

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN CONTINUADA DE RESTOS DE PODA DE OLIVO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UN SUELO DE OLIVAR

Ordóñez, R.¹, Ramos, F.J.¹, González, P.¹, Pastor, M¹ y Giráldez, J.V.²

¹ Dpto. de Suelos y Riegos, CIFA de Córdoba, DGIFAJA, e-mail: rordonez.cifao@cap.junta-andalucia.es

² Dpto. de Agronomía, ETSIAM, Univ. De Córdoba.

RESUMEN. El mantenimiento continuado de una cubierta de residuos de la poda del olivo, durante seis años, además de proteger al suelo contra la erosión y la desecación, y reponer parcialmente la extracción de nutrientes, ha causado modificaciones físicas y químicas en el mismo. Los resultados muestran un aumento del porcentaje de materia orgánica en los primeros centímetros del perfil que determina un descenso de la densidad aparente y de la resistencia a la penetración en las parcelas enmendadas. Las concentraciones de fósforo y potasio aumentan con los residuos, comparado con lo que ocurre en el suelo desnudo pero esta relación se invierte cuando se considera la zona bajo la copa del árbol.

ABSTRACT. The continued maintenance of a mulch layer of olive tree pruning residues, during six years, for the protection of the soil against erosion and desiccation losses, and for the partial restitution of the extracted nutrients, has induced physico-chemical changes in the soil. The results show an increase of the organic matter content in the shallower soil layers, a few cm, which contributes to the lowering of both bulk density and penetration resistance of the soil. Phosphorus and potassium contents increase under the mulch layer in the open space with respect to the equivalent bare soil zones. This trend is reversed under that tree canopies.

1.- Introducción

Uno de los principales problemas del olivar tradicional, es la escasa fertilidad de muchos de los suelos en los que se cultiva. Se ha dedicado a este cultivo tierras marginales, en donde no se podía plantar otra especie. Por ello su cultivo implica, además de la fertilidad, una difícil mecanización, que aumenta el coste de producción, y, especialmente, una elevada pérdida de suelo por erosión.

Aunque de forma imprecisa, algunas referencias como el MOPU (1990) estiman las pérdidas de suelo en Andalucía en torno a 8 kg m⁻² año⁻¹, lo que supone el doble de la correspondiente pérdida en cultivos herbáceos de secano y el cuádruple de la de zonas con cubierta de arbusto y matorral, también según otras estimaciones aproximadas (Castro, 1993). Sean éstas las pérdidas o no, es evidente el efecto nocivo de la erosión en la Agricultura y en el Ambiente, lo que requiere tomar alguna medida para paliar tales efectos.

Numerosas prácticas agrícolas favorecen la pérdida de suelo como el laboreo siguiendo líneas de máxima pendiente, la eliminación de la cubierta vegetal del suelo, la compactación por el tránsito de maquinaria agrícola pesada, el pastoreo excesivo o el pase de rulo para alisar el suelo antes de recolección de la aceituna. Estas prácticas pueden ser sustituidas por otras de similar eficiencia pero menos agresivas. De hecho las diferentes Administraciones están promoviendo acciones para estimular las prácticas conservadoras, apoyadas simultáneamente por Programas de Investigación y Desarrollo.

Complementariamente se tiende a eliminar la acumulación de residuos agrícolas convirtiéndolos en enmiendas orgánicas, en un intento de devolver al suelo lo que de él se toma. Así se consigue una cubierta viva con los denominados cultivos de cubierta (p.ej. Power, 1987; Hargrove, 1991), o muerta, malhojo, con restos de vegetación como hojas y restos de poda, que mitigue el impacto de las gotas de lluvia o el esfuerzo de corte de la escorrentía sobre las partículas superficiales del suelo.

En numerosos ensayos de erosión, tanto en campo como en laboratorio empleando simuladores de lluvia, se observa una mayor protección ante la erosión hídrica en los suelos con cubiertas que en los suelos desnudos (Klik, 1991; Rogers y Schumm, 1991). Si no se incorporan los restos al suelo mediante labores someras se consigue una mejor protección (McGregor *et al.*, 1998). También parece que el tamaño medio de los restos influye sobre la retención del agua y del suelo, citando como ejemplo la medida de 8 cm propuesta por Palis *et al.* (1990) para conseguir un efecto de dique, aunque otros autores como Poesen y Lavee, (1991) sugieren que con restos de menor tamaño se consiguen menores pérdidas de suelo.

El uso de cubiertas modifica las propiedades físicas y químicas del suelo, especialmente en la superficie. Hay que evaluar las ventajas de estos sistemas frente al cultivo tradicional, en aspectos como la optimización del uso del agua de lluvia, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y su aprovechamiento racional (Pastor *et al.*, 1996).

Con este estudio, se pretende evaluar las modificaciones físico-químicas que se producen en el suelo como consecuencia del mantenimiento continuado de restos de poda de olivar en su superficie.

2.- Material y métodos

La parcela donde se ha llevado a cabo el ensayo está

situada en la finca Alameda del Obispo del C.I.F.A. de Córdoba, de la Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía. Se trata de un suelo con escasa pendiente formado sobre los sedimentos fluviales del Guadalquivir con textura franco-arenosa con pH 8.4, debido a la presencia de carbonatos (alrededor del 15.4 %).

Para nuestro estudio, y para obtener las condiciones más semejantes posibles, se eligieron parcelas con 250 árboles ha^{-1} , con unas distancias de 6.6 m entre calles y 6 m entre árboles. Para procurar un sombreado parecido al de las parcelas en que se había aplicado restos de poda, se seleccionaron otras con árboles más vigorosos en las que el suelo no tenía cubierta. En el tratamiento con cubierta, se trituraron los restos empleando una picadora que recoge y corta las ramas acordonadas en el centro de la calle. Los restos no se mezclan con suelo mediante labores, sino que quedan sobre la superficie. El diseño empleado en el ensayo es de bloques al azar con dos tratamientos y tres repeticiones.

Cada parcela está formada por cuatro olivos. Sobre una diagonal se marcaron cinco puntos a distancias de 0.25 a 1.25m del árbol, considerados bajo copa, y el resto de las muestras a 2.5, 3.5 y 4.5 m, respectivamente, del árbol, que se consideran fuera de copa o entre líneas.

El suelo fue muestreado con una calicata por cada punto en la que, previa retirada de los restos presentes en superficie, se extrajeron muestras en los intervalos de profundidad de 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 y 15-30 cm, obteniéndose un total de 150 muestras.

El porcentaje de materia orgánica se estimó previa oxidación de la muestra con dicromato potásico según el método descrito por Walkley-Black (Nelson y Sommers, 1996).

El fósforo disponible fue determinado con el método de extracción con solución alcalina tamponada, (Kuo, 1996), bicarbonato sódico, y posterior medida de la concentración en un espectrofotómetro de UV-visible a 882 nm.

El potasio disponible fue medido en un extracto del suelo con acetato amónico, determinando la concentración en del catión en un espectrofotómetro de emisión atómica, (Helmke y Sparks, 1996).

El porcentaje de nitrógeno orgánico se determinó por el método Kjeldahl, basado en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, destilación de la solución así obtenida como amoníaco en presencia de hidróxido sódico, y titulación del mismo con ácido sulfúrico (Stevenson, 1996).

Para medir la densidad aparente se usó un cilindro de volumen conocido. La resistencia a la penetración fue medida con un penetrómetro desarrollado por el Dpto. de Ingeniería Rural de la Universidad de Córdoba, (Agüera, 1986).

3.- Resultados y discusión

Se consideraron dos zonas de muestreo para cada sistema de cultivo: bajo copa y en las calles, o entre líneas. Esta última zona es la más importante en este estudio, debido a

que en ella se acumulan los restos de poda en mayor proporción.

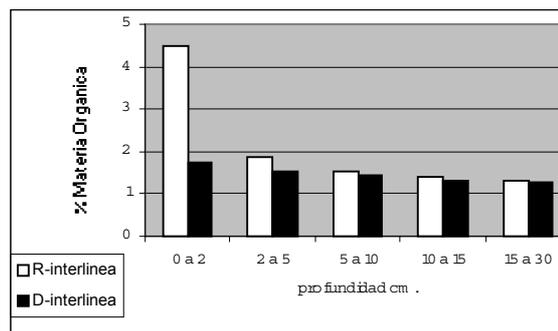


Figura 1. Porcentaje de materia orgánica para los tratamientos considerados a lo largo del perfil para la zona entrelíneas. R-tratamiento con restos de poda D-tratamiento de suelo desnudo

En la fig. 1 se observa un significativo aumento del contenido en materia orgánica en los primeros 5 cm, atribuible a la aplicación continuada de la enmienda durante 6 años consecutivos.

En la zona bajo copa, fig. 2, se han apreciado igualmente diferencias significativas en el horizonte superficial, lo que puede deberse a las hojas, flores y frutos que caen y se acumulan en esta zona, constituyendo a medida que avanza su descomposición un gran aporte de materia orgánica.

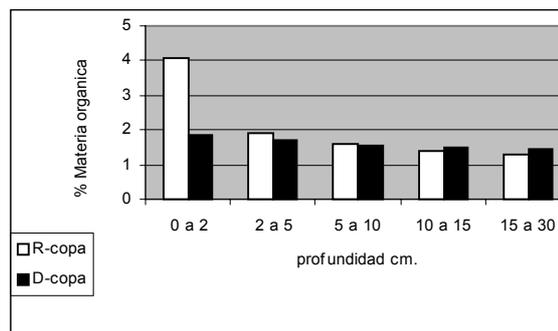


Figura 2. Porcentaje de materia orgánica para los tratamientos considerados a lo largo del perfil para la zona bajo copa.

Hay que señalar también que el porcentaje de materia orgánica descende con la profundidad para todos los tratamientos considerados, lo que coincide con los estudios desarrollados por Pomares (1975) en cítricos. Esto se debe a que la aportación del residuo es insuficiente para modificar un gran volumen de suelo, puesto que para una densidad aparente de $1.1 \cdot 10^3 \text{kg m}^{-3}$ hay una masa de suelo de 11 Mg por ha y mm de perfil, lo que supone una cantidad excesiva para incrementar de forma apreciable su concentración.

El sistema de laboreo no parece influir en gran medida sobre el pH del suelo (Muñoz, 1996). Aún así, en estas condiciones aparecen diferencias significativas en los primeros 2 cm de suelo, tabla 1 de la zona entre líneas con restos de poda, en la que se produce un descenso con respecto a la misma zona pero en el suelo desnudo.

Tabla 1. pH en Cl_2Ca del perfil de suelo para las distintas zonas y tratamientos considerados.

Profundidad	R-copa	R-interl.	D-copa	D-interl.
0 a 2 cm	7.70 a	7.56 a	7.42 a	7.66 b
2 a 5 cm	7.74 a	7.67 a	7.65 a	7.65 a
5 a 10 cm	7.72 a	7.72 a	7.61 a	7.66 a
10 a 15 cm	7.74 a	7.75 a	7.57 a	7.72 a
15 a 30 cm	7.75 a	7.76 a	7.60 a	7.71 a

R-copa (tratamiento con restos de poda, bajo copa)
 R-interlínea (tratamiento con restos de poda, entre la calle de los árboles)
 D-copa (tratamiento de suelo desnudo, bajo copa)
 D-interlínea (tratamiento de suelo desnudo, entre la calle de los árboles)
 Letras distintas indican diferencias significativas, con una F de significancia al 5%.

Se aprecia un aumento del pH con la profundidad pero manteniendo valores muy similares. En cualquier caso y como era de esperar por la presencia de carbonatos en el suelo que amortigua los cambios, las diferencias en los valores de este parámetro entre los distintos tratamientos son escasas.

No se han detectado diferencias significativas en el contenido de potasio bajo diferentes sistemas de cultivo en numerosos estudios. Castro (1993) sólo apreció alguna diferencia a partir de 45 cm de profundidad, en donde disminuía la concentración del catión en el tratamiento de laboreo tradicional frente al del mantenimiento del suelo desnudo o con cubierta vegetal. Muñoz (1996) observó valores distintos de 0 a 2 cm para la zona entre líneas, mayores en el tratamiento con cubierta vegetal.

En este estudio las diferencias son mayores y producidas por diversas causas. En la zona de las calles se observan diferencias significativas de 0 a 5 cm con un aumento considerable en el contenido de potasio en el suelo con restos, lo que puede explicarse por la mineralización de materia orgánica, más elevada en esta zona. En el resto del perfil, estos valores decrecen y son bastante parecidos para ambos tratamientos, fig. 3.

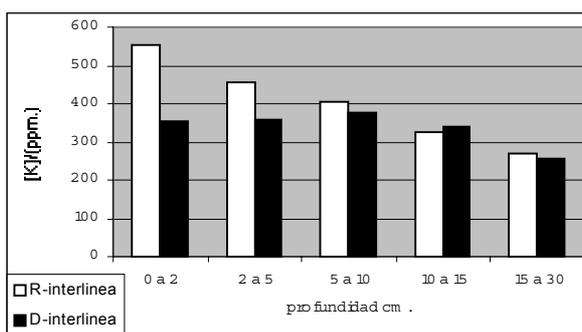


Figura 3. Contenido de potasio disponible para los tratamientos considerados a lo largo del perfil en la zona entrelíneas.

Bajo copa ocurre lo contrario, fig. 4. Hay diferencias a favor del tratamiento de suelo desnudo, lo que puede achacarse al efecto del tamaño y las cosechas producidas por los árboles con extracciones de más de 12 Mg ha⁻¹ que originan mayor absorción de potasio en el suelo. Este efecto se observa a lo largo de todo el perfil, aunque en los primeros 5 cm esta disminución no es significativa debido a

los aportes de restos vegetales mineralizados.

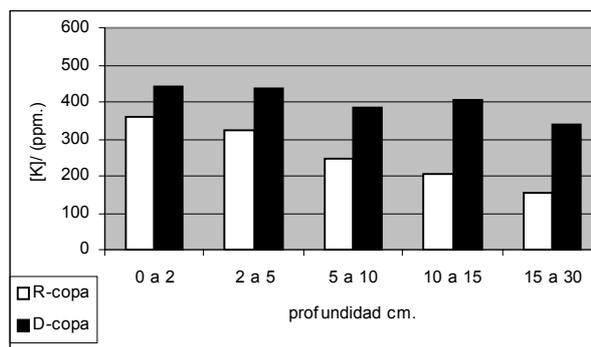


Figura 4. Contenido de potasio disponible para los tratamientos considerados a lo largo del perfil en la zona bajo copa.

La dinámica del fósforo en el suelo es muy similar a la del potasio, tratándose de un elemento poco móvil que se acumula en superficie por el uso de abonos y por la extracción desde zonas más profundas por parte de las raíces, (e.g. MacKay *et al.*, 1987).

En ambos tratamientos se observa, en general, una disminución del P con la profundidad, pero el descenso en el caso de suelo desnudo, en olivar joven, es de 11 ppm de 0 a 30 cm, mientras que en el caso del suelo con restos de poda, olivar adulto muy productivo, las pérdidas han sido mucho mayores, hasta de 22 ppm, existiendo diferencias significativas entre tratamientos de 10 a 30 cm en los totales, y que pueden ser atribuidas, como en el caso del potasio, a la diferencia de tamaño de los árboles, así como a la edad y producciones de los distintos tratamientos, figs. 5 y 6.

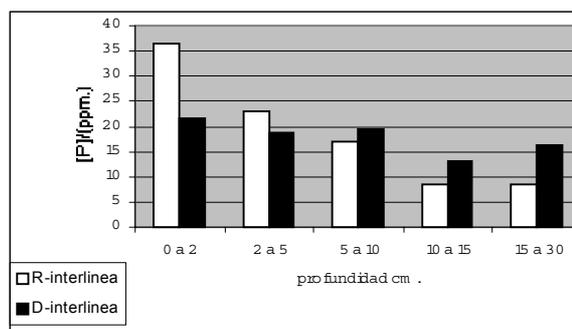


Figura 5. Contenido de fósforo disponible para los tratamientos considerados a lo largo del perfil en la zona entrelíneas

Los suelos enmendados con restos de poda presentan contenidos muy elevados de nitrógeno orgánico en los 2 cm superficiales, manteniéndose estas diferencias significativas hasta los 5 cm (tabla 2). Los valores de nitrógeno orgánico, sin duda, están correlacionados con la concentración de materia orgánica que existe en el suelo, por lo que estas diferencias se pueden originar por el aporte de restos de poda.

Los suelos enmendados con restos presentan contenidos muy elevados de nitrógeno orgánico en los 2 cm

superficiales, manteniéndose estas diferencias significativas hasta los 5 cm, tabla 3. Los valores de nitrógeno orgánico, sin duda, están correlacionados con la concentración de materia orgánica que existe en el suelo, por lo que estas diferencias se pueden originar por el aporte de restos de poda.

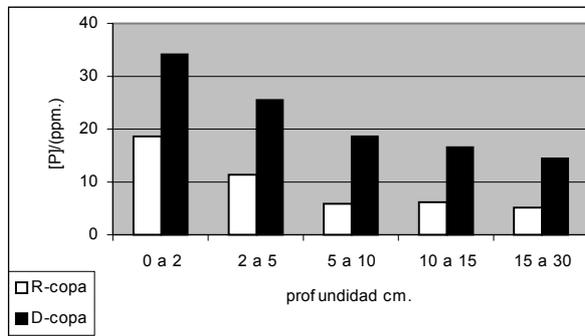


Figura 6. Contenido de fósforo disponible para los tratamientos considerados a lo largo del perfil en la zona bajo copa.

Tabla 2. Porcentaje de nitrógeno orgánico en el perfil para las distintas variables consideradas.

Profundidad	R-copa	R-interl.	D-copa	D-interl.
0 a 2 cm	0.28 a	0.33 a	0.14 a	0.13 a
2 a 5 cm	0.14 a	0.13 a	0.11 a	0.11 a
5 a 10 cm	0.10 a	0.10 a	0.10 a	0.10 a
10 a 15 cm	0.10 a	0.09 a	0.10 a	0.10 a
15 a 30 cm	0.09 a	0.09 a	0.09 a	0.10 a

R-copa (tratamiento con restos de poda, bajo copa)
 R-interlínea (tratamiento con restos de poda, entre la calle de los árboles)
 D-copa (tratamiento de suelo desnudo, bajo copa)
 D-interlínea (tratamiento de suelo desnudo, entre la calle de los árboles)
 Letras distintas indican diferencias significativas, con una F de significancia al 5%.

En el resto del perfil los valores de este parámetro descienden y tienen prácticamente la misma magnitud en ambos tratamientos y zonas de control.

La densidad aparente es un indicador del estado estructural del suelo, influyendo en otras características como la retención del agua, y la transmisión del calor o de los gases, siendo los horizontes superficiales más susceptibles a estos cambios (e.g., Giráldez, 1997).

Las distintas medidas realizadas muestran una disminución significativa de la densidad (fig. 7) en los 3 cm superficiales en el tratamiento con restos de poda posiblemente asociado al incremento en el porcentaje de materia orgánica que se detecta a esta profundidad (figs. 1 y 2). No obstante, en los horizontes más profundos los valores más bajos corresponden a las parcelas con suelo desnudo. Esta tendencia ha sido ya observada también en suelos de olivar enmendados con lodos de depuradora madurados (Aguilar *et al.*, 1999).

Finalmente la fig. 8 muestra la mayor resistencia que opone al penetrómetro la superficie del suelo desnudo en comparación con el suelo con los restos de poda, corroborando la mejor estructura de aquél adelantada por la medida de densidad aparente. Como se ve en la figura el

efecto desaparece a unos 20 cm en los que ambos suelos responden de forma similar.

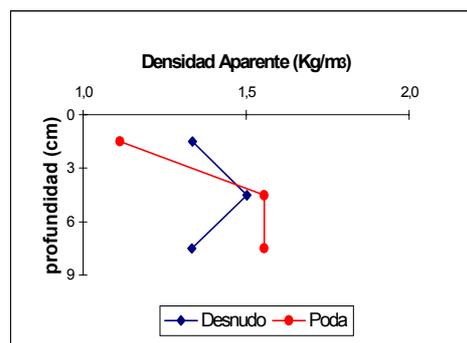


Figura 7. Densidad aparente del suelo para los distintos tratamientos considerados.

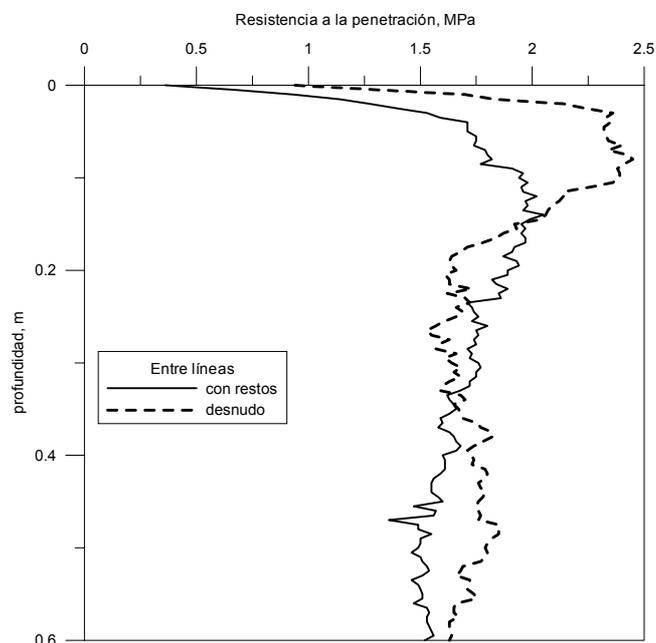


Figura 8. Resistencia a la penetración para los tratamientos considerados, hasta la profundidad de 60 cm, en la zona entre líneas.

4.- Conclusiones

El ensayo pone de manifiesto cómo la incorporación continuada al suelo de los restos de poda en el olivar ha modificado notablemente las características físico-químicas del mismo.

El incremento de materia orgánica observado en los 10 cm superficiales del suelo de las parcelas tratadas determina una mejor estructura de estos suelos con respecto a los de las parcelas con suelo desnudo.

El efecto de la enmienda se ha hecho sentir en la fertilidad del suelo con incrementos en la concentración de P y K en las parcelas tratadas en los primeros centímetros del perfil, si bien éstas quedan atenuadas debido a las propias diferencias que existen entre los árboles de ambos tratamientos.

Agradecimientos. A Manuel Armenteros, Catalina Lara y Carmen del Moral por su ayuda en el planteamiento y ejecución de los ensayos de campo y recogida y procesado de las muestras de suelo; a Isabel Ordóñez y Araceli García por su colaboración en el análisis de los distintos parámetros.

5.- Bibliografía

- Agüera, J., 1986, *Diseño y aplicación de un penetrómetro registrador de precisión para la determinación de la compactación en suelos agrícolas*, tesis doctoral, Dpto. de Ingeniería Rural, Universidad de Córdoba.
- Aguilar, M.A., De Luna, E., Ordóñez R. y González, P., 1999. Variación de algunas propiedades físicas con la aplicación de compost de lodo de depuradora. XVII Congreso Nacional de Riegos, Murcia, 178-186.
- Castro, J., 1993. *Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas*. Tesis Doctoral, Dpto. Agronomía, Univ. de Córdoba.
- Giráldez, J.V., 1997, Efectos de los diferentes sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo, en L.García y P. González, eds. *Agricultura de conservación*, AELC, Córdoba, Cap.2.
- Hargrove, W.L.,ed., 1991, *Cover crops for clean water*, Soil Water Conserv. Soc., Ankeny.
- Helmke, P.A. y D.L. Sparks, 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. en: *Methods of soil analysis*, Part 3. Chemical Methods. D.L. Sparks *et al.*, eds. SSSA Book Ser. No. 5, Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Cap. 19.
- Klik, A., 1991. Effects de diverses mesures d'entretien du sol sur le ruissellement et l'érosion pluviale dans le vignoble. III Symp. Inter. Sur la non culture de la vigne et les autres techniques d'entretien des sols viticoles. P. 367-374. Montpellier.
- Kuo, S., 1996, Phosphorus, en: *Methods of soil analysis*, Part 3. Chemical Methods. D.L. Sparks *et al.*, eds. SSSA Book Ser. No. 5, Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Cap. 32.
- MacKay, A.D., E.J. Klavivco, S.A. Barber, y D.R. Griffith, 1987, Phosphorus and potassium uptake by corn in conservation tillage systems, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:970-4.
- McGregor, K.C., Bengtson, R.L. y Mutchler, C.K., 1988. Effect of incorporating straw residues on interim soil erosion. *Tr. ASAE* 31: 82-85.
- MOPU, 1990. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Medio Ambiente en España 1989. Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid.
- Muñoz, J.A., 1996. *Evolución de diversas propiedades químicas y físicas del suelo y del estado nutritivo del árbol según distintos sistemas de manejo de suelo alternativas al la-boreo en olivar*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Nelson, D.W. y Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. en: *Methods of soil analysis*, Part 3. Chemical Methods. D.L. Sparks *et al.*, eds. SSSA Book Ser. No. 5, Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Cap. 34.
- Palis, R. G., Okwach, G., Rose, C.W. y Saffigna P.G., 1990. Soil erosion processes and nutrient loss. II The effect of surface contact cover and erosion cover and erosion processes on enrichment ration and nitrogen loss in eroded sediment. *Aust. J. Soil Res.*, 28:641-658.
- Pomares, F., 1975. Efectos del "no cultivo" en las propiedades físicas y químicas del perfil en suelos cultivados de agrios. *Am. INIA/Ser. General/ 3*: 49-69.
- Poesen, J.W.A. y Lavee, H., 1991. Effects of size and incorporation of synthetic mulch on runoff and sediment yield from interrills in a laboratory study with simulated rainfall. *Soil Till. Res.*, 21:209-223.
- Power, J.F., ed., 1987, The role of legumes in conservation tillage systems, *Soil Conserv Soc. Amer.*, Ankeny.
- Rogers, R.D. y Schumm, S.A., 1991. The effect of sparse vegetative cover on erosion and sediment yield. *J. Hydrol.* 123, 19-24.
- Stevenson. F.J., 1996, Nitrogen-organic forms, en: *Methods of soil analysis*, Part 3. Chemical Methods. D.L. Sparks *et al.*, eds. SSSA Book Ser. No. 5, Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Cap. 39.