado Oficial 46113 Moncada (Valencia).

<sup>3</sup> Escuela Capacitación Agraria. Catarroja (Valencia).

<sup>4</sup> Federación de Cooperativas Agrarias Comunidad Valenciana. Cronista Carreres, 9-6º B. 46003 Valencia.

## RESUMEN

El mantenimiento de la fertilidad del suelo contemplada globalmente en los aspectos físicos, químicos y biológicos es un factor clave en el sistema de producción ecológica. De ahí que en este sistema agrario se ponga un particular énfasis en la fertilización orgánica. En este estudio se comparan los resultados de varios indicadores de la calidad del suelo registrados en un grupo de 21 parcelas de cítricos ecológicos y otras tantas convencionales.

La fertilidad del suelo en los huertos ecológicos resultó superior a la obtenida en los convencionales. Las actividades enzimáticas (fosfatasa alcalina y deshidrogenasa) se revelaron interesantes indicadores de los cambios a corto plazo de la calidad del suelo. La introducción de prácticas de fertilización ecológica con reducción en las aportaciones de insumos no afectó de forma significativa al estado nutritivo de los huertos de cítricos evaluados mediante análisis foliar. El sistema ecológico tampoco afectó de forma significativa al nivel de micorización ni a las poblaciones de nematodos y hongos nematófagos.

## INTRODUCCIÓN

Al reciente desarrollo del trabajo del método de producción biológica no corresponde, sobre todo en las condiciones culturales del área mediterránea, una masa crítica de datos experimentales que pueda favorecer la rápida introducción de innovaciones con el fin de mejorar productos y procesos. El método biológico de producción ofrece, respecto a otros métodos de producción agrícola, la oportunidad de profundizar en aspectos que pueden ser útiles para la mejor utilización de los recursos no renovables.

La calidad del suelo (soil quality/health) y un adecuado grado de biodiversidad son factores que están en la base de la gestión de agroecosistemas sostenibles (Doran *et al.*, 1994, Kennedy y Smith, 1995, McLaughlin y Mineau, 1995). La calidad del suelo es el producto final de procesos degradativos y conservadores y es un concepto útil para la integración de anotaciones de tipo descriptivo y analítico sobre sus componentes físicos,

químicos y biológicos (Doran *et al.*, 1996). Diferencias no significativas entre los componentes biológicos pueden ser una señal de alarma de la degradación del suelo y pueden ser utilizados como indicadores de una correcta gestión del mismo o en la comparación entre métodos de producción (Doran *et al.*, 1996, Reganold *et al.*, 1993). La calidad del suelo expresa su capacidad para desarrollar sus funciones en los agroecosistemas, de promover la productividad biológica y de favorecer el estado sanitario de los vegetales, de los animales y del hombre (Doran *et al.*, 1994).

Entre los indicadores de calidad del suelo se pueden considerar bien los parámetros químicos y físicos normalmente utilizados, bien algunos parámetros relativos a la actividad biológica. Estos últimos presentan particular importancia en el sistema biológico porque la actividad de los microorganismos es parte integrante de los ciclos de los principales elementos de la nutrición vegetal. De la genérica noción de biodiversidad es también posible pasar a la valoración de los efectos de la eliminación de los inputs de fertilizantes y biocidas de síntesis en el agroecosistema sobre la fertilidad del suelo (Nannipieri *et al.*, 1990, Kennedy y Papendick, 1995).

La aplicación del método de producción biológico ha despertado la perplejidad por lo que concierne a la eficiencia productiva. La determinación de los niveles foliares de los elementos nutritivos representa una primera aproximación en este tipo de valoraciones (Legaz *et al.*, 1995, Intrigliolo *et al.*, 1998).

Otro aspecto de la aplicación del método de la agricultura biológica es el relativo a la introducción o al mantenimiento de un cierto grado de diversidad biológica, con el fin de favorecer bien la actividad de los organismos promotores del crecimiento de las plantas (micorrizas, microorganismos azotofisatorios simbióticos y no simbióticos, etc.), bien la de los antagonistas naturales de los patógenos y parásitos, que pueden ser así mejor controlados.

La investigación ha tenido el tiempo de evaluar los efectos de las aplicaciones de dos métodos de producción de los cítricos de la Comunidad Valenciana (convencional y biológico) sobre la fertilidad de los suelos, evidenciando, en la medida de lo posible, los parámetros más eficaces poniendo en relieve las diferencias eventuales. Al mismo tiempo han sido estudiados los niveles foliares de los elementos nutritivos. Para la valoración de los efectos de la adopción del método de producción biológico sobre la biodiversidad han sido estudiados algunos parámetros relativos a la presencia de organismos activos en el suelo como la consistencia del banco de semillas.

## METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

| Localidad  | Cultivo          | Localidad | Cultivo               |
|------------|------------------|-----------|-----------------------|
| Alcira     | Naranja Navelina | Gandía    | Clementina de Nules   |
| Alcira     | Naranja Navelina | Liria     | Naranja Navelina      |
| Alcira     | Naranja Navelina | Luchente  | Naranja Navelina      |
| Alcira     | Naranja Navelina | Pego      | Naranja Navelina      |
| Benifayó   | Satsuma          | Pego      | Satsuma               |
| Benifayó   | Naranja Navelate | Simat     | Naranja Valencia late |
| Carcagente | Naranja Navelina | Tabernes  | Naranja Navelina      |
| Carrícola  | Naranja W. navel | Vergel    | Naranja Sallustiana   |
| Carrícola  | Naranja W. navel | Xeresa    | Satsuma               |
| Cheste     | Naranja Navelina | Xeresa    | Satsuma               |
| Gandía     | Naranja Navelina |           |                       |

Figura 1. Localización de las parcelas y especie o variedad cultivada.

Han sido estudiadas 21 pares de parcelas cultivadas de naranjos en las zonas de producción más importantes de la Comunidad Valenciana (Figura 1). Cada repetición estaba constituida por cítricos coetáneos, similares en todo lo referente a orden de instalación, condiciones pedoclimáticas, sistema de irrigación, y que diferían solamente por el método de producción (convencional /ecológico). Todos los cítricos biológicos habían superado el periodo de conversión.

En el periodo comprendido entre los meses de Octubre y Diciembre de 1996 se ha efectuado el muestreo de los suelos en el horizonte 0 - 40 cm, siguiendo para ello las dos diagonales en cada una de las parcelas. Las muestras así tomadas se han homogeneizado, pasado por un tamiz de 2 mm de luz de malla para la separación de las partículas gruesas y dejadas secar al aire antes del análisis (Tabla 1).

| Parámetro             | unidad de medida  | Parámetro                   | unidad de medida |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------|------------------|
| fosfatasa alcalina    | µg PNF/ g suelo.h | K intercambio               | meq/100 g suelo  |
| deshidrogenasa        | µg TFP/ g suelo.h | extracto de saturación (es) | %                |
| arcilla               | %                 | cond. eléctrica es (CE)     | dS/m             |
| limo                  | %                 | pH (es)                     |                  |
| arena                 | %                 | Ca (es)                     | meq/ l           |
| carbonatos            | %                 | Mg (es)                     | meq/ l           |
| caliza activa         | %                 | Na (es)                     | meq/ l           |
| pH agua               |                   | K (es)                      | meq/ l           |
| pH KCl                |                   | bicarbonatos (es)           | meq/ l           |
| materia orgánica (MO) | %                 | cloruros (es)               | meq/ l           |
| C                     | %                 | sulfatos (es)               | meq/ l           |
| N                     | %                 | SAR                         |                  |
| C/N                   |                   | SAR ajustado                |                  |
| nitratos              | ppm               | Cu *                        | ppm              |
| P                     | ppm               | Fe *                        | ppm              |
| Ca intercambio        | meq/100 g suelo   | Mn *                        | ppm              |
| Mg intercambio        | meq/100 g suelo   | Zn *                        | ppm              |
| Na intercambio        | meq/100 g suelo   | flora                       | n° emergencias   |

Tabla 1. Análisis efectuados en las muestras de suelo.

El análisis realizado para la valoración de la actividad enzimática ha sido el relativo a la actividad de la fosfatasa alcalina por incubación del sustrato p-nitrofenil fosfato disódico y la de la actividad de la deshidrogenasa por incubación del sustrato 2,3,5-trifeniltetrazolio (Albiach, 1997).

Todos los análisis químicos y fisico-químicos del terreno has sido efectuados según los métodos oficiales de análisis (AOAC, 1980, MAPA, 1986).

De las muestras de suelo ha sido extraída una alícuota (2000 ml aprox.) que ha sido puesta en bandejas (35x20x10 cm) e irrigadas para favorecer la germinación de las semillas de malas hierbas con el fin de determinar el banco de semillas (Carretero, 1977).

Contemporáneamente al muestreo del terreno se han tomado muestras de raíces de cuatro plantas por cada parcela, homogeneizando tres submuestras tomadas a 120° bajo la proyección de la copa, para determinar la presencia de nematodos de los cítricos (hembras de *Tylenchulus semipenetrans* Cobb.), de hongos nematófagos presentes en la rizosfera y el estado de micorrización de las raíces de los cítricos (Tabla 2).

| Parámetro                        | unidad de medida  |
|----------------------------------|-------------------|
| <i>Tylenchulus semipenetrans</i> | hembras/ g raíz   |
| hongos nematófagos               | n° aislados placa |
| micorrización                    | % infección       |

Tabla 2. Análisis efectuados en las muestras de raíces.

El análisis nematológico así como el relativo a la presencia de antagonistas naturales han sido realizados según el método indicado en un trabajo anterior (Rocuzzo *et al.*, 1992).

La valoración del estado de micorrización de las raíces de los cítricos ha sido efectuada previa coloración diferencial y valoración de las raíces micorrizadas (Giovannetti y Mosse, 1980).

Por otra parte, en el periodo Octubre-Noviembre de 1996, de cada parcela han sido tomadas muestras de hojas para la valoración de los niveles de los elementos nutritivos en las plantas según el método standard (Legaz *et al.*, 1995) (Tabla 3). También el análisis del material vegetal ha sido efectuado según los métodos oficiales (AOAC, 1980, MAPA, 1986).

| <b>Parámetro</b> | <b>unidad de medida</b> |
|------------------|-------------------------|
| N                | %                       |
| P                | %                       |
| K                | %                       |
| Ca               | %                       |
| Mg               | %                       |
| Fe               | ppm                     |
| Cu               | ppm                     |
| Zn               | ppm                     |
| Mn               | ppm                     |

Tabla 3. Análisis efectuados en las muestras de hojas.

Los datos han sido sometidos a un análisis de varianza y han sido efectuadas regresiones múltiples stepwise, para valorar la incidencia de los principales parámetros fisico-químicos y biológicos sobre la actividad enzimática del terreno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes del análisis de la varianza ha sido colocada una matriz de correlación general para evitar el considerar datos redundantes, en cuanto fuertemente correlacionados. Por este motivo los datos de los siguientes parámetros (Tabla 1) no han estado considerados ( $r > \pm 0,9$ ): limo (con arcilla y arena), carbonatos (con caliza activa), Na intercambiable y Na determinado en el extracto de saturación (es) (correlacionados entre sí y con SAR y SAR ajustado), Ca (es) (con la conductividad eléctrica - CE), SAR (con SAR ajustado). Los parámetros considerados en las elaboraciones de los datos expuestos a continuación son todos los restantes en las Tablas 1 y 2.

Ha sido efectuado un test multivariado del análisis de la varianza (MANOVA) para valorar las eventuales diferencias existentes entre los dos grupos de datos relativos a los parámetros fisico-químicos y biológicos del suelo estudiado.

Los datos, expuestos en la Tabla 4, muestran como existen diferencias altamente significativas entre aquellos de las empresas llevadas según el método de producción biológica y los llevados según técnicas convencionales. De los resultados de los test univariados (ANOVA) se observa cómo tales diferencias han sido imputables principalmente a algunos parámetros, siendo éstos, en orden decreciente de importancia, los bicarbonatos (es), la relación C/N, la actividad de la deshidrogenasa, el contenido en materia orgánica, el potasio (es), la actividad de la fosfatasa alcalina y el magnesio (es).

| MANOVA: Rao R (32, 9) = 5,79; p<0,004 |                    |              |           |            |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|-----------|------------|
| Parámetro (ANOVA)                     |                    | Convencional | Ecológico | nivel de p |
| T. semipenetrans                      | hembras/ g raíz    | 902,3        | 859,2     | 0,753      |
| hongos nematófagos                    | n° aislados placa  | 1,67         | 1,81      | 0,742      |
| micorrización                         | % infección        | 5,85         | 7,68      | 0,471      |
| flora                                 | n° emergencias     | 4,33         | 13,14     | 0,052      |
| fosfatasa alcalina                    | µg PNF/ g suelo.h  | 304,2        | 382,8     | 0,024      |
| deshidrogenasa                        | µg TFP/ g suelo.h  | 4,73         | 6,41      | 0,006      |
| arcilla                               | %                  | 27,58        | 24,36     | 0,218      |
| arena                                 | %                  | 37,50        | 40,91     | 0,507      |
| caliza activa                         | %                  | 6,24         | 6,21      | 0,986      |
| pH agua                               |                    | 7,88         | 7,79      | 0,226      |
| pH KCl                                |                    | 7,26         | 7,27      | 0,794      |
| MO (C x 1,724)                        | %                  | 1,97         | 2,52      | 0,012      |
| N                                     | %                  | 0,12         | 0,19      | 0,121      |
| C/N                                   |                    | 9,77         | 10,20     | 0,041      |
| nitratos                              | ppm                | 5,53         | 7,71      | 0,414      |
| P                                     | ppm                | 14,60        | 15,98     | 0,588      |
| Ca intercambio                        | meq/ 100 g suelo   | 16,47        | 16,06     | 0,675      |
| Mg intercambio                        | meq/ 100 g suelo   | 2,31         | 2,51      | 0,350      |
| K intercambio                         | meq/ 100 g suelo   | 0,72         | 0,77      | 0,617      |
| es                                    | %                  | 44,84        | 45,66     | 0,679      |
| CE                                    | dS m <sup>-1</sup> | 0,54         | 0,69      | 0,051      |
| pH (es)                               |                    | 7,30         | 7,29      | 0,850      |
| Mg (es)                               | meq/ l             | 1,09         | 1,53      | 0,039      |
| K (es)                                | meq/ l             | 0,26         | 0,52      | 0,023      |
| bicarbonatos (es)                     | meq/ l             | 3,81         | 4,86      | 0,000      |
| cloruros (es)                         | meq/ l             | 0,69         | 0,98      | 0,404      |
| sulfatos (es)                         | meq/ l             | 1,37         | 1,90      | 0,397      |
| SAR ajustado                          |                    | 1,14         | 1,22      | 0,781      |
| Cu *                                  | ppm                | 2,66         | 6,22      | 0,308      |
| Fe *                                  | ppm                | 8,45         | 7,54      | 0,512      |
| Mn *                                  | ppm                | 6,55         | 6,76      | 0,854      |
| Zn *                                  | ppm                | 5,00         | 5,19      | 0,880      |

Tabla 4. Resultados del test multivariante del análisis de la varianza (MANOVA) y de los test univariantes (ANOVA) para la comparación entre métodos de producción.

Del análisis de los datos se observa cómo otros parámetros se aproximan al límite de significatividad, contribuyendo así al resultado del test MANOVA.

| Especie                       | Convencional | Ecológico |
|-------------------------------|--------------|-----------|
| <i>Portulaca oleracea</i>     | 10           | 14        |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | 7            | 9         |
| <i>Setaria verticillata</i>   | 5            | 10        |
| <i>Chenopodium album</i>      | 3            | 8         |
| <i>Sonchus oleraceus</i>      | 2            | 5         |
| <i>Solanum nigrum</i>         | 2            | 4         |
| <i>Cyperus rotundus</i>       | 2            | 4         |
| <i>Conyza bonariensis</i>     | 1            | 2         |
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | -            | 2         |
| <i>Equisetum ramosissimus</i> | -            | 2         |
| <i>Stellaria media</i>        | -            | 2         |
| <i>Digitaria sanguinalis</i>  | -            | 2         |
| <i>Diploaxis eruroides</i>    | -            | 2         |
| <i>Echinochloa colonum</i>    | -            | 1         |
| <i>Senecio vulgaris</i>       | -            | 1         |

Tabla 5. Especies de adventicias.

En el caso de la conductividad eléctrica ésto se explica por la cantidad de magnesio, potasio y bicarbonatos. En lo que respecta al número de emergencia de malas hierbas, los datos relativos a las parcelas llevadas según técnicas biológicas resultan tres veces superiores que los de las parcelas de cultivo tradicional; en este caso, el alto coeficiente de variabilidad (CV= 168,88) explica la ausencia de diferencias estadísticas significativas. De hecho, como se muestra en la Tabla 5, considerando el número de especies emergidas (media convencional = 1,33; media biológica = 3,14; CV = 91,5), la diferencia entre los

grupos resulta estadísticamente significativa ( $p < 0,003$ ). Ninguna diferencia estadísticamente significativa ha sido registrada por la presencia de hongos nematófagos aunque han sido aislados un mayor número de especies (Tabla 6).

| Especie                                   | Convencional | Ecológico |
|---|--------------|-----------|
| <i>Arthrobotrys oligospora</i>            | 9            | 11        |
| <i>Monacrosporium salinum</i>             | 7            | 6         |
| <i>A. dactyloides</i>                     | 5            | 6         |
| <i>M. ellipsosporium</i>                  | 1            | 5         |
| <i>A. conoides</i>                        | 1            | 2         |
| <i>Catenaria anguillulae</i> <sup>y</sup> | 1            | 2         |
| <i>Meria coniospora</i> <sup>y</sup>      | -            | 1         |

Tabla 6. Especies de hongos nematófagos aislados.

<sup>y</sup> Aislados en placas con agar.

Los datos de los análisis foliares no han sido insertos en el test MANOVA junto a los parámetros del terreno ya que éstos son relativos a numerosas especies o variedad, con diversas respuestas fisiológicas y diversos valores de los estándares foliares de referencia. El test MANOVA efectuado solamente con los valores foliares de los cultivares similares han mostrado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos considerados (datos no expuestos). Como se puede ver en la Tabla 7, en la que se exponen los valores foliares medios, no existen diferencias estadísticamente significativas incluso para los elementos aislados. Los niveles de N, Ca, Mg, Fe y Zn resultaron para ambos grupos ser valores normales con respecto al standard de referencia (Legaz *et al.*, 1995, Intrigliolo *et al.*, 1998). Para el fósforo ambos valores recayeron en la franja de dotación alta, así como para el manganeso en la franja de dotación baja. Los valores del potasio son normales para los cítricos convencionales y ligeramente altos para los llevados según métodos biológicos, mientras que ocurre lo contrario para los brotes.

| Parámetro | Convencional | Ecológico | nivel de p |
|-----------|--------------|-----------|------------|
| N %       | 2,55         | 2,52      | 0,537      |
| P %       | 0,17         | 0,18      | 0,345      |
| K %       | 0,98         | 1,08      | 0,324      |
| Ca %      | 4,88         | 4,79      | 0,728      |
| Mg %      | 0,30         | 0,26      | 0,232      |
| Fe ppm    | 69,7         | 72,0      | 0,726      |
| Cu ppm    | 20,5         | 11,0      | 0,115      |
| Mn ppm    | 22,5         | 15,0      | 0,152      |
| Zn ppm    | 58,3         | 47,6      | 0,384      |

Tabla 7. Comparación entre métodos de producción de los análisis foliares.

En las Tablas 8 y 9 se exponen los resultados de las regresiones múltiples stepwise para la valoración de la influencia de los parámetros físico-químicos y biológicos del terreno sobre la actividad enzimática relevante. En ambos casos las funciones son altamente significativas, alcanzando en el caso de la fosfatasa alcalina el 66,42% y en el caso de la deshidrogenasa el 73,07% de la variabilidad obtenida. Las regresiones muestran cómo, para ambos casos, en la actividad enzimática, el contenido de materia orgánica del suelo ha ejercido un marcado efecto altamente significativo.

| R=0,8150, R2=0,6642, p<0,0000 |                               |                                 |            |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| parámetro                     | coeficiente regresión parcial | coeficiente correlación parcial | nivel de p |
| MO                            | 107,76                        | 0,782                           | 0,0000     |
| pH                            | 215,18                        | 0,589                           | 0,0000     |
| micorrización                 | 2,83                          | 0,321                           | 0,0432     |

Tabla 8. Regresión múltiple para la evaluación del efecto de los parámetros físico-químicos del suelo sobre la actividad de la fosfatasa alcalina (variables incluidas en la función).

Para la fosfatasa alcalina (Tabla 8) los resultados de la regresión muestran cómo sea por el pH, sea por el índice de micorrización, se han correspondido positivamente, aunque se tenga diferente nivel de significación estadística. En ambos casos se trata de una confirmación, visto el rango de actividad de la enzima y las características fisiológicas de las micorrizas (Bethlenfalvai y Linderman, 1992).

En el caso de la deshidrogenasa los diversos parámetros incluidos en la ecuación tienen efectos diferentes como se muestran en la Tabla 9.

| <b>R=0,8548, R2=0,7307, p&lt;0,0000</b> |                               |                                 |            |
|---|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| parámetro                               | coeficiente regresión parcial | coeficiente correlación parcial | nivel de p |
| MO                                      | 2,4462                        | 0,7987                          | 0,0000     |
| K (es)                                  | -2,6314                       | -0,6884                         | 0,0000     |
| Arena                                   | 0,0576                        | 0,6928                          | 0,0001     |
| Mg intercam.                            | 1,4001                        | 0,6345                          | 0,0001     |
| Zn *                                    | -0,2368                       | -0,6169                         | 0,0009     |
| Cu *                                    | -0,0633                       | -0,5797                         | 0,0013     |

Tabla 9. Regresión múltiple para la evaluación del efecto de los parámetros físico-químicos del suelo sobre la actividad de la deshidrogenasa (variables incluidas en la función).

## CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación muestran cómo existen diferencias en los indicadores de calidad del suelo entre los dos grupos comparados. La fertilidad del terreno en los cítricos llevados según el método de producción biológica parece ser mejor, como se deduce de los resultados del test MANOVA y de los test ANOVA. El análisis de los últimos pone de relieve la importancia de la actividad enzimática estudiada, que podría ser utilizada como índice de calidad para verificar cambios en la fertilidad del suelo a corto-medio plazo.

El nivel más bajo de inputs externos no ha tenido repercusiones sobre las respuestas de las plantas, como se deduce de la ausencia de diferencias en los valores foliares de elementos nutritivos, valorados por cultivares similares.

La aplicación de método de producción biológica no a llevado a un sustancial aumento de la micorrización de las raíces de los cítricos o del nivel de antagonistas naturales, como se observa en el caso de nematodos de los cítricos, cuyos niveles de población han resultado estadísticamente no diferentes. Empiezan a ser evidentes, sin embargo, los efectos sobre el número de especies espontáneas estudiadas.

La fertilidad del suelo en los huertos ecológicos resultó superior a la obtenida en los convencionales.

Las actividades enzimáticas (fosfatasa alcalina y deshidrogenasa) se revelaron interesantes indicadores de los cambios a corto plazo de la calidad del suelo.

La introducción de prácticas de fertilización ecológica con reducción en las aportaciones de insumos no afectó de forma significativa al estado nutritivo de los huertos citrícolas evaluados mediante análisis foliar.

El sistema ecológico tampoco afectó de forma significativa al nivel de micorrización ni a las poblaciones de nematodos y hongos nematófagos: tendencia a largo plazo.

Empiezan a manifestarse unas diferencias en el banco de semillas de adventicias en el suelo: un mayor número de especies en las parcelas ecológicas.

## REFERENCIAS:

- Albiach Vila, M. R. 1997. Estudio de varios índices de actividad biológica del suelo en relación a diferentes aportaciones de enmiendas orgánicas. *Tesis doctoral*, Universidad de Valencia, España.
- Asociacion of Official Analytical Chemists. 1980. Official methods of the Asociacion of Official Analytical Chemists. Washington D.C., USA.
- Bethlenfalvay, G. J. y Linderman R. G. (Eds.). 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. *ASA Special Publication Number 54*. Madison, Wisconsin, USA. 124 pp.
- Carretero, J. L. 1977. Estimación del contenido de semillas de malas hierbas de un suelo agrícola como predicción de su flora adventicia. *Anales Instituto Botánico Cavanilles*, **34**: 267-278.
- Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F. y Stewart B. A. (Eds.). 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. *SSSA Special Publication Number 35*. Madison, Wisconsin, USA. 244 pp.
- Doran, J. W., Sarrantonio, M. y Liebig M. A. 1996. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, **56**: 1-54.
- Giovannetti, M. y Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, **84**: 489-500.
- Intrigliolo, F., Tittarelli, F., Rocuzzo, G. y Canali, S. 1998. Fertilizzazione degli agrumi. *L'Informatore agrario*, **54 (9)**: 79-84.
- Kennedy, A. C. y Papendick, R. I. 1995. Microbial characteristics of soil quality. *J. Soil Water Conservation*, **46**: 243-248.
- Kennedy, A. C. y Smith, K. L. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant and Soil*, **170**: 75-86.
- Legaz, F., Serna, M. D., Ferrer, P., Cebolla, V. y Primo-Millo, E. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. Generalitat Valenciana - Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Valencia, España.
- McLaughlin, A. y Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **55**: 201-212.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1986. Metodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Madrid, España. 532 pp.
- Nannipieri, P., Ceccanti, B. y Grego, S. 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: *Soil Biochemistry* vol 6. Eds. J.M. Bollag and G. Stotzky, pp. 293-355. M. Dekker, New York.
- Reganold, J. P., Palmer, A. S., Lockhart, J. C. y Macgregor, A. N. 1993. Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand. *Science*, **260**: 344-349.
- Rocuzzo, G., Ciancio, A. y Lo Giudice V. 1992. Some observation on the ecology of the citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* Cobb in Southern Italy. *Proceedings International Society of Citriculture*, March 8-13, 1992, Acireale, Italy, Vol. **3**: 950-952.