

Efecto del sistema de cultivo sobre las propiedades químicas del suelo en la finca "La Chimenea", en Aranjuez

La Comunidad Autónoma de Madrid es, después de Murcia y Andalucía, la Comunidad con mayores problemas de erosión en España, con el 37,7 % de su superficie con riesgos graves de erosión y el 22,2 % con riesgos moderados. Por lo tanto, existe la necesidad de extender el conocimiento sobre Agricultura de Conservación y la difusión a través de un estudio que transfiera este conocimiento con datos obtenidos en la zona.

Manuel Gómez Ariza¹, Rafaela Ordóñez Fernández²⁻¹, Emilio J. González Sánchez¹

La variación del sistema de laboreo convencional a otro de conservación implica cambios en el suelo que afectan directa o indirectamente a la cantidad total de nutrientes, su disponibilidad y absorción por las plantas. Los cambios provienen fundamentalmente de dos condiciones diferenciales que se dan en este sistema: una menor alteración del suelo y la mayor acumulación de restos vegetales de las cosechas anteriores.

La adecuada caracterización de los sistemas de manejo se basa en la evaluación integral de las propiedades del suelo en conjunto con los parámetros del cultivo, los cuales a su vez pueden ser usados como indicadores de la calidad de los sistemas.

Para estimar el efecto de los distintos sistemas de manejo en las propiedades químicas del suelo, se ha realizado una prospección sobre parcelas en la rotación barbecho-leguminosa-cereal y trigo-maíz.

Las parcelas de demostración se encuentran en la finca "La Chimenea", a cargo del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) dependiente de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid. Dicha finca está situada entre los términos municipales de Aranjuez y Colmenar de la Oreja, en la Comarca "Las Vegas", emplazada en el SE de la provincia de Madrid.

La situación de la comarca de Las Vegas en el interior de la península condiciona su característica de continentalidad con fuertes contrastes entre las temperaturas de verano y del invierno, a lo que hay que añadir su situación al Este (Utanda, 1996) de la Cordillera Central que dificulta el paso de borrascas, reduciéndose así el número de precipitaciones.

La precipitación media anual en la zona es de 456 mm. El mes más seco es agosto y febrero el más lluvioso. La media anual de días con precipitaciones de nieve es cuatro, aunque es un aspecto que no preocupa excesivamente a los agricultores porque apenas cuaja y se deshace con rapidez

en la mayor parte de las ocasiones. Más peligroso para el cultivo es el granizo aunque el riesgo es poco frecuente en el sureste madrileño.

La temperatura media anual es 13,8 °C. Los meses más fríos son diciembre y enero con 5,5 °C, mientras que los más calurosos son julio y agosto con 23,7 y 23,2 °C de temperatura media mensual. La amplitud térmica es muy elevada debido a la continentalidad que esta comarca situada en el centro de la península sufre: 18,2 °C en Aranjuez.

Todas las estaciones de la comarca y limítrofes muestran probabilidades de heladas desde noviembre a marzo. En Aranjuez los riesgos se mantienen hasta los primeros días de mayo, lo que afecta a casi todos los cultivos y especialmente a los más sensibles: frutales, viñedo y legumbres.

Desde abril hasta noviembre la Evapotranspiración Potencial supera a las precipitaciones en toda la comarca de Las Vegas (Utanda, 1996). El gráfico del balance hídrico de Aranjuez muestra déficit de agua en el suelo a partir de abril, llegando a ser total a finales del verano. De abril a septiembre las plantas van aprovechando el agua que tiene reservada el suelo, pero cuando llega el mes de septiembre ésta ya está agotada por completo. Así al empezar las lluvias (octubre) comienza el período de recuperación de las reservas, hasta alcanzar la capacidad de campo después de haber recibido las lluvias de otoño y principios de invierno. De modo que sólo a partir de enero y hasta marzo el suelo tiene excedente de agua.

Con un clima de tipo mediterráneo templado, por tanto, pueden darse con una mayor adaptación, sin riego, las cosechas de invierno (trigo, cebada, avena), la vid y el olivo. El regadío ha permitido la siembra de cultivos como el maíz, forrajeras como la alfalfa, hortalizas y frutales.

Los ensayos constan de 13 parcelas en diferentes sistemas de manejo y según la disposición de la figura 1. La superficie de cada parcela es de 0,5 ha, siendo unas de 25 x 100 m² y otras de 50 x 100 m². Las parcelas 1, 2, 3 y 4 están bajo riego, y el resto en secano.

Figura 1. Croquis disposición de parcelas y cultivo.



SD: Siembra Directa LC: Laboreo Convencional LM: Laboreo Mínimo

Propiedades químicas del suelo

Se han muestreado un total de 10 parcelas de las cuales tres se han cultivado con una leguminosa bajo laboreo convencional, laboreo mínimo y siembra directa, tres con cultivo de cebada y manejadas con los sistemas anteriormente descritos, dos con maíz en siembra directa y laboreo convencional y, por último, dos sembradas con trigo, una labrada de manera tradicional y la otra sin alterar. La profundidad de muestreo ha sido 0-3, 3-13, 13-26 y 26-52 centímetros. En este artículo se presenta el efecto del manejo del suelo sobre las propiedades del mismo relacionadas con su fertilidad en parcelas de trigo y maíz en regadío.

A todas las muestras se les ha determinado su contenido en materia orgánica, pH, fósforo, potasio, calcio y magnesio disponibles, según los métodos propuestos por Nelson y Sommer (1982) y Sparks *et al.* (1996).

Los resultados han sido sometidos a un análisis de varianza y las diferencias entre tratamientos fueron separadas por medio del test de Tukey a un nivel de probabilidad de $p < 0.05$, $p^* < 0.01$ y $p^{**} < 0.001$.

Trigo

La **tabla 1** muestra las características químicas del suelo sembrado con trigo para los distintos sistemas de manejo considerados.

Solamente se aprecian diferencias significativas en el horizonte más superficial (0-3 cm) y para el contenido de materia orgánica y magnesio disponible.

En lo que se refiere al pH (**figura 2**), se observa un menor valor del mismo en los suelos no labrados, diferencias que se atenúan a medida que descendemos en el perfil. La mayoría de los trabajos relativos a este tema coinciden en que los abonos amoniacales aplicados a suelos con rastrojo en superficie pueden producir una cierta acidificación del suelo y un lavado de bases, atribuido a una mayor nitrificación del nitrógeno amoniacal y a la mineralización de los restos de las plantas (Veiga, 1998; Rhoton, 2000).

El calcio y el magnesio están muy correlacionados con el pH del suelo. En las **figuras 3 y 4** se puede apreciar como las concentraciones de estas bases es menor en los suelos manejados en siembra directa en relación a los no labrados. No obstante, el valor básico del pH y los altos niveles de estos elementos, parece indicar que no es fácil que se produzcan modificaciones importantes en su cuantía de manera que condicionen la fertilidad del suelo y haya que recurrir a la adición de enmiendas calizas. Resultados similares han sido observados por Ordóñez (2004) en un suelo arcilloso, rico en caliza (25% de CO_3Ca) y de pH ligeramente básico.

La conservación de un buen nivel de materia orgánica en el suelo es un propósito deseable en los agrosistemas, tanto por el mantenimiento de la producción de los culti-

Tabla 1. Influencia del laboreo convencional (LC) y la siembra directa (SD) sobre las propiedades químicas relacionadas con la fertilidad de un suelo de la finca "La Chimenea" sembrado con trigo.

	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P disp. (ppm)	K disp. (ppm)	Ca disp. (ppm)	Mg disp. (ppm)
SD	0 a 3	8,46 a	2,11 a	40,67 a	597,6 a	5893,3 a	390,7 a
	3 a 13	8,51 a	1,38 a	19,40 a	521,5 a	6270,7 a	272,0 a
	13 a 26	8,45 a	1,34 a	15,21 a	494,3 a	7264,0 a	252,0 a
	26 a 52	8,38 a	0,78 a	12,73 a	464,0 a	7673,3 a	305,3 a
LC	0 a 3	8,56 a	1,65 b	24,19 a	514,5 a	6834,7 a	454,7 b
	3 a 13	8,64 a	1,36 a	23,49 a	518,3 a	7054,7 a	290,7 a
	13 a 26	8,53 a	1,36 a	15,63 a	459,5 a	7525,3 a	293,3 a
	26 a 52	8,37 a	1,01 a	13,28 a	425,1 a	9590,7 a	286,7 a

Letras distintas entre laboreo representan diferencias significativas a un nivel de probabilidad de $p < 0.05$, $p^* < 0.01$ y $p^{**} < 0.001$.

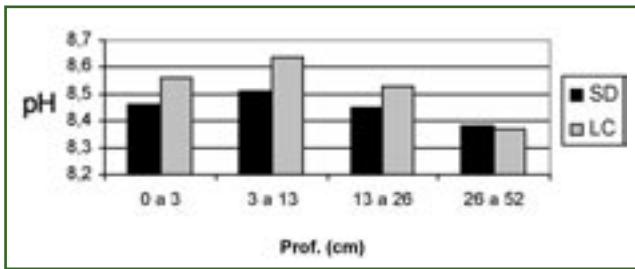


Figura 2. Valor de pH en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

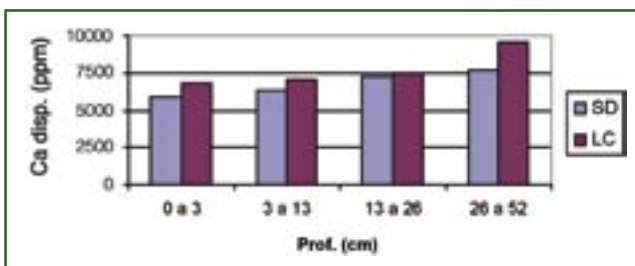


Figura 3. Contenido de calcio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

vos como por la reducción de emisiones de CO₂ (Díaz-Zorita, 1999). Su acumulación en el suelo depende del aporte de los restos vegetales, de la reducción de la intensidad del laboreo y la duración de los ciclos de cultivo.

En la **figura 5** podemos apreciar como se han incrementado significativamente los niveles de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo no labrado, concretamente hasta los 13 cm., donde se ha logrado un aumento cercano al 21 %. En capas inferiores los valores se igualan o son inferiores a la siembra directa por el efecto de mezcla y dilución que propicia la labor. Estos resultados son coincidentes con los descritos por González y Ordóñez (1997) y Blanco-Canqui *et al.* (2004) en ensayos de similares características.

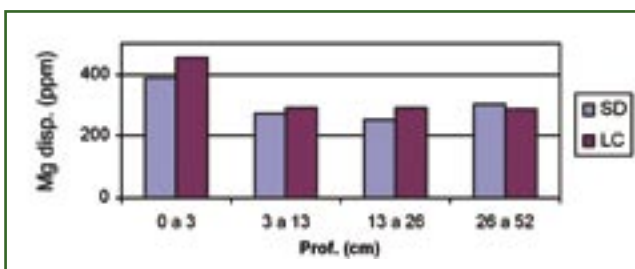


Figura 4. Contenido de magnesio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

Cuando fósforo y potasio son aplicados en superficie de forma reiterada, como ocurre al fertilizar los suelos con laboreo de conservación, se produce una acusada estratificación, aumentada por la incorporación de nutrientes procedentes de la mineralización de los restos vegetales dejados en superficie.

Las **figuras 6 y 7** reflejan los niveles de fósforo y potasio disponibles a lo largo del perfil y para los distintos tratamientos considerados. Se observa un mayor contenido

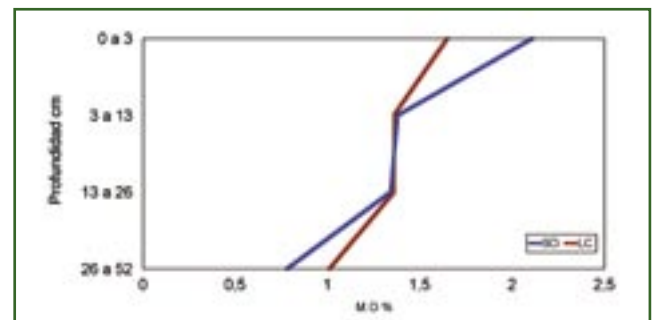


Figura 5. Porcentaje de materia orgánica en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

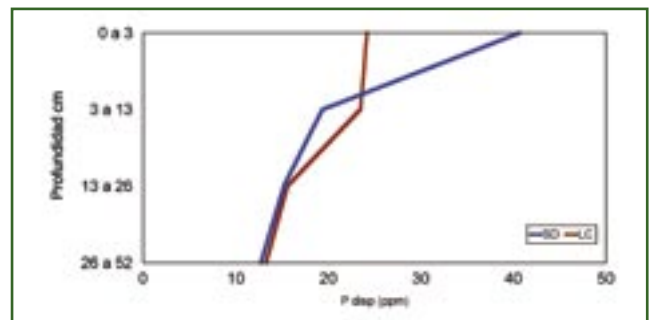


Figura 6. Contenido de fósforo disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

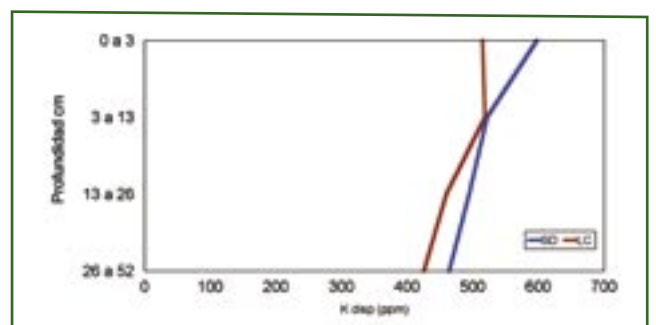


Figura 7. Contenido de potasio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con trigo y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

Tabla 2. Influencia del laboreo convencional (LC) y la siembra directa (SD) sobre las propiedades químicas relacionadas con la fertilidad de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz.

	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P disp. (ppm)	K disp. (ppm)	Ca disp. (ppm)	Mg disp. (ppm)
SD	0 a 3	8,22 a	2,35 a	51,25 a	539,1 a	5848,0 a	274,7 a
	3 a 13	8,35 a	1,82 a	17,31 a	557,8 a	7214,7 a	325,3 a
	13 a 26	8,46 a	1,49 a	21,77 a	478,9 a	7732,0 a	293,3 a
	26 a 52	8,40 a	1,11 a	16,82 a	523,8 a	8056,7 a	318,7 a
LC	0 a 3	8,70 a	1,44 a	13,61 b	436,7 a	5582,0 a	358,0 a
	3 a 13	8,53 b*	1,57 a	24,88 a	480,0 b	6074,0 a	365,0 b
	13 a 26	8,65 a	1,67 a	15,63 a	505,1 a	7702,0 a	290,0 a
	26 a 52	8,57 b	0,94 a	18,14 a	506,6 a	8192,0 a	274,0 a

Letras distintas entre laboreo representan diferencias significativas a un nivel de probabilidad de $p < 0.05$, $p^* < 0.01$ y $p^{**} < 0.001$.

en los niveles de estos parámetros en los primeros centímetros de los suelos en siembra directa, para invertirse esta tendencia a favor del laboreo convencional en capas más profundas. En los suelos labrados la acción de la vertedera ha creado un perfil más homogéneo, presentando valores mayores en los horizontes más profundos.

Maíz

La **tabla 2** refleja la distribución en el perfil de los distintos parámetros considerados para los suelos sembrados con maíz y manejados en laboreo convencional y siembra directa.

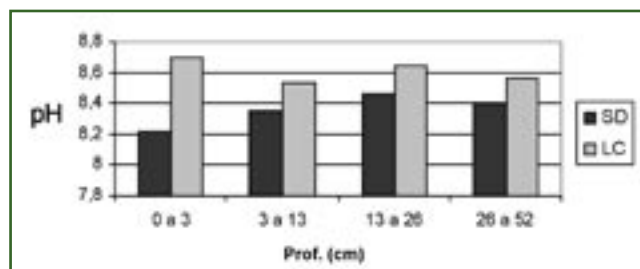


Figura 8. Valor de pH en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

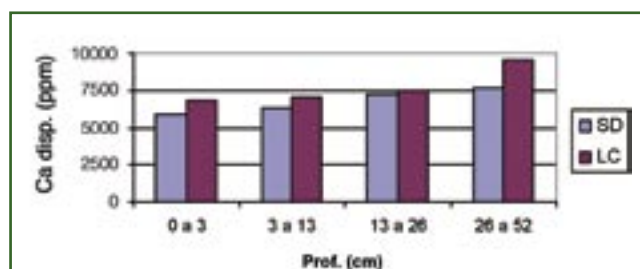


Figura 9. Contenido de calcio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

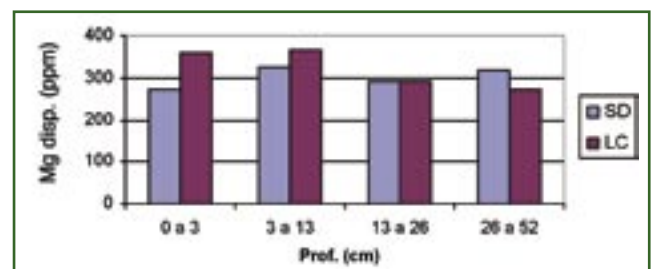


Figura 10. Contenido de magnesio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

Los valores de pH son menores, con diferencias significativas en algunos horizontes, en los suelos no labrados con respecto a los cultivados convencionalmente.

Aún cuando las diferencias en los valores de pH son más acusadas que en el caso del trigo, los valores de calcio disponible (**figura 9**) son semejantes para los dos tratamientos considerados y todos los horizontes. En el caso del magnesio (**figura 10**) se aprecia un mayor contenido en los suelos manejados en laboreo convencional hasta los 13 centímetros, profundidad a partir de la cual se igualan los niveles.

El manejo continuado del suelo en siembra directa, a determinado un aumento en el porcentaje de materia orgánica en el horizonte superficial (**figura 11**) con respecto al suelo labrado, fundamentalmente debido al abandono de los restos vegetales en la superficie que propicia esta técnica y su posterior mineralización en restos orgánicos más o menos transformados. En este caso el incremento observado en los primeros centímetros del perfil (38 %) es superior al del trigo por tratarse de un cultivo con rastrojo de difícil degradación en el tiempo debido a su elevada relación C/N como han observado Ordóñez *et al.* (2005).

Los suelos no labrados presentan un contenido de fósforo disponible en superficie cuatro veces mayor que los

cultivados de forma tradicional (**figura 12**). En los horizontes más profundos los valores se igualan para los dos tratamientos considerados.

En el caso del potasio disponible (**figura 13**), el efecto del sistema de manejo conservativo se hace notar hasta los 13 centímetros de profundidad con valores considerablemente más altos a los correspondientes en los suelos labrados.

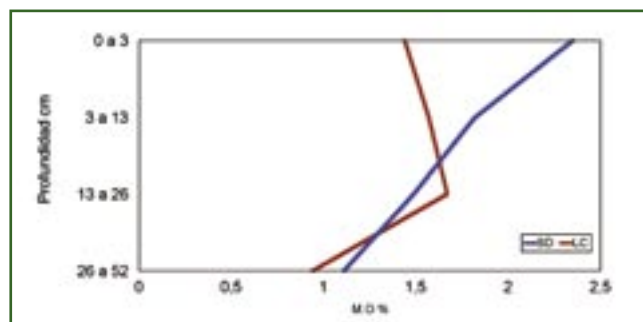


Figura 11. Porcentaje de materia orgánica en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

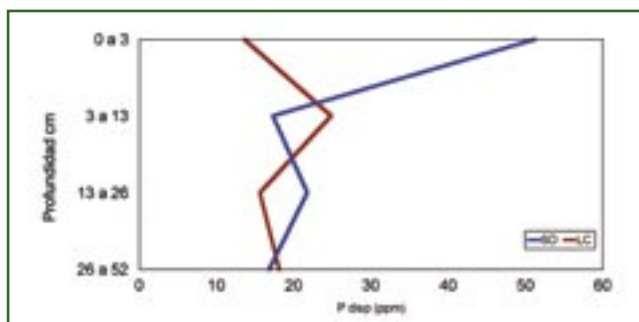


Figura 12. Contenido de fósforo disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

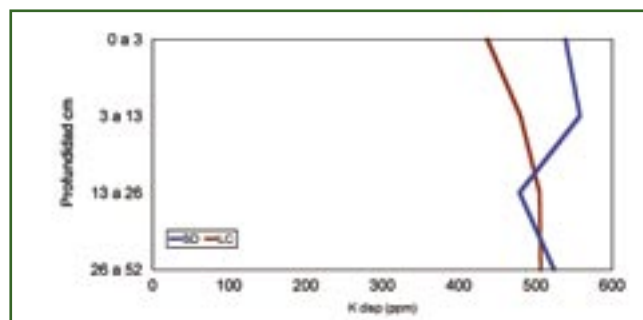


Figura 13. Contenido de potasio disponible en el perfil de un suelo de la finca “La Chimenea” sembrado con maíz y manejado en siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC).

Agradecimientos

Al Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) perteneciente a la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, que ha permitido financiar los ensayos. ●

Bibliografía

Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. y Alberts, E.E., 2004. Tillage and crop influences on physical properties for Epiqual. Soil Sci. Am. J., 68:567-576.

González, P. y Ordóñez, R., 1997. La fertilización en el laboreo de conservación. En: García, L. y González, P. (eds.) Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y económicos. AELC/SV Córdoba, pp- 77-100.

Nelson, D.W. y Sommer, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: R.H. Page and D.R. Keeny (eds.) Methods of soils analysis. II. Chemical and Microbiologica properties. Second Edition, Soil Sci. of am. Madison Wisconsin, USA.

Ordóñez, R., 2004. Cambios inducidos en la fertilidad de un suelo por la agricultura de conservación. En: Gil-Ribes, J., Blanco-Roldán, G. y Rodríguez-Lizana, A. (eds.) Técnicas de Agricultura de Conservación, Editorial Eumedra, S.A., Madrid, 59-63 pp.

Ordóñez, R., González, P., Bravo, C. y Martínez, G., 2005. Evolution of residue decomposition in corn-cotton-poppy rotation. Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación: El reto de la Agricultura, el Medio Ambiente, la Eneía y la Nueva Política Agraria Común. AEAC-SV (Ed.), ISBN: 84-930144-4-3, pp. 555-559.

Rhoton, F.E., 2000. Influence of time on soil response to No-Till practices. Soil Sci. Soc. Am. J., 64:700-709.

Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Locepert, R.M., Sottanpòur, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.I. y Summer, M.E., 1996. Methods of soils analysis, part 3thrd ed, chemical methods, Agron., nº 5, 3, Am.- Soc. Of Agron., Madison.

Veiga, M da, 1998. Plantio direto no Brasil. En: Claveran, A.R. y Rulfo, F.O. (eds.) Memorias de la IV Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de laboreo de Conservación. Morelia, Michoacán, México. Cenapros. Inafap. Sabor, pp. 123-137.

1. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (AEAC/SV).
2. IFAPA, CICE. Área Producción Ecológica y Recursos Naturales. CIFA. Alameda del Obispo, Córdoba.