

# **CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE TRIGO EN LABRANZA CONVENCIONAL, MINIMA Y CERO, EN LA PRECORDILLERA ANDINA: EXTRACCION Y EFICIENCIA DE RECUPERACION DEL NITROGENO<sup>1</sup>.**

**Alejandro Del Pozo L.<sup>2</sup>  
Pedro Del Canto S.<sup>3</sup>  
Jorge Riquelme S.<sup>4</sup>  
Luis Iriarte<sup>5</sup>  
Claudio Aliaga<sup>6</sup>**

## **INTRODUCCION**

La precordillera Andina de la VIII Región se encuentran visiblemente deterioradas por la actividad agrícola tradicional que se ha desarrollado en el área. Por ser suelos ondulados en su mayoría, con pendientes variables, la erosión hídrica está permanentemente deteriorando la capa arable de los suelos trumaos, durante la época invernal, que es donde se concentra la mayor pluvimetría. Por ejemplo, en pendientes de 11 %, cultivadas con cereales bajo condiciones de manejo convencional, se han registrado pérdidas de suelo anuales de 35 ton/ha (Peña, 1984).

Los sistemas de labranzas denominadas conservacionistas pueden ser una buena alternativa para reducir el escurrimiento de agua superficial y de suelo. Dentro de estas se encuentran la mínima labranza y la cero labranza. La primera considera la mantención de residuos en superficie, la disminución del número de labores de suelo y la sustitución de equipos

- 
- <sup>1</sup> Investigación financiada por la Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria (FIA), Proyecto 056/85.
  - <sup>2</sup> Licenciado en Biología, Ph.D. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Casilla 426 Chillán.
  - <sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Casilla 54-D Temuco.
  - <sup>4</sup> Ing. Agr. M.S. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Casilla 426 Chillán.
  - <sup>5</sup> Ingeniero Agrónomo. E.T.T. Angol.
  - <sup>6</sup> Técnico Agrícola. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Casilla 426 Chillán.

que inviertan el suelo, por equipo que realizan labranza vertical. La cero labranza consiste en sembrar directamente sobre residuos del cultivo anterior, previa aplicación de herbicidas para eliminar la vegetación y renuevos del cultivo precedente (Phillips y Phillips, 1984; Kahnt, 1984; Crovetto, 1992).

Entre las ventajas que se mencionan están la reducción de la erosión hídrica (Moldenhauer y otros, 1983; Peña, 1984; Del Pozo y otros, 1993), reducción del costo de producción y el tiempo de ejecución de las labores del cultivo, permite efectuar la siembra más oportunamente debido a las menores limitaciones en relación a factores climáticos (Crovetto, 1992), aumento de la retención de humedad de los suelos y disminución de las pérdidas por evaporación (Blevins y otros, 1971; Phillips, 1984; Hanse y Zeljkovich, 1982).

También la no remoción del suelo y la mantención de residuos en el suelo puede modificar las propiedades químicas y biológicas del suelo, comparado con el sistema de labranza convencional (Blevins y otros, 1983). En particular, la dinámica del nitrógeno y el comportamiento del nitrógeno aplicado con fertilizante son al parecer distintos en labranza convencional y cero (Fox y Bandel, 1986).

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio comparativo de tres sistemas de labranza, tradicional, mínima y cero, a distintos niveles de fertilización nitrogenada, que se realizó en un suelo trumao de la precordillera Andina de VIII Región. Los objetivos fueron evaluar el crecimiento y producción de trigo, y estimar la eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado como fertilizante, en los tres sistemas de labranza.

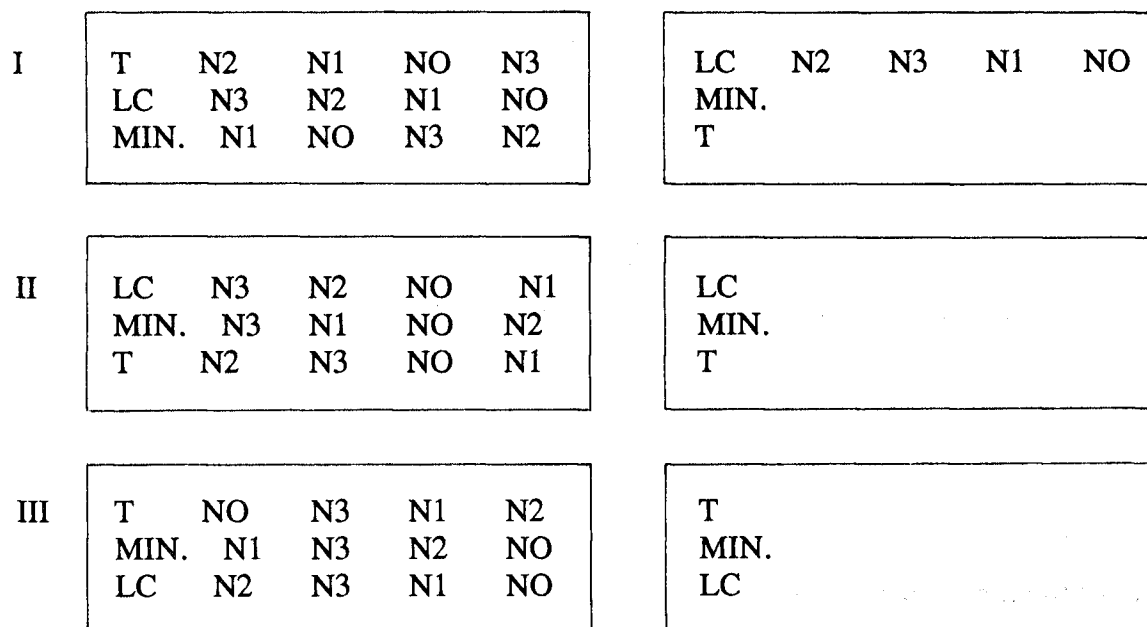
## **MATERIALES Y METODOS**

Se estableció un experimento de rotación trigo-avena en tres sistemas de labranza, mínima, cero y convencional, en un predio ubicado a 10 km al oriente de Pinto (36° 44' S; 71° 51' E) en la provincia de Ñuble, en 1987 y se evaluó en cuatro años consecutivos. El suelo corresponde a la serie Santa Bárbara (Typical Dystrandept), derivado de cenizas volcánicas. El precultivo fue raps en el año 1986.

El clima en la precordillera de los Andes, entre los 300 m y 600 m de altitud, corresponde a un mediterráneo temperado (Novoa y otros, 1989). La pluviometría anual promedio es superior a 1400 mm, con el 60-70% del agua caída entre marzo y agosto. La temperatura media anual (en diversas localidades) es de 12,2-13,9 °C, la temperatura máxima del mes más cálido (enero) varía de 27-29 °C y la mínima del mes más frío (julio) es de 2,9-4,8 °C (Del Pozo, en revisión).

### **Diseño y manejo del experimento**

El diseño experimental fue bloques completos al azar, en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, donde las parcelas principales fueron tres sistemas de labranza y las subparcelas fueron niveles de fertilización nitrogenada (Figura 1). Los sistemas de labranza fueron labranza convencional, la cual consistió en quema de residuos, seguido de dos pasadas de rastra de disco, vibrocultivador y siembra; la labranza mínima consistió en picado de residuos, aradura con arado de cincel, luego se pasó vibrocultivador y se sembró; en la labranza cero se utilizó herbicida sobre el residuo previo a la siembra y luego se sembró. Las siembras se hicieron con una máquina de cero labranza marca John Deere 1550 en 1987, y con una Semeato TD 220 de 15 hileras en los años siguientes.



T	:	Labranza convencional	NO	:	0	kg N/ha
LC	:	Labor cero	N1	:	75	kg N/ha
MIN.	:	Labranza mínima	N2	:	150	kg N/ha
			N3	:	300	kg N/ha

Figura 1. Esquema del experimento en la precordillera Andina.

El control de malezas de presiembra en cero labranza se efectuó con Paraquat (2 l/ha P.C.) y surfactante (0,4% v/v) en 1987. En los años siguientes (1988, 1989 y 1990) se usó una mezcla de Glifosat (1,5 l/ha P.C.) y PicLoram (0,125 l/ha P.C.). Para el control de malezas postemergentes de hoja ancha en el trigo y la avena, se aplicó una mezcla de MCPA (1 lt/ha P.C.) y Dicamba (0,2 lt/ha P.C.). En trigo se aplicó además Trakixydium (Grasp) para el control de malezas gramíneas.

Los niveles de fertilización nitrogenada fueron 0, 75, 150 y 300 kg N/ha, aplicados en tres parcialidades, 1/3 a la siembra, 1/3 al estado de dos hojas y 1/3 a la macolla, en la

forma de urea (45% N). La fertilización base fue 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la forma de superfosfato triple. El tamaño de las parcelas fue de 5 x 40 m y el de las subparcelas fue 5 x 10 m.

La variedad de trigo fue Cisne en 1987 y Lanco en los años siguientes, en la dosis de semilla fue 160 kg/ha desinfectada con Triadimenol 15%. La variedad de avena fue Nehuén y se sembraron 100 kg/ha.

### Evaluaciones

Se evaluó el estado nutricional del suelo a 0-5, 5-10, 10-30, 30-50, 50-70 y 70-100 cm de profundidad al principio del experimento (Cuadro 1), y luego se realizaron muestreos periódicos para estudiar la evolución del nitrógeno, fósforo, potasio, pH y materia orgánica.

Cuadro 1. Niveles iniciales de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (M.O.) y de pH en el suelo, a diversas profundidades, a comienzos del experimento en 1987. Los valores son promedio de 6 muestras.

Profundidad	N	P ----- mg/kg -----	K	M.O. (%)	pH
0- 5	12	20	320	8,9	6,0
5-10	12	17	207	9,0	6,0
10-30	21	9	198	6,5	6,1
30-50	14	7	157	3,6	6,3
50-70	10	6	122	2,6	6,5
70-100	12	6	83	1,8	6,5

El contenido del agua del suelo entre 0 y 1 m de profundidad se evaluó a través del método gravimétrico.

Se evaluó la acumulación de materia seca, área foliar y número de macollas a través del tiempo. Para esto se muestrearon 0,316 m<sup>2</sup> y se contó el número de plantas. El contenido de nitrógeno de la materia seca se determinó por el método Kjeldahl. El rendimiento de grano se determinó en una superficie de 8 m<sup>2</sup> aproximadamente.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Materia seca y rendimiento**

En el año 1987 la acumulación de materia seca en trigo fue menor en cero labranza que en labranza mínima y convencional, pero en 1988 esta fue similar en los tres sistemas de labranzas (Fig. 2). La fertilización nitrogenada aumentó significativamente la materia seca total al final del período de crecimiento, en los tres sistemas de labranza, en ambos años. La menor biomasa en cero labranza en 1987 se debió en gran medida a un deficiente establecimiento del cultivo, el cual fue mejorado en 1988.

El rendimiento de trigo en cero labranza fue menor en 1987, mayor en 1988 y similar en 1989 y 1990, que en labranza mínima y convencional (Cuadro 2). La curva de respuesta al nitrógeno, con los valores promedios de los cuatro años de evaluación, fue similar en labranza convencional y cero, pero los rendimientos fueron menores en labranza mínima (Fig. 3). El menor rendimiento obtenido en mínima labranza es atribuible por un lado a la incorporación de parte del residuo, lo que probablemente trae como consecuencia un desbalance en la relación carbono/nitrógeno. De hecho el rendimiento en el testigo sin aplicación de N, el rendimiento fue en todas las temporadas menor que en labranza convencional y cero. Además, el control de malezas menos efectivo en labranza mínima.

Diversos investigadores no han encontrado diferencias en la respuesta al nitrógeno entre labranza convencional y mínima, aunque otros reportan mayores rendimientos en cero labranza a bajas dosis de nitrógeno (Fox y Bandel, 1986).

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de N en el rendimiento de grano de trigo (qq/ ha), en labranza convencional, mínima y cero.

Sistema de Labranza	Dosis de N (kg/ha)				Promedio labranza
	0	75	150	300	
<b>1987-1988</b>					
Convencional	18,2	42,4	49,1	50,9	40,2 a
Mínima	17,9	39,1	43,0	41,1	35,3 b
Cero	13,6	32,3	35,1	34,6	28,9 c
<b>1988-1989</b>					
Convencional	25,7	33,2	42,4	45,6	36,7 b
Mínima	19,3	31,7	41,8	41,3	33,5 b
Cero	27,2	41,1	51,1	54,8	43,6 a
<b>1989-1990</b>					
Convencional	20,6	37,9	44,4	44,1	36,8 a
Mínima	11,0	29,1	30,0	35,9	26,5 b
Cero	18,6	32,9	42,3	36,1	32,1 ab
<b>1990-1991</b>					
Convencional	17,7	38,8	42,1	26,6	31,3 a
Mínima	16,7	32,1	31,0	29,6	27,3 a
Cero	16,7	34,1	43,9	31,1	31,5 a

### Agua disponible en el suelo, nitrógeno y otros nutrientes

La producción agropecuaria en la precordillera de Ñuble ocurre en condiciones de secano, donde las lluvias primaverales son determinantes del rendimiento de cultivos y praderas.

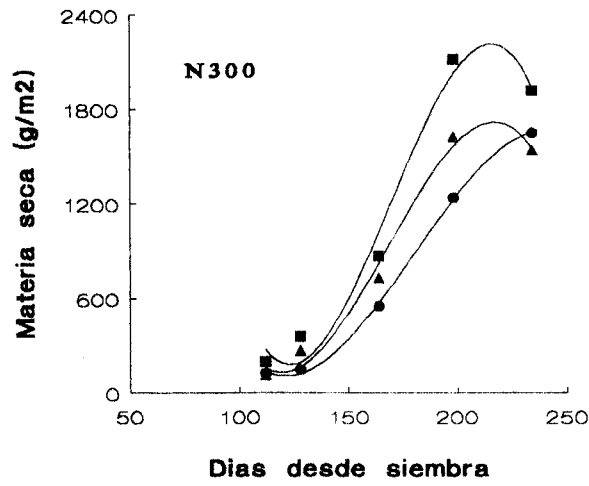
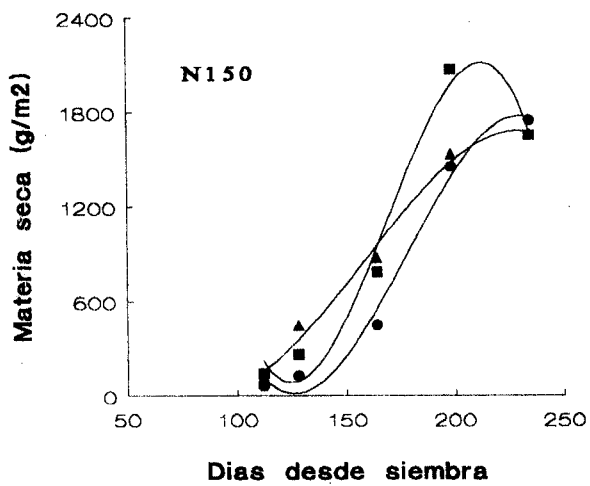
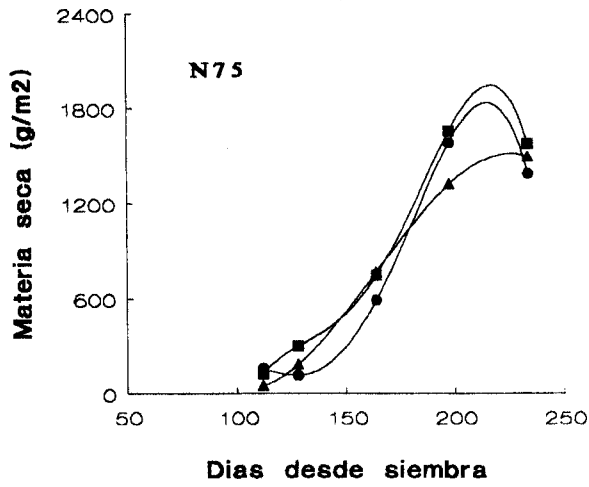
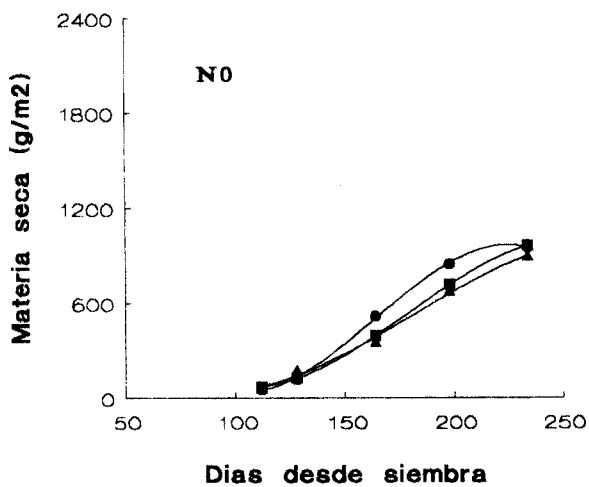


Figura 2. Curvas de crecimiento en trigo en labranza convencional (círculos), mínima (triángulos) y cero (cuadrados), en cuatro niveles de nitrógeno aplicado, en 1988.



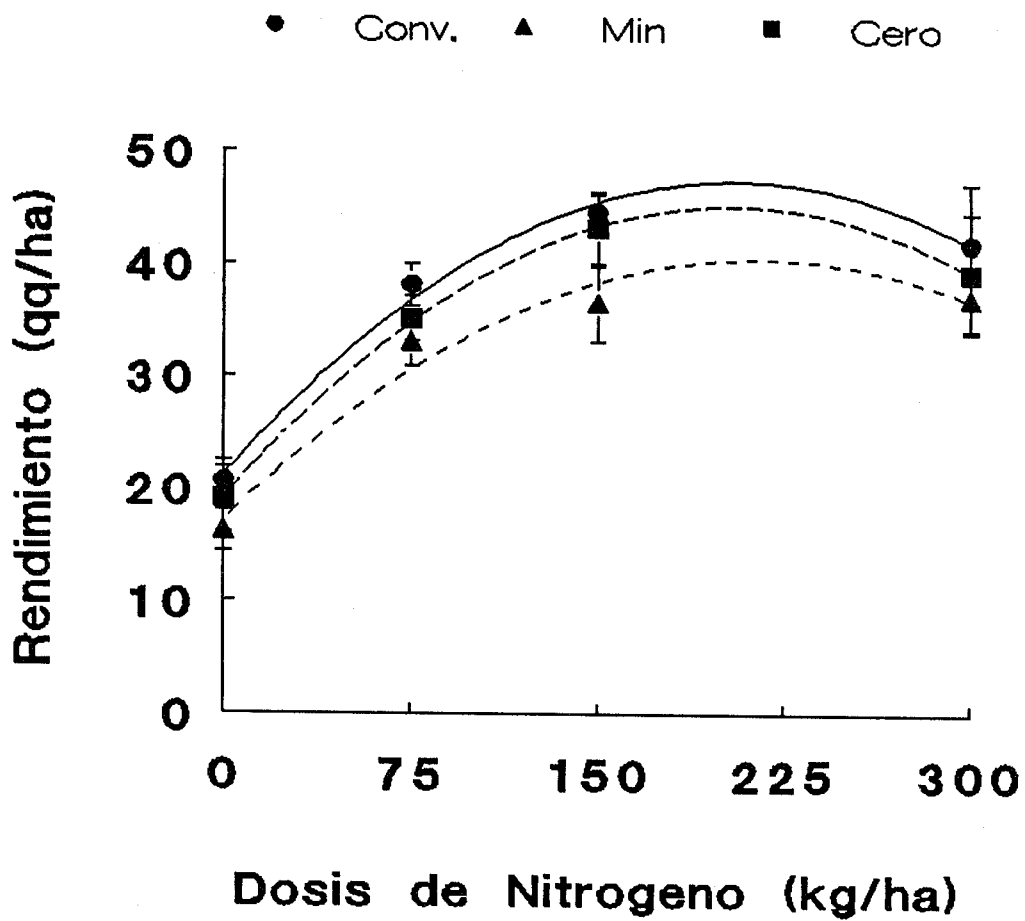


Figura 3. Relación entre el rendimiento de trigo promedio de cuatro temporadas (87-90) en tres sistemas de labranza y el nitrógeno aplicado anualmente.

En el caso del trigo, es particularmente importante una adecuada disponibilidad de agua aprovechable en el suelo durante el período de llenado de granos.

En la temporada 1987-1988 el agua del suelo fue mayor en cero labranza que en labranza convencional, entre noviembre de 1987 y enero 1988 (Fig. 4). En la temporada siguiente (1988-1989) no se observaron diferencias entre los sistemas de labranza. El mayor contenido de agua en cero labranza en la primera temporada se explicaría por el menor crecimiento que se observó en cero labranza, y en consecuencia hubo una menor extracción de agua.

El nitrógeno disponible en el suelo aumentó notablemente en todo el perfil de suelo, y en los tres sistemas de labranza, al aplicar 300 kg N/ha (Fig. 5 y 6). En las parcelas que recibieron 75 y 150 kg N/ha también se observó un aumento importante en el nitrógeno disponible (no mostrado). En octubre de 1987 se observó un gran aumento del nitrógeno en labranza mínima, el cual disminuyó en los muestreos siguientes (Fig. 5). Entre noviembre y diciembre de 1987 el nivel de nitrógeno disponible fue mayor en cero labranza. En septiembre de 1988 el nitrógeno disponible fue superior en labranza cero y convencional, en comparación con labranza mínima (Fig. 6). Al parecer las pérdidas de nitrógeno por lixiviación serían mayores en labranza cero, que en labranza mínima y convencional.

El contenido de nitrógeno en el suelo después de tres años de rotación trigo-avena, fue similar al valor encontrado al inicio del experimento (1987), en todos los sistemas de labranza y en todas las dosis de N (Cuadro 3). El fósforo y el potasio también decrecieron con respecto al valor inicial, el pH se mantuvo y la materia orgánica aumentó, en los tres sistemas de labranza.

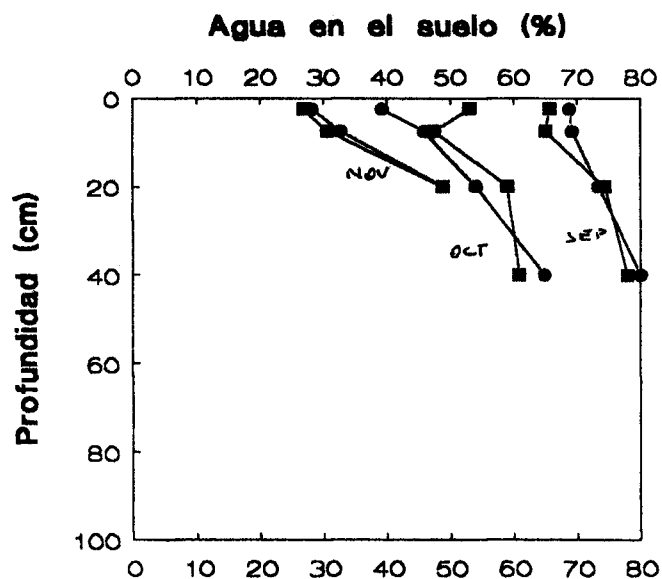
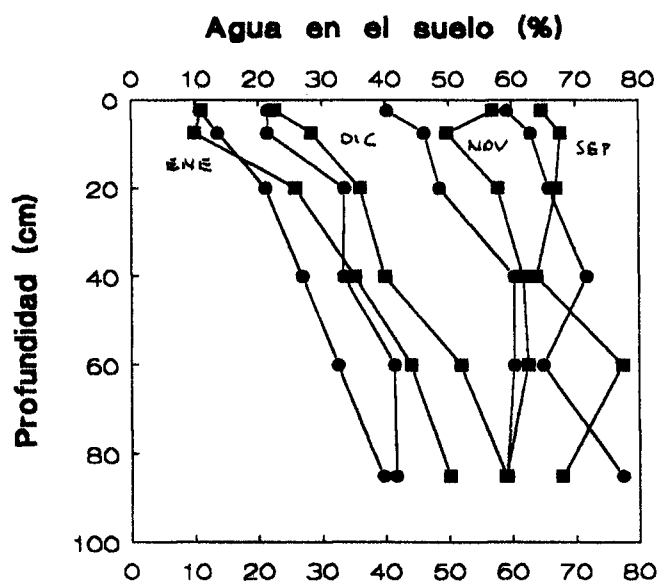


Figura 4. Variación en el contenido de agua (% b.p.s.) del perfil de suelo en labranza convencional (círculos) y cero (cuadrados), en parcelas con 150 kg N/ha, en diversas fechas en 1987 y 1988. Valores son promedio de tres repeticiones. Capacidad de campo fue 59,9% entre 0 y 22 cm, y 64,6% entre 22 y 102 cm; el punto de marchitez permanente fue 34,9% entre 0 y 22 cm, y 46,4 entre 22 y 102 cm.

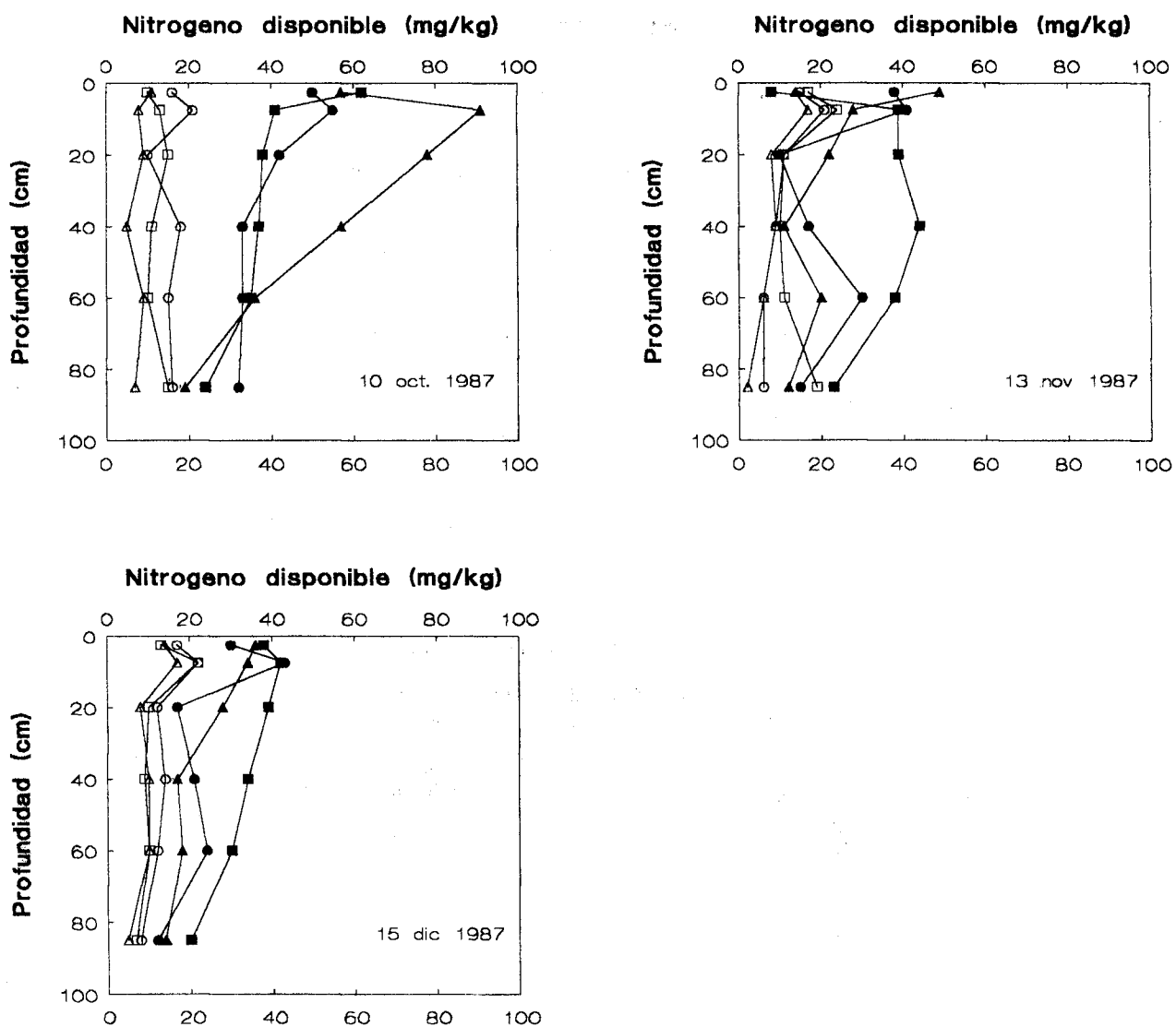


Figura 5. Perfiles de nitrógeno disponible en el suelo en labranza convencional (círculos), mínima (triángulos) y cero (cuadrados), en parcelas sin nitrógeno (símbolos claros) y con 300 kg N/ha (símbolos oscuros), en 1987. Valores son promedio de tres repeticiones.

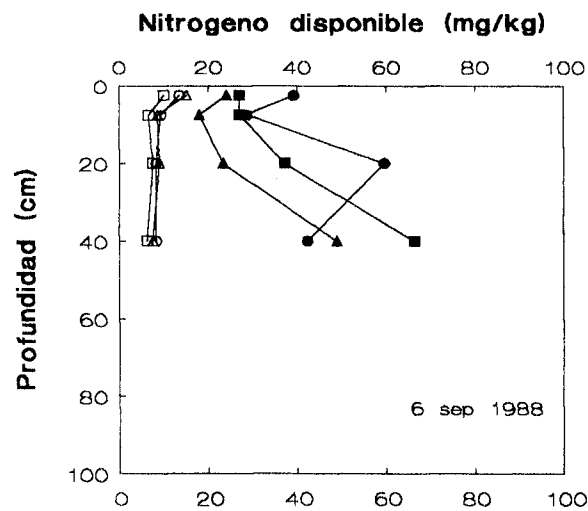
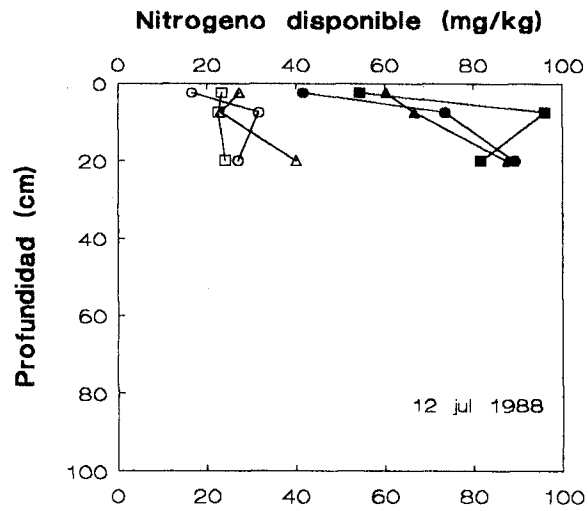


Figura 6. Perfiles de nitrógeno disponible en el suelo en labranza convencional (círculos), mínima (triángulos) y cero (cuadrados), en parcelas sin nitrógeno (símbolos claros) y con 300 kg N/ha (símbolos oscuros), en 1988. Valores son promedio de tres repeticiones.

Cuadro 3. Variación del contenido de nutrientes en el suelo en labranza convencional, mínima y cero, después de tres años (mayo, 1990), en parcelas fertilizadas con 150 kg N/ha.

SISTEMAS DE LABRANZAS	PROFUNDIDAD		
	0 - 5	5 - 10	10 - 30
<b>NITROGENO (ppm)</b>			
Inicial (1987)	12	12	21
Convencional	12	10	17
Mínima	9	9	19
Cero labranza	11	9	13
<b>FOSFORO (ppm)</b>			
Inicial (1987)	20	17	9
Convencional	18	14	4
Mínima	16	15	7
Cero labranza	12	11	5
<b>POTASIO (ppm)</b>			
Inicial (1987)	320	201	198
Convencional	203	183	121
Mínima	187	169	136
Cero labranza	246	177	155
<b>pH</b>			
Inicial (1987)	6,0	6,0	6,1
Convencional	6,1	6,1	6,2
Mínima	6,1	6,1	6,0
Cero labranza	6,1	6,1	6,4
<b>MO (%)</b>			
Inicial (1987)	8,9	9,0	6,5
Convencional	12,7	11,4	9,5
Mínima	12,3	12,0	9,2
Cero labranza	12,9	12,7	10,5

### **Nitrógeno extraído y eficiencia de recuperación**

El porcentaje de nitrógeno en la planta fue similar en los tres sistemas de labranza, pero aumentó con la fertilización nitrogenada. En la temporada 1987-1988 la extracción de nitrógeno fue menor en cero labranza que en los otros sistemas, pero no en la temporada 1988-1989 (Cuadro 4).

La eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado decreció a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno. En la temporada 1987-1988 se observó una baja eficiencia en cero labranza, pero en la temporada siguiente esta fue similar a labranza convencional (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de nitrógeno en la extracción anual y eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado en trigo, en labranza convencional, mínima y cero.

Sistema de Labranza	Nitrógeno Aplicado (kg/ha)	Extraído (kg/ha)	Eficiencia <sup>1</sup> (%)
<b>1987-1988</b>			
Convencional	0	31,8	---
	75	67,0	47,0
	150	89,3	38,3
	300	130,2	32,8
Mínima	0	38,1	---
	75	70,0	42,3
	150	87,3	32,7
	300	92,3	18,0
Cero	0	12,2	---
	75	39,7	36,6
	150	66,0	35,8
	300	47,5	11,8
<b>1988-1989</b>			
Convencional	0	52,0	---
	75	93,0	54,7
	150	139,7	58,5
	300	132,0	26,7
Mínima	0	35,3	---
	75	98,0	83,6
	150	128,0	61,8
	300	125,7	30,1
Cero	0	48,3	---
	75	86,7	51,2
	150	123,3	50,0
	300	160,3	37,3

<sup>1</sup> Eficiencia N = (N extraído tratamiento - N extraído testigo) / N aplicado



## **CONCLUSIONES**

Se encontró un efecto en el rendimiento de trigo de los sistemas de labranza y dosis de N, pero no en la interacción de ambos. Los rendimientos fueron menores en labranza mínima. La respuesta al nitrógeno fue similar en labranza convencional y cero. El rendimiento máximo se obtuvo con la dosis de 150 kg N/ha. Mayores aplicaciones de nitrógeno no aumentaron significativamente el rendimiento.

En los tres sistemas de labranza se observó un aumento de la materia orgánica del suelo, una marcada disminución en el contenido de potasio, mientras que el pH no fue alterado. La concentración de nitrógeno (nitrato + amonio) aumentó en todo el perfil de suelo con la fertilización nitrogenada, siendo la distribución del nitrógeno en profundidad distinto en los tres sistemas de labranza.

La eficiencia de recuperación del fertilizante disminuyó con la fertilización nitrogenada en los tres sistemas de labranza.

## LITERATURA CITADA

- BLEVINS, R.L., COOK, D. and PHILLIPS, S.H. 1971. Influence of no tillage on soil moisture. *Agronomy Journal* 63:593-596.
- BLEVINS, R.L., SMITH, M.S., THOMAS, G.W. and FRYE, W.W. 1983. Influence of conservation tillage on soil properties. *Journal of Soil Water Conservation* 38:301-305.
- CROVETTO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 301 p.
- DEL POZO, A. en revisión. Zonas agroclimáticas y sistemas productivos de la VII y VII región. *Boletín Técnico, CRI Quilamapu, INIA, Chillán.*
- DEL POZO, A., RIQUELME, J., JELDRES, D.I. y ALIAGA, C. 1993. Pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres sistemas de labranza en el secano interior de la zona mediterránea de Chile. I Encuentro Latino Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propiedade. p 417-422.
- FOX, R.H. and BANDEL, V.A. 1986. Nitrogen utilization with no-tillage. En: *No-Tillage and Surface-Tillage Agriculture*. M.A. Sprague and G.B. Triplett (eds.). John Wiley & Sons, New York. 465 p.
- HANSEN, H.O. and ZELJKOVICH, J.V. 1982. Investigación en labranza reducida en el área de Pergamino. En: *Seminario de Labranza Reducida en el Cono Sur. D>H> Caballero y R. Díaz (eds.)*. IICA, CIAAB. pp. 55-66.
- KAHNT, G. 1984. *Laboreo sin arado*. Editorial Hemisferio Sur S.A, Argentina. 142pp.
- MOLDENHAUER, W.C., LANGDALE, G.M., WILBURFRYE, S., Mc COOL, D.K., RAPENDICK, R.J., SMITH, D.E. AND FRYEAR, D.W. 1983. Conservation tillage for erosion control. *Journal Soil Water Conservation* 38: 144-151.
- NOVOA, S.A., RAFAEL; VILLASECA C., SERGIO; DEL CANTO S., PEDRO; ROUANET M., JUAN; SIERRA B., CARLOS; DEL POZO L., ALEJANDRO. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Santiago, INIA, Area Agroecológica. 221 pp.
- PEÑA, L. 1984. Labranza de conservación de suelos. *Boletín Divulgativo, Universidad de Concepción.*
- PHILLIPS, R.E. 1984. Soil moisture. In: *No-Tillage Agriculture. Principles and Practices*. R.E. Phillips and S.H. Phillips (eds.). Van Nostrand Reinhold Company, New York. 304 pp.
- PHILLIPS, R.E. and PHILLIPS, S.H. 1984. *No-Tillage Agriculture. Principles and Practices*. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 304 pp.