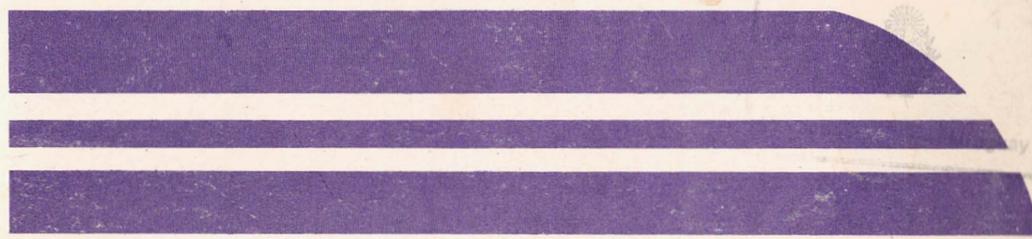




Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA

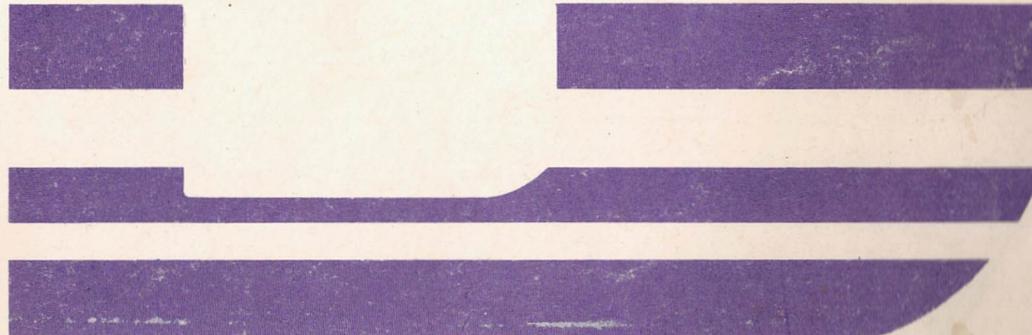
BIBLIOTECA  
Estación Experimental  
"Dr. Mario A. Cassinoni"



# LABOREO DE SUELOS PARA TRIGO



ESTACION EXPERIMENTAL MARIO A. CASSINONI - PAYSANDU



SERIE DOCUMENTOS Nº 2

MONTEVIDEO

URUGUAY

LABOREO DE SUELOS PARA TRIGO

Ing. Agr. Oswaldo Ernst \*

Bach. Daniel Balmelli \*\*

Bach. Oscar Bentancur \*\*

Bach. Alejandro Calero \*\*

Bach. Rossanna Dellazoppa \*\*

Bach. Roald Rivoir \*\*

Bach. Daniel Rodriguez \*\*

\* Asistente Cátedra de Cereales y Cultivos

Industriales.-

Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni.

Facultad de Agronomía.-

\*\* Estudiantes en Tesis.-

## CONVENIO FACULTAD DE AGRONOMIA - SECTOR PRODUCTIVO

( COOPERATIVAS Y SOCIEDADES DE FOMENTO RURAL )

### INTRODUCCION

A partir de 1984, la Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales realizó experimentos sobre alternativas de laboreo en suelos de la Unidad Cañada Nieto. Los mismos fueron instalados en campos de productores cercanos a la ciudad de Dolores. Como consecuencia de ello, fueron realizadas en la zona, varias jornadas de campo que lograron despertar el interés sobre esta problemática.

En 1986 la AIA Soriano y productores trigueros de Dolores plantearon a la Facultad de Agronomía, la firma de un "Convenio de Cooperación" como forma de solucionar las limitantes impuestas al trabajo y lograr la continuidad necesaria para el logro de resultados válidos. El mismo tendría como objetivo primario, la validación, en situaciones productivas diferenciales, de los resultados obtenidos hasta el momento y sería firmado por agrupaciones de productores existentes en la zona agrícola del litoral.

( Cooperativas, Sociedades de Fomento Rural y FUCREA ).

### OBJETIVOS

Fueron planteados tres grandes objetivos para la primer etapa:

- validación de resultados experimentales obtenidos en la línea de investigación "Laboreo y manejo de rastros" en distintas situaciones productivas.
- Cuantificación, a través de un relevamiento de productos, del grado de adopción de la tecnología disponible, su impacto en la producción física y las limitantes para su aplicación.
- Determinación, en un muestreo de chacra, de limitantes impuestas al cultivo a nivel de preparación de suelos y esquemas productivos.

En la presente publicación se resumen los resultados obtenidos en los trabajos planteados para dar cumplimiento al primer objetivo.

Los mismos, originados en una serie de 11 experimentos, son presentados en tres capítulos.

En el Capítulo I se presenta el efecto de las estrategias de laboreo planteadas sobre el rendimiento en grano de trigo según historia de chacra; en el Capítulo II, las posibilidades de manejo del nivel de  $N-NO_3$  en el suelo a través del laboreo; en el Capítulo III, el comportamiento de arado y cincel como laboreo primario frente a variaciones en el potencial de producción determinado por el ambiente y el manejo del barbecho.

### FUENTES DE FINANCIAMIENTO

En el Convenio firmado, la Facultad de Agronomía aporta Docentes y Estudiantes responsables del trabajo, su infraestructura de laboratorios y los vehículos necesarios para el traslado. El Sector Productivo, los recursos para la compra de materiales e infraestructura, combustible y viáticos.

## GRUPO DE TRABAJO

Ing. Agr. Oswaldo Ernst - Cereales y Cultivos Industriales (responsable)  
Ing. Agr. Grisel Fernandez - Cereales y Cultivos Industriales.  
Ing. Agr. Domingo Luizzi - Cereales y Cultivos Industriales.  
Ing. Agr. Daniel Torres - Cereales y Cultivos Industriales.  
Ing. Agr. Marta Utermark - Cereales y Cultivos Industriales (Coordinador)  
Ing. Agr. Osvaldo del Puerto - Botánica.  
Ing. Agr. Omar Cassanova - Fertilidad y Fertilizantes.  
Ing. Agr. Mónica Cadenazzi - Estadística.  
Ing. Agr. Luis Viega - Fisiología Vegetal.

## AGRADECIMIENTOS

La Facultad de Agronomía (Est. Exp. "Dr. Mario A. Cassinoni" agradece a:

- La activa participación de la Regional Soriano de la Asociación de Ingenieros Agrónomos en la organización de este Convenio.
- La colaboración técnica y económica de:
  - CALMER Cooperativa Agropecuaria Limitada Mercedes
  - CALOL Cooperativa Agropecuaria Limitada Ombues de Lavalle
  - CALPROSE Cooperativa Agropecuaria Limitada Productores de Semilla
  - Sociedad de Fomento Rural de Palmitas
  - Sociedad de Fomento Rural de Risso
  - Sociedad de Fomento Rural de Tarariras
  - FUCREA Federación Uruguaya de Centro de Regionales de Experimentación agropecuaria.

La colaboración de los Ing. Agr. Roberto Charbonier (Sanidad Vegetal), Alejandro Laco y Roberto Serrentino (Plan Agropecuario) y Alvaro Sellanes (Molino San Salvador).

A los Sres. Productores en cuyas chacras se instalaron los experimentos.

A la Comisión Nacional de Fomento Rural que hizo posible esta publicación

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Junio de 1990

## ESTRATEGIAS DE LABOREO PARA TRIGO

### Introducción

El laboreo de suelo ha sido tema de estudio a nivel nacional a partir de la década del 60. En una primer etapa, se hizo énfasis en la evolución de la época y profundidad de laboreo (Castro y Reynaert, 1963; Castro y Reynaert, 1964; Marchesi, 1971; Labella, 1974); posteriormente, en el manejo de rastros (Labella en trigo, 1974; Capurro, 1974; Peradotto, 1974; Ernst y Ritorini, 1983; Bouzza y Galluzzo, 1986; Ernst y Torres, 1984 en sorgo).

A partir de 1982, comienza la evaluación de sistemas de laboreo contrastantes (convencional, vertical y siembra directa) incorporándose alternativas de laboreo secundario (Risso, 1984; Ferrari y Morales, 1985; Astigarraga y Bello, 1984; Ernst y Torres, 1986; Chiarino y Maniani, s.p; Chao y Utermark, 1989; García y Mautner, 1989). Las primeras experiencias en siembra directa de trigo fueron realizadas en la E.E.L.E. por Oudri (1976).

Los resultados obtenidos por la Facultad de Agronomía en esta última etapa, marcan la posibilidad de producir granso con niveles de reducción de laboreo importantes en relación a lo que se está realizando actualmente en producción. Esto se ha logrado reduciendo el laboreo secundario al mínimo necesario para eliminar el desarrollo de malezas durante los últimos 60 días de barbecho, sustituyendo en muchos casos, labores mecánicas por barbechos químicos (Ernst y Torres, 1986).

A su vez, la labranza vertical ha demostrado ser capaz de promover la mineralización de la materia orgánica del suelo con igual intensidad que la convencional, presentando mayores problemas de malezas que ésta (Chao y Utermark, 1989).

Estos resultados presentaban dudas en cuanto a su generalización a distintas situaciones productivas y tipos de suelos. El presente trabajo, tiene por objetivo, evaluar las estrategias de laboreo surgidas de los trabajos anteriores en distintas situaciones de producción (tipos de suelos, historia de chacra y condiciones climáticas). De esta forma se intenta cuantificar las posibles interacciones de secuencias de laboreo con el ambiente productivo y las variaciones impuestas por la textura del suelo.

Por otro lado, se busca cuantificar el aporte realizado por esta línea de trabajo comparando sus resultados con los obtenidos con el manejo del laboreo realizado por los productores.

### Antecedentes

La época de laboreo primario recibió especial atención en los trabajos realizados en los tres períodos antes mencionados. En este sentido, resulta clara la ventaja de las labores tempranas en relación a las tardías (Castro y Reynaert, 1963; Marchesi, 1974; Capurro, 1974).

Sin embargo, Ernst y Ritorni (1983) relativizan el concepto época temprana haciendo énfasis en los días de barbecho (días entre laboreo primario y siembra), concluyendo que el período de barbecho óptimo depende del potencial de liberación de nitrógeno del suelo. Trabajando con trigo sobre rastrojos de sorgo, este período varió entre 142 días (chacra vieja) y 60 días (sorgo como cabeza de rotación) por lo que la época de laboreo óptima fue abril tanto en chacra vieja sembrada en agosto como en chacra nueva, para siembra normal (principios de julio). Los laboreos en fechas anteriores significaron menores rendimientos por pérdidas de nitrógeno en un invierno lluvioso.

Posteriormente Chao y Utermark (1989) confirman la validez del concepto "período de barbecho" frente a "época de laboreo" observando un comportamiento promedio superior de laboreos tardíos frente a los tempranos en una siembra tardía de un rastrojo de trigo que fue cabeza de rotación.

Esta situación se revirtió al considerar sólo aquellos tratamientos en los que el período de barbecho se mantuvo libre de malezas, por lo que concluyen que la época de laboreo temprana (marzo) sería capitalizada únicamente si las malezas no utilizan el nitrógeno liberado por el suelo.

No es posible comparar estos resultados con los obtenidos por autores como Marchesi (1971), Labella (1974) o Capurro (1974), donde se evaluó solo el efecto del laboreo primario y no existe información sobre el desarrollo de malezas durante el período de barbecho. Sin embargo estos autores dejan planteadas interrogantes al respecto y la necesidad de evaluar laboreo secundario.

Ernst y Torres (1986) trabajando con distintos períodos libres de malezas, determinaron que, independientemente del tipo de laboreo, los máximos rendimientos se lograron con aproximadamente 60 días sin crecimiento de malezas en el barbecho. Resultados similares obtuvieron Chao y Utermark (1989), y Chiarino y Maniani (1989), quienes demostraron que los laboreos tardíos superan a los tempranos enmalezados y que el efecto "época de laboreo" es capitalizado sólo en barbechos libres de malezas.

La mayor liberación de nitrógeno del suelo provocada por labores tempranos no siempre se tradujo en niveles superiores de nitratos a la siembra como consecuencia de su absorción por parte de las malezas (Chao y Utermark, (1989); Ferrari y Morales, (1985) o por pérdidas producidas por barbechos prolongados en inviernos lluviosos (Ernst y Ritorni, (1983); Ernst y Torres, (1986); Chao y Utermark, (1989).

### LABOREO PRIMARIO

El primer trabajo de evaluación de sistemas de laboreo para cultivos de invierno fue realizado por Risso (1984) sobre suelos de la Unidad Cañada Nieto. En el mismo se compararon, en dos historias de chacra doble arada contra arado más cincel. La doble arada superó a los tratamientos en los que se incluyó cincel como laboreo secundario.

Esta diferencia fue asociada a una mayor resistencia a la penetración del suelo en arado más cincel en chacra vieja, y a disponibilidad de nitrógeno en chacra de pradera.

Posteriormente, Ferrari y Morales (1985), Bouzza y Galluzzo (1986), Ernst y Torres (1986), Chao y Utermark (1989), confirman la superioridad del laboreo primario con arado en relación al realizado con cincel.

Estas diferencias fueron explicadas, en primer lugar, por las diferencias impuestas en la velocidad y número de malezas crecidas en el barbecho.

Cuando estas fueron oportunamente eliminadas por control mecánico o aplicación de herbicida, las mismas se redujeron o eliminaron. La existencia de curvas de respuesta a nitrógeno paralelas hace pensar en la existencia de un problema adicional al utilizar cincel, lo que fue interpretado como limitantes físicas del suelo (Chao y Utermark, 1989).

En cuanto a la liberación de nitrógeno desde el suelo, el laboreo vertical produjo similar aporte que el convencional, estando las diferencias observadas, determinadas por el mayor enmalezamiento del primero.

En todos estos trabajos los mayores rendimientos se obtuvieron con la secuencia arado-herbicida-excéntrica pre-siembra, lo que representa una reducción del 55% en relación al número promedio de labores realizadas por productores a nivel de chacra.

Un aspecto común a todos ellos es la existencia de barbechos largos dados por siembras tardías con importante enmalezamiento del barbecho (Raigras).

Sólo los trabajos de Risso (1984) y Ferrari y Morales (1985), contemplan secuencias de laboreo que incluyen arado como laboreo primario y cincel como secundario. En ambos casos, el laboreo secundario con cincel determinó menores rendimientos que los logrados con arado y excéntrica.

La única situación en que la secuencia excéntrica más cincel superó al arado como laboreo primario, fue en trigo sobre rastrojo de sorgo no retirado (Bouzza y Galluzzo, 1986). En los demás trabajos la evaluación de métodos de laboreo se realizó como sistemas que incluyen o no inversión de tierra. Este aspecto resulta de importancia dado que no es lo que realmente se aplica (82% del área de trigo en 1986 fue realizada con combinación de herramientas, Guido e Ieudiukow, s.p.) pero, de acuerdo a la bibliografía, es la causa de los efectos benéficos de la labranza vertical sobre la fertilidad del suelo en el largo plazo.

### LABOREO SECUNDARIO

A partir de 1983 comienza el estudio de los efectos del laboreo secundario sobre la dinámica de malezas y nitrógeno durante la preparación de la sembrera.

Para ello se utilizó, la aplicación de herbicida (glifosato) como forma de aislar el efecto de la remoción del suelo del de control de malezas, sustituyendo laboreo por control químico de malezas.

En situación libre de malezas, las diferencias entre secuencias de herramientas se produjeron por su incidencia diferencial en la dinámica del nitrógeno en el suelo. Por lo tanto, además del efecto visual sobre la sembrera (tamaño de agregado) el laboreo secundario aparece como determinante de la utilización del nitrógeno liberado por el suelo.

Chao y Utermark (1989), establecen que las diferencias observadas entre labores primarios con arado o con cincel, pueden reducirse ajustando las prácticas de labranza secundaria.

En ambos trabajos el barbecho químico (sustitución de labores mecánicas por herbicida) fue la mejor opción productiva. Con esta alternativa se logró mayor aporte de nitratos a la siembra, absorción de nitrógeno por el cultivo y rendimiento en grano. La utilización de cincel como laboreo secundario no fue buena para el control de malezas y determinó pérdidas de nitratos en profundidad.

El barbecho químico tendría como ventajas su seguridad en el control de malezas, el bajo reenmalezamiento que se produce al no remover el suelo y no promover la liberación de nitrógeno cuando el cultivo no está creciendo, reduciéndose las posibilidades de pérdidas por lavado y denitrificación.

### MATERIALES Y METODOS

En el año 1987 se instaló una serie de 11 experimentos en predios de productores vinculados a cooperativas y Sociedades de Fomento rural de los Departamentos de Colonia y Soriano.

En el Cuadro 1 se describe su ubicación, tipo de suelo e historia de chacra.

**Cuadro 1** Ubicación Unidad de suelo e historia de chacra

<u>Tipo de suelo</u>	<u>Productor</u>	<u>Paraje</u>	<u>Historia de Chacra</u>	<u>Unidad de Suelo</u>
Brunosol eutrítico típico	Máximo Rochon	O. Lavalle	vieja	E.P. Las Brujas
	Miguel Kidd	O. Lavalle	pradera	E.P. Las Brujas
	Avondet	Tarariras	vieja	Libertad
Brunosol sub-eutrítico típico	Dany Berger	La Concordia	nueva	Cañada Nieto
	Hugo Utermark	Bizcocho	vieja	Cañada Nieto
	Julian Ruiz	La Concordia	pradera	Cañada Nieto
Brunosol eutrítico háplico	Juan Masoller	Cololó	nueva	Bequeló
	Juan Arocena	Cololó	pradera	Bequeló
	Patrik Hogben	Cololó	vieja	Bequeló
Vertisoles rúpticos	Jorge Bonino	Corralito	nueva	Risso
	Iruleguy	Corralito	pradera	Risso

El diseño experimental utilizado fue parcelas al azar dispuestas en bloques con dos repeticiones replicados en 11 situaciones. El análisis estadístico se realizó como serie de experimentos.

En el Cuadro 2 se presentan las principales características de los tratamientos evaluados.

## Cuadro 2 Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Laboreo primario	Control de malezas	
		en el barbecho	Barbecho
1	mínimo laboreo <sup>1</sup>	glifosato	químico
2	mínimo laboreo <sup>1</sup> 50 N macollaje	glifosato	químico
3	arado	excéntrica	largo
4	cincel	cincel	largo
5	arado	glifosato	largo
6	arado	sin control	largo
7	cincel	glifosato	largo
8	cincel	sin control	largo
9	tratamiento realizado por el productor		
10	arado	sin control	corto
11	cincel	sin control	corto

1- herbicida 30 días pre-siembra + remoción superficial del suelo

Nota: En todos los casos existió una pasada de excéntrica en enero.

Los laboreos primarios se realizaron en la primer quincena del mes de marzo, el control de malezas mecánico o químico (glifosato, 0,54 l ia/ha) cuando las malezas presentaron una hoja desarrollada. En los tratamientos con mínimo laboreo se aplicó glifosato (1 l. ia/ha) 30 días antes de la siembra y se realizó un movimiento superficial del suelo inmediatamente antes de la misma. Se pretendió simular la siembra directa.

El tratamiento 9 varió con el productor ya que fue realizado con igual secuencia y momento que el realizado en la chacra.

## Determinaciones

En el suelo

- Evolución de la disponibilidad de nitratos en 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad.
- Número y materia seca de malezas en el barbecho.

En el cultivo

rendimiento y sus componentes

- Producción de materia seca.
- Absorción de nitrógeno.

## PRINCIPALES RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del año agrícola:

El año 1987 se caracterizó por reducidas precipitaciones durante los meses de mayo y junio, seguido por un exceso de lluvias en julio.

Esto determinó que aquellos experimentos cuyas sementeras estaban preparadas en las últimas lluvias de mayo se sembraran temprano (Iruleguy, Ruiz, Avondet, Rochon, Utermark). Por el contrario, los demás recién pudieron sembrarse en el mes de agosto (Hogben, Masoller, Berger, Kidd, Bonino).

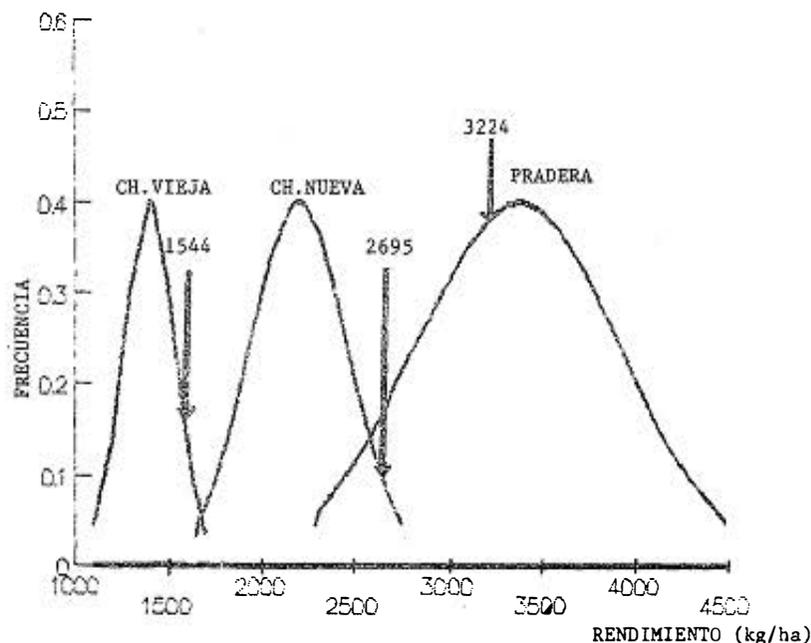
El experimento instalado en el predio del Sr. Arocena (Bequeló) no se sembró por fecha tardía y el sembrado por Bonino (Risso) tuvo graves problemas de implantación por lo que solo se analizará la evolución de nitrógeno en el suelo.

## ANALISIS CONJUNTO DEL RENDIMIENTO EN GRANO

Como se mencionó, el objetivo de este trabajo es evaluar las alternativas de laboreo surgidas de la investigación, en distintos ambientes productivos. Sin embargo, esto no fue posible al no cumplirse el requisito de homogeneidad de varianza para realizar un análisis conjunto.

Los grupos de experimentos formados con varianza homogénea corresponden a igual historia de chacra. Por lo tanto, el potencial del ambiente fue el determinante del nivel al cual se produjo la variación de los rendimientos.

En la Figura 1 se representa esta variación de rendimiento por tipo de chacra indicando que la variable "historia de chacra" resultó más importante que "tipo de suelo" (textura, diferenciación textural), nivel de remoción del suelo (laboreo) y variaciones locales del clima.



**Figura 1** Distribución de rendimiento según historia de chacra.

Los kilos absolutos que se pueden ganar o perder por laboreo resultaron más importantes en chacras sobre praderas que en chacras viejas (2179 kg. en praderas, 1060 kg. en chacras nuevas y 638 kg. en chacras viejas).

La flecha marcada en la figura indica el rendimiento promedio obtenidos por los productores en su tratamiento. Se destaca la posibilidad de mejorar los rendimientos a través de laboreo en todas las situaciones.

Esto es particularmente cierto en trigo sobre pradera, donde el rendimiento obtenido por productores se ubica por debajo de la media de los experimentos.

Si bien los rendimientos mejoraron con la historia de chacra, en los mejores ambientes resta un camino por recorrer a través del ajuste de las prácticas de laboreo.

Otro aspecto a resaltar es la posibilidad de obtener rendimientos similares en chacras nuevas con un ajuste del laboreo que sobre praderas con un mal manejo de suelo. En tanto, el efecto "chacra vieja" fue imposible de levantar a través de laboreo.

Teniendo en cuenta estos resultados la presentación de los mismos se hará por historia de chacra discutiendo, en primer lugar, praderas y chacras nuevas y en segundo lugar, chacras viejas.

## TRIGO LUEGO DE PRADERA Y SOBRE CHACRAS NUEVAS

El análisis de rendimiento para ambas situaciones indica un efecto significativo de los tratamientos y no significativo para la interacción tratamiento por lugar.

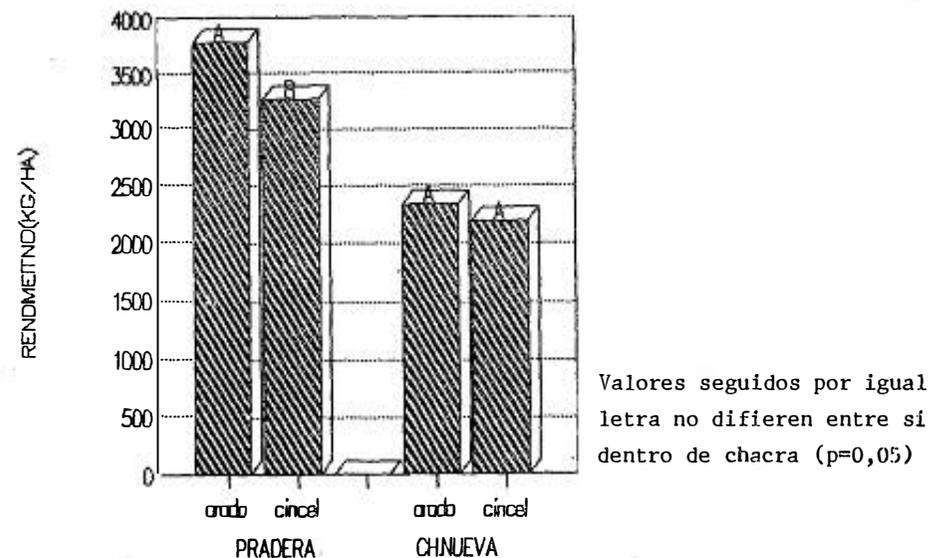
Esto marca que la secuencia de laboreo tuvo un efecto similar sobre el rendimiento independientemente de la textura y diferenciación textural del suelo, así como de posibles diferencias climáticas y de manejo general (variedad, fertilización, etc).

La Figura 2 muestra, para el promedio de los tratamientos, el efecto del laboreo primario con arado o con cincel.

Como puede observarse, sobre pradera, el rendimiento obtenido con arado fue significativamente superior ( $P=0,05$ ) al obtenido con cincel.

En tanto, en chacra nueva, solo existió una tendencia. La diferencia que existe entre ambas situaciones, además de la historia anterior, es la época de siembra. Mientras que las chacras sobre pradera se sembraron en mayo, la nueva se lo hizo en agosto.

El desarrollo de malezas y las lluvias ocurridas durante un barbecho prolongado eliminaron las posibles diferencias entre los tratamientos.



**Figura 2** Efecto del laboreo primario sobre el rendimiento en grano.

Como forma de cuantificar los aspectos antes mencionados, se presenta la Figura 3 donde se muestra el comportamiento promedio en dos situaciones, con crecimiento libre de malezas durante el

barbecho (arado y cincel sin control de malezas durante el barbecho) o eliminándolas a través de la aplicación de herbicida (arado y cincel más glifosato).

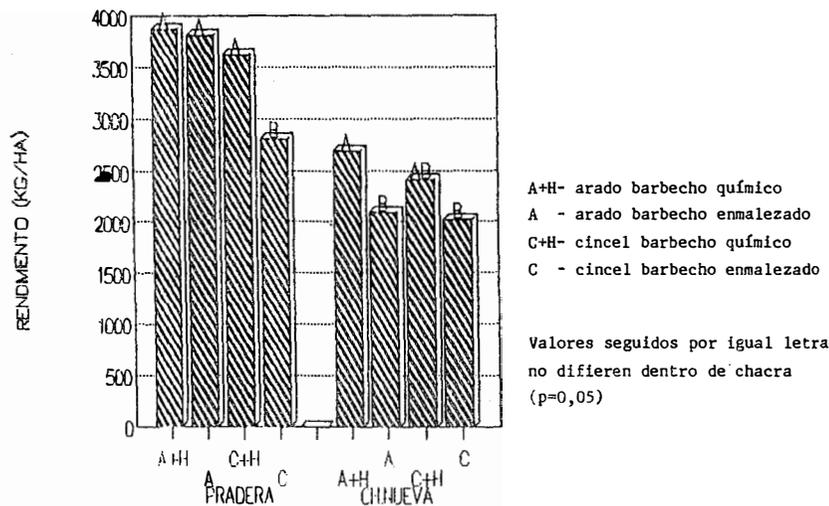


Figura 3 Efecto del control de malezas durante el barbecho.

De acuerdo a estos resultados, las diferencias observadas se deben unicamente al crecimiento de malezas ya que en los tratamientos libres de éstas, se las eliminó sin remoción de suelo.

Sobre pradera la única alternativa significativamente distinta resultó el cincel sin control de malezas. Entre ambos tratamientos arados no existieron diferencias significativas.

Sobre chacra nueva, ambos laboreos sin control de malezas provocaron disminuciones de rendimiento observándose una tendencia ( $p=0,1$ ) a ser el arado con glifosato, la mejor alternativa.

Estos resultados coinciden en general, con los obtenidos en trabajos anteriores (Ferrari y Morales, 1985; Ernst y Torres, 1986; Chao y Utermark, 1989) apareciendo como determinantes de las diferencias en ambos laboreos el desarrollo de malezas en el barbecho. El efecto fue importante en siembras tardías, donde el desarrollo de las mismas fue mayor y, como lo demuestran Ferrari y Morales (1985) y Martinez y Mondino (s.P.), el retardo provocado por el arado se va perdiendo. Por otro lado, en este año, las siembras tempranas se realizaron sin período lluvioso anterior que pudiera establecer diferencias en la conservación del nitrógeno liberando por el suelo.

En tanto, las siembras tardías se realizaron luego de un período lluvioso.

En el cuadro 3 se muestra este efecto:

Cuadro 3 Longitud de barbecho y lluvia recibida. Efecto sobre el nitrógeno

	P R A D E R A S				C H. NUEVA			
	AS	AH	CS	CH	AS	AH	CS	CH
Barbecho (días)	67	67	67	67	144	144	144	144
Lluvia (mm)	253	253	253	253	404	404	404	404
N-No <sub>3</sub> (ppm)	18.8a	19.6a	22a	11.9a	4,5c	10.3a	5.4c	8.5bc

Valores seguidos por igual letra no difieren dentro de chacra ( $P \leq 0,05$ )

De acuerdo a esta información, en períodos de barbecho largos o lluviosos, el arado resultó ser una mejor alternativa de conservación de nitratos. En barbechos cortos y/o libres de malezas, no apareció tal diferencia con el cincel.

Uno de los objetivos de las labores intermedias es mantener el suelo suelto, preparándolo para la siembra. Esto ha sido de las principales dudas planteadas a la posibilidad de reducir el laboreo, sobre todo, en suelos con alto contenido de arcillas expansivas (Vertisoles de la Unidad Risso)

El manejo de este criterio ha llevado a casos extremos de pasadas de herramientas durante el período arada-siembra (11 pasadas de implementos).

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos con arado o con cincel como laboreo primario, más un laboreo cada vez que el desarrollo de malezas, la compactación producida por la lluvia y el pasaje del tiempo, así lo indicó. Se los compara con los tratamientos realizados con mínimo laboreo o con laboreo primario más barbecho químico como forma de analizar el criterio antes mencionado.

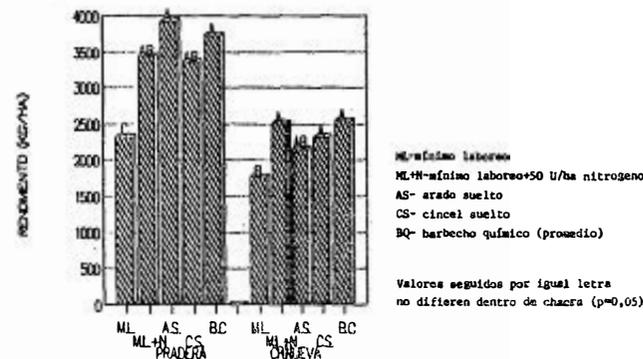


Figura 4 Efecto de la remoción del suelo sobre el rendimiento de trigo.

Como se observa, en ambos casos, la única alternativa que produjo significativamente menos rendimiento en grano, fue el mínimo laboreo con igual fertilización nitrogenada que la aplicada por el productor a su chacra. Esta situación fue eliminada por el agregado de 50 unidades de nitrógeno al macollaje temprano, indicando que la limitante principal fue la disponibilidad del nutriente y no la condición física del suelo.

Los rendimientos obtenidos con barbecho químico avalan esta hipótesis ya que, eliminando las malezas sin remoción de suelo hasta la siembra, se obtuvieron, en la peor situación, rendimientos iguales a los logrados con remoción permanente del suelo.

Por lo tanto, se confirma en situaciones tan contrastantes desde el punto de vista textural como lo son los Vertisoles de la Unidad Riso y los Brunosoles de la Cañada Nieto, la posibilidad de reducir el número de pasadas de implementos agrícolas al mínimo necesario para mantener el suelo libre de malezas.

En este sentido Ferrari y Morales (1985) en chacra vieja sobre suelos pesados (Unidad San Manuel) y Chao y Utermark (1989) en suelos relativamente livianos (Cañada Nieto), llegan a similares conclusiones determinándose en el segundo trabajo, pérdidas de hasta 40 kg. de nitrógeno por hectárea por realizar laboreos intermedios sin que el desarrollo de malezas lo requiera.

La remoción del suelo, cualquiera sea el implemento utilizado, promueve en mayor o menor grado un incremento en la liberación de nitrógeno que, si no es utilizado por el cultivo queda sujeto a procesos de pérdida en profundidad o en forma de gas. Estos procesos son importantes cuando la máxima disponibilidad de  $N-NO_3$  se logra antes de la siembra y se producen lluvias. Mantener el suelo libre de malezas sin remoción de suelo (herbicida o secuencia de cultivos que reduzcan el crecimiento y número de malezas) ha demostrado ser la forma de menor riesgo de pérdida de  $N-NO_3$  del suelo (Ernst y Torres, 1986).

Otro criterio importante surgido de la investigación nacional, es en relación a la longitud de barbecho. Ernst y Ritorni (1983) demuestran que las posibilidades de pérdidas de nitrógeno del suelo se incrementan con barbechos prolongados y alta fertilidad natural. Chao y Utermark (1989) determinan un inadecuado comportamiento de los barbechos largos enmalezados.

En la Figura 5 se muestran resultados obtenidos en el presente trabajo.

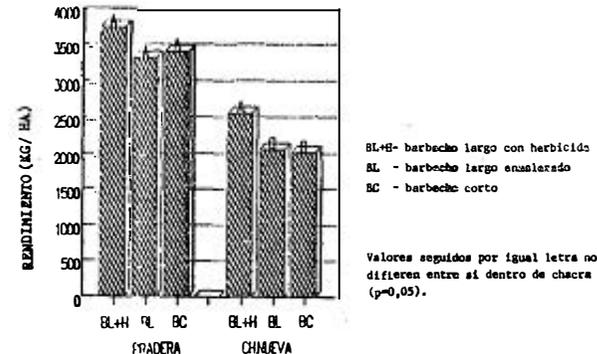


Figura 5 Efecto de la longitud de barbecho.

Como se observa, en chacras sobre praderas existió sólo una tendencia a producir menos grano en barbechos enmalezados (el efecto fue significativo para cincel) y no hubo diferencias entre barbechos largos libres de malezas (67 días de barbecho). Esta diferencia fue significativa en chacra nueva, no difiriendo barbechos largos enmalezados de los cortos. Los primeros resultados se explican por la siembra temprana con escaso desarrollo de malezas en el barbecho y 250 mm de lluvia entre laboreo primario y siembra.

En chacra nueva, longitud de barbecho (144 días y 72 días para barbecho largo y corto respectivamente), desarrollo de malezas y lluvias en este período, determinaron diferencias en la disponibilidad de  $N-NO_3$  para el cultivo (Cuadro 4).

Cuadro 4 Efecto de la longitud de barbecho sobre la disponibilidad de  $N-NO_3$  a la siembra (ppm) (Chacra nueva)

	Barbecho largo con herbicida	Barbecho largo sin herbicida	Barbecho corto
$N-NO_3$ (0-20 cm)	9.4 a	5 b	8.3 a
$N-NO_3$ (20-40)	9.6 a	4.6 b	6.2 b
$N-NO_3$ (0-40)	9.5 a	4.8 b	7.3 ab

Los barbechos largos libres de malezas (barbecho químico), llegaron con mayor disponibilidad de  $N-NO_3$  a la siembra que los enmalezados.

Los cortos, en este caso en forma relativa ya que por el atraso en la siembra fue de 72 días, por menor desarrollo de malezas y pérdidas de nitrógeno, llegaron con igual aporte del nutriente.

Estos resultados confirman los obtenidos anteriormente en el sentido de que, tanto en rendimiento como en aporte de nitrógeno por parte del suelo, los laboreos tempranos determinan mejores comportamientos sólo si las malezas no son quienes capitalizan tal efecto. El barbecho químico ha demostrado ser una práctica de manejo adecuada para el logro de este objetivo.

La información obtenida confirma los resultados generados anteriormente en el sentido de que es condición primaria para utilizar eficientemente el nitrógeno aportado por el suelo, eliminar el crecimiento de malezas durante los 40 a 60 días previos a la siembra.

### TRIGO EN CHACRAS VIEJAS

El análisis de varianza para rendimiento en grano no detectó diferencias significativas entre lugares por lo que la historia de chacra fue la determinante del nivel de rendimientos y no las diferencias en suelos y manejo general de los cultivos (variedad, fertilización, época de siembra).

A diferencia de los cultivos sembrados sobre praderas o chacra nueva, la interacción tratamiento por lugar fue significativa. Esto significa que el efecto relativo de los tratamientos no fue igual en todos los lugares y que el manejo del laboreo es más complicado en estas situaciones.

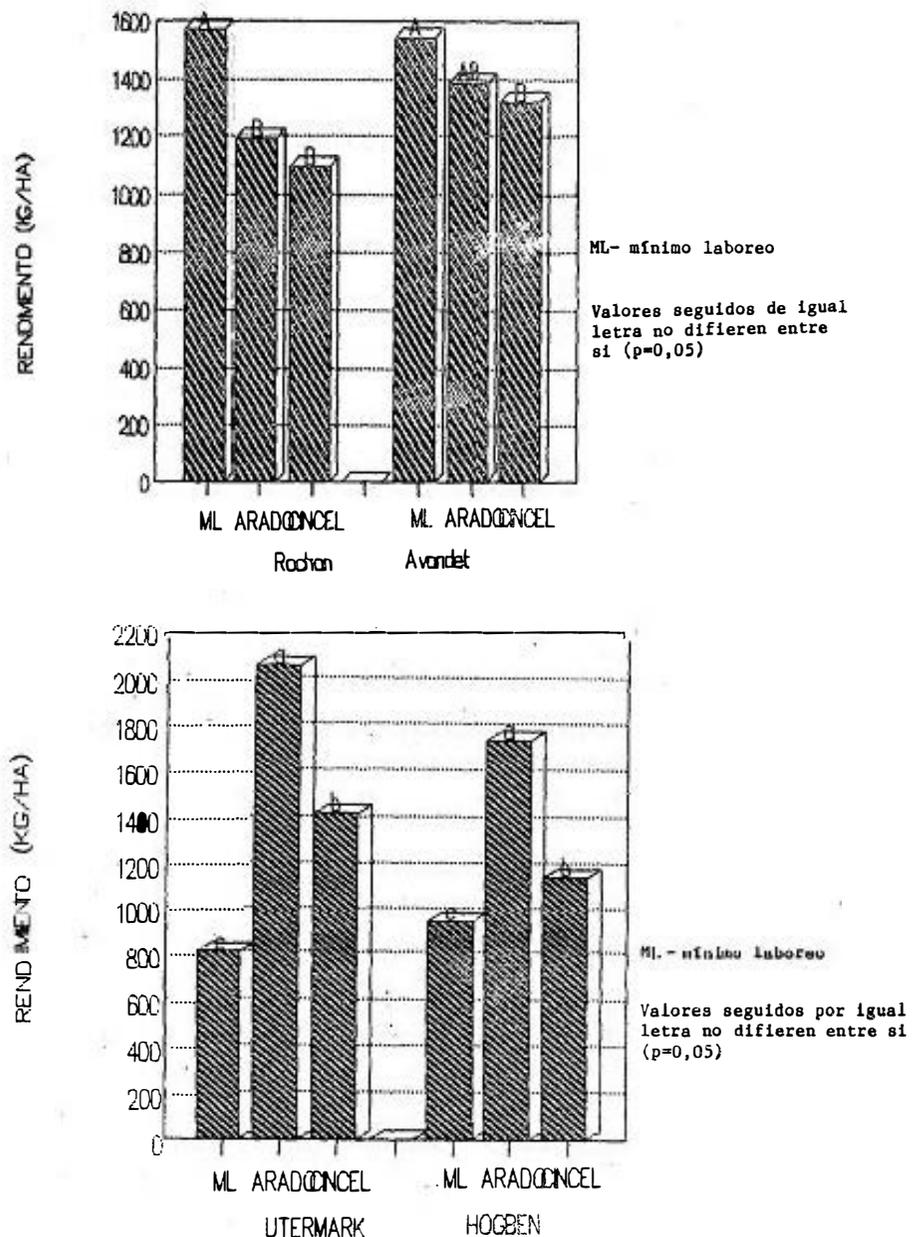
La diferencia cuantificable más importante entre estas chacras fue el enmalezamiento durante el período de barbecho.

En el experimento realizado en el predio del Sr. Avondet y el Sr. Rochon (chacras con 30 años de agricultura continua) el enmalezamiento fue de dicotiledóneas que estaban al estado de cotiledón al momento de la siembra, en los sembrados en lo de los Srs. Utermark y Hogben (relativamente más nuevas), presentaron como maleza principal raigras (*Lolium multiflorum*) (Cuadro 5).

**Cuadro 5** Número de malezas y su desarrollo (Chacras viejas)

	Avondet	Rochon	Hogben	Utermark
Malezas/m <sup>2</sup>	189	36	136	272
Maleza dominante	anagalis	girasol	raigras	raigras
Estadio vegetativo 50 días pre-siembra	cotiledón	cotiledón	macollaje	macollaje

En la Figura 6 se muestra el comportamiento promedio de los laboreos primarios evaluados para las cuatro situaciones estudiadas.



**Figura 6** Efecto del laboreo primario en cuatro situaciones de chacra vieja.

En las chacras de bajo enmalezamiento no existieron diferencias significativas entre arado y cincel destacándose el mínimo laboreo con agregado adicional de nitrógeno al macollaje. Esta situación marca al nitrógeno como la principal limitante dentro de estas chacras viejas aunque, como ya se discutió, este no fue capaz de levantar la limitante "chacra vieja".

En las dos situaciones relativamente mejores en cuanto a fertilidad, con raigras como principal maleza, el laboreo con arado vuelve a ser la mejor alternativa, superando significativamente al realizado con cincel. El comportamiento más pobre correspondió al mínimo laboreo.

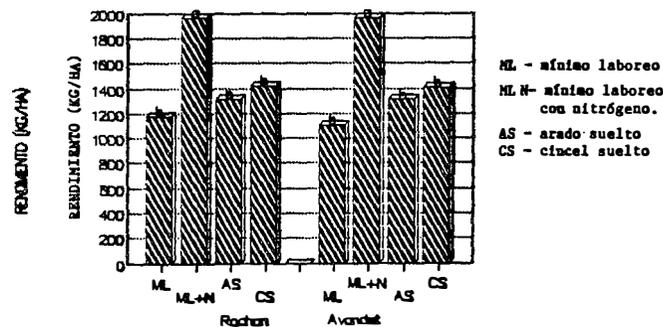
Por lo tanto, vuelve a confirmarse la ventaja del uso de arado en situaciones con problemas potenciales de malezas.

Considerando la existencia de esta interacción de manejo por chacra, se presentan los resultados por separado, chacras viejas sin malezas y chacras viejas enmalezadas.

### CHACRAS VIEJAS SIN MALEZAS

Al no existir problemas de malezas durante el período de barbecho, no se manifestaron diferencias entre los laboreos evaluados. Tampoco tuvo efecto la aplicación del herbicida en el barbecho ante malezas relativamente de poca importancia, fácil control y escaso desarrollo.

Dada la situación "chacra vieja" las principales diferencias deberían darse a nivel de las propiedades físicas. En la Figura 7 se comparan las alternativas de mínimo laboreo contra los laboreos primarios con arado o con cincel, a los que se les sumó labores intermedias como forma de mantener el suelo "siempre suelto"



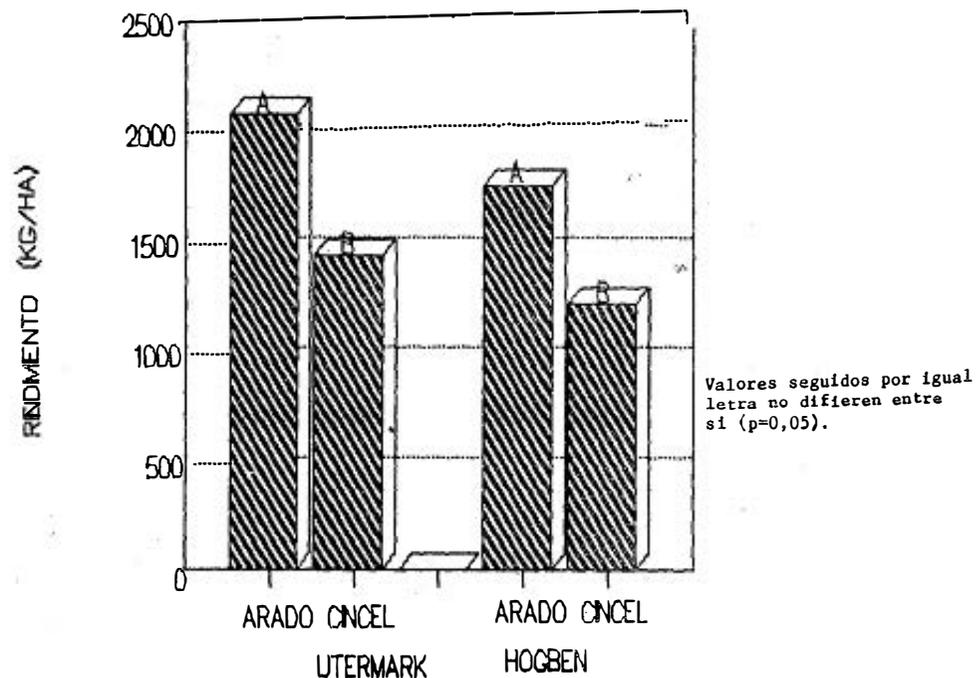
**Figura 7** Efecto de la remoción del suelo sobre el rendimiento del trigo en chacra vieja

La remoción continúa del suelo en ambas chacras, no fue capaz de superar los rendimientos logrados con mínimo laboreo con igual fertilización nitrogenada que el resto de los tratamientos. La mejor alternativa resultó aquella a la que se le adicionó 50 unidades de nitrógeno por hectárea al macollaje temprano. Esto demuestra a la disponibilidad de nutrientes como más limitante del rendimiento que las propiedades físicas de una chacra vieja.

A pesar de esto, el máximo rendimiento no alcanzó el mínimo logrado en chacras sobre praderas.

### CHACRAS VIEJAS ENMALEZADAS

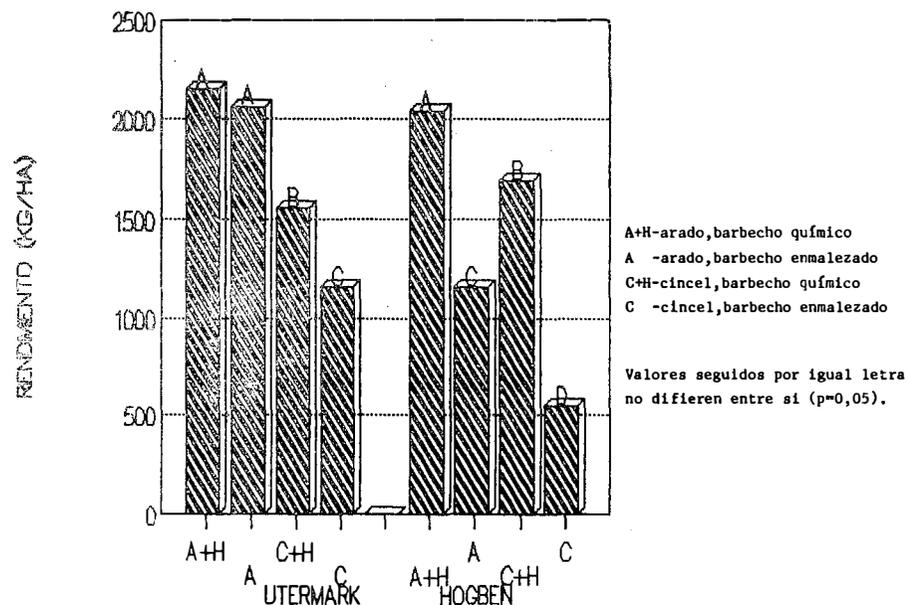
Como ya fuera indicada, en estas situaciones, el laboreo primario con arado superó significativamente al realizado con cincel (Figura 8)



**Figura 8** Efecto del laboreo primario sobre el número de malezas producción de materia seca del trigo y su rendimiento.

Las diferencias en rendimiento estuvieron asociadas al grado de enmalezamiento provocado por los tratamientos durante el período de barbecho. Se registró además, una diferencia en la producción de materia seca al macollaje que se mantuvo hasta la espigazón.

En la Figura 9 se muestra para los dos experimentos, el efecto del laboreo primario cuando las malezas fueron eliminadas por la aplicación de herbicida.



**Figura 9** Efecto del laboreo primario y desarrollo de malezas durante el barbecho sobre el rendimiento en grano.

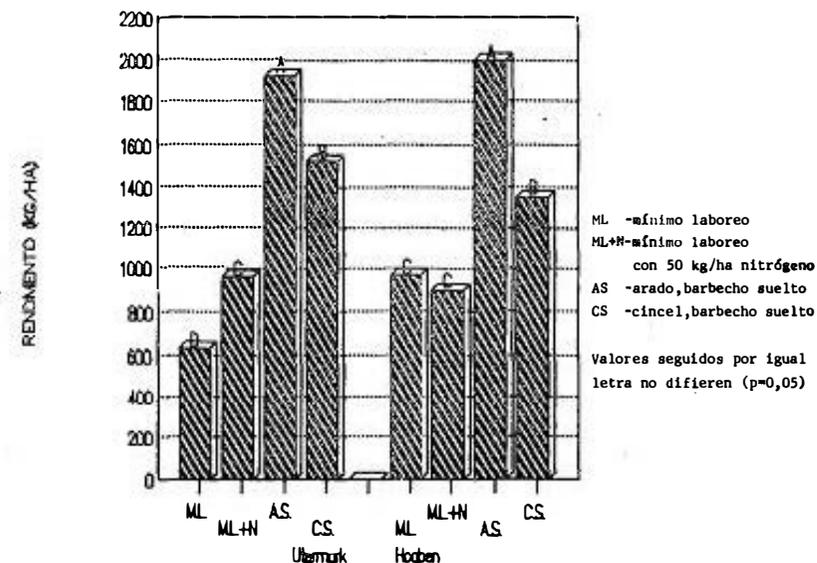
Quando el barbecho se mantuvo libre de malezas, las diferencias entre arado y cincel se redujeron en ambos experimentos aunque los tratamientos con arado mantuvieron su superioridad.

Esta situación coincide con resultados de Chao y Utermark (1989) quienes obtuvieron una reducción de las diferencias entre arado y cincel cuando el barbecho estuvo libre de malezas, pero los rendimientos no lograron igualarse lo que fue asociado a propiedades físicas del suelo.

El cincel con barbecho enmalezado fue el que produjo los menores rendimientos, mientras que el arado enmalezado fue significativamente superior al cincel más glifosato en Utermark y significativamente inferior en Hogben. Estas diferencias responderían a la fecha de siembra (Utermark, mayo; Hogben, setiembre) donde las diferencias entre herramientas se agudizan por desarrollo de malezas y pérdidas de nitrógeno.

Dentro de las situaciones enmalezadas el arado superó al cincel en ambas situaciones lo que coincide con toda la información Nacional disponible.

Al evaluar el efecto de la remoción del suelo durante el barbecho, surge una nueva diferencia en relación a las chacras viejas sin malezas (Figura 10)

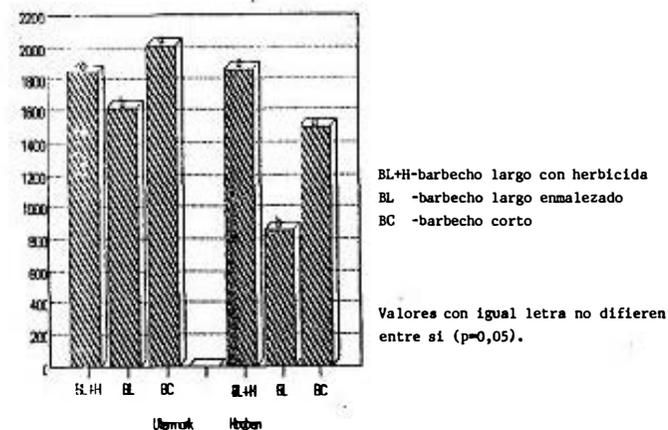


**Figura 10** Efecto remoción del suelo. Chacras viejas enmalezadas

El mínimo laboreo con o sin nitrógeno adicional, produjo los peores rendimientos. En tanto, el arado más remoción del suelo con excéntrica, superó al cincel como laboreo secundario.

Este efecto que podría asociarse en su totalidad a propiedades físicas del suelo, resulta además como consecuencia del desarrollo de malezas en chacras con aporte relativo de nitrógeno superior.

En la Figura 11 se comparan los tratamientos realizados con barbechos largos contra arado o cincel en barbecho corto.



**Figura 11** Efecto del período de barbecho y laboreo primario sobre el rendimiento en grano del trigo

Nuevamente se destaca los rendimientos de los barbechos cortos en relación a los largos enmalezados, así como la superioridad del arado frente al cincel.

El "barbecho largo libre de malezas" como la mejor alternativa de manejo de suelos para producir trigo, puede lograrse con múltiples laboreos intermedios entre el primario y siembra (situación comúnmente aplicada por los productores), o a través del barbecho químico. Esta última ha demostrado ser superior en todas las situaciones aquí evaluadas así como en los trabajos anteriores (Ferrari y Morales, 1985; Ernst y Torres, 1986; Chao y Utermark, 1989) basando su superioridad, en la mayor eficiencia de uso del nitrógeno liberado por el suelo.

## EFECTO DEL LABOREO SOBRE LA EVOLUCION Y DISPONIBILIDAD

### DE NITROGENO-NITRATO EN EL SUELO

#### Introducción

En este capítulo se analiza el efecto de las alternativas de laboreo evaluadas sobre la evolución del nivel de  $N-NO_3$  del suelo durante el período de barbecho y su disponibilidad al momento de la siembra.

La bibliografía extranjera es coincidente en el sentido de que la reducción del laboreo trae aparejada un menor aporte de nitrógeno por parte del suelo.

Por otro lado, asigna esta característica al sistema de labranza vertical, lo que determinaría una menor mineralización de la materia orgánica del suelo y su acumulación de ésta en los primeros centímetros del perfil (Noaco, 1981).

Los trabajos realizados en el país, no confirman esta hipótesis, habiéndose cuantificado un aporte de nitrógeno al cultivo similar para laboreos verticales y convencionales (Ferrari y Morales, 1985; Chao y Utermark, 1989).

El presente trabajo evalúa el efecto de tres sistemas de labranza (reducido, vertical y convencional) sobre la disponibilidad de  $N-NO_3$  en el suelo, en 4 grandes grupos de suelo y 3 historias de chacra.

Su objetivo es validar los resultados obtenidos en el país, en distintos ambientes productivos como forma de generalizarlos y determinar posibles interacciones entre estos y los métodos de laboreo.

#### Antecedentes

La disponibilidad de nitratos previo a la siembra de un cultivo, es un indicador del aporte del nutriente realizado por el suelo. Capurro etal (1982) lo utilizaron, junto al contenido de materia orgánica del suelo, como un elemento para determinar la fertilización nitrogenada en cebada. Actualmente se están ajustando índices que permitan utilizarlo para definir la dosis de nitrógeno a aplicar en trigo y cebada en la siembra y al macollaje (Diaz, 1989; Torres, 1989; Bahetgen, 1989; resultados sin publicar).

El laboreo ha demostrado ser causa de variabilidad en el aporte realizado por el suelo y la conservación del mismo. Chao y Utermark (1989) determinaron una variación superior a 1000 kg/ha de trigo por esta causa ( $r=0.85$ ). Esta relación dejó de ser significativa al considerar barbechos enmalezados, donde el nutriente no fue utilizado por el cultivo.

Al evaluar el efecto del laboreo sobre la disponibilidad de nitrógeno, Ferrari y Morales, 1985; Ernst y Torres, 1986; Chao y Utermark, 1989, determinaron un aporte similar para labores verticales y convencionales aunque la velocidad de liberación y utilización por parte del cultivo, variaron con estos.

Los laboreos con arado y excéntrica lograron un aporte mayor de nitrógeno para el cultivo que los realizados con cincel y vibrocultivador, diferencia que fue eliminada al considerar el barbecho químico o la absorción realizada por trigo más malezas.

Se concluye que no existen diferencias en la cantidad liberada sino en la velocidad de liberación y utilización.

La velocidad de liberación de  $N-NO_3$  ~~provocada~~ por el trabajo realizado con excéntrica fue mayor a la lograda con arado o cincel como laboreo primario. La excéntrica como laboreo secundario tuvo un efecto similar, en tanto el cincel, provocó pérdidas del nutriente en profundidad o por denitrificación.

En ambos sistemas de labranza adicionando un herbicida (glifosato) como forma de eliminar malezas durante el período de barbecho, se lograron mayores niveles de nitratos a la siembra y absorción de nitrógeno total por parte del cultivo. Cuando las malezas se eliminaron con excéntrica hubo un aporte similar al logrado con barbecho químico. Cuando se lo hizo con cincel, el

aporte fue el equivalente a 40 kg/ha menos de nitrógeno. Similar fue el resultado al realizar laboreos intermedios en suelos libres de malezas.

Los autores concluyen que el aporte de nitrógeno mejora manteniendo el suelo libre de malezas y ~~removiendo~~ lo menos posible entre laboreo primario y siembra. A su vez, las diferencias determinadas por las herramientas haría necesario utilizarlas en momentos distintos como forma de provocar o evitar pérdidas del nutriente.

### Materiales y Métodos

Los resultados corresponden a los mismos experimentos planteados anteriormente. El estudio se realizó por separado dado que las condiciones climáticas no permitieron un desarrollo paralelo de los experimentos, provocándose así diferencias en los momentos de muestreos y fechas de siembra, que no permitieron el análisis como serie de experimentos.

Los análisis de varianza se realizaron agrupando los resultados en función de los días transcurridos entre el laboreo y los muestreos y dentro de estos, por homogeneidad de varianza.

Los valores de porcentaje de materia orgánica potencial corresponden a los descriptos por MAP (1974).

### Resultados y Discusión

Por las características de los experimentos y de los factores evaluados, tipo de suelo, historia de chacra y laboreo, los dos primeros quedan confundidos dentro de un "efecto lugar" ya que las condiciones climáticas, herramientas utilizadas, variedad y fecha de siembra, variaron con los sitios.

#### Efecto lugar

En el Cuadro 1 se caracteriza el efecto lugar con la información disponible.

Experimento	Suelo	Hist. de chacra	% Mat. Orgánica		Fecha laboraria	días barb.	Lluvia Kg Nit.		N-NO <sub>3</sub> prom. siembra	
			real	potencial			barb.	planta		
1. Arocena	Bq.	prad.	4,9	7-8	15/3	108	195	-	-	26,5
2. Iruleguy	C.C	prad.	3,1	4,8	13/3	63	253	28	140	39,0
3. Ruiz	Cñ.N	prad.	2,6	3,5	17/3	72		52	140	15,1
4. Kidd	Li.	prad.	3,6	3-6	19/3	100	227	-	87	21,2
5. Masoller	Bq.	nueva	3,1	7-8	15/3	144	404	37	74	7,7
6. Bonino	Ri.	nueva	4,7	4,8	15/3	82	252	-	-	18,8
7. Berger	Cñ.N	nueva	3,3	3,5	16/3	76		30	72	11,9
8. Hogben	Bq.	vieja	3,2	7-8	18/3	83	450	55	95	17,0
9. Utermark	Cñ.N	vieja	2,8	3,5	19/3	71	258	22	48	6,2
10. Rochon	Li.	vieja	3,7	3-6	19/3	71	216	14	33	5,2

Bq. Unidad Bequeló

Enc. encañazón

Ri. Unidad Risso

Esp. espigazón

Cñ.N. Unidad Cañada Nieto

Li. Unidad Libertad

**Cuadro 1** Caracterización del efecto lugar

Similares niveles de materia orgánica determinaron cantidades de N-NO<sub>3</sub> diferentes observándose una importante variación en el aporte realizado por historias de chacra similares.

En general, podría decirse que las chacras viejas tuvieron bajos niveles de N-NO<sub>3</sub> a la siembra y esto estuvo asociado con una baja cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo a la espigazón. Por otro lado, niveles diferentes de N-NO<sub>3</sub> resultaron en similar absorción por el cultivo en chacras de pradera lo que se explicaría por tasas de liberación diferenciales.

Los valores de N-NO<sub>3</sub> más altos se dieron en aquellas situaciones en las que el nivel real de materia orgánica del suelo es cercana al potencial de la Unidad correspondiente.

Cuando esta diferencia se incrementa la materia orgánica residual es de lenta mineralización y por lo tanto, la capacidad de aporte de nitrógeno resulta menor.

El aporte de nitrógeno a un cultivo, de acuerdo a este análisis, dependerá del potencial de liberación del suelo y tasa de mineralización, dependiendo esto más del tipo de materia orgánica disponible, que del suelo e historia de chacra. El laboreo actuaría como un factor con capacidad de modificar la velocidad de aporte pero no la cantidad total.

## Efecto laboreo

Al analizar el efecto del laboreo primario sobre la disponibilidad de  $N-NO_3$  y su evolución, los laboreos con arado o con cincel superaron significativamente al mínimo laboreo en las primeras fechas de muestreo, ventaja que se fue perdiendo a lo largo del tiempo como consecuencia del crecimiento de malezas y las precipitaciones. Para el promedio de los experimentos, en el último muestreo el mínimo laboreo (que incluyó una aplicación de glifosato 30 días previo a la siembra) presentó un nivel de nitratos superior a los tratamientos laboreados.

No se observaron diferencias entre arado y cincel para el promedio de los ambientes evaluados.

En el Cuadro 2 se resumen los resultados obtenidos considerando los ambientes por separado (interacción laboreo por lugar).

Lugar	suelo	historia	potencial aporte de Nit.	significación labor 1 aria	mejor alternativa
1. Arocena	Bq.	prad.	alto	ns	-
2. Iruleguy	Ri.	prad.	alto	**	Min. Laboreo
3. Ruiz	CñN	prad.	bajo	ns	-
4. Kiód	Li.	prad.	alto	**	Arado
5. Masoller	Bq	nueva	alto	**	Arado
6. Bonino	Ri.	nueva	alto	**	Arado
7. Berger	CñN	nueva	bajo	ns	-
8. Hogben	Bq	vieja	medio	*	Cincel
9. Utermark	CñN	vieja	bajo	ns	-
10. Rochon	Li.	vieja	bajo	ns	-

\*\* P=0,01

Bq.=Bequeló

\* P=0,05

Li.=Libertad

ns no significativo

Ri.=Risso

CñN=Cañada Nieto

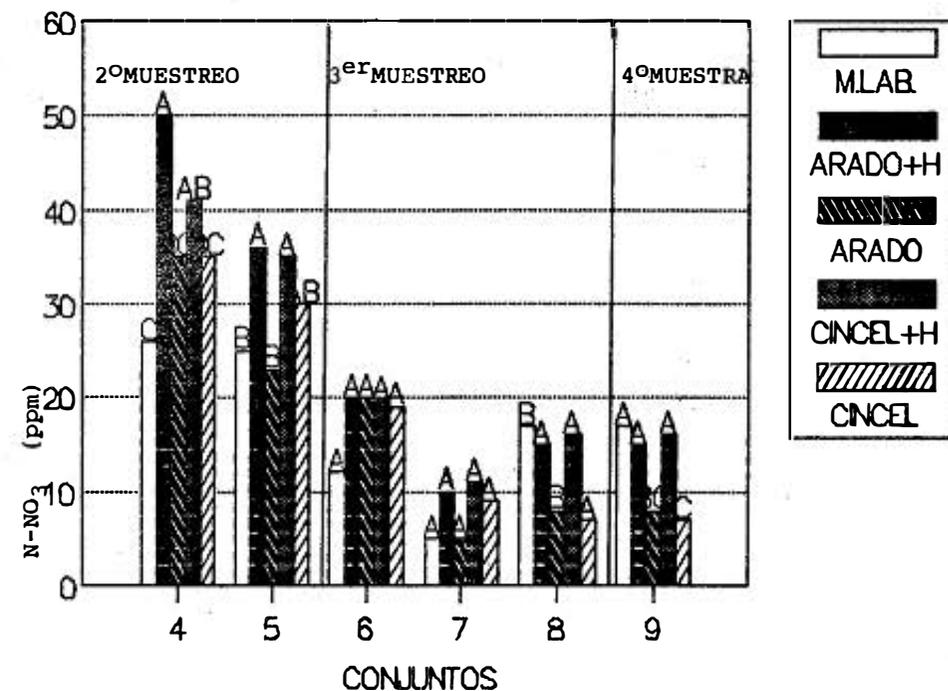
**Cuadro 2** Significación del efecto laboreo sobre el nivel de  $N-NO_3$  en la primer fecha de muestreo.

Como puede observarse, el laboreo fue capaz de modificar el aporte de nitrógeno solamente en aquellas situaciones consideradas con alta capacidad de liberación. Dentro de estos (5 lugares), en tres de ellos el arado fue la mejor alternativa, en una el cincel, y en otra el mínimo laboreo.

Esta situación se mantuvo en los tres muestreos siguientes aunque no fue clara la diferencia entre el laboreo primario con

arado o cincel aspecto que no es coincidente con los resultados antes obtenidos, pero que es explicado por las diferencias en enmalezamiento y longitud de barbecho de las distintas situaciones productivas.

En la Figura 2 se muestra el efecto de los tres niveles de laboreo con o sin crecimiento de malezas (barbecho químico).



**Figura 1** Efecto del control de malezas durante el barbecho sobre el nivel de  $N-NO_3$  del suelo.

En todos los conjuntos de experimentos formados, salvo el Nro. 6, existieron diferencias significativas.

En la segunda fecha de muestreo los barbechos químicos superaron a los testigos y al mínimo laboreo, diferencia que se mantuvo en la tercer y cuarta fecha aunque a niveles menores.

El comportamiento del mínimo laboreo fue inferior al de los laboreados excepto en el último muestreo, fecha en el que ya se había aplicado el herbicida y, en algunos casos, realizado el movimiento de tierra.

En todos los casos los barbechos enmalezados determinaron bajos niveles de  $N-NO_3$ , lo que es coincidente con trabajos anteriores (Ferrari y Morales, 1985; Ernst, 1986; Chao y Utermark, 1989).

Por lo tanto, el barbecho químico resulta una forma de conservación de nitrógeno en el suelo, llegando al momento de la siembra, con mayores valores promedio.

También en este caso, en los sitios con baja capacidad de aporte de nitrógeno (conjunto Nro. 6), las diferencias entre tratamientos no fueron significativas, confirmandose la importancia de ajustar las prácticas de laboreo en aquellos ambientes con alta capacidad de liberación de nitrógeno.

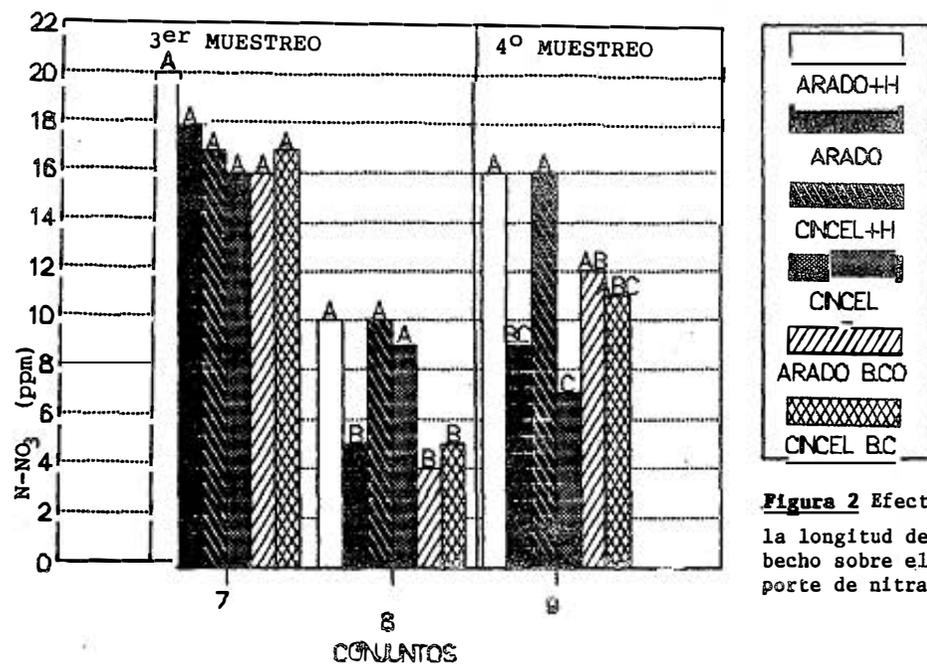
### Efecto longitud de barbecho

Como fue planteado en los antecedentes del capítulo anterior, la longitud de barbecho es un concepto más ajustado que la época de laboreo para evaluar el efecto de esta sobre los cultivos.

Esto resulta de la relación entre fecha de laboreo, de siembra, historia de chacra, enmalezamiento, condiciones climáticas (Ernst, 1987).

En la Figura 3 se grafican los resultados obtenidos para el tercer y cuarto muestreo, fechas en las que se producen las variaciones impuestas por los tratamientos.

En la tercer fecha de muestreo, las diferencias resultaron significativas en favor de los barbechos más largos (conjunto 8) o no existieron diferencias (conjunto 7), lo que responde a que dicho muestreo se realizó a los 15 días de realizados los laboreos primarios correspondientes a los barbechos cortos. Por lo tanto, en este momento, el nitrógeno aún no había sido liberado.



**Figura 2** Efecto de la longitud de barbecho sobre el aporte de nitratos.

Valores seguidos de igual letra dentro de conjuntos, no difieren ( $p=0,05$ )

En la cuarta fecha de muestreo (conjunto 9), las diferencias resultaron significativas, siendo superiores los niveles de  $N-NO_3$  en los barbechos cortos que en los largos enmalezados, hubo una ganancia de nitrógeno para el cultivo por reducir el barbecho de 162 días en promedio a 94 días. El mismo corresponde a las diferencias impuestas por la absorción realizada por las malezas y las pérdidas provocadas por las lluvias cuando se realizan siembras tardías sobre laboreos de febrero-marzo. Esta información es coincidente con la descrita en los antecedentes y confirma la importancia del efecto de las malezas sobre la eficiencia de uso del nitrógeno aportado por el suelo. Los barbechos cortos (60-70 días) y el uso de herbicidas sustituyendo labores intermedias, resultan alternativas de manejo claras para lograr que el cultivo absorba la mayor parte del nitrógeno aportado por el suelo.

### Disponibilidad de nitratos a la siembra

En los experimentos realizados además de las variables laboreo, historia de chacra y tipo de suelo, se adicionaron fecha de siembra, velocidad de liberación de nitrógeno y longitud de barbecho.

La fecha de siembra, al igual que los productores en los que se realizaron los experimentos, se planificó realizarla durante el mes de junio. La deficiencia hídrica primero (junio) y el exceso después (julio), llevó a que se generaran situaciones diferenciales en cuanto a longitud de barbecho por atraso en la siembra ya que el laboreo primario fue realizado en la segunda quincena de marzo en todos los casos.

La incidencia de las condiciones climáticas sobre la época de siembra es una situación común a nivel de producción por lo que se analizará el efecto de la estrategia de laboreo sobre la disponibilidad de  $N-NO_3$  a la siembra independientemente de la fecha de esta. De esta manera es posible evaluar la seguridad con que aquellas determinan el aporte del nutriente en condiciones adversas (barbechos largos con períodos de lluvias que favorecen las pérdidas de nitrógeno).

En el Cuadro 3 se aprecian los conjuntos de experimentos analizados y sus características.

CONJ	LUGARES										-1-	-2-	-3-	TRATAM.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	71-172	15-115	3-89	7
11	X	X	X			X	X	X	X		71-172	15-111	3-89	6
12			X			X	X		X		71-82	15-52	3-21	6
13	X			X							100-108	48-75	48-53	6
14				X				X			100-172	100-111	53-89	6

Los lugares indicado con el símbolo X integran el conjunto

-1- Días desde laboreo primario  
 -2- Días desde aplicación de herbicida  
 -3- Días desde laboreo de los barbechos cortos

Lugares 1: Arocena 4: Kidd 7: Berger 10: Rochon  
 2: Iruleguy 5: Masoller 8: Hogben  
 3: Ruiz 6: Bonino 9: Utermark

### Cuadro 3 Conjunto de experimentos y sus características

En el primer conjunto se incluyen todos los experimentos posibles de agrupar por homogeneidad de varianza (11). En la formación de los restantes conjuntos se consideró además la longitud de los barbechos, correspondiendo el conjunto Nro. 12 a experimentos con barbechos de hasta 82 días y los números 13 y 14 a 100 y 172 días respectivamente. Estos últimos se diferencian en los días transcurridos desde la aplicación del herbicida a la siembra, siendo de 63 días promedio para el conjunto 13 y 105 días para el 14.

En la Figura 4 se representan los resultados obtenidos para el promedio de los ambientes evaluados.

Para el promedio de las situaciones (conjunto 11), los barbechos químicos superaron a los enmalezados. Los laboreos primarios con arado o cincel libre de malezas no difirieron en el nivel de  $N-NO_3$  alcanzado a la siembra confirmando la información nacional disponible. Con barbechos enmalezados el arado tendió a superar al cincel como consecuencia de su menor número y desarrollo de malezas. Por otro lado, los barbechos cortos con arado superaron a los largos con cincel.

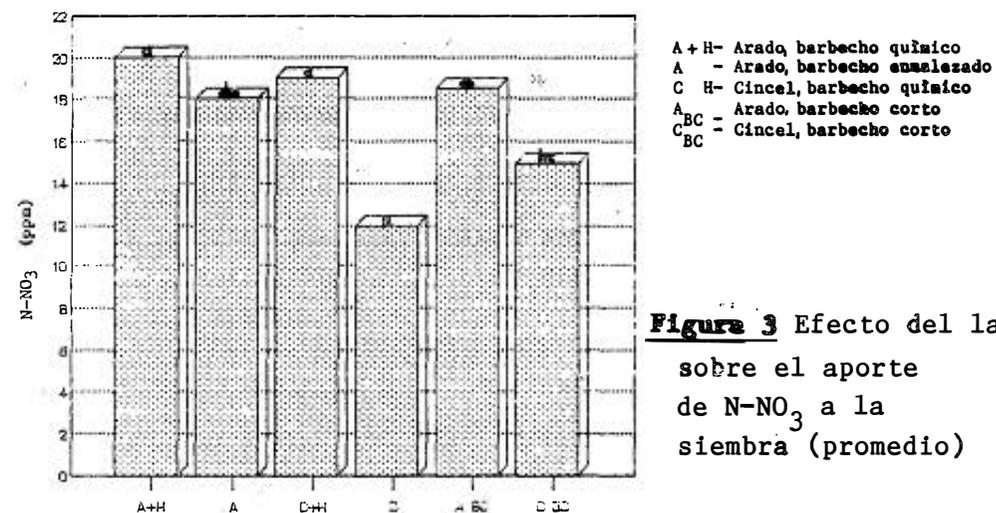


Figura 3 Efecto del laboreo sobre el aporte de  $N-NO_3$  a la siembra (promedio)

De acuerdo a esta información el barbecho químico manifiesta su ventaja sobre los enmalezados independientemente de las demás variables de manejo.

Las diferencias entre laboreos primarios convencionales y verticales, mantienen las tendencias encontradas por Ferrari y Morales (1985) y Chao y Utermark (1989).

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de los tratamientos agrupando los experimentos por longitud de barbecho (Conjunto 12 y 13-14).

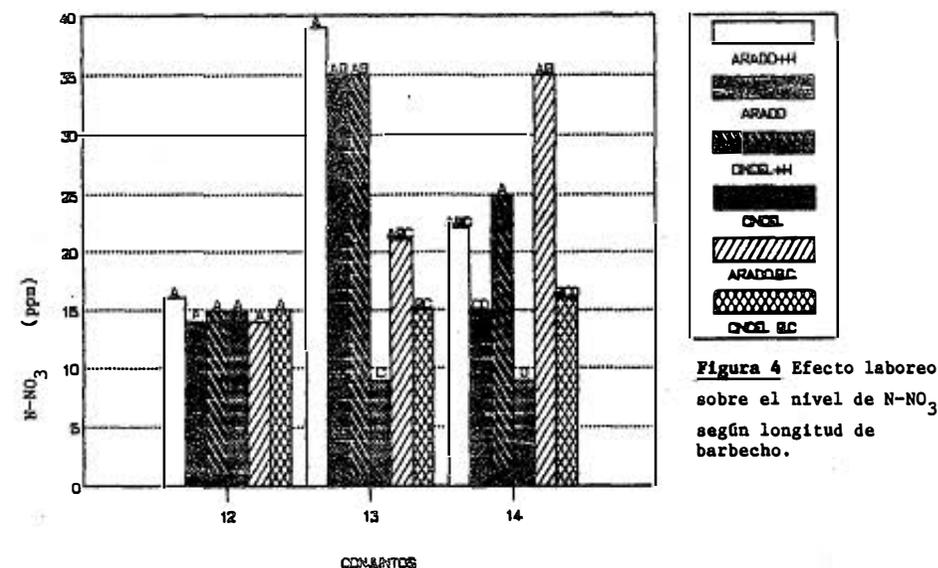


Figura 4 Efecto laboreo sobre el nivel de  $N-NO_3$  según longitud de barbecho.

Valores seguidos por la misma letra dentro de conjuntos no difieren entre sí ( $P \leq 0,05$ )

Con barbechos cortos (80 días) y sin precipitaciones que determinen pérdidas de nitrógeno, los laboreos no modificaron el nivel de  $N-NO_3$  a la siembra independientemente del suelo y su historia. En estas situaciones la siembra se realizó a fines de mayo, sobre suelos con escaso desarrollo de malezas y sin un período de lluvia previo.

Al considerar las situaciones de barbechos largos, se repite en forma más clara el comportamiento promedio comentado en la Figura 4. En estos casos además del desarrollo de malezas, las diferencias entre tratamientos responden a su efecto sobre la conservación del nitrógeno liberado durante el período de barbecho.

El laboreo primario con arado, los barbechos químicos y el ajuste época de laboreo-época de siembra, son variables tendientes a lograr mayor aporte de nitrógeno al cultivo como consecuencia de una mejora en su utilización.

El crecimiento de malezas durante el barbecho y la remoción del suelo sin necesidad de controlar a aquellas, han provocado en todas las situaciones descritas por la información nacional menores aportes de nitrógeno para el cultivo. En todas ellas la siembra fue realizada en agosto (barbechos largos) por lo que son coincidentes con los resultados obtenidos en este trabajo.

Ante la incertidumbre enfrentada año a año sobre las posibilidades de siembra en fecha óptima, el manejo de estos conceptos posibilitará una mayor independencia del aporte de nitrógeno del suelo, de las condiciones climáticas.

En el siguiente Cuadro se presenta una estimación de la longitud de barbecho óptima calculada a partir de la curva de liberación de  $N-NO_3$  determinada para cada sitio. Se consideró como período de barbecho óptimo, aquel donde se midió la máxima disponibilidad del nutriente. (Betancur y Calero, s.p.)

Historia	UNIDAD DE SUELO			
	Bequelò	Risso	Libertad	C.Nieto
pradera	100	40	50	40
ch.nueva	60	60	--	70
ch.vieja	50	--	60	60

**Cuadro 4** Estimación de la longitud de barbecho óptima (días)

Como puede apreciarse, en la mayoría de los casos la longitud óptima se encuentra entre 40 y 60 días.

Siembras posteriores a esa fecha significó hacerlo con un nivel menor al máximo encontrado. Períodos óptimos similares fueron determinados por Ernst y Ritorni (1983), Ernst y Torres

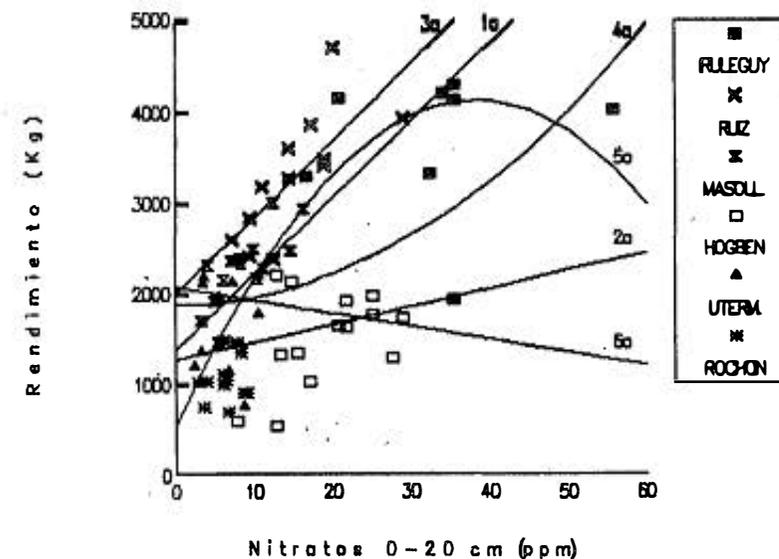
(1987) y Chao y Utermark (1989).

De acuerdo a la información recogida en el relevamiento realizado a nivel de productores en el mismo año agrícola, en la mayoría de los casos la longitud de barbecho utilizada es superior a la aquí determinada. Esta situación ocurre normalmente como consecuencia de una época de laboreo primaria anticipada (enero-febrero) y de producirse condiciones de exceso de humedad y enmalezamientos importantes, se estarían produciendo pérdidas de nitrógeno con la consiguiente disminución de los rendimientos.

En la Figura 6 se grafica la relación encontrada entre disponibilidad de  $N-NO_3$  a la siembra y rendimiento en grano del trigo.

Las curvas de respuesta promedio (1a y 1b) muestran un ajuste significativo ( $P=0,01$ ) con un coeficiente de determinación relativamente bajo ( $r^2 0,3$ ). El mismo responde a la existencia de curvas de respuestas diferentes según la longitud de barbecho y capacidad de aporte de nitrógeno del suelo.

En aquellos suelos que liberaron rápidamente el nitrógeno, el ajuste es muy significativo, mientras que para las situaciones de bajo aporte, donde el laboreo no fue capaz de modificar esta limitante, y en aquellos suelos de liberación tardía, el ajuste fue no significativo.



NITRATOS 0 A 20 cm

CURVA MODELO COEF. CORRELACION SIGNIFICACION

CURVA	MODELO	COEF.	CORRELACION	SIGNIFICACION
1a.	RESPUESTA PROMEDIO	$R = 0.553$	$(P < 0.01)$	
		REND = $1378.728 + 54.273 \times (NOS\ 0-20\ cm)$		
4a.	LIBERACION BAJA	$R = 0.099$		N.S.
		REND = $1268.107 + 20.908 \times (NOS\ 0-20\ cm)$		
5a.	LIBERACION RAPIDA	$R = 0.818$	$(P < 0.01)$	
		REND = $1881.132 + 0.088 \times (NOS\ 0-20\ cm)^2$		
5b.	BARBECHOS CORTOS	$R = 0.804$	$(P < 0.01)$	
		REND = $538.132 + 188.142 \times (NOS\ 0-20\ cm) - 2.448 \times (NOS\ 0-20\ cm)^2$		
6a.	LIBERACION LENTA	$R = 0.746$	$(P < 0.01)$	
		REND = $2003.048 + 84.740 \times (NOS\ 0-20\ cm)$		
6b.	BARBECHOS LARGOS	$R = 0.178$		N.S.
		REND = $2078.787 - 14.443 \times (NOS\ 0-20\ cm)$		

**Figura 5** Relación entre  $N-NO_3$  a la siembra y rendimiento en grano

Para los barbechos cortos, en promedio existió un ajuste significativo compuesto por niveles distintos entre lugares asociados a historia de chacra. En tanto, en barbechos largos, la no significación del ajuste responde a dos curvas significativas individuales pero paralelas que, en promedio, no muestran respuesta.

La variabilidad de los resultados indica que la capacidad de predicción del nivel de  $N-NO_3$  del suelo depende de las variables aquí analizadas.

A través del laboreo fue posible modificar el nivel de  $N-NO_3$  a la siembra y, dentro de niveles similares en cuanto a capacidad de aporte del nutriente, esto significó variaciones en el rendimiento final del trigo. Un valor similar de nitratos determinó rendimientos diferentes según el tipo de suelo, historia de chacra y época de siembra.

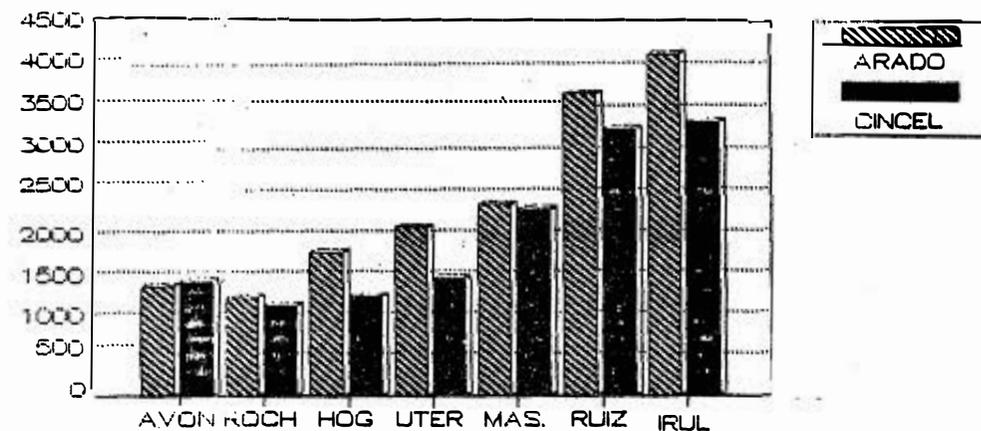
### ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El presente trabajo representa la culminación de una línea de investigación iniciada en 1982 con el objetivo de determinar las causas que establecen diferencias entre las distintas estrategias de laboreo, así como criterios objetivos para decidir el momento y herramienta a utilizar.

Como fuera discutido, los resultados obtenidos hasta 1986 muestran a los laboreos primarios realizados con arado como determinantes de un mejor comportamiento del trigo frente a los realizados con labranza vertical. A su vez, la combinación arado-cinzel siempre determinó menores rendimientos que la arado-excéntrica.

Las diferencias entre los métodos de laboreo estuvieron asociadas al desarrollo de malezas durante el período de barbecho, al efecto de las herramientas sobre la velocidad e intensidad del proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo y a modificaciones en sus propiedades físicas.

En la siguiente figura se muestra el efecto promedio de los dos sistemas de labranza evaluados (convencional y vertical) sobre el rendimiento del trigo, en diferentes situaciones productivas (suelo e historia de chacra).



**Figura 1** Efecto promedio del sistema de laboreo sobre el rendimiento de trigo

Siempre que se manifestó una diferencia significativa entre los dos sistemas de laboreo evaluados, fue en favor de la secuencia arado-excéntrica.

Como se discutió, estas diferencias se explican por desarrollo de malezas y conservación de nitrógeno en el suelo. En aquellos ambientes en que, por la situación de chacra o un período de barbecho relativamente corto que redujo las posibilidades de enmalezamiento, las diferencias se redujeron o no existieron.

En barbechos cortos, con enmalezamiento reducido y escasas precipitaciones previas a la siembra, las estrategias de laboreo no determinaron diferencias en la disponibilidad de  $N-NO_3$  a la siembra.

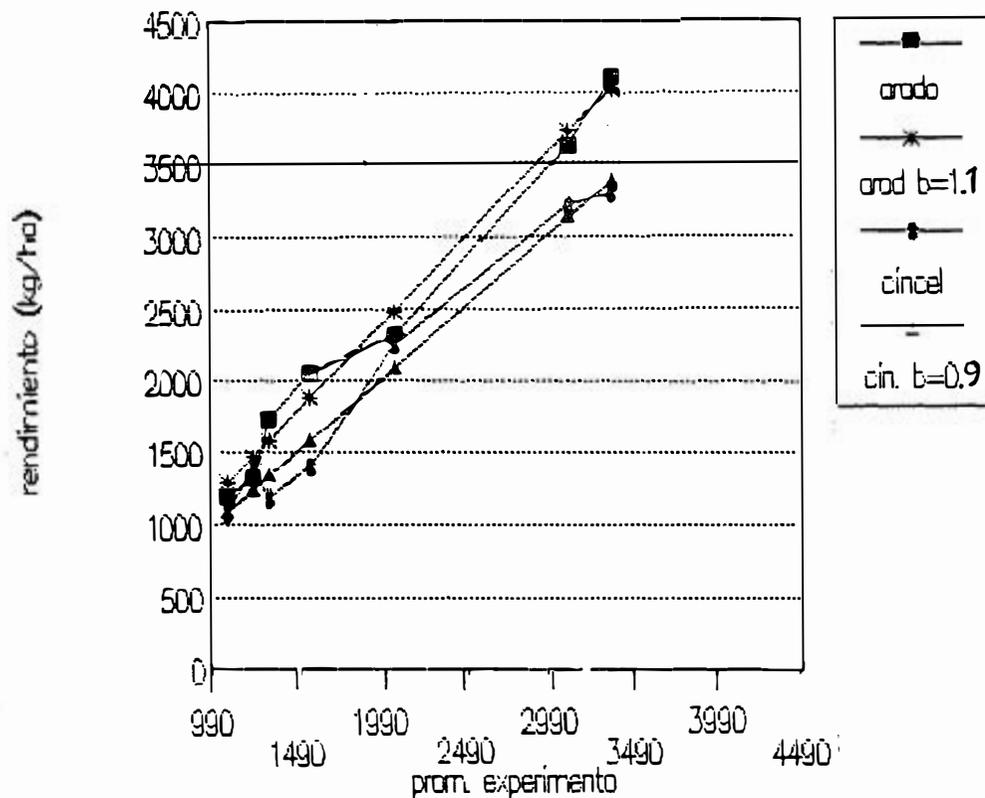
Por el contrario, barbechos largos, enmalezados, determinados por la imposibilidad de siembras como consecuencia de las lluvias, permitió manifestar las diferencias impuestas por las herramientas y combinación de las mismas.

Los laboreos con arado de rejas o discos, por su menor enmalezamiento, y los barbechos químicos por enmalezamiento y menor remoción de suelo, lograron las mayores disponibilidades de  $N-NO_3$  a la siembra y aporte posterior al cultivo.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento del laboreo primario con arado o cinzel frente a cambios en el potencial productivo ofrecido al cultivo. Para ello se tomó el rendimiento promedio de cada experimento como caracterizador del potencial productivo del ambiente.

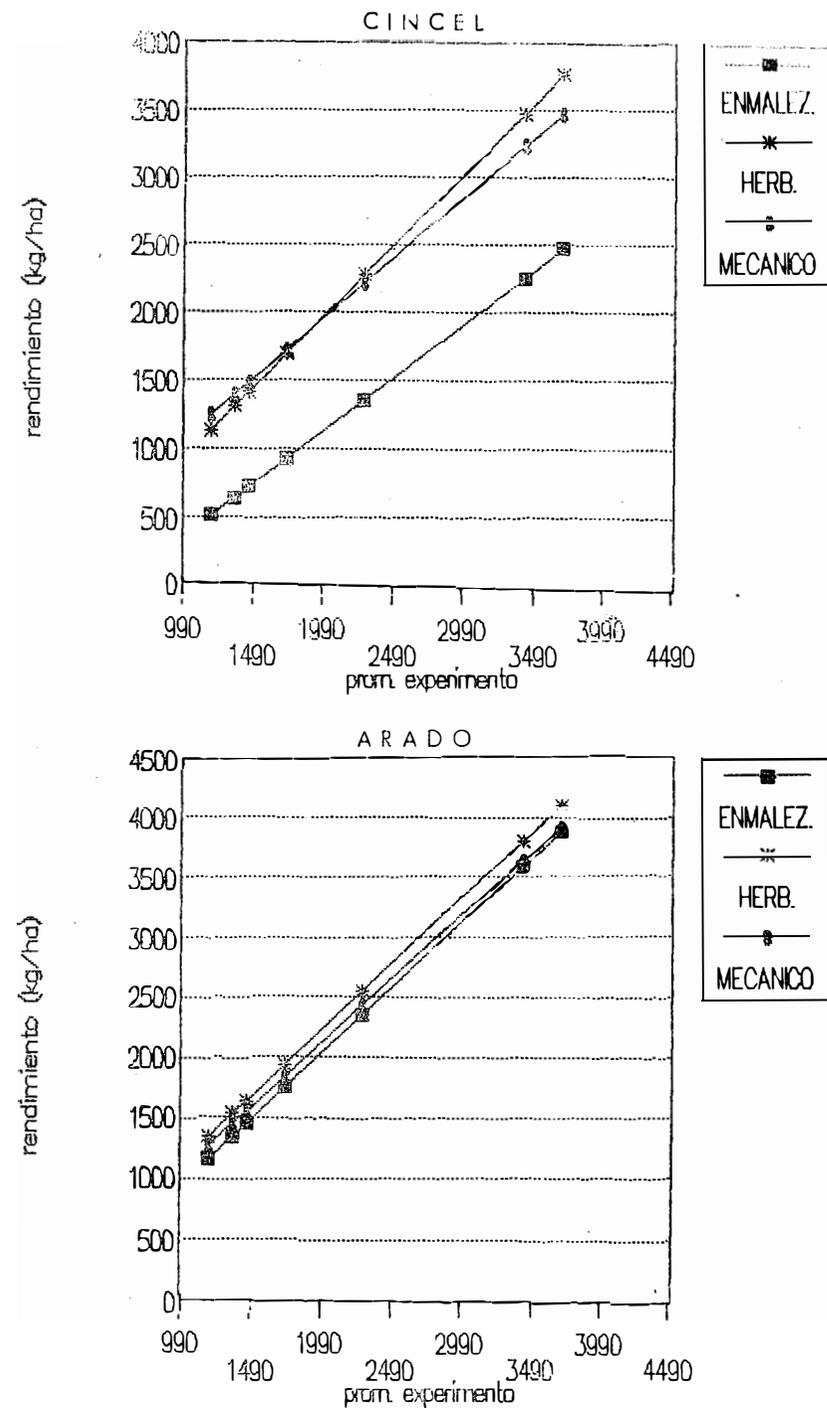
Independientemente del ambiente productivo, el laboreo convencional superó al vertical, ventaja que se incrementó con la mejora del ambiente ofrecido al cultivo. La diferencia significativa

entre los coeficientes de regresión indica que fue más importante la elección de la herramienta utilizada en chacras con alto potencial productivo (praderas) que en chacras viejas, no existiendo efecto diferencial del tipo de suelo ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 2** Efecto del laboreo según el ambiente ofrecido

En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos al variar el manejo del barbecho.



**Figura 3** Manejo del barbecho según potencial productivo

Los resultados muestran, además de la superioridad del arado, un efecto diferencial del manejo del barbecho con el potencial del ambiente.

Con arado como laboreo primario, no existieron diferencias significativas entre los coeficientes de regresión, mostrando una respuesta aditiva pero similar, de los manejos realizados.

Con cincel las respuestas resultaron significativamente diferentes variando los "b" entre 0,78 (cincel sin control de malezas durante el barbecho) y 1,05 (cincel con barbecho químico). El mayor enmalezamiento determinado por esta herramienta limitó la respuesta a la mejora del ambiente. El control mecánico de malezas aparece en situación intermedia, siendo mejor alternativa que el barbecho químico en ambientes de baja producción y superado por este en los de alto potencial.

Por lo tanto, en chacras viejas, al igual que lo determinado por Risso (1984) el uso de cincel provocaría una mayor limitante física que el arado lo que determinaría la respuesta a la remoción del suelo entre laboreo primario y siembra.

En ambas situaciones el barbecho químico resultó la mejor alternativa para explotar el potencial del ambiente; la elección del laboreo convencional aparece como más segura en sus resultados así como de más fácil manejo.

Por otro lado, una vez realizado el laboreo primario con arado, si no existe un enmalezamiento importante, no existirían razones para realizar un laboreo secundario que no sea el afinamiento previo a la siembra. El hacerlo, no sólo incrementa los costos, sino que aumenta las posibilidades de pérdidas de  $N-NO_3$  acumuladas durante el barbecho.

Por el número de pasadas de herramientas que se realizan para la preparación de la sementera a nivel de producción, podría asumirse que el control de malezas durante el barbecho es un criterio considerado por el productor, no así las ventajas de no remover el suelo cuando estas no están presentes.

En el Cuadro 1 se resume la información lograda por este trabajo tratando de cuantificar el aporte realizado por el conocimiento generado, al compararlos con los rendimientos obtenidos en los tratamientos realizados por el productor. (tratamiento 9)

Productor	Prom.	B A R B E C H O			Productor
		enmalezado	químico	suelto	
Masoller	arado	2313	2088	2685	2695*
	cincel	2248	2013	2405	2326
Hogben	arado	1730	1154	2039	2035
	cincel	1193	551	1689	1338
Ruiz	arado	3629	3433	3518	2925*
	cincel	3216	2997	3548	3103
Iruleguy	arado	4102	4177	4207	3523*
	cincel	3295	2608	3678	3603
Rochon	arado	1187	1382	868	1145
	cincel	1091	996	856	1423
Avondet	arado	1324	1283	1380	1337
	cincel	1390	1415	1350	1405

**Cuadro 1** Resumen de resultados obtenidos

\* Productores que aplicaron urea al macollaje

En el mejor de los casos el laboreo realizado por el productor igualó al mejor tratamiento. Cuando esto sucedió existió una aplicación adicional de 20 - 30 kg/ha de nitrógeno aplicados al macollaje.

Los tratamientos que incluyen barbecho químico aparecen siempre como superiores a aquellos con control mecánico de malezas, siendo en promedio, un 10% superior al rendimiento obtenido por el productor.

Esta mejora en los rendimientos lograda con menor número de pasadas de herramientas, fue el resultado de un barbecho libre de malezas sin remoción de suelo. Por lo tanto, estos dos elementos deberían ser los determinantes de la intensidad de laboreo. El logro de chacras libres de malezas a través de secuencias de cultivos que corte el ciclo de estas, sería una forma de reducir la necesidad de laboreo evitando la aplicación de herbicida.

En este sentido, la Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales esta desarrollando una línea de investigación tendiente a determinar el efecto de la secuencia de cultivos dentro de la etapa agrícola de una rotación, sobre la dinámica de malezas, necesidades de laboreo y fertilización.

B I B L I O G R A F I A

- Astigarraga, L y Bello, E. Control de malezas en distintas alternativas de laboreo para trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 1984
- Baethgen, W. Laboreo Folleto Nro. 546. Colonia Uruguay. CIAAB. 1982  
Mimeografiado
- Bouzza D. Y Galluzzo, D. Laboreo de suelo como factor de manejo del rastrojo de sorgo para trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay Facultad de Agronomía. 1986
- Chao, L y Utermark, M. Sistemas de laboreo para trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay Facultad de Agronomía. 1989
- Capurro E. Cultivos de invierno despues de sorgo. Chasque Agropecuario Montevideo. Uruguay. 1977
- Ernst, O y Torres, D. Manejo de rastrojos y laboreo de suelos para trigo. In Tercer Seminario Técnico de la Facultad de Agronomía. Paysandú. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. 1987
- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ El laboreo como variable de manejo. In Jornada de Cultivos de invierno. FUCREA. Mercedes. 1986
- \_\_\_\_\_ y Ritorni, F. Manejo de trigo sobre rastrojos de sorgo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 1983

- Ferrari, J y Morales, M. Alternativas de uso de herramientas en la preparación de tierras para trigo Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay Facultad de Agronomía. 1985
- Labella, S. Laboreo para trigo. Ministerio de Agricultura y Pesca. CIAAB. Boletín Técnico Nro. 14. 1974
- Marchesi, E. Laboreo. In El trigo en el Uruguay. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo Uruguay. 1971
- Noaco, N. E. Labranza Vertical. In AACREA. Cuaderno de actualización técnica Nro. 28 Argentina. 1981
- Oudri, N. Primeras experiencias con labranza cero en Uruguay. Ministerio de Ganadería y Agricultura. La Estanzuela. Colonia. 1974
- Primeras experiencias de trigo en labranza cero. Informe provisorio. Ministerio de Ganadería y Agricultura. La Estanzuela. Colonia. 1976
- Peradotto Trigo después de sorgo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía 1974.
- Risso, R. Dos sistemas de laboreo en trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay Facultad de Agronomía. 1984