

INFLUENCIA DE DISTINTOS SISTEMAS DE LABOREO DE CONSERVACIÓN EN PROPIEDADES DEL SUELO Y EN LA PRODUCCIÓN DE CEREAL DE SECANO EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS (OLITE, NAVARRA)

Paloma BESCANSÁ MIQUEL*, Nieves OTAZU BERUETE*, Alberto ENRIQUE MARTÍN*, Jesús IRAÑETA GOICOA** y Juan DEL CASTILLO GARCÍA**

* *Area Edafología. Dpto. de Ciencias del Medio Natural. Universidad Pública de Navarra. Campus de Arrosadía s/n. 31006 Pamplona*

** *Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra. Ctra. El Sadar s/n. Edif. 'El Sario' 3ª planta. 31006 Pamplona*

Abstract: With the aim of developing alternative tillage systems for rainfed barley in semiarid areas, a field experiment was established in Olite (Navarra) with the following treatments: conventional tillage and four conservation tillage systems (no tillage, surface-tillage, minimum-tillage and a combination of the last two ones). Preliminary results, from the first two years, show a significant influence of tillage systems on barley yields. Differences of precipitation between the two years have had a considerable effect because when precipitation is below the average (year 94/95), conservation tillage systems are more productive than traditional tillage, showing the efficiency of these systems on soil water economy. However, in year 95/96, with precipitation above the average, barley yields with no tillage were significantly lower than in the other treatments. Significant differences between treatments in some soil properties (bulk density, water content and its depth distribution and organic matter content) have also been observed. According to the results obtained up to now, surface-tillage seems to be the most advantageous system.

Key words: Conservation tillage, semiarid soils, bulk density, barley crop.

Resumen: Con objeto de desarrollar alternativas de laboreo para el cultivo de cebada de secano en zonas semiáridas, se ha establecido en el término de Olite (Navarra) un ensayo que incluye laboreo tradicional y cuatro sistemas de 'laboreo de conservación' (siembra directa, laboreo superficial, laboreo mínimo y una combinación de estos dos últimos). Los resultados obtenidos después de los dos primeros años, aunque se consideran todavía provisionales, muestran diferencias significativas entre tratamientos en lo que se refiere a la producción. Las diferencias de pluviometría de las dos campañas han tenido una especial repercusión, ya que los sistemas de laboreo de conservación resultan más productivos que el tradicional cuando la pluviometría es inferior a la media (campaña 94/95), corroborando la eficacia de estos sistemas en la 'economía' del agua. Sin embargo en la campaña 95/96, con una pluviometría superior a la media, la producción en siembra directa fue significativamente inferior a la de los restantes tratamientos. También se han observado diferencias significativas entre tratamientos en algunas propiedades del suelo (densidad aparente, contenido y distribución en profundidad de la humedad y contenido en materia orgánica). Una valoración global de los resultados obtenidos sitúa, en principio, al 'laboreo superficial' como la alternativa más ventajosa.

Palabras clave: Laboreo de conservación, suelos semiáridos, densidad aparente, cultivo de cebada.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas técnicas de cultivo encaminadas a mejorar la rentabilidad de la explotación agrícola, haciéndola compatible con la conservación del suelo, es uno de los objetivos del llamado 'laboreo de conservación'. En las últimas décadas estas prácticas se van implantando con éxito en numerosas regiones del mundo, sobre todo en las situadas en latitudes medias (Carter 1994; Arrúe y López 1991).

La experimentación a nivel regional y local, que contemple las diferentes condiciones de clima, suelo y cultivos, así como el control de algunas propiedades del suelo, es imprescindible para poder establecer el sistema más idóneo para una determinada región (Hill 1990).

Con este planteamiento el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (ITGa-Navarra) ha ido estableciendo ensayos en distintas zonas de Navarra (Arnal 1985 y 1996). El situado en el término de Olite corresponde a un cultivo de cebada bajo condiciones de clima semiárido, con una pluviometría media anual de 500 mm.

Una de las ventajas más destacadas de la reducción de labores es el aumento de la capacidad de conservación del agua en el suelo (Norwood 1994). Este efecto adquiere precisamente una importancia mayor en las zonas semiáridas donde puede llegar a ser considerada como una estrategia más para optimizar el agua disponible (Cantero et al. 1996).

Aunque hay numerosas experiencias en diversas zonas semiáridas de España, cabe destacar, por el contexto agroclimático, las realizadas para cereal de secano en el Valle del Ebro (López y Arrúe 1996) y en Castilla-León (Sombrero et al., 1996) que efectivamente, muestran la mayor acumulación de agua en los suelos sometidos a laboreo de conservación.

En el presente trabajo se estudian algunos resultados obtenidos tras los dos primeros años del ensayo antes citado, tanto en lo que se refiere al rendimiento del cultivo como a una serie de propiedades del suelo como la densidad aparente, el contenido de humedad y el de materia

orgánica que han sido modificadas con los cambios introducidos en el manejo del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características generales del ensayo

El ITGa estableció en 1994 un ensayo en la zona media de Navarra, término municipal de Olite, con un diseño en bloques completos al azar, de cuatro repeticiones y cinco tratamientos, siendo las dimensiones de cada parcela de 9x24 m.

El ensayo completo incluye los siguientes tratamientos:

- (1) **SD**: siembra directa
- (2) **LM**: laboreo mínimo (chisel)
- (3) **LS**: laboreo superficial (cultivador)
- (4) **LT**: laboreo tradicional (vertedera)
- (5) **LS-3**: laboreo superficial + chisel cada 3 años

Sin embargo, como los resultados aquí presentados corresponden a los dos primeros años del ensayo, el tratamiento 5 coincide todavía con el 3, y por ello los resultados de LS-3 no se han considerado.

En el ensayo se ha implantado monocultivo de cebada (var. Tipper). La dosis de siembra fue de 158 Kg·ha⁻¹, excepto en las parcelas de siembra directa cuya dosis fue de 170 Kg·ha⁻¹.

Características generales de los suelos

La finca experimental ocupa un fondo de vaguada amplia con una escasa pendiente. El suelo es profundo, de textura franco-arcillosa y elevada capacidad de retención de agua (tabla 1) para lo habitual en los suelos de la zona. Posee una estructura moderada-fuerte, en bloques subangulares, que desarrolla grietas en superficie, de hasta 2 cm de anchura, que alcanzan 25 cm de profundidad y un contenido elevado de carbonatos (tabla 1). De acuerdo a Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1994) es un *Calcixerollic Xerochrept*, familia arcillosa fina.

Métodos de campo

Los muestreos de suelo se realizaron con

Tabla 1.- Resumen de las características generales del suelo del ensayo

Prof. (cm)	pH	C.E. (1/5) ds·m ⁻¹ a 25°C	Clase textural (USDA)	Contenido de humedad (% peso)		D. apar. kg/m ³	CaCO ₃ equiv. (%)
				-33 kPa	-1.500kPa		
0-15	8,4	0,42	Franco arcillosa	23,8	11,0	1490	36,7
15-30	8,4	0,35	Franco arcillosa	20,4	9,8	1640	36,5
30-45	8,4	0,31	Franco arcillosa	20,3	9,3	1670	36,5
45-60	8,2	0,30	Franco arcillosa	20,2	9,5	1660	34,3

barrena tipo Edelman. Se efectuó un sondeo por parcela, recogiendo muestra a: 0-15, 15-30, 30-45 y 45-60 cm de profundidad.

Para determinar la densidad aparente, se utilizó un equipo de toma de muestra inalterada mediante cilindro biselado. En marzo de 1996 se realizó un muestreo de control a tres profundidades: 0-15, 15-30 y 30-45 cm. En esta fecha las condiciones de humedad del suelo, cercanas a capacidad de campo, permitieron realizar un muestreo completo de acuerdo a las recomendaciones del método (Porta *et al.* 1994). Además se consideró una época apropiada por haber transcurrido seis meses desde las labores preparatorias y de siembra, lo que parece ser (Hernanz *et al.* 1986) un periodo suficiente para que se produzca una cierta estabilización.

El contenido de humedad del suelo se determinó gravimétricamente en dos fechas (marzo y mayo) de las campañas 94/95 y 95/96 y los resultados (fig. 2) se expresan como porcentaje de humedad en peso sobre suelo seco a 105°C.

Métodos de laboratorio

Para las determinaciones analíticas realizadas en las muestras de suelo: pH y C.E. en agua (extracto 1:2), análisis textural, contenido en carbonato cálcico, materia orgánica y nitrógeno total Kjeldahl, se utilizaron los métodos reco-

mendados por el Soil Conservation Service (1973). La retención de agua a -33 kPa y -1.500 kPa se realizó con un equipo *Richards* de placas de presión.

Los datos se sometieron a tratamiento estadístico con análisis de la varianza y test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta del cultivo a los distintos tratamientos ha estado marcada por las diferencias en la pluviometría del periodo noviembre (comienzo de la recarga de agua) a mayo de las dos campañas estudiadas, un 17% inferior y un 10% superior a la media respectivamente (fig. 1).

La producción de cebada en la campaña 94/95 muestra diferencias significativas entre tratamientos (tabla 2), siendo en conjunto superior (4,40-4,10 tm·ha⁻¹) en los sistemas de laboreo reducido frente al laboreo tradicional (3,75 tm·ha⁻¹).

Sin embargo en la campaña 95/96, notablemente más lluviosa, con el tratamiento de SD se obtuvieron producciones significativamente inferiores al resto de tratamientos (tabla 2). Esto podría ser atribuido, al menos en parte, a los problemas de nascencia ocasionados por resi-

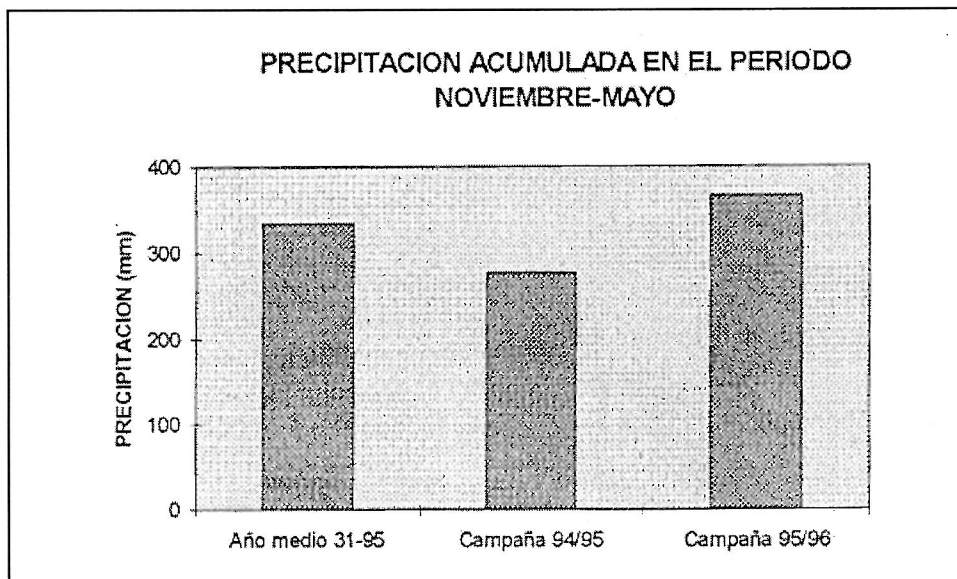


Figura 1.- Pluviometría de la zona de estudio

duos de cosecha que fueron observados en las parcelas de SD. A ello pudo haber contribuido asimismo, la reducción de grietas observada en estas parcelas, que crearon unas condiciones más desfavorables para la infiltración. Esto en campañas lluviosas como la 95/96 provoca encharcamientos temporales, también observados en las parcelas de SD, que van a afectar negativamente al rendimiento del cultivo.

El contenido de humedad del suelo no muestra diferencias significativas entre tratamientos (fig.2), excepto al final de la segunda campaña. En efecto, en las medidas realizadas el 25 de mayo de 1996, el contenido de humedad del tratamiento SD es significativamente superior al de LT entre 0-15 cm y a los de LT y LM entre 15-30 cm.

Aunque es prematuro obtener conclusiones a este respecto, estos resultados muestran un comportamiento que coincide con lo obtenido en experiencias de mayor duración (González *et al.* 1988; Mahboubi *et al.* 1993; Lacasta y Meco 1996; Sombrero *et al.* 1996).

La densidad aparente es una de las propie-

dades del suelo modificables a corto plazo (Lampurlanés y Cantero 1996). Los resultados obtenidos al final de la 2ª campaña (tabla 2) muestran que el tratamiento de LM resulta significativamente diferente del LT en el horizonte superior (0-15 cm), poniendo de manifiesto un aumento de la densidad aparente que se produce, al menos inicialmente, al reducir el laboreo. Este efecto no se aprecia a profundidades mayores.

El volumen total de poros, en consecuencia, disminuye en los tratamientos de laboreo de conservación. Sin embargo las diferencias no son en ningún caso significativas y sólo hay que destacar la disminución que se produce en el horizonte superficial de las parcelas con LM y SD.

Estos cambios iniciales en la organización interna de los horizontes superficiales, deberán someterse a revisión tras un cierto tiempo, dados los diferentes resultados observados por diversos autores (cit. Lampurlanés y Cantero, 1996; López y Arrue, 1996) que reflejan la influencia que tienen la propia composición de cada suelo en la evolución de su porosidad.

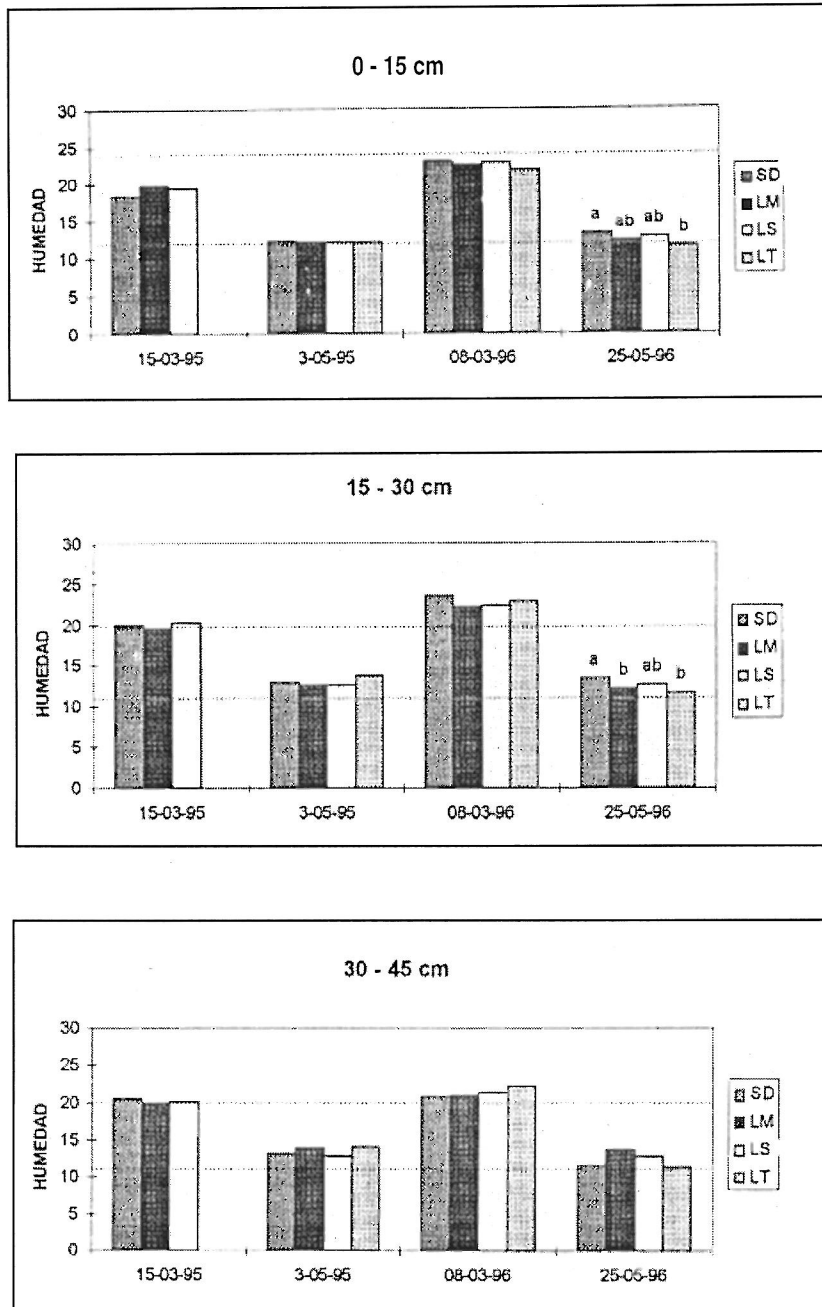


Figura 2.- Contenido de humedad en el suelo (0-45 cm) durante las campañas 94/95 y 95/96 según tratamiento de laboreo. La línea horizontal discontinua superior corresponde a la humedad a capacidad de campo y la inferior a la del punto de marchitamiento. Las letras sobre columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$, test de Duncan).

Tabla 2.- Producción media y principales efectos en el suelo de los tratamientos ensayados (SD: siembra directa; LM: laboreo mínimo; LS: laboreo superficial; LT: laboreo tradicional)

PARÁMETRO	TRATAMIENTO				Fecha muestreo
	SD	LM	LS	LT	
Producción (tm. ha⁻¹):					
- Campaña 94/95	4,17 a	4,42 a	4,28 a	3,76 b	
- Campaña 95/96	4,22 b	5,44 a	5,12 a	5,43 a	
Propiedades suelo:					
- Dap (g. cm ⁻³):					
0-15 cm	1,58 ab	1,59 a	1,55 ab	1,49 b	Marzo 96
15-30 cm	1,55	1,62	1,60	1,61	
30-45 cm	1,66	1,60	1,63	1,61	
- Porosidad (%):					
0-15 cm	40,6	39,9	41,6	43,9	Marzo 96
15-30 cm	41,4	39,1	39,6	39,3	
30-45 cm	37,3	39,7	38,6	39,1	
- M.O. (%):					
0-15 cm	2,06 a	1,68 b	1,90 ab	1,56 c	Mayo 96
15-30 cm	1,62	1,55	1,65	1,59	
- C/N:					
0-15 cm	9,2 a	7,5 bc	8,5 ab	7,5 c	Mayo 96
15-30 cm	7,8	7,5	8,0	7,7	
- pH:					
0-15 cm	8,3	8,2	8,2	8,3	Mayo 96

Nota: los valores marcados con letras distintas en una misma fila son significativamente diferentes ($P < 0,05$, test de Duncan). Las filas sin letras no tienen diferencias significativas.

El incremento del contenido en materia orgánica observado en el horizonte superficial (tabla 2), uno de los efectos más importantes del no laboreo en el suelo, al menos a largo plazo (Ismail et al. 1994; Mahboubi et al. 1993),

resulta ser ya en este ensayo, significativamente más alto en SD que en los restantes tratamientos salvo en LS.

Aunque también las variaciones de la relación C/N suelen apreciarse en un plazo de

tiempo más largo que el del presente ensayo (Lopez-Fando et al. 1996), se han observado diferencias significativas entre tratamientos en el horizonte superficial (0-15 cm)(tabla 2), destacando el incremento en la relación C/N en las parcelas de SD, frente a las sometidas a algún tipo de labor donde se aprecia el efecto homogeneizador del laboreo hasta 30 cm de profundidad.

CONCLUSIONES

Tras un periodo de dos años de ensayo, se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos en lo que se refiere a la cantidad de agua almacenada en el suelo, la densidad aparente, el contenido de materia orgánica y la relación C/N.

Las producciones de cebada con los distintos tratamientos se han visto muy afectadas por la pluviometría. Cuando ésta se sitúa por debajo de la media, el 'laboreo tradicional' es menos productivo que los sistemas de 'laboreo de conservación'. Con precipitaciones superiores a la media, el sistema de 'siembra directa' proporciona las producciones más bajas, lo que sería atribuible en parte a los problemas de nascencia que ocasionan los residuos de cosecha y a situaciones de hidromorfía temporal que aparecen en estas parcelas.

Se puede concluir, con carácter provisional, que la evolución más favorable, tanto en el conjunto de los parámetros edáficos evaluados como en la producción de cebada, se puede atribuir al sistema de 'laboreo superficial'.

REFERENCIAS

- Arnal, P. (1985). Siembra directa en cereales. Experimentación en Navarra. *II Jornadas Técnicas de Cereales de Invierno, Pamplona 1985*. Vol 1,43-47.
- Arnal, P. (1996). Diez años de laboreo de conservación en Navarra: Balance económico y expectativas. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 85-92.
- Arrúe, J.L. y López, M.V. (1991). Laboreo de conservación: tendencias y prioridades en investigación. *Suelo y Planta* 1, 555-564.
- Cantero, C., Lampurlanés, J. y Angás, P. (1996). Economía del agua y laboreo de conservación. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 17-24.
- Carter, M.R. (1994). Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. Lewis Publishers-CRC Press Inc. 390 pp.
- González, P., Giráldez, J.V., Fereres, E., Martín, I. (1988). Resultados de la siembra directa en el secano andaluz. *Comun. II Congreso Nacional Ciencia del Suelo, Sevilla 1988*, 496-501.
- Hernández, J.L., Sánchez-Girón, V., Fernández-Quintanilla, C. y Navarrete, L. (1985). Ensayos de laboreo mínimo y siembra directa en la zona Centro. *II Jornadas Técnicas de Cereales de Invierno, Pamplona 1985*. Vol 1, 63-75.
- Hill, R.L. (1990). Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 161-166.
- Ismail, Y., Blevins, R.L., Frye, W.W. (1994). Long term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 193-198.
- Lacasta, C. y Meco, R. (1996). Conservación del agua en los suelos y laboreo de conservación en ambientes semiáridos. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 147-151.
- Lampurlanés, J. y Cantero, C. (1996). Evolución de la densidad aparente de un suelo cultivado bajo distintos sistemas de laboreo en condiciones semiáridas del valle del Ebro. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 167-173.
- López, M.V. y Arrúe, J.L. (1996). Efecto del laboreo de conservación sobre la macroporosidad de un suelo de secano en la

- provincia de Huesca. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 125-129.
- López-Fando, C., Dorado, J., Del Monte, J.P., Carrasco, C. (1996). Impacto de los sistemas de laboreo y el tráfico de maquinaria en las propiedades y rendimientos de un suelo en ambiente semiárido. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 121-124.
- Mahboubi, A.A., Lal, R., Fussey, R.L. (1993). Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**, 506-512.
- Norwood, D. (1994). Profile water distribution and grain yield as affected by cropping system and tillage. *Agronomy Journal* **86**, 558-563.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 807 pp.
- Soil Conservation Service. (1973). Investigación de Suelos. Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Ed. Trillas. Mexico. 90 pp.
- Soil Survey Staff. (1994). Keys to Soil Taxonomy. 6ª Ed. SMSS Technical Monograph **19**. Blackburg, Virginia USA.
- Sombrero, A., De Benito, A., Escribano, C. y García, M.A. (1996). Evolución de la humedad y de la compactación del suelo en tres sistemas de laboreo. *Actas Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Córdoba 1996*, 183-187.
-