

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA E INTEGRADA DE HORTÍCOLAS EN UNA EXPERIENCIA DE OCHO AÑOS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

**L Quenum, M Ribó, MR Albiach, M Estela, R Canet, *C Baixauli, *JM Aguilar, F Pomares
IVIA. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible, Moncada (Valencia);
pomares_fer@iva.gva.es, *Fundación Ruralcaja, Paiporta (Valencia), **Dpto. de
Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

En un ensayo experimental que se viene realizando desde el año 1998 en el Centro de Formación de la Fundación Ruralcaja en Paiporta (Valencia), se están comparando dos sistemas agrarios de hortalizas en Producción Ecológica versus Producción Integrada con la finalidad de comprobar los efectos de estas dos formas de manejo a largo plazo tanto sobre los cultivos como sobre el suelo.

En esta comunicación se presentan los resultados correspondientes a los efectos provocados sobre las características del suelo: físico-químicas (pH y conductividad eléctrica), química (nutrientes asimilables), y biológicas (materia orgánica y actividad enzimáticas), tras ocho años de aplicación de las distintas técnicas de cultivo.

Palabras clave: producción ecológica, calidad del suelo, actividad biológica.

INTRODUCCIÓN

A raíz de que los sistemas agrarios se encuentran cada vez más deteriorados y de que la población ha empezado a cuestionarse la calidad de los alimentos que consume día a día, se ha hecho posible el rápido desarrollo de la agricultura sostenible, en sus diferentes modalidades, en toda Europa. La idea principal de estos modelos es compatibilizar una producción aceptable en términos de rendimiento y de buena calidad, con un reducido empleo de factores de producción (fertilizantes, fitosanitarios, etc.) y un mínimo impacto ambiental (FAO, 1993). Además, para que un agrosistema se considere sostenible tiene que mantenerse productivo y en buenas condiciones a lo largo del tiempo. Como formas de producción agraria que consideran la sostenibilidad como uno de sus objetivos prioritarios se encuentran la agricultura ecológica y, en un segundo nivel, la producción integrada.

Hay gran cantidad de trabajos que comparan la producción ecológica frente a la convencional en estudios a corto plazo (Soriano et al., 2002), pero es más difícil encontrar referencias sobre los efectos que se producen sobre distintos parámetros en experiencias a largo plazo (Drinkwater et al., 1998; Raupp et al., 2001; Mäder et al., 2002; Gössling et al., 2005).

Hemos de tener en cuenta que los suelos son un aspecto fundamental en la definición de un manejo sostenible de los agrosistemas, pues representan la base de la producción de los alimentos. Cuando los suelos se encuentran muy erosionados o degradados, se pone

en peligro la estabilidad y la seguridad alimentaria de la población mundial (Pimentel et al., 1995; Pretty et al., 2000; Fliessbach et al., 2006).

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados correspondientes a los primeros ocho años de un estudio a largo plazo, en el que se compara la producción ecológica de hortalizas frente a la producción integrada, en relación a la influencia que ha tenido el sistema de manejo sobre algunos parámetros del suelo, tanto físicos químicos como biológicos, añadiendo así más información a los resultados obtenidos en años anteriores y que están disponibles en la bibliografía (Gómez et al., 2000; Pomares et al., 2003).

MATERIAL Y MÉTODOS

Este ensayo se viene realizando desde el año 1.998 en la Finca Experimental de la Fundación Ruralcaja en Paiporta (Valencia) con la finalidad de desarrollar sistemas agrarios sostenibles y de estudiar su evolución y comportamiento tras un largo periodo de tiempo.

En la siguiente comunicación se van a presentar los resultados correspondientes a los distintos parámetros del suelo en las parcelas ecológica e integrada, tras ocho años de implantación de una rotación de cultivos, basada principalmente en los siguientes cultivares: alcachofa de semilla cv. *Lorca*, apio cv. *Istar*, sandía cv. *Boston* (75%) / *Dulce Maravilla* (25%), coliflor cv. *Tipton*, patata cv. *Escort*, hinojo cv. *Brando*, pimiento Lamuyo cv. *Filón*.

La fertilización en las parcelas ecológicas estuvo basada únicamente en el aporte de materiales orgánicos, una mezcla de estiércol (vacuno + ovino en una proporción del 50%) a una dosis de 10 t/ha/año, mientras que en las parcelas de producción integrada se aportó una fertirrigación fosfopotásica a base de ácido fosfórico y sulfato potásico. En el Cuadro 1 se muestran las unidades fertilizantes aplicadas en cada uno de los tratamientos de fertilización, mientras que el Cuadro 2 recoge las características químicas de la enmienda orgánica aportada al sistema ecológico.

Además del tipo de fertilización, también hubo grandes diferencias de manejo entre sistemas en los productos fitosanitarios utilizados, pues las normas de agricultura ecológica son mucho más restrictivas que las de producción integrada, donde, por lo general, se aplicaron un mayor número plaguicidas y éstos fueron de distinta naturaleza.

Se tomaron muestras de suelo a 4 profundidades (0-15; 15-30; 30-60 y 60-90 cm). Para la caracterización analítica de estos suelos se emplearon los métodos habituales de análisis (MAPA, 1986) o ligeras modificaciones. A su vez, la determinación de las actividades fosfatasa alcalina y deshidrogenasa se realizó mediante los métodos de Tabatabai y Bremner (1969) y Casida et al. (1964), respectivamente. Todas las determinaciones se hicieron al menos por triplicado y para la evaluación estadística de los resultados se utilizaron los paquetes estadísticos Statgraphics y R-base.

3. RESULTADOS

3.1. El pH y la conductividad eléctrica del suelo

En los Cuadros 3 y 4 se muestran los resultados de pH y conductividad eléctrica (CE) a distintas profundidades después de 8 años de experiencia. Como puede observarse, el pH no se vio afectado de forma significativa por la modalidad en la forma de producción, aunque sí que se observan unos valores ligeramente superiores de pH en las tres capas superiores correspondientes al suelo ecológico. Algunos autores han encontrado niveles de pH más básicos como resultado del manejo orgánico del suelo (Clark et al., 1998; Liebig y Doran, 1999), mientras que en otros trabajos se constataron los resultados contrarios (Haraldsen et al., 2000; Gösling et al., 2005).

Por el contrario, los resultados de CE sí que presentaron diferencias significativas entre sistemas, tanto en la capa más superficial como en la más profunda, presentándose una mayor salinidad en los suelos bajo producción integrada frente a aquellos en los que sólo se incorporó abono orgánico como fertilizante. A pesar de ello, estos suelos se encuentran dentro del rango correspondiente a "suelos no salinos" o "ligeramente salinos", por lo que no es previsible que se vayan a producir problemas de salinidad que puedan afectar a los cultivos futuros. También cabe indicar que los valores de conductividad disminuyeron a medida que se profundiza en el perfil del suelo.

3.2. Materia orgánica y nitrógeno orgánico en el suelo

Como se observa en el Cuadro 5, los niveles de materia orgánica fueron significativamente más elevados en la capa superficial del suelo del sistema ecológico frente al integrado, debido a la utilización continuada de estiércol como fertilizante durante varios años. Muchos autores han citado resultados similares, en los que las parcelas ecológicas presentaban siempre suelos más ricos en materia orgánica que sus homólogas convencionales (Clark et al., 1998; Liebig and Doran, 1999; Pulleman et al., 2003).

Además, en términos de enriquecimiento progresivo en materia orgánica, éste ha sido mucho mayor en las parcelas ecológicas que en las de producción integrada, cuando se comparan con los datos recogidos al inicio de la experiencia (contenido de materia orgánica del orden de 1,84% en el suelo integrado y de 1,89% en el ecológico). Estos resultados coinciden con los de estudios similares (Smith et al., 1997), que demostraron que en ensayos a largo plazo siguiendo las prácticas de la agricultura ecológica, se generaron incrementos del 13-28% en el contenido de carbono orgánico oxidable de los suelos. También se ha observado el mismo comportamiento en las dos profundidades siguientes de suelo, pero por el contrario la capa más profunda presentó niveles algo superiores de materia orgánica en el suelo bajo manejo integrado, si bien atribuible a diferencias en el suelo al inicio del ensayo.

Al igual que ha sucedido con la materia orgánica, como se muestra en el Cuadro 6, se han encontrado niveles más elevados de nitrógeno orgánico en la capa superficial del suelo con respecto a las capas más profundas. A su vez, entre sistemas puede constatarse que nuevamente el manejo ecológico ha destacado por unos contenidos

ligeramente más elevados en nitrógeno orgánico en todas las profundidades, excepto la última que ha ocurrido al revés.

En lo que respecta a la relación C/N de los suelos estudiados (Cuadro 7), no se observó significación estadística entre sistemas; los valores de C/N que se alcanzaron en todos los casos estuvieron dentro los considerados intermedios (8-12) para los suelos de cultivo, por lo que es esperable que se presente un adecuado equilibrio entre la formación de humus y la mineralización en los suelos estudiados.

Nitratos en el suelo

Los resultados correspondientes al contenido de nitratos en el suelo se muestran en el Cuadro 8. Los contenidos de este ión obtenidos a distintas profundidades pueden darnos una idea del riesgo de lixiviación potencial que presenta un anión tan móvil como es el nitrato en el perfil del suelo, con respecto al tipo de manejo y a las características generales que posee el suelo de cada parcela.

No se han producido diferencias significativas en ninguna de las profundidades estudiadas en relación al manejo, aunque sí que se observa que el sistema ecológico presentó unos niveles ligeramente superiores de este componente frente al manejo integrado. Esto puede deberse a que en el sistema integrado no se aportó fertilización nitrogenada debido a que el agua de riego era muy rica en nitratos, cuyo aporte se consideró suficiente para cubrir las necesidades nutricionales de los cultivos. Estos resultados coinciden con los presentados en otros estudios (Ribó et al., 2004) donde, al comparar distintos tratamientos de fertilización, la adición de materiales orgánicos incrementaba en todos los casos el contenido de nitratos en el suelo a distintas profundidades. Como puede apreciarse, el contenido en dicho nutriente va decreciendo a medida que se desciende en profundidad, observándose una disminución progresiva de este elemento a medida que se avanza en el perfil del suelo.

Fósforo disponible en el suelo

Como puede observarse en el Cuadro 9, los niveles de fósforo asimilable han sido más elevados en el suelo llevado bajo las normas de producción integrada, aunque en ninguna de las profundidades se obtuvieron diferencias significativas excepto en la capa más profunda, donde sí que se constató este comportamiento con significación estadística.

Los valores de fósforo resultantes para ambos suelos están muy por debajo de los encontrados en otros trabajos de similares características (Ribó et al., 2004), donde el contenido de fósforo asimilable en las parcelas que habían recibido fertilización orgánica nunca se encontró por debajo de los 65 mg N-NO₃ /kg en la capa arable (0-15 cm).

Cuando se comparan los contenidos de fósforo obtenidos en este momento del ensayo, con los que se determinaron al inicio de la experiencia (113 y 115 mg P/kg, para la parcela integrada y ecológica respectivamente) podemos constatar como se están aminorando progresivamente las reservas de este nutriente en el suelo; éste ha sido uno de los objetivos perseguidos durante el proyecto, pues se partía de unos suelos muy ricos en este elemento, y se pretendió que se mantuvieran en un rango del 30-45 mg P/kg, considerados óptimos para el buen desarrollo de los cultivos (VEGINECO, 2001). A pesar de que algunos autores manifiestan que la agricultura ecológica podría generar un

agotamiento de las reservas de fósforo y potasio del suelo (Greenland, 2000; Loes y Ogaard, 2001; Oehl et al., 2002) debido a que la fertilización orgánica puede ser deficitaria en dichos nutrientes, no parece que vaya a repercutir de forma negativa en los sistemas agrarios, cuando se parte de suelos muy ricos en nutrientes, con unas reservas muy por encima de los niveles recomendados.

Cationes y aniones asimilables del extracto de saturación y de acetato amónico en el suelo

La medida del contenido iónico en el extracto de saturación nos da una estimación de la cantidad de cationes y aniones solubles en la solución del suelo, mientras que la del extracto de acetato amónico es más global, pues incluye tanto los cationes solubles como los intercambiables. Los elementos intercambiables que se encuentran retenidos en el complejo arcillo-húmico, así como los solubles en agua, constituyen un reservorio de nutrientes fácilmente disponible para las plantas.

Como se muestra en el Cuadro 10, el manejo del sistema no afectó de forma significativa a los contenidos de nutrientes en el perfil del suelo en la mayoría de las capas estudiadas. Únicamente se observaron destacables diferencias entre sistemas en el contenido de calcio, magnesio y sodio en la capa más profunda (60-90 cm) del suelo, donde el tratamiento integrado registró niveles más elevados a los resultantes del manejo ecológico de la parcela. Por el contrario, y siempre a la misma profundidad, el contenido de potasio disponible en la solución del suelo fue significativamente más elevado en los suelos ecológicos.

Los niveles de potasio y magnesio del suelo de ambos sistemas se encuentran bastante por encima del rango agrónomicamente suficiente para el crecimiento y desarrollo de los cultivos hortícolas (150-300 mg K/kg suelo y 80-120 mg Mg/kg suelo). a pesar de ello, sí que se ha producido una acusada reducción del contenido de potasio asimilable en los suelos durante el transcurso de la experiencia (los niveles iniciales fueron de 564 mg K/kg en el integrado y 600 mg K/kg en el ecológico), pero el contenido de magnesio continuó muy por encima de los niveles deseados como consecuencia de su elevada concentración en las aguas de riego (130 mg/L), principal vía de entrada de este nutriente al sistema.

En el Cuadro 11, se muestran los resultados correspondientes a los contenidos de aniones en el extracto de saturación, es decir, los aniones que se encuentran disponibles en la solución del suelo. Únicamente se observaron importantes diferencias entre sistemas en uno de los aniones, el sulfato, encontrándose que en la capa más profunda del suelo, el sistema integrado presentaba unos niveles bastante por encima a los hallados en el manejo ecológico.

Parámetros biológicos del suelo

En el Cuadro 12 se muestra cómo ha afectado el tipo de manejo a algunos parámetros biológicos del suelo como son la biomasa microbiana y dos actividades enzimáticas: la fosfatasa alcalina y la deshidrogenasa. La biomasa microbiana y la actividad deshidrogenasa se suelen considerar como buenos indicadores del nivel de actividad biológica del suelo (Skujins, 1976), mientras que las fosfatasas son representativas del

nivel de actividad de los enzimas acumulados en el suelo. En principio, el manejo no ha causado diferencias significativas en ninguno de los parámetros considerados, aunque en el sistema ecológico se observaron niveles más altos de biomasa microbiana, así como de las dos actividades enzimáticas estudiadas. Este resultado está en concordancia con los obtenidos por otros autores (Albiach et al., 1998; Ruiz et al., 2000; Farrus y Vadell, 2000), donde al comparar diferentes tratamientos de fertilización, el aporte de materiales orgánicos como fertilizantes conllevaba siempre un incremento del nivel de actividad biológica de los suelos.

CONCLUSIONES

Los resultados correspondientes a los ocho primeros años de esta experiencia ponen de manifiesto la importancia del tipo de manejo y su influencia sobre algunos parámetros del sistema suelo. Los efectos derivados de las diferencias de estas dos modalidades de gestión de los agrosistemas (producción ecológica e integrada) fueron múltiples, destacando que en el sistema donde se realizaron los aportes de materia orgánica, se han visto influidos positivamente todos los parámetros asociados a ésta, con un incremento del 18% en los niveles de materia orgánica de la capa arable con respecto a los niveles de partida.

También se ha observado que tanto la aplicación de fertilizantes orgánicos como el manejo del suelo mediante técnicas de agricultura ecológica han contribuido a un ligero incremento de actividad biológica de los suelos.

En lo que respecta al contenido de nutrientes en los suelos no se han producido grandes diferencias, aunque sí que se ha observado una tendencia a la disminución de las reservas de fósforo y potasio en ambos sistemas cuando se controla minuciosamente la dosis de fertilizantes aplicada. Este fue uno de los objetivos de este ensayo a largo plazo, pues los niveles de partida de ambos nutrientes se encontraban muy por encima del rango considerado adecuado para el desarrollo de los cultivos hortícolas. No sucedió lo mismo en el caso del magnesio, pues no resultó fácil controlar la entrada abundante de este nutriente a través del agua de riego.

El mantenimiento de ensayos a largo plazo en los que se compara un sistema orgánico frente a otro tipo de manejos agrícolas es muy importante para evaluar los efectos de las técnicas de producción ecológica, sobre todo en lo que concierne a la evolución de las propiedades de los suelos, pues muchos de los cambios agronómicos derivados de ésta suelen producirse lentamente y no son perceptibles en las experiencias a corto plazo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) por la financiación del proyecto RTA 04-150.

BIBLIOGRAFÍA

Albiach, R., Gómez, A., Pomares, F., Canet, R. 1998. Efecto del tipo de fertilización sobre la actividad biológica del suelo en reconversión a la agricultura ecológica. En: Una

- alternativa para el mundo rural del Tercer Milenio. Actas del III Congreso de la SEAE. 231-238.
- Bremner, J.M., 1965. Total Nitrogen. En: *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy. Monograph n° 9: 1149-117.
- Casida, L.E., Klein, D.A., Santoro, T. (1964). Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98, 371-376.
- Clark, M.S., Horwarth, W.R., Shennan, C. Scow, K.M. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from chemical and low input practices. *Agron. J.* 90, 662-671.
- Drinkwater, L.E., Wagoner, P., Sarrantonio, M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396, 262-264.
- FAO, 1993. *World Soil Resources. An explanatory note on the FAO World Soil Resources Map at 1 : 25000000 scale*, Rom. 71 p.
- Farrus, E., Vadell, J. 2000. Actividad biológica del suelo en cultivos hortícolas sometidos a distintos tratamientos de fertilización. En : *Armonía entre ecología y economía. Actas del IV Congreso de la SEAE*. Córdoba.
- Fliessbach, A., Oberholzer, H.R., Gunst, L., Mader, P. 2006. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agric. Ecosys. Environ.*
- Gómez, H., Pomares, F., García, A., Baixauli, C., Aguilar, J. M., Porcuna, J. L., Verdú, M. J, Hermoso, A. Tarazona, F., Estela, M., Cabot, B., Campos, T., Gómez de Barreda, D. Y Coscollá, R. 2000. Evaluación de un sistema de producción ecológica de cultivos hortícolas en Valencia. *Phytoma-España* 124, 25-29.
- Gösling, P. Y Sheperd, M. 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agri. Ecos. Environ.* 105, 425-432.
- Greenland, 2000. Effects on soils and plant nutrition. En: Tinker, P.B. (Ed), *Shades of Green-A review of UK Farming Systems*. Royal Agricultural Society of England, Warwickshire: 6-20.
- Haraldsen, T.K., Asdal, A., Grasdalen, C., Nesheim, L., Ugland, T.N. 2000. Nutrient balances and yields during conversion to organic cropping systems on silt loam and clay soils in Norway. *Biol. Agric. Hort.* 17, 229-246.
- Liebig, M.A., Doran, J.W. 1999. Impact of organic production practices on soil quality indicators. *J. Environ. Qual.* 28, 1601-1609.
- Loes, A.K., Ogaard, A.F. 2001. Long-term changes in extractable soil phosphorus (P) in organic dairy farming systems. *Plant Soil* 237, 321-332.
- Mäder, P., Fliebbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002. Soil fertility and diversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697
- MAPA, 1986. *Métodos oficiales de análisis. Tomo III (Plantas, productos orgánicos fertilizantes, suelos, agua, productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos)*. Madrid.

- Oehl, F., Oberson, A., Tagmann, H.U., Besson, J.M., Dubois, D., Mader, P., Roth, H.R., Frossard, E. 2002. Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional management. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 62, 25-35.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Christ, S., Shprizt, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. 1995. Environmental and economical cost of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267, 1117-1123.
- Pomares, F., López, V., Tarazona, F., Estela, M., Chaves, Cr., Baixauli, C., Aguilar, J. M., Giner, A., 2003. Comparación entre la producción integrada y la ecológica en una rotación de hortalizas. *Actas del III Congreso Valenciano de Agricultura Ecológica*, Castellón, diciembre de 2002, 207-216.
- Pretty, J.N., Brett, C., Gee, D., Hine, R.E., Mason, C.F., Morison, J.I.L., Raven, H., Rayment, M.D., van der Bijl, G. 2000. An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agric. Syst.* 65, 113-136.
- Pulleman, M., Jongmans, A., Marinissen, J., Bouma, J. 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. *Soil Use Manage* 19, 157-165.
- Raupp, J. 2001. Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial. En: Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D., Watson, C.A. (eds). *Sustainable Management in Soil Organic Matter*, CABI, London: 301-308.
- Ribó, M., Albiach, R., Gómez, A., Pomares, F., Canet, R., Estela, M. 2004. Efectos de la fertilización orgánica sobre las propiedades químicas y la actividad biológica en suelos de cultivos hortícolas. *Actas del IV Congreso de la SEAE*. Almería.
- Ruiz, J.C., Melero, S., Herencia, J.F. 2000. Status microbiano del suelo en parcelas nutridas orgánica versus mineralmente. En: *Armonía entre ecología y economía*. Actas del IV Congreso de la SEAE. Córdoba.
- Skujins, J. 1976. Extracellular enzymes in soil. *CRC Crit. Rev. Microbiol.* 4, 383-421.
- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J., Smith, J.O.U. 1997. Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Chang. Biol.* 3, 67-79.
- Soriano, M.D., Lloret, I., Boluda, R. 2002. Evaluación de los cambios en el suelo durante tres años de seguimiento bajo cultivo ecológico y convencional de cítricos en la comarca de l'Horta. *Actas V Congreso SEAE*, 453-464. Gijón.
- Tabatabai, M.A., J.M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.
- VEGINECO project, 2001. Integrated and ecological nutrient management. Report nº3. (concerted action FAIR-3 CT 927705).
- Vereijken, P. 1994. Designing prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU associated countries (concerted action FAIR-3 CT 927705).

CUADROS

Cuadro 1. Aportación de nutrientes en la rotación de cultivos correspondiente a la campaña 2005

Sistema	(UF/ha)			
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Magnesio (MgO)
Ecológico	128	129	135	61,5
Integrado	0	147	350	0

Cuadro 2. Macronutrientes en la mezcla de estiércol (vacuno y oveja al 50%) aplicado a las parcelas ecológicas

Estiércol	(% s.m.h)	(% s.m.s)			
	Materia seca	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (P ₂ O)	Magnesio (MgO)
(Vacuno + Oveja)	54,35	2,35	2,38	2,49	1,13

Cuadro 3. Efectos del manejo sobre el pH del suelo en el extracto de saturación a distintas profundidades

Sistema	Ph			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	8,29	8,16	8,04	7,88
Integrado	8,24	8,1	8	7,93
SD	NS	NS	NS	NS

ESx: Nivel de significación NS, *, **,*** No significativo, significativo a P ≤ 0,05, a P ≤ 0,01 y a P ≤ 0,001, respectivamente.

Cuadro 4. Efectos del manejo sobre la conductividad eléctrica del suelo en el extracto de saturación a distintas profundidades

Sistema	CE (dS/m)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	2,21a	1,50	1,37	1,16a
Integrado	2,37b	1,60	1,33	1,36b
SD	*	NS	NS	*

ESx: Nivel de significación NS, *, **,*** No significativo, significativo a P ≤ 0,05, a P ≤ 0,01 y a P ≤ 0,001, respectivamente

Cuadro 5. Efectos del manejo sobre el contenido de materia orgánica oxidable en las distintas profundidades del suelo

Sistema	Materia Orgánica Oxidable (%)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	2,23b	1,52	0,96	0,59a
Integrado	1,89a	1,5	0,84	0,74b
SD	***	NS	NS	*

ESx: Nivel de significación NS, *, **, *** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 6. Efectos del manejo sobre el contenido en nitrógeno orgánico en las distintas profundidades del suelo

Sistema	Nitrógeno (%)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	0,14b	0,11	0,07	0,04b
Integrado	0,13a	0,1	0,06	0,05a
SD	*	NS	NS	*

ESx: Nivel de significación NS, *, **, *** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 7. Efectos del manejo sobre la relación C/N en las distintas profundidades del suelo

Sistema	Relación C/N (%)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	8,97	8,26	8,13	7,82
Integrado	8,73	8,51	8,22	8,11
SD	NS	NS	NS	NS

ESx: Nivel de significación NS, *, **, *** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 8. Efecto del manejo sobre el contenido de nitratos en el perfil del suelo

Sistema	N-NO ₃ (mg/kg)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	25,5	26,3	13,6	11,3
Integrado	24,4	18,6	13,3	10,5
SD	NS	NS	NS	NS

ESx: Nivel de significación NS, *, **,*** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 9. Efecto del manejo sobre el contenido de fósforo disponible en el suelo

Sistema	P olsen (mg/kg)			
	Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	33,9	24,8	10,4	6,05a
Integrado	38,1	26,9	12,1	7,63b
SD	NS	NS	NS	*

ESx: Nivel de significación NS, *, **,*** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 10. Efecto de los sistemas de producción a distintas profundidades sobre el contenido en cationes asimilables del extracto de saturación y del de acetato amónico

Sistema	Ca (mg/kg)				K (mg/kg)				Mg (mg/kg)				Na (mg/kg)			
	Profundidad (cm)				Profundidad (cm)				Profundidad (cm)				Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90	0-15	15-30	30-60	60-90	0-15	15-30	30-60	60-90	0-15	15-30	30-60	60-90
Extracto Saturación																
Ecologico	123	81,5	78,5	66,3a	9,91	4,95	2,73	2,22b	32,7	20,6	19	14,1	66,2	42,2	43	36,1a
Integrado	117	81,7	74,4	72,4b	12,3	3,99	1,97	1,24a	32,3	21	17,92	15,7	70,8	45	46,8	41,1b
SD	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Extracto Acetato Amónico																
Ecologico	4603	4481	4535	4478	400	304	258	207	478	432	422	335	181	149	154	141a
Integrado	4704	4675	4652	4644	371	264	278	229	459	439	433	391	183	153	162	163b
SD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	***

ESx: Nivel de significación NS, *, **,*** No significativo, significativo a $P \leq 0,05$, a $P \leq 0,01$ y a $P \leq 0,001$, respectivamente.

Cuadro 11. Efecto de los sistemas de producción a distintas profundidades sobre el contenido en aniones asimilables del extracto de saturación

Sistema	Cl ⁻ (mg/kg)				SO ₄ ²⁻ (mg/kg)				CO ₃ H ⁻ (mg/kg)			
	Profundidad (cm)				Profundidad (cm)				Profundidad (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90	0-15	15-30	30-60	60-90	0-15	15-30	30-60	60-90
Ecológico	135	67,4	58	36,4	243	169	200	183a	138	157	114	67,5
Integrado	151	71,4	51,3	34,6	222	163	197	222b	135	138	101	86,7
SD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS

ESx: Nivel de significación NS, *, **, *** No significativo, significativo a P ≤ 0,05, a P ≤ 0,01 y a P ≤ 0,001, respectivamente.

Cuadro 12. Efecto del manejo sobre el contenido en biomasa microbiana (□g C_{biomasa}/g suelo), fosfatasa alcalina (□mol PNF/g suelo.h) y deshidrogenasa (□g TPF/g suelo.h) en la capa superficial del suelo (0-15 cm)

Sistema	Biomasa microbiana	Fosfatasa alcalina	Deshidrogenasa
	Profundidad (cm)		
	0-15	0-15	0-15
Ecológico	248	1,57	4,35
Integrado	201	1,37	4,17
SD	NS	NS	NS

ESx: Nivel de significación NS, *, **, *** No significativo, significativo a P ≤ 0,05, a P ≤ 0,01 y a P ≤ 0,001, respectivamente.