

## INVESTIGACIÓN

# EFFECTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE EL NIVEL DE HUMEDAD EN EL PERFIL DEL SUELO<sup>1</sup>

## Effect of three tillage systems on moisture content in the soil profile<sup>1</sup>

Hamil Uribe C.<sup>2\*</sup> y Juan L. Rouanet M.<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Conservationist tillage systems have advantages over conventional systems because they allow the protection of natural resources. However, it is important to validate these advantages to encourage the adoption of this type of technology by farmers. The objective of this study was to determine if the type of tillage affects moisture content in the soil profile. To this end, the effect of three tillage systems on water availability in an Ultisol soil was compared. The treatments were: no tillage and burning residues (CL+Q); no tillage without burning residues (CL-Q); and traditional tillage (TRAD). The results showed that between end of tilling – beginning of internode elongation and heading, the mean value of the moisture index for CL-Q was 1.023, significantly higher than 1.001 and 0.998 corresponding to CL+Q and TRAD, while between heading and harvest the index for CL-Q was 0.963, statistically higher than 0.941 and 0.938 corresponding to CL+Q and TRAD. This effect was due to water content differences in the soil profile up to 40 cm. Considering the three periods of plant development together, the mean value of the moisture index for CL-Q was 1.015, statistically higher than 0.996 and 0.990 from CL+Q and TRAD. This study confirmed that in terms of soil moisture retention in the profile of an Ultisol soil, it is recommendable to use zero tillage without burning the residues.

**Key words:** tillage systems, sustainability, zero tillage.

### RESUMEN

Los sistemas de labranza conservacionista tienen ventajas sobre los convencionales, puesto que permiten proteger los recursos naturales. Sin embargo, es importante demostrar estas ventajas para fomentar la adopción de este tipo de tecnologías por los agricultores. El objetivo de este estudio fue determinar si el tipo de labranza afecta el contenido de humedad en el perfil del suelo. Para ello se comparó el efecto de tres sistemas de labranza sobre la disponibilidad de agua en un suelo Ultisol. Los tratamientos fueron: cero labranza con quema (CL+Q); cero labranza sin quema (CL-Q); y labranza tradicional (TRAD). Los resultados mostraron que entre término de macolla-inicio de encañado y espigadura se obtuvo un índice de humedad promedio de 1,023 en CL-Q, que fue significativamente mayor a 1,001 y 0,998 correspondientes a CL+Q y TRAD, mientras que entre espigadura y cosecha el índice para CL-Q fue de 0,963, significativamente mayor a 0,941 y 0,938 correspondientes a CL+Q y TRAD, respectivamente. Este efecto se produjo gracias a las diferencias en los contenidos de humedad del perfil del suelo hasta los 40 cm. Al considerar los tres períodos

<sup>1</sup>Recepción de originales: 17 de agosto de 2001.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.  
E-mail: huribe@quilamapu.inia.cl \*Autor para correspondencia.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile.  
E-mail: jrouanet@carillanca.inia.cl

fenológicos en conjunto el índice de humedad promedio obtenido en CL-Q fue 1,015, significativamente mayor que 0,996 y 0,990 de CL+Q y TRAD. Este trabajo permitió comprobar que desde el punto de vista de la retención de humedad en el perfil de un suelo Ultisol, es recomendable utilizar cero labranza sin quema de residuos.

**Palabras clave:** sistemas de labranza, sostenibilidad, cero labranza.

## INTRODUCCIÓN

Se han propuesto diversas prácticas de laboreo del suelo con el objeto de disminuir los costos de la preparación, para conservar la humedad del perfil, y principalmente para prevenir la erosión hídrica y eólica. La cero labranza o siembra directa y la mínima labranza, han resultado ser las técnicas conservacionistas más utilizadas y difundidas, aunque en nuestro país, debido a las particularidades de los suelos, es necesario probar sus ventajas en cuanto al aumento de la retención de humedad en el suelo, que tendría, como consecuencia, un aumento en la eficiencia de uso de este recurso al aumentar la relación entre rendimiento y agua utilizada por el cultivo (Hook y Gascho, 1988).

Los estudios realizados por Lafond *et al.* (1994), indicaron que las diferencias en la humedad total del suelo en primavera, no se reflejan siempre en diferencias en la eficiencia de uso del agua por el cultivo. Los resultados de este estudio enfatizan la necesidad de mejorar las prácticas de manejo del suelo para aumentar el almacenamiento de humedad, y para incrementar el uso de las precipitaciones en el período de crecimiento.

La técnica de cero labranza es un sistema conservacionista en el cual se manejan los rastrojos sobre la superficie del suelo, sin embargo, en muchos casos los agricultores realizan quema de residuos. En el caso de la cero labranza sin quema de residuos postcosecha, éstos hacen el efecto de un mulch. Yoo *et al.* (1994) indicaron que en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo, el contenido de humedad en el suelo no presenta diferencias entre un

sistema con residuos, uno sin residuos superficiales, y un sistema convencional, sin embargo, a medida que avanza el desarrollo del cultivo, la cero labranza con residuos superficiales presenta mayor contenido de humedad disponible que los otros sistemas, a profundidades entre 0 y 20 cm y entre 20 y 60 cm. Adicionalmente, los residuos vegetales aumentan la infiltración y disminuyen la evaporación, lo que influye directamente en un mayor contenido de humedad. Los mismos autores indicaron que al comparar la cero labranza (con y sin residuos vegetales) con un sistema tradicional, bajo los 40 cm de profundidad, el contenido de agua en el suelo del sistema conservacionista fue mayor que en el sistema tradicional.

Algunos autores indicaron que no existen diferencias significativas en la disponibilidad de agua en el perfil de suelo al momento de la siembra, entre cero labranza, mínima labranza y labranza convencional, pero a medida que avanza el período de cultivo, los suelos con cubierta vegetal tienen mayor infiltración que el mismo suelo cultivado en forma tradicional. La presencia de raíces en descomposición y los canaliculos dejados por ellas sirven de vías de infiltración del agua al suelo (Dalrymple *et al.*, 1993).

El agua normalmente se pierde por evaporación, transpiración, escurrimiento superficial y percolación. Los residuos vegetales reducen las pérdidas de humedad por evaporación y escurrimiento. Por otra parte, cuando se compara con suelos normalmente cultivados, la presencia de residuos tiene poco efecto en las pérdidas de humedad por transpiración. Las pérdidas por percolación son un poco mayores bajo condiciones de cero labranza, debido al aumento de la infiltración.

Smika (1990), citado por Tanaka y Anderson (1997), indicó que el manejo de residuos es determinante para aumentar la eficiencia de almacenaje de la precipitación en el período de barbecho, puesto que disminuye la evaporación.

Sheptukhov *et al.* (1997) indicaron que todos los sistemas de mínima labranza, en particular el sistema de cero labranza, resultan en regímenes de aire y agua del suelo que son favorables para el crecimiento de las plantas, a pesar de su diferente influencia en la estructura del suelo, en los parámetros hidrofísicos y en la estructura de los espacios porosos. Estos regímenes de aire y agua, son similares a los que se registran en suelos arados, sin embargo, en suelos con mínima labranza, el uso del agua es más eficiente.

Crovetto (1998) analizó distintos parámetros en suelos con cero labranza y con labranza tradicional, y concluyó que se observa un claro mejoramiento en los primeros. La mayor disponibilidad de agua para las plantas en la zona radicular ayuda a mejorar los rendimientos en cultivos con cero labranza.

En general, el manejo conservacionista mejora consistentemente la humedad del suelo comparado con el sistema tradicional, excepto en los primeros centímetros de suelo a inicios del ciclo de crecimiento y de desarrollo del cultivo (Hill *et al.*, 1985; Cullum, 1993; Yoo *et al.*, 1994).

Por otra parte, Farahani *et al.* (1998) concluyeron que la precipitación almacenada en el perfil de suelo durante un largo período de barbecho precedente a un cultivo de trigo de invierno, es baja, aún bajo las más estrictas prácticas conservacionistas de cero labranza.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tipos de manejo del suelo sobre la disponibilidad de humedad en las distintas estratas del perfil del suelo, asociada a períodos determinados por los estados fenológicos del cultivo, en dos temporadas consecutivas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización del sitio y suelo

El ensayo se desarrolló entre los años 1998 y 2000 y fue establecido en un suelo Ultisol (Typic Hapludult), serie Araucano, en el Fundo Buenos Aires (38°37' lat. Sur; 73°04' long. Oeste) ubicado en la comuna de Nueva Imperial, IX Región, en un sector de lomajes fuertes con pendientes de 15 a 20%. El suelo presentaba un manejo continuado de cero labranza durante 6 años antes del inicio del ensayo. Las características físico-hídricas medidas en el sitio experimental se presentan en los Cuadros 1 y 2.

El clima del sector es de tipo mediterráneo marino y corresponde a una variante del agroclima Angol, de acuerdo al Mapa Agroclimático de Chile (Novoa *et al.*, 1989). El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.054 mm, siendo junio el mes más lluvioso. La evaporación anual media es de 921 mm, alcanzando el máximo en enero y el mínimo en julio. Los datos de precipitación se registraron con una estación meteorológica automática ubicada en el sector.

### Cultivo

Se trabajó con un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. Dalcahue, cuyos estados fenológicos se dividieron en tres períodos: período 1: siembra a término de macolla/inicio de encañado; período 2: término de macolla/inicio de encañado a espigadura; y período 3: desde espigadura a cosecha. Las fechas asociadas a estos períodos fueron: 31 de mayo a 7 de septiembre; 7 de septiembre a 16 de noviembre; y 16 de noviembre a 19 de enero, para la temporada 1998/99, y 24 de mayo a 9 de septiembre; 9 de septiembre a 17 de noviembre; y 17 de noviembre a 19 de enero, para la temporada 1999/2000.

Los métodos de labranza utilizados fueron: a) TRAD: tradicional, con inversión de suelo y eliminación de residuos postcosecha mediante

**Cuadro 1. Capacidad de retención de humedad base peso seco (% Hbps) para diferentes niveles de tensión y parámetros físicos del suelo del experimento****Table 1. Water retention capacity dry weight basis (% Hbps) for different tension levels and physical parameters of the experimental soil**

Profundidad cm	Tensión (atmósferas)					Densidad aparente g cm <sup>-3</sup>	Porosidad total %
	0,1	0,33 <sup>1</sup>	1	5	15 <sup>2</sup>		
0-20	43,7	34,1	28,8	30,4	19,9	1,33	33,3
20-40	45,1	36,3	33,4	31,3	25,1	1,23	35,4
40-60	46,2	38,6	35,2	22,6	28,7	1,14	36,3
60-80	48,9	38,5	36,3	28,2	29,6	1,24	35,9
80-100	50,2	42,3	37,3	31,6	31,2	1,23	37,6

<sup>1</sup>Contenido de humedad a capacidad de campo (CC).

<sup>2</sup>Contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP).

**Cuadro 2. Caracterización textural del suelo del sitio experimental****Table 2. Texture characterization of the experimental site soil.**

Profundidad cm	Distribución de partículas por tamaño (diámetro en µm)									Clase textural
	Fracciones de arena					Arena	Limo	Arcilla		
	2.000- 1.000	1.000- 500	500- 250	250- 100	100- 50	2.000- -50	50-20	20-2	< 2	
----- % de la fracción < 2000 µm -----										
0-20	0,59	3,64	5,17	6,76	4,99	21,27	11,78	22,18	44,70	Arcilla
20-40	0,38	2,14	3,35	4,55	3,57	14,04	15,39	16,90	53,68	Arcilla
40-60	0,33	2,16	3,04	3,10	2,10	10,84	9,02	15,21	64,92	Arcilla
60-80	0,38	2,50	2,66	2,88	2,12	10,60	7,64	11,20	70,57	Arcilla
80-100	1,38	3,80	4,29	6,49	3,91	20,03	5,94	11,39	62,64	Arcilla

quema; b) CL+Q: cero labranza con quema de residuos; y c) CL-Q: cero labranza sin quema de residuos y con manejo de 3 Mg ha<sup>-1</sup> de residuo postcosecha sobre la superficie del suelo.

En ambas temporadas las dosis de semilla fueron de 160 kg ha<sup>-1</sup>, a una distancia de 18 cm entre surcos, aplicada con una sembradora manual (Planet Junior, Allen Co., New Jersey, USA). Se aplicaron 150 kg ha<sup>-1</sup> de N como urea, en tres parcialidades, 10% a la siembra, 45% al estado de plena macolla y 45% al inicio de encañado. La fertilización con P, K, Ca, Mg y S, fue

determinada en base a análisis químicos de laboratorio.

### Diseño experimental

Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas, con temporadas como efecto principal y período fenológico como efecto secundario, con tres tratamientos de labranza y cuatro repeticiones, en parcelas de 10 m de largo y 3 m de ancho, orientadas longitudinalmente en el sentido de la pendiente. Los tratamientos fueron TRAD, CL+Q, y CL-Q, en cultivo de trigo.

Los datos analizados correspondieron a las temporadas 1998/99 y 1999/2000. Las mediciones de humedad se realizaron con una sonda de neutrones (Troxler 4300, USA), en estratas de 20 cm, hasta una profundidad de un metro. La frecuencia de las mediciones varió entre una y tres semanas, y fueron efectuadas entre siembra y cosecha del cultivo.

Al momento de instalar los tubos de acceso para la sonda se realizaron muestreos de suelo para cuantificar la humedad base peso seco (% Hbps) por método gravimétrico. Estos muestreos, junto a otros realizados en otras fechas para obtener humedades diferentes, permitieron obtener calibraciones de la sonda de neutrones.

Se realizó un análisis gráfico comparativo de la variación temporal del contenido de humedad volumétrico ( $\theta_v$ ) para los tres sistemas de labranza investigados, para cada profundidad de suelo y temporada agrícola. Este análisis fue asociado a la distribución de precipitaciones de ambas temporadas.

Para facilitar el análisis de la información, se utilizó un índice de humedad volumétrica ( $I_\theta$ ), obtenido según la ecuación 1 (Selker, J., Oregon State University, Department of Bioresources Engineering, comunicación personal), que permitió transformar las mediciones a valores comparables. Este índice se aplicó a cada uno de los períodos fenológicos definidos para ambas temporadas.

$$I_\theta = \frac{\theta_p}{\theta_t} \quad (1)$$

donde:  $I_\theta$ : índice de humedad volumétrica por estado fenológico (adimensional);  $\theta_p$ : promedio de las  $\theta_v$  medidas durante un estado fenológico, para cada estrata y en cada parcela (%); y  $\theta_t$ : media de las  $\theta_v$  de todas las estratas para el total de las unidades experimentales (%).

El valor del índice  $I_\theta$  se obtuvo para las cinco estratas de cada una de las repeticiones y para

cada período fenológico durante los dos años analizados. El análisis de varianza y comparación de medias por el test de Duncan se realizó utilizando el paquete estadístico SAS 6.12 (SAS Institute, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las medias de  $\theta_v$  de las cuatro repeticiones de cada tratamiento de manejo de suelo, expresadas en porcentaje, por estrata y temporada. Se aprecia que la temporada 1998/99 fue menos lluviosa que la temporada 1999/2000. Basados en la precipitación promedio anual de la zona agroclimática y en mediciones en el sector, se verificó que las temporadas 1998/99 (647 mm) y 1999/2000 (1.054 mm) correspondieron a un año seco y normal, respectivamente.

Se pudo apreciar que en las capas superiores del suelo, hasta los 40 cm la  $\theta_v$  fue variable, especialmente durante la temporada 1998/99, de baja precipitación, respondiendo a la distribución de las precipitaciones, mientras que en estratas inferiores el nivel fue más estable en el tiempo. Además, se observó que la tendencia a disminuir de la  $\theta_v$  en el tiempo fue más acentuada en la estrata de 0 a 20 cm, que en estratas más profundas. Esto, debido a que las pérdidas por evapotranspiración ocurren principalmente en la superficie.

La precipitación acumulada en el período comprendido entre siembra y cosecha fue 508 mm y 876,5 mm, para las temporadas 1998/99 y 1999/2000, respectivamente. El efecto observado en los gráficos sobre la humedad almacenada en el suelo fue inverso a lo esperado, sin embargo, al analizar en conjunto la información pluviométrica diaria y las fechas de medición, se encontró que durante la primera temporada varias mediciones fueron realizadas con menos días después de un evento de precipitación, encontrando el suelo más húmedo, lo que no ocurrió en la segunda temporada. Esto no permitió hacer comparaciones válidas entre ambas temporadas, pero

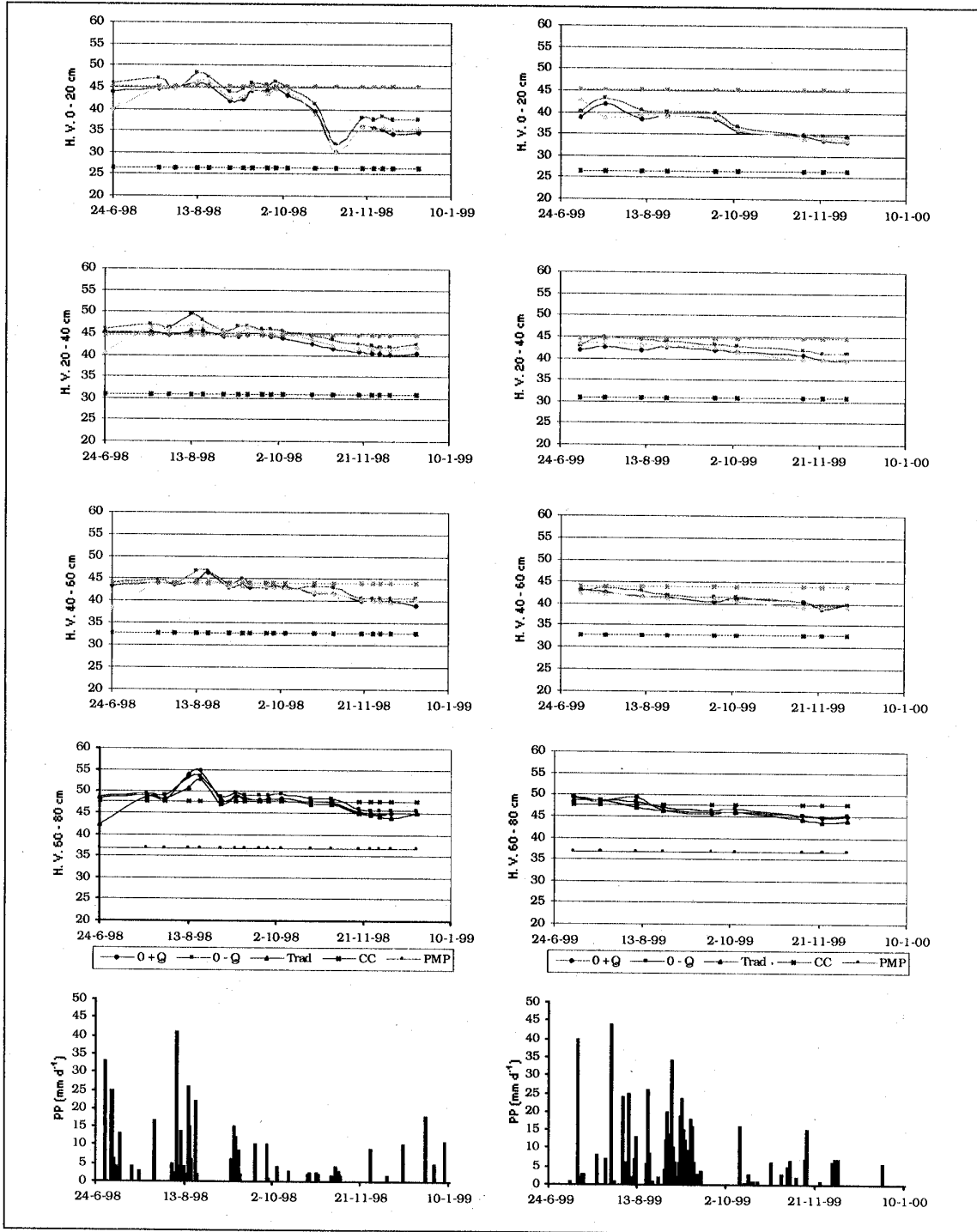


Figura 1. Contenido de humedad volumétrico ( $\theta_v$ ) medio (%), por tratamiento de manejo de suelo, para cada estrata y temporada, y la distribución de precipitación en cada temporada ( $\text{mm d}^{-1}$ ).

Figure 1. Volumetric moisture content ( $\theta_v$ ) mean (%), by soil management treatment, for each depth and season, and rainfall distribution in each season ( $\text{mm d}^{-1}$ ).

sí dentro de ellas, considerando la dinámica de las lluvias y el agua en el suelo.

El Cuadro 3 presenta los resultados de los índices de humedad obtenidos a partir de las mediciones de terreno. Un  $I_{\theta}$  igual a 1,0 corresponde al contenido de humedad volumétrica ( $\theta_v$ ) promedio de todas las estratas, y equivale a una  $\theta_v$  de 44,42% o una lámina de agua de 87,57 mm en 20 cm de suelo.

El análisis estadístico indicó que hubo diferencias significativas en la  $\theta_v$ , expresada como  $I_{\theta}$  por tratamientos, por profundidad de suelo, por período fenológico y temporada. De las interacciones analizadas, presentaron diferencias significativas: profundidad por período fenológico ( $p \leq 0,01$ ), temporada por período fenológico ( $p \leq 0,01$ ), y profundidad por temporada ( $p \leq 0,01$ ). Por la razón mencionada, en relación a fechas de muestreo y eventos de precipitación, el parámetro temporada no se consideró concluyente, sin embargo, el efecto de los tratamientos, profundidad de suelo y períodos fenológicos sobre la humedad retenida, resultaron válidos, puesto que en ambas temporadas se compararon mediciones realizadas en la misma fecha.

En ambas temporadas el efecto de los períodos fenológicos sobre el  $I_{\theta}$  resultó significativo, siendo el período 1 mayor que el período 2, y éste a su vez, mayor que el período 3 ( $p \leq 0,05$ ). También para ambas temporadas hubo diferencias significativas en el contenido de humedad por estratas, siendo mayor para 80-100; seguido por 40-60; 20-40; 60-80 y 0-20. En ambas temporadas los resultados fueron significativamente diferentes para todas las estratas ( $p \leq 0,05$ ).

En relación con el efecto de los tratamientos sobre el  $I_{\theta}$ , los resultados indicaron que CL-Q fue significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) que los otros sistemas de manejo del suelo. El análisis por temporada indicó que en la temporada 1998/99 (seca) CL-Q resultó ser significativamente

mayor que las otras técnicas de manejo ( $p \leq 0,05$ ), mientras en la temporada 1999/2000 (normal) no hubo diferencias significativas.

Se encontró un efecto importante en las diferencias de  $\theta_v$  con la profundidad del suelo. Esta información se presenta en el Cuadro 4, que muestra que hasta los 40 cm el tratamiento CL-Q fue significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) que los otros sistemas de manejo. Entre 40 y 80 cm sólo se presentaron diferencias significativas en el almacenamiento de humedad entre CL-Q y TRAD. No fueron diferentes CL-Q y CL+Q, ni CL+Q y TRAD. Bajo los 80 cm todos los tratamientos se comportaron igual en relación a su capacidad para retener humedad.

El análisis por estado fenológico (Cuadro 5) mostró que en todos los períodos hubo diferencias significativas en el  $I_{\theta}$  ( $p \leq 0,05$ ) entre sistemas de manejo de suelo. En el período 1 no hubo diferencias entre CL-Q y CL+Q, ni entre CL+Q y TRAD, siendo sólo significativas las diferencias entre CL-Q y TRAD. En los períodos 2 y 3 CL-Q resultó significativamente mayor que los otros tratamientos. Esto significa que en las épocas en que las precipitaciones son menores y los requerimientos de agua del cultivo van en aumento, se puede notar el efecto de los residuos sobre el suelo. Sin embargo, el análisis de las diferencias de  $I_{\theta}$  entre los períodos 1, 2 y 3 en cada tratamiento de labranza, mostró una disminución estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) en todos los sistemas de manejo.

La distribución de la precipitación acumulada entre siembra y cosecha, en ambas temporadas, fue del orden de 70 a 80% durante el primer estado fenológico, entre 15 y 18% en el segundo, y menor al 10% en el tercero. Estos datos explican las diferencias encontradas en los períodos 2 y 3, dado que la cantidad de agua caída fue baja. En el período 1 la precipitación fue alta, lo que hizo que las diferencias entre CL-Q y CL+Q no fueran significativas.

**Cuadro 3. Valores medios y desviación estándar (en paréntesis) del índice de humedad para las cuatro repeticiones, por tratamiento de labranza, profundidad de suelo, período fenológico y temporada agrícola**

**Table 3. Mean values and standard deviation (in brackets) of moisture index for the four repetitions, by tillage treatment, soil depth, phenological stage and crop season**

Tratamiento	Prof. (cm)	Índice de humedad					
		Temporada 1998/99			Temporada 1999/2000		
		Períodos fenológicos por temporada			Períodos fenológicos por temporada		
		1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>
CL+Q Cero labranza con quema	0-20	1,01 (0,02)	0,94 (0,01)	0,81 (0,02)	0,91 (0,02)	0,83 (0,01)	0,77 (0,02)
	20-40	1,03 (0,03)	1,00 (0,02)	0,92 (0,02)	0,96 (0,06)	0,95 (0,02)	0,91 (0,03)
	40-60	1,01 (0,03)	0,98 (0,01)	0,91 (0,02)	0,96 (0,04)	0,93 (0,04)	0,90 (0,04)
	60-80	1,15 (0,04)	1,10 (0,02)	1,03 (0,01)	1,10 (0,06)	1,04 (0,02)	1,02 (0,03)
	80-100	1,18 (0,03)	1,15 (0,01)	1,06 (0,01)	1,14 (0,03)	1,10 (0,02)	1,07 (0,02)
CL-Q Cero labranza sin quema	0-20	1,06 (0,03)	0,98 (0,03)	0,87 (0,04)	0,94 (0,04)	0,85 (0,02)	0,79 (0,02)
	20-40	1,07 (0,06)	1,04 (0,03)	0,96 (0,04)	1,00 (0,06)	0,97 (0,03)	0,94 (0,04)
	40-60	1,03 (0,05)	1,00 (0,02)	0,93 (0,02)	0,98 (0,05)	0,94 (0,03)	0,91 (0,02)
	60-80	1,15 (0,04)	1,12 (0,01)	1,04 (0,02)	1,10 (0,06)	1,06 (0,02)	1,03 (0,02)
	80-100	1,17 (0,05)	1,17 (0,03)	1,09 (0,02)	1,10 (0,08)	1,09 (0,01)	1,06 (0,01)
TRAD Labranza tradicional	0-20	1,01 (0,03)	0,94 (0,02)	0,82 (0,03)	0,92 (0,03)	0,83 (0,01)	0,77 (0,01)
	20-40	1,04 (0,05)	1,02 (0,01)	0,95 (0,02)	0,99 (0,01)	0,94 (0,02)	0,91 (0,03)
	40-60	0,98 (0,04)	0,98 (0,02)	0,91 (0,02)	0,95 (0,02)	0,92 (0,02)	0,89 (0,03)
	60-80	1,10 (0,05)	1,09 (0,02)	1,02 (0,02)	1,09 (0,05)	1,04 (0,02)	1,00 (0,03)
	80-100	1,17 (0,05)	1,15 (0,01)	1,07 (0,01)	1,12 (0,05)	1,08 (0,02)	1,05 (0,02)

Períodos fenológicos por temporada: <sup>1</sup>Siembra a término de macolla/inicio de encañado.

<sup>2</sup>Término de macolla/inicio de encañado a espigadura.

<sup>3</sup>Espigadura a cosecha.



**Cuadro 4. Comparación de medias del índice de humedad ( $I_{\theta}$ ) entre tratamientos de labranza, para cada profundidad (cm)****Table 4. Comparison of the means of the moisture index ( $I_{\theta}$ ) among tillage treatments, for each depth (cm)**

Tratamiento	Media de $I_{\theta}$ por profundidad					Total
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
CL-Q						
Cero labranza sin quema	0,910a	1,000a	0,964a	1,084a	1,116a	1,015a
TRAD						
Labranza tradicional	0,880b	0,974b	0,939b	1,055b	1,104a	0,990b
CL+Q						
Cero labranza con quema	0,878b	0,962b	0,949ab	1,073ab	1,117a	0,996b

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) según test de Duncan.

**Cuadro 5. Comparación de medias del índice de humedad ( $I_{\theta}$ ) entre tratamientos de labranza, por período****Table 5. Mean comparison of the moisture index ( $I_{\theta}$ ) among tillage treatments, by period**

Tratamiento	Media de $I_{\theta}$ por período fenológico considerado		
	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>
CL-Q			
Cero labranza sin quema	1,061a	1,023a	0,963a
TRAD			
Labranza tradicional	1,036b	0,998b	0,938b
CL+Q			
Cero labranza con quema	1,046ab	1,001b	0,941b

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) según test de Duncan.

Períodos: <sup>1</sup>Siembra a término de macolla/inicio de encañado.

<sup>2</sup>Término de macolla/inicio de encañado a espigadura.

<sup>3</sup>Espigadura a cosecha.

Al analizar los resultados en conjunto se pudo apreciar que desde el punto de vista del almacenamiento de agua en el perfil de suelo, se produjo un efecto positivo de los sistemas conservacionistas, especialmente si se dejan residuos post-cosecha, y sobre todo en el segundo y tercer período fenológico, cuando se dan condiciones de baja precipitación y mayores requerimientos de agua del cultivo. En CL-Q los niveles de humedad en la zona superficial, hasta los 40 cm de profundidad, fueron altos en relación con la técnica

de labranza convencional, justo en zonas donde se encuentra una gran proporción del sistema radicular del cultivo. Hacia estratos inferiores, las diferencias fueron disminuyendo, y bajo los 80 cm no hubo efecto del sistema de manejo de suelo. Al comparar un año de precipitación baja y uno normal, se encontró que en el primero la cobertura produjo un incremento significativo en el nivel de humedad en las estratos superficiales. En un año de precipitación normal los tratamientos conservacionistas con y sin quema

no presentaron diferente nivel de humedad, sin embargo, tampoco hubo diferencias entre CL+Q y TRAD.

### CONCLUSIONES

Las técnicas de labranza conservacionista con manejo de residuos tuvieron un efecto positivo en cuanto a la retención de humedad del suelo, tanto en períodos de sequía como en temporadas de precipitación normal. Este efecto se manifestó en las capas superficiales del suelo, hasta los 40

cm, donde se produce la mayor absorción de agua por la planta, y en el período comprendido entre el término de macolla–inicio de encañado y cosecha. En las etapas iniciales del cultivo existieron diferencias entre tratamientos, pero fueron menos marcadas, atribuido a la concentración de precipitaciones durante estas etapas. La técnica conservacionista que no mantuvo residuos sobre el campo no demostró ser mejor que la labranza convencional en cuanto a su capacidad de retener agua en el perfil de suelo.

### LITERATURA CITADA

- Crovetto, C. 1998. No–till development in Chequén Farm and its influence on some physical, chemical and biological parameters. *J. Soil Water Conserv.* 53:194–199.
- Cullum, R.F. 1993. Soil water content evaluation of tillage practices from an automated multiplexed system for measuring dielectric constant. Paper Nº 93. 14 p. 1993 International Summer Meeting, Spokane, Washington, June 20–30. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.
- Dalrymple, A.W., S.D. Miller, and K. J. Fornstrom. 1993. Soil water conservation and winter wheat yield in three fallow system. *J. Soil Water Conserv.* 48:53–57.
- Farahani, H.J., G.A. Peterson, D.G. Westfall, L.A. Sherrod, and L.R. Ahuja. 1998. Soil water storage in dryland cropping systems: The significance of cropping intensification. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:984–991.
- Hill, R.L., R. Horton, and R.M. Cruse. 1985. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1264–1270.
- Hook, J.E., and G.J. Gascho. 1988. Multiple cropping for efficient use of water and nitrogen. p. 7–20. *In* Hrgrofe, W.L. (ed.) *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen*. ASA Special Publication Number 51. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Lafond, G.P., D.A. Derksen, H.A. Loeppky, and D. Struthers. 1994. An agronomic evaluation of conservation–tillage systems and continuous cropping in East Central Saskatchewan. *J. Soil Water Conserv.* 49:387–393.
- Novoa, R., S. Villaseca, P. Del Canto, J. Rouanet, C. Sierra, y A. Del Pozo. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. 221 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SAS Institute. 1996. SAS user's guide: Statistics. Versión 6.12. SAS Inst., Cary, North Carolina, USA.
- Sheptukhov, V.N., A.V. Nesterova, S.N. Konovalov, and E.B. Skvortsova. 1997. The effect of different tillage systems on the water regime, structure, and hydrophysical properties of soddy–Podzolic soils. *Euras. Soil Sci.* 30:311–317. Translated from *Pochvovedenie* 3:360–367.
- Tanaka, D.L., and R.L. Anderson. 1997. Soil water storage and precipitation storage efficiency of conservation tillage systems. *J. Soil Water Conserv.* 52:363–367.
- Yoo, K.H., J.H. Dane, and B.C. Missildine. 1994. Conservation tillage improves soil moisture. Agricultural Experiment Station of Auburn University, Auburn, Alabama, USA. *Highlights Agric. Res.* 41(2):6.