



## **Modificación de las propiedades del suelo provocada por diferentes modalidades de gestión de los restos de cultivos hortícolas bajo producción ecológica e integrada**

\*\*Quenum L, Albiach MR, Ribó M, Estela M, Canet R, \*Baixauli C, \*Aguilar JM, Pomares F

IVIA. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible, Moncada (Valencia); [pomares\\_fer@iva.gva.es](mailto:pomares_fer@iva.gva.es), \*Fundación Ruralcaja, Paiporta (Valencia), \*\*Dpto. de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia

### **RESUMEN**

En dos agroecosistemas de hortalizas al aire libre, que se cultivan siguiendo las correspondientes técnicas de Agricultura Ecológica y Producción Integrada, ubicados en el Centro Experimental de la Fundación Ruralcaja en Paiporta (Valencia), se viene realizando desde el año 2003 una experiencia a largo plazo con la finalidad de evaluar los efectos derivados de distintas modalidades de gestión de los restos de cultivo.

En esta comunicación se exponen y comentan los resultados de producción de los cultivos implantados, así como los de las características físico-químicas (pH y conductividad eléctrica), químicas (nutrientes asimilables, materia orgánica) y biológicas (actividades enzimáticas).

**Palabras clave:** actividad enzimática, fertilidad del suelo, materia orgánica, restos de cultivo

### **INTRODUCCIÓN**

Durante muchas décadas el manejo de los suelos agrícolas ha estado dirigido hacia la obtención de las máximas cosechas, lo que ha dado lugar a una pérdida de la fertilidad de los suelos. Dicha fertilidad puede ser recuperada con la adición de materiales que incrementen la materia orgánica del suelo, cuya función es esencial en la sostenibilidad del mismo, aumentando la reserva de nutrientes para los cultivos, fomentando el desarrollo de la vida microbiana y mejorando las condiciones del suelo en cuanto a su estructura y capacidad para retener nutrientes y agua.



Todos los cultivos generan una cierta cantidad de biomasa en forma de distintas clases de residuos: restos de poda en cultivos de especies leñosas, restos de cosecha en hortalizas, paja en los cereales, etc. La materia orgánica y los nutrientes contenidos en estos residuos pueden jugar un papel importante en el aumento de la fertilidad del suelo.

Los restos de cultivo habitualmente se eliminan bien procediendo a su retirada, bien por quema de los mismos sobre el terreno (aduciendo en este último caso, su bonanza para la eliminación de semillas de hierbas adventicias y de reducción de parásitos y patógenos), siendo la quema una práctica que, además de desaprovechar la materia orgánica que contienen los restos, provoca un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, con la contaminación ambiental derivada y la contribución en el calentamiento global del planeta. En contrapunto a la eliminación de los restos de cosecha, existe la posibilidad de incorporarlos en la capa superficial del suelo para poder aprovechar sus nutrientes, bien directamente tras la cosecha, bien tras un periodo de oreo.

Así, el objetivo de este estudio fue conocer los efectos a largo plazo de la incorporación de los restos de cultivos hortícolas sobre la producción de las cosechas y la fertilidad del suelo en dos agrosistemas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El ensayo se viene desarrollando en dos sistemas de hortalizas al aire libre que se cultivan mediante técnicas de Agricultura Ecológica y Producción Integrada iniciado en 1998 en las parcelas situadas en el Centro Experimental de la Fundación Ruralcaja en Paiporta (Valencia). Desde el año 2003 se está estudiando el efecto de la incorporación de los restos del cultivo precedente en la producción de los cultivos, así como en las distintas propiedades del suelo. El planteamiento experimental consistió en una comparación de tres formas de gestión de residuos en ambos agrosistemas: (A) predescomposición de los restos en superficie e incorporación de los mismos en las labores preparatorias de la plantación del cultivo siguiente, (B) recogida de los restos, que no se incorporan, y (C) los restos de cultivo se incorporan tras la recolección. Así, se establecieron una parcela elemental de cada tratamiento en cada una de las ocho parcelas (cuatro de cultivo ecológico y cuatro de producción integrada).



En el Cuadro 1 se muestran los cultivos correspondientes a la rotación de cultivos en ambos sistemas de cultivo desde el inicio de este estudio hasta el momento de muestreo del suelo. En el sistema ecológico se aportó una dosis de 24 t/ha de estiércol (50% de vacuno + 50% de ovino) cada dos años, y en el sistema de producción integrada se aplicó mediante fertirrigación la fertilización mineral en forma de ácido fosfórico y sulfato potásico.

Cuadro 1. Rotación de cultivos en los agrosistemas ecológico e integrado.

Cultivo	Sist Prod	Parcela	Fecha plantación	Marco plantación	Cultivo precedente	Fecha recolección
Patata	Eco Int	A I	09/01/03	0,66*0,3	coliflor	20/05/03
Hinojo	Eco Int	A I	03/10/03	0,65*0,3	patata	06/04/04
Maíz dulce	Eco Int	A I	08/03/04	1,2*0,15	hinojo	26/06 - 13/07/04
Alcachofa/habas	Eco Int	A I	05/08/04	1,5*0,6	maíz dulce	15/11/04-26/05/05
Apio	Eco Int	A I	24/08/05	0,9*0,2	alcachofa	12/01/06
Maíz dulce	Eco Int	B II	07/03/03	1,2*0,15	hinojo	19-24/06/03
Alcachofa	Eco Int	B II	18/07/03	1,7*0,8	maíz dulce	12/11/03 – 07/06/04
Apio	Eco Int	B II	20/08/04	0,9*0,2	alcachofa	15/12/04-14/02/05
Sandía	Eco Int	B II	27/04/05	3*1	apio	12/07-04/08/05
Coliflor	Eco Int	B II	02/09/05	0,9*0,9	sandía	25/11-27/12/05
Patata	Eco Int	B IV	26/01/06	0,65*0,3	coliflor	09/06/06
Apio	Eco Int	C III	21/08/03	0,6*0,15	alcachofa	13/01/04 – 18/02/04
Sandía	Eco Int	C III	28/04/04	3*1	apio	21/07-04/08/04
Coliflor	Eco Int	C III	14/09/04	1*1	sandía	23/12/04-11/01/05
Patata	Eco Int	C III	18/01/05	0,65*0,3	coliflor	31/05/05
Hinojo	Eco Int	C IV	20/10/05	0,65*0,3	patata	09/03/06
Sandía	Eco Int	D IV	22/05/03	3*1	lechuga	22/07/03 – 01/08/03
Coliflor	Eco Int	D IV	29/08/03	0,55*0,9	sandía	4-29/12/03
Patata	Eco Int	D IV	08/01/04	0,65*0,3	coliflor	24/05/04
Hinojo	Eco Int	D IV	20/10/04	0,65*0,3	patata	No recolección por helada
Alcachofa	Eco Int	D IV	01/08/05	1,68*0,8	hinojo	24/03-26/04/06

Eco: Ecológico, Int: Integrado; Sist Prod: sistema de producción

Las muestras de suelo se tomaron a distintas profundidades (0-15, 15-30, 30-60 y 60-90 cm) tras la finalización de los cultivos de apio (15/03/06), hinojo (08/05/06), alcachofa (09/05/06) y patata (14/06/06), se secaron al aire y se tamizaron. La metodología empleada para el análisis físico-químico y químico del suelo fue la descrita en los Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1986). La actividad biológica del suelo fue medida siguiendo los métodos de Vance et al. (1987) para el carbono de la biomasa microbiana, el de Tabatabai y Bremner (1969), modificado por Eivazi y Tabatabai (1977) para la



actividad fosfatasa alcalina y el de Casida et al. (1964) para la actividad deshidrogenasa. Los resultados obtenidos se evaluaron mediante análisis de varianza, considerando la gestión de los residuos y el tipo de cultivo como únicas fuentes de variación, mediante el programa Statgraphics Plus.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de los cultivos

La gestión de los restos de cultivo dio lugar a efectos variables en el rendimiento de los distintos cultivos en la campaña 2005/06 (Cuadro 2), lo que ha sido la tónica en otras campañas (Pomares et al., 2006, Pomares et al., 2007). Así, tan solo se observaron diferencias estadísticamente significativas en el cultivo de hinojo, siendo la incorporación de los restos del cultivo precedente (patata), bien directa, bien tardía, el tratamiento que mejor rendimiento originó. En cuanto al resto de cultivos, se vio que el apio mostró un ligero aumento de rendimiento con la recogida de los restos de cosecha, en la patata el rendimiento fue un poco más elevado con la incorporación tardía y, en el caso de la alcachofa todos los tratamientos dieron lugar a rendimientos muy similares entre sí.

Cuadro 2. Rendimiento de los cultivos.

Cultivos	Rendimiento (t/ha)			ES <sub>x</sub>
	Incorporación tardía (A)	Recogida (B)	Incorporación directa (C)	
Apio	56,4	63,4	58,3	NS
Hinojo	45,9 b	32,1 a	46,8 b	**
Alcachofa	10,4	9,7	10,0	NS
Patata	55,1	49,8	47,8	NS

ES<sub>x</sub>, Nivel de significación, NS, \*, \*\*, \*\*\*. No significativo, significativo a P: 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente.

### El pH y la conductividad eléctrica del suelo

El efecto del aprovechamiento de los residuos del cultivo sobre el pH del suelo (Cuadro 3) no fue estadísticamente significativo en ninguna de las cuatro profundidades. En la capa superficial (0-15 cm) se observa que la incorporación de los restos de cultivo, ya sea de forma inmediata o tardía, disminuye ligeramente el pH del suelo, no dándose el mismo efecto en el resto de capas estudiadas.



Cuadro 3. Efecto de la gestión de residuos sobre el pH del suelo.

Tratamientos	pH			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	8,29	8,15	7,94	7,93
Recogida (B)	8,31	8,09	8,02	7,85
Incorporación directa (C)	8,19	8,14	8,08	7,93
ESx	NS	NS	NS	NS

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

En el caso de la conductividad eléctrica (Cuadro 4) tampoco se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las profundidades, pero se observa un ligero aumento de la conductividad tras el aporte de los residuos, tanto en incorporación directa como tardía, con respecto a la retirada de los mismos para todas las profundidades estudiadas.

Cuadro 4. Efecto de la gestión de los residuos sobre la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.

Tratamientos	Conductividad eléctrica (dS/m)			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	2,13	1,67	1,24	1,32
Recogida (B)	1,84	1,35	1,18	1,16
Incorporación directa (C)	2,86	1,64	1,63	1,30
ESx	NS	NS	NS	NS

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

### Materia orgánica y nitrógeno orgánico en el suelo

El aprovechamiento de los residuos de la cosecha no produjo diferencias estadísticamente significativas sobre el contenido de materia orgánica en el suelo (Cuadro 5), pero sí se observó que, en las capas más superficiales (0-15 y 15-30 cm), la incorporación de los restos, tanto directa como tardía, daba lugar a un ligero aumento del contenido de la misma, dando valores más similares en las otras dos profundidades. Estos datos están de acuerdo con lo encontrado en estudios de larga duración por Perucci et al. (1997), ellos vieron que la incorporación de los restos de cultivo con respecto a la retirada de los mismos, provocaba un aumento significativo del carbono orgánico del suelo en la capa 0-20 cm.

Cuadro 5. Efecto de la gestión de residuos sobre la de materia orgánica del suelo.

Tratamientos	Materia Orgánica (%)			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	2,13	1,62	0,91	0,71
Recogida (B)	1,98	1,38	0,92	0,63
Incorporación directa (C)	2,07	1,53	0,87	0,65
ESx	NS	NS	NS	NS

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



En el Cuadro 6 puede observarse que la gestión de los restos de cultivo no provocó diferencias estadísticamente significativas en el contenido de nitrógeno orgánico del suelo en ninguna de las cuatro profundidades estudiadas, observándose niveles muy similares con los tres tratamientos. En este caso los datos no coinciden con lo encontrado por Perucci et al. (1997) que sí obtuvieron diferencias en la capa 0-20cm.

Cuadro 6. Efecto de la gestión de los residuos sobre el nitrógeno orgánico del suelo.

Tratamientos	Nitrógeno orgánico (%)			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	0,14	0,11	0,06	0,05
Recogida (B)	0,12	0,09	0,06	0,05
Incorporación directa (C)	0,14	0,11	0,06	0,05
ESx	NS	NS	NS	NS

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

La relación carbono-nitrógeno del suelo sí se vio afectada con la gestión de residuos (Cuadro 7). Así, para la capa más superficial (0-15 cm), se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, dando lugar a una mayor relación C/N con la retirada de los residuos. En el resto de profundidades no se observaron diferencias significativas, aunque en la capa 15-30 cm la relación C/N es también ligeramente superior para el tratamiento de recogida de los restos.

Cuadro 7. Efecto de gestión de los residuos sobre la relación carbono/nitrógeno del suelo.

Tratamientos	Relación C/N			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	8,93 ab	8,36	8,29	8,37
Recogida (B)	9,23 b	8,56	8,28	7,97
Incorporación directa (C)	8,39 a	8,23	7,94	7,55
ESx	*	NS	NS	NS

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

### Nitratos en el suelo

La gestión de los residuos de las cosechas no tuvo efecto significativo sobre el contenido de nitratos del suelo (Cuadro 8). Pese a lo cual, se observó que el contenido de nitratos con la recogida de residuos dio lugar a valores ligeramente inferiores a los registrados con la incorporación de restos, tanto directa como tardía, en las cuatro profundidades estudiadas.



Cuadro 8. Efecto de la gestión de residuos sobre el contenido de nitratos en el suelo.

Tratamientos	N-NO <sub>3</sub> (mg/kg)			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	23,9	26,8	13,9	10,8
Recogida (B)	23,0	18,6	11,7	8,4
Incorporación directa (C)	28,0	22,0	14,8	13,5
ESx	NS	NS	NS	NS

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

### Fósforo asimilable en el suelo

La incorporación de los restos de cultivo no produjo diferencias significativas en el contenido de fósforo del suelo en ninguna de las cuatro profundidades (Cuadro 9), dando lugar a valores de contenido de fósforo muy similares para todos los tratamientos, siendo ligeramente superior en la capa superficial el contenido con la recogida de los restos y en el resto de profundidades son la incorporación los que dan contenidos ligeramente superiores.

Cuadro 9. Efecto de la gestión de residuos sobre el fósforo asimilable en el suelo.

Tratamientos	Fósforo (mg/kg)			
	Profundidad (cm)			
	(0 – 15)	(15 – 30)	(30 – 60)	(60 – 90)
Incorporación tardía(A)	35,53	27,91	10,79	7,25
Recogida (B)	37,40	24,60	10,42	6,95
Incorporación directa (C)	34,95	24,92	12,52	6,32
ESx	NS	NS	NS	NS

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

### Cationes solubles en el suelo

En el Cuadro 10 se puede observar el efecto que ha tenido la gestión de residuos sobre el contenido de cationes solubles del suelo. Éste ha sido muy variable, en las capas más superficiales (0-15 y 15-30 cm), y no ha resultado estadísticamente significativo en ninguno de los cationes, aunque para todos ellos la retirada de los restos ha supuesto un contenido ligeramente menor de los mismos. En el caso de las capas más profundas (30-60 y 60-90 cm) el contenido de calcio ha mostrado diferencias significativas, en la capa 30-60 cm el mayor contenido de calcio fue para la incorporación directa de restos y en la capa 60-90 cm fueron ambas incorporaciones, directa y tardía de restos, las que dieron los mayores contenidos. En el caso del potasio no hubo diferencias significativas, aunque los contenidos en las capas más superficiales fueron ligeramente superiores a los de la retirada. Para el sodio sí hubo diferencias estadísticas en la capa 30-60 cm, donde el mayor contenido se dio con la incorporación directa. En el caso del magnesio, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en las capas más profundas (30-60 y 60-90 cm), siendo la incorporación directa, y ambas incorporaciones las que obtuvieron los mayores



contenidos de magnesio, respectivamente.

**Cuadro 10. Efecto de la gestión de residuos sobre el contenido de cationes solubles del suelo.**

Trat	Prof	Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)				K <sup>+</sup> (mg/kg)				Na <sup>+</sup> (mg/kg)				Mg <sup>2+</sup> (mg/kg)			
		(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)
A		122	90	67 a	72 b	11	6	2	2	68	47	39 a	39	32	22	16 a	16 b
B		98	72	61 a	62 a	4,4	2	2	2	53	40	40 a	37	26	19	15 a	13 a
C		142	83	101 b	74 b	18	5	3	1	87	44	56 b	40	40	21	25 b	16 b
ESx		NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	**	*

ES<sub>x</sub>: Nivel de significación; NS, \*, \*\*, \*\*\*: No significativo, significativo a P: 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente. (A) incorporación tardía; (B) recogida; (C) incorporación directa.

### Aniones solubles en el suelo

En general, no se observó ningún efecto de la gestión de residuos sobre el contenido de los aniones solubles del suelo (Cuadro 11), tan sólo para el contenido de cloruros y de sulfatos en la profundidad 30-60 cm, el efecto fue estadísticamente significativo, dando el mayor contenido para ambos aniones la incorporación directa de los restos de cultivo.

**Cuadro 11. Efecto de la gestión de residuos sobre el contenido de aniones solubles del suelo.**

Trat	Prof	Cl <sup>-</sup> (mg/kg)				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)			
		(0-15)	(15-30)	(30-60)	(60-90)	(0-15)	(15-30)	(30-60)	(60-90)	(0-15)	(15-30)	(30-60)	(60-90)
A		128	73	42 a	36	254	203	182 a	220	122	132	98	83
B		85	57	41 a	30	208	154	168 a	187	128	157	98	71
C		215	79	81 b	40	235	141	246 b	202	160	154	128	78
ESx		NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

ES<sub>x</sub>: Nivel de significación; NS, \*, \*\*, \*\*\*: No significativo, significativo a P: 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente. (A) incorporación tardía; (B) recogida; (C) incorporación directa.

### Cationes disponibles en el suelo

El contenido de cationes disponibles en el suelo tampoco se vio afectado significativamente por la gestión de los restos de cultivo en ninguna de las cuatro profundidades estudiadas (Cuadro 12). En el caso del calcio, el contenido fue ligeramente superior con la incorporación directa en la capa superficial y en las dos más profundas, dando la incorporación tardía un contenido ligeramente mayor para la capa 15-30 cm. En la capa superficial, el contenido de potasio fue algo superior con la incorporación directa, cambiando la tendencia en las capas más profundas donde o bien la incorporación tardía sola o con la recogida dieron valores algo superiores. En cuanto al contenido de sodio, las capas más profundas dieron niveles muy igualados, pero en las más superficiales dieron valores ligeramente superiores la incorporación directa sola o con la incorporación tardía. En el caso del magnesio en todas las capas los valores encontrados fueron bastante similares.



**Cuadro 12. Efecto de la gestión de residuos sobre el contenido de cationes disponibles del suelo.**

Trat	Prof	Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)				K <sup>+</sup> (mg/kg)				Na <sup>+</sup> (mg/kg)				Mg <sup>2+</sup> (mg/kg)			
		(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)
A		4616	4628	4591	4496	425	319	286	232	179	157	154	151	461	446	432	368
B		4656	4541	4490	4475	299	254	283	221	162	144	158	149	469	439	431	351
C		4688	4564	4699	4713	431	278	234	201	205	152	162	157	475	423	420	368
ESx		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ES<sub>x</sub>: Nivel de significación; NS, \*, \*\*, \*\*\*: No significativo, significativo a P: 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente. (A) incorporación tardía; (B) recogida; (C) incorporación directa.

### Actividad biológica del suelo

En el Cuadro 13 se muestra el efecto de la gestión de restos de cultivo sobre la actividad biológica del suelo. Con respecto al carbono de la biomasa microbiana del suelo, se vio que el efecto de la gestión provocó diferencias significativas entre tratamientos, siendo mayor con la incorporación directa de los restos, seguido por la incorporación tardía, lo cual está de acuerdo con el aumento del carbono de la biomasa encontrado por Brookes y Ocio (1988), Ocio et al. (1991) y Perucci et al. (1997) tras el enterrado de restos de cultivo.

**Cuadro 13. Efecto de la gestión de residuos sobre la biomasa microbiana, la actividad fosfatasa alcalina y la actividad deshidrogenasa en el suelo a profundidad (0-15 cm).**

Tratamientos	Biomasa microbiana (µg C-biomasa/g suelo)	Fosfatasa alcalina (µmol PNF/g suelo.h)	Deshidrogenasa (µg TPF/g suelo.h)
Incorporación tardía(A)	226,1 ab	1,46 ab	4,88
Recogida (B)	138,9 a	1,04 a	2,98
Incorporación directa (C)	308,1 b	1,91 b	4,92
ESx	*	*	NS

ES<sub>x</sub>: Nivel de significación; NS, \*, \*\*, \*\*\*: No significativo, significativo a P: 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente.

En el caso de las actividades enzimáticas estudiadas el resultado fue desigual, así para la actividad fosfatasa alcalina el efecto fue estadísticamente significativo, dando como en el carbono de la biomasa el mayor valor para la incorporación directa, seguido por la incorporación tardía. Resultados similares fueron encontrados por Aggarwal et al. (1997) para las actividades fosfatasa tras la incorporación de restos al compararlos con la retirada y la quema de los mismos. Respecto a la actividad deshidrogenasa no se observaron diferencias significativas, aunque sí se vieron valores de actividad ligeramente superiores en el caso de la incorporación de los restos, ya sea directa o tardía. Resultados similares fueron encontrados tras la incorporación de restos por Aggarwal et al. (1997) y Perucci et al. (1997) para la actividad deshidrogenasa con la incorporación de restos.



## CONCLUSIONES

El efecto de la incorporación de restos de cultivo sobre la producción de los cultivos ha resultado variable, pero es destacable la buena respuesta del hinojo a la incorporación de los restos del cultivo precedente.

Las propiedades físico-químicas y químicas del suelo en general se han visto poco afectadas por la incorporación de los restos, quizás debido a que dichas propiedades necesitan un periodo de tiempo mayor para mostrar diferencias. En cambio, las propiedades biológicas proporcionan una indicación temprana de cambios en el suelo, como se ha visto en las distintas propiedades estudiadas se ha producido un aumento, significativo o no según el parámetro estudiado, tras la incorporación de los restos. Es por ello previsible que a más largo plazo estas diferencias se trasladen al resto de propiedades del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) por la financiación del proyecto SUM2006-00028-00-00.

## BIBLIOGRAFÍA

Aggarwal, R.K., Kumar, P., Power, J.F. 1997. Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. *Soil Tillage Res.* 41, 43-51.

Brookes, P.C., Ocio, J.A. 1988. Cambios en la biomasa microbiana y la materia orgánica del suelo tras el enterrado de paja de cereal. Actas de II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sevilla. Pp. 139-146.

Casida, L.E., Klein, D.A., Santoro, T. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98, 371-376.

Eivazi, F., Tabatabai, M.A. 1977. Phosphatases in soils. *Soil Biol. Biochem.* 9, 167-172.

MAPA, 1986. Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III (Plantas, productos orgánicos fertilizantes, suelos, aguas, productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos). Madrid.



Ocio, J.A., Martínez, J., Brookes, P.C. 1991. Contribution of straw derived N following incorporation of several straw of soil. *Soil Biol. Biochem.* 23, 655-659.

Perucci, P., Bonciarelli, U., Santilocchi, R., Bianchi, A.A. 1997. Effect of rotation, nitrogen fertilization and management of crop residues on some chemical, microbiological and biochemical properties of soil. *Biol. Fertil. Soils* 24, 311-316.

Pomares, F., Baixauli, C., Aguilar, J.M., Chaves, C., Ribó, M. 2007. Respuesta de una rotación de hortalizas ecológicas y de producción integrada a diferentes modalidades de gestión de los restos de cultivo. En: V Congreso Valenciano de Agricultura Ecológica. “La Calidad de la Agricultura Mediterránea”. Orihuela (Alicante).

Pomares, F., Baixauli, C., Aguilar, J.M., Giner, A., Bartual, R., Tarazona, F., Estela, M., Albiach, R. 2006. Comparación entre la producción ecológica e integrada en una rotación de hortalizas durante el séptimo y octavo año de cultivo. Memoria de Actividades 2006. Fundación Ruralcaja. Pp. 364-370.

Tabatabai, M.A., Bremner, J.M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.

Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703-707.